R. KAAR • A. KIMM

KASVUHOONETE JA LAVADE EHITUS NING EKSPLUATATSIOON

2/45204

A-22682 II

R. KAAR JA A. KIMM

KASVUHOONETE JA LAVADE EHITUS NING EKSPLUATATSIOON

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1959

Kaane kujundanud G. PANT

2
Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu
45204

EESSÕNA

Eesti NSV kolhooside ja sovhooside katmikalade pindala on alates 1950. aastast tugevasti laienenud. Lavaakende arv suurenes aastatel 1950—1957 ümmarguselt 7300 lavaaknalt 57 000 lavaaknale ja köetavate kasvuhoonete pind — 1238 ruutmeetrilt 52 378 ruutmeetrile. Juhtivat osa elanikkonna varajase värske köögiviljaga varustamisel etendavad aga praegu Eesti NSV Kaubandusministeerium ja ETKVL, kes on pannud katmik-köögivilja kasvatusele erilist rõhku. ETKVL-i Aianduskombinaadil on Tallinnas 29 000 m² suurune katmikala ja Tallinna Toitlustrustil — 21 500 m², mis 1959. aastal suureneb 8000 m² võrra. 1959. aastal alustatakse Narva sovhoosis 11 000 m² suuruse pindalaga katmikala ehitamist.

Katmikalade seisukorra analüüs näitab, et meil ei saada veel õigesti aru lavade, eriti aga tehnilisel küttel töötavate lavade tähtsusest ning majanduslikkusest. See ilmneb selgesti väljaehitatud lavade ja kasvuhoonete pindala vahekorrast. Soojendatud avamaa kasutamisele, millele mujal Nõukogude Liidus osutatakse rohket tähelepanu, ei ole meil veel asutud.

NLKP Keskkomitee 1953. aasta septembripleenum rõhutas oma otsuses vajadust suurendada varajase köögivilja kasvatamist katmikaladel ja kasutada nende kütmiseks tööstusettevõtete soojusjääke. Peab tunnistama, et tööstusettevõtete soojusjääkide kasutamine katmikalade kütteks ei ole Eesti NSV-s seni paigast nihkunud.

Katmikalade ehitamisel ja ekspluateerimisel ning tööde mehhaniseerimisel on viimasel ajal tehtud suuri edusamme ja uuendusi. Katmikaladel kasutatakse nüüd vihmutamist, taimede kunstlikku lisavalgustust, mulla soojendamist ja mullaalust niisutamist, õhukütet, elektrikütet, kunstkiududest spaleere jne. Uutest ehitusmaterjalidest leiavad Eesti NSV katmikaladel kasutamist eterniit, asbotsementtorud, plastilised linikud ja pingebetoon. Kasvuhoonete konstruktsioonid on muutunud kergemaks ja kasvuhooned valgemaks ning nende ekspluateerimisel pööratakse erilist tähelepanu töömahukate protsesside mehhaniseerimisele.

Ka ökonoomika küsimustele tuleb tõsist tähelepanu osutada ning jälgida pidevalt konjunktuuri. Mõnede tehniliste vahendite ja võtete kasutamine, mis käesoleval ajal end majanduslikult veel ei

õigusta, võivad lähemal ajal kõikjal väga tasuvaks muutuda, näiteks taimede kunstlik valgustus, elektriküte ja vihmutamine. Elektrienergia kasutamine ei moodusta edaspidi enam probleemi, sest lähemate aastate jooksul elektrifitseeritakse vajalikus ulatuses kogu Eesti NSV territoorium. Katmikalade tehnilise taseme tõus on eelduseks, millele järgneb ka kasvuhoonete aastaringne kasutamine.

Käesoleva raamatu koostamisel on kasutatud Nõukogude Liidus ilmunud sellekohast rikkalikku kirjandust ja välismaa kirjandust, kasutusel olevaid tüüpprojekte, kui ka Eesti NSV-s omatud projekteerimis- ja ehituskogemusi. Raamat on mõeldud katmikalade ehitajaile, kasutajaile ja projekteerijaile. Ka individuaal-aiapidajad leiavad sellest kasulikke näpunäiteid, mida silmas pidades nad saavad lava või kasvuhoone ehitamisel vältida võimalikke vigu. Raamatu piiratud mahu tõttu ei ole mõningaid probleeme põhjalikult käsitletud, vaid on ainult mainitud, et lugeja mõtteid laiemalt katmikalade küsimustele suunata. Käsitlemata on jäetud näiteks päikeseküte, vesikultuuride kasvatamise jms. küsimused. Raamat on koostatud peamiselt köögivilja kasvatamise seisukohalt lähtudes.

Raamatu II, III, IV, V, VI ja VII peatüki ning VIII peatüki osad «Lavade kütmine auru ja õhu seguga» ning «Plastiliste linikute kasutamine köögivilja kasvatamisel» on kirjutanud ins. R. Kaar, I, VIII, IX, X, XI, ja XII peatüki — ins. A. Kimm.

Tallinn, 1958. a.

Autorid.

I. SISSEJUHATUS

Köögiviljale kuulub ratsionaalsel toitlustamisel tähtis koht, sest ta sisaldab inimorganismi ehituseks ja elutegevuseks vajalikke toitaineid, vitamiine ning mineraalsoolasid. Eriti väärtuslik on köögivili värskena. Seepärast on väga tähtis töötajate varustamine värske köögiviljaga võimalikult pikema aja jooksul aasta kestel. Seda arvestades on ka partei ja valitsuse otsustes suurt tähelepanu pööratud köögiviljakasvatusele. Nii rõhutati juba NLKP Keskkomitee 1953. aasta septembripleenumi otsuses vajadust veelgi suurendada varajase köögivilja kasvatamist katmikalade pindala laiendamisega ja nende kütmiseks tööstusettevõtete soojusjääkide kasutamisega.

Varajase köögivilja (redise, salati, kurgi jt.) saakide saamine on Eesti NSV kliimatingimustes võimalik vaid katmikaladel — kasvuhoonetes ja lavades. Seepärast nõuavad nende ehitamine ja ekspluatatsioon meil erilist tähelepanu. Katmikalade edasiarendamise küsimuste uurimine tehti Eestimaa Kommunistliku Partei Keskkomitee ja Eesti NSV Ministrite Nõukogu poolt ülesandeks esijoones Eesti NSV Teaduste Akadeemiale, peamiselt tema Majanduse ja Energeetika Instituudile.

Selle ülesande täitmiseks vajasid mainitud instituudid kõigepealt andmeid olemasolevate katmikalade seisundi kohta, et nende alusel leida suund meie katmik-köögiviljanduse edasiarendamiseks. Käesolevas töös kasutataksegi nende instituutide poolt kogutud statistilisi andmeid ja materjale (14).[1]

Nende andmete põhjal moodustas katmikalade üldpindala meie vabariigis 1953. aastal kokku 150 700 m², sellest kasvuhooneid (köetavaid ja külmi) 64 600 m² ja lavasid 96 100 m². Kasvuhoonete üldpindalast kuulus kolhoosidele 29,2%, sovhoosidele 17,7% ning ETKVL-ile ja Kaubandusministeeriumile kokku 53,1%. Seega oli üle 50% katmikaladest kahe viimase valduses ja ka praegu (1958. a.) on neil juhtiv osa köögivilja kasvatamisel kasvuhoonetes ning lavades.

Samade andmete põhjal oli meie vabariigi kolhoosidel 1951.

[1] Sulgudes number näitab raamatu lõpus «Kasutatud kirjanduse» loetelus toodud autorit ja teost.

aastal ainult 200 m² köetavaid ja külmkasvuhooneid, milline arv tõusis 1953. aastaks 12 800 ruutmeetrile. Lavade pindala kolhoosides suurenes samal ajavahemikul 6000 ruutmeetrilt 33 900 ruutmeetrile. See näitab küll tunduvat edu kahe aasta jooksul, kuid siiski jäi kolhooside osatähtsus kasvuhoonete ja lavade alal võrdlemisi väikeseks.

Pärast Suurt Isamaasõda Nõukogude Eestis rajatud suurematest katmikaladest, mis praegugi tegelevad köögivilja kasvatamisega, mainitagu järgmisi.

Alates 1949. aastast töötab Tallinnas ETKVL-i köögiviljamajand Neeme aiand[1]. Sellel on 3000 m² köetavaid kasvuhooneid, mis töötavad vesikeskküttel; ainult mõned väiksemad kasvuhooned on ahju-truubiküttel. Sügistalvel kasvatatakse kasvuhoonetes peamiselt lilli, veebruarist alates aga hakatakse köetaval katmikalal järk-järgult köögivilja kasvatama. Peale nende, läbi aasta töötavate kasvuhoonete on Neeme aiandil 17 000 m² kevadisi külmkasvuhooneid ja üle 11 000 m² lavasid. Seega on kogu katmikala pindala kokku 29 000 m², millel suvekuudel töötab saja inimese ümber. Nii võib Neeme aiandit seni pidada suurimaks katmikmajandiks Eestis.

Võrdluseks toome siin mõningad andmed Leningradi Köögiviljakasvatuse Kombinaadi kohta, mis 1953. aastal oli üks võimsamaid NSV Liidus. Juba siis oli tal 25 000 m² tööstusettevõtete soojusega köetavaid kasvuhooneid. Praegu ulatub selle gigandi köetavate kasvuhoonete pindala üle 40 000 m² ja tõuseb koos juurdeehitatavatega lähemal ajal 60 000 ruutmeetrini.

Suur katmikmajand on ka Eesti NSV Kaubandusministeeriumile alluval Tallinna Toitlustrustil. Sellel on köetavaid kasvuhooneid 5000 m², külmi kasvuhooneid 6000 m² ja 500 m² lavasid. 1959. a. ehitatakse juurde 400 m² kasvuhooneid ja 7500 m² köetavaid lavasid.

Suuruselt järgmiseks katmikmajandiks tuleb pidada Jõhvi rajoonis asuvat ETKVL-i Jõhvi aiandit[2], kus 1953. aastal oli 790 m² köetavaid ja 6000 m² külmkasvuhooneid ning 2000 m² külmlavasid. Algul raskendas majandi tegevust kütteseadmete puudulikkus. 1958. aastaks tehti vanatüübilistes kasvuhoonetes mõningaid ümberehitusi ja rakendati tegevusse kolm põlevkiviküttel töötavat katelt. Peale selle ehitati juurde kaks köetavat kasvuhoonet, kumbki 240 m² pindalaga.

Väiksemaid katmikmajandeid on Tartus, Pärnus, Rakveres ja teistes linnades ning asulates, kuid nende osatähtsus vabariigi katmik-köögiviljanduses on väga väike.

1959. aastal alustatakse Narva sovhoosis kasvuhoonete kombinaadi ehitamist. Seal ehitatakse 1300 m² köetavaid ja 5200 m² külmkasvuhooneid ning 4500 m² tehnilise küttega lavasid.

[1] Neeme aiandi uueks nimetuseks 1958. aastast on ETKVL-i Aianduskombinaat.

[2] Jõhvi aiand liideti 1958. aastal ETKVL-i Aianduskombinaadiga.

Kolhooside katmikaladest, mis osaliselt baseeruvad endiste mõisate või suuraednike «triiphoonetel», väärib märkimist Rapla rajooni «Vambola» kolhoosi kasvuhoone- ja lavamajand. Selles on 400 m² kõetavaid kasvuhooneid, mida kütavad kaks katelt. Peale selle on kolhoosil veel külmkasvuhooneid ja bioloogilise soojendusega lavasid.

Pärast NLKP Keskkomitee 1953. aasta septembripleenumi otsust elavnes meie vabariigi kolhoosides ja sovhoosides kasvuhoonete ning lavade ehitamine. Kahjuks puudus siis eesti keeles vastav kirjandus, kust oleks võinud saada juhendeid kasvuhoonete ja lavade tüüpide valikuks, ehitamiseks ning ökonoomseks majandamiseks. Polnud saadaval ka kohalikele oludele vastavat venekeelset kirjandust. See oli üheks põhjuseks, miks kasvuhoonete ja lavade ehitamisel käidi vana tuntud teed ja uued kasvuhooned ehitati enamasti omaette katlamajadega ning lavad rajati peaaegu eranditult bioloogilisele küttele, vaatamata sellele, et mainitud septembripleenumi otsuses on öeldud: «Kolhoosides ja sovhoosides tuleb ette näha auru-, vesi- ja elektriküttega lavade ning kasvuhoonete juurutamine, laialdaselt kasutades lavade, kasvuhoonete ja soojendatava avamaa kütmiseks tööstusettevõtete soojusjääke.»

Kahjuks ei leidnud see tähtis otsus kolhooside ja sovhooside katmikalade ehitamisel vajalikku vastukaja. Suureks takistuseks oli Eesti kohalikele tingimustele vastavate tüüpprojektide puudumine. Selle tagajärjel tuli mõnelgi majandil algul võidelda suurte raskustega, mille kohta toome alljärgnevalt mõned näited.

Jõhvi rajooni «Tammiku» kolhoosis ehitati 1953. aastal ahjutruubiküttega 78 m² pindalaga kasvuhoone, mis ei vastanud ajakohastele nõuetele. Pettunud selles omaalgatuslikus ettevõttes, asus kolhoos 1954. aastal Riikliku Projekteerimise Instituudi «Eesti Põllumajandusprojekt» poolt valmistatud tüüpprojekti järgi kasvuhoonete kombinaadi ehitamisele, kuid tegi seda oma majanduslikku kandejõudu arvestamata, mille tagajärjel hea algatus jäi pooleli: ehitati välja ainult vundament.

Sealsamas Jõhvi rajoonis ehitas 1954/55. a. kolhoos «Punane Koit», kelle maa-alad peaaegu vahetult ulatuvad I Soojuselektritsentraali külje alla Ahtmel, 306 m² pindalaga kasvuhoone, mida pidi köetama «Universaal»-tüüpi katlaga, ja seda kohas, kus tööstusettevõtte soojusjääkide saamine oli võimalik.

Võiks tuua veel näiteid ka teiste rajoonide kolhooside kohta, kus katmikalade rajamisel tuli tehniliste teadmiste ja vastavate projektide puudusel kokku põrgata mitmesuguste raskustega. Nii ehitati 1954. aastal Tartu lähedal Lenini-nimelises kolhoosis valmis kasvuhoonete kombinaadi vundament ja jäeti siis ettevõte pooleli, sest puudusid vajalikud materjalid, mille saamise võimalust varem ei selgitatud,

Pisut paremas seisukorras olid need kolhoosid, kes alustasid

jõukohase katmikala ehitamist, kuigi korraliku projektita, ainult praktiliste kogemuste alusel. Näiteks ehitati 1953. aastal Tartust 3 km kaugusel asuvas «Jüriöö» kolhoosis 140 m² pindalaga lihtsustatud süvendkasvuhoone. See oli algul kavatsetud ahjutruubiküttega, kuid viidi üle auruküttele, kusjuures auru andjana kasutati väikest vanatüübilist aurukatelt. Peale selle rajati bioloogilise soojendusega lavad ja ehitati 1000 m² külmkasvuhooneid.

Vastavate projektide ja teadmiste puuduse all ei kannatanud katmikalade rajamisel mitte ainult kolhoosid, vaid ka sovhoosid. Toome selle kohta näite.

Võimsateks soojusenergia allikateks meie vabariigis on I Soojuselektritsentraal Ahtmes ja II Soojuselektritsentraal Kohtla-Järvel, mõlemad Jõhvi rajoonis. Nende soojusjääkide arvel saaks rajada ulatuslikke katmikalasid.

Kohtla-Järvel oli 1954. aastal ehitamisel 10 000 m² pindalaga kasvuhoone- ja lavamajand. Seda ehitas Kurtna sovhoos, kes asub I Soojuselektritsentraali lähemas naabruses, kus soojusjääkide saamine poleks tohtinud erilisi raskusi teha. Neile eelistele vaatamata alustas sovhoos ehitust Kohtla-Järvel. Algul ehitati 1000 m² köetavaid kasvuhooneid ja 2720 lavaakna ulatuses lavasid, neist 640 lavaakent auruküttel. Ülejäänud maa-ala planeeriti osaliselt köetavate kasvuhoonete, peamiselt aga lavade ja külmkasvuhoonete alla. Selle suure ettevõtte kütmine rajati oma katlamajale, kus oli neli katelt, mida kavatseti kütta gaasiga. Kui aga 1955. aasta veebruaris kasvuhooned ja osa lavadest valmisid ning alustati nende ekspluatatsiooni, siis selgus, et puudus gaasitorustik. Seetõttu tuli katlaid kütta põlevkiviga, milleks nende küttekolded sugugi ei sobinud. Selle tagajärjel algas ehtne kilplasetöö: ööd ja päevad tassisid kolm kütjat põlevkivi ahjudesse ja ainult osaliselt põlenud kuuma kivi sealt välja. Hädaga mindi üle kivisöeküttele, vedades kütust autodega Tallinna sadamast Kohtla-Järvele. Nii alustas põlevkivibasseini võimsam köögiviljamajand oma tegevust raskustega võideldes, sest tema projekteerimisel ei arvestatud soodsamaid võimalusi ja jäeti tähele panemata NLKP Keskkomitee septembripleenumi otsus tööstusettevõtete soojusjääkide kasutamise kohta. Kõige kurvemaks kujunes olukord 640 lavaakna suhtes, mida kavatseti kütta auruga. Ebaõigesti projekteeritud küttesüsteem ei hakanud üldse funktsioneerima, mille tagajärjel lavasid saadi kasutada vaid kevadiste külmlavadena, kuna aga nende jaoks määratud küttetorud lamavad praegugi kasutult lavade põhjas. Kõige selle tagajärjel ei suutnud Kurtna sovhoos 1955. aasta plaani täita ja loobus kahju toovast ettevõttest. Nüüd kuulub katmikala Kohtla-Järve aiandussovhoosi valdusse ja praegu on majandil 1000 m² köetavaid ning 3800 m² külmkasvuhooneid ja 4900 m² lavasid. 1957. aastal viidi kasvuhooned üle gaasiküttele, kuid seeläbi ei paranenud olukord sugugi, sest

gaas läheb väga kalliks maksma (peaaegu kaks korda kallimaks kui põlevkivi), mille tagajärjel kasvuhooned osutuvad mittetulutoovaiks.

Selliseks kujunes kindla projektita või puuduliku projekti järgi ehitatud katmikalade olukord.

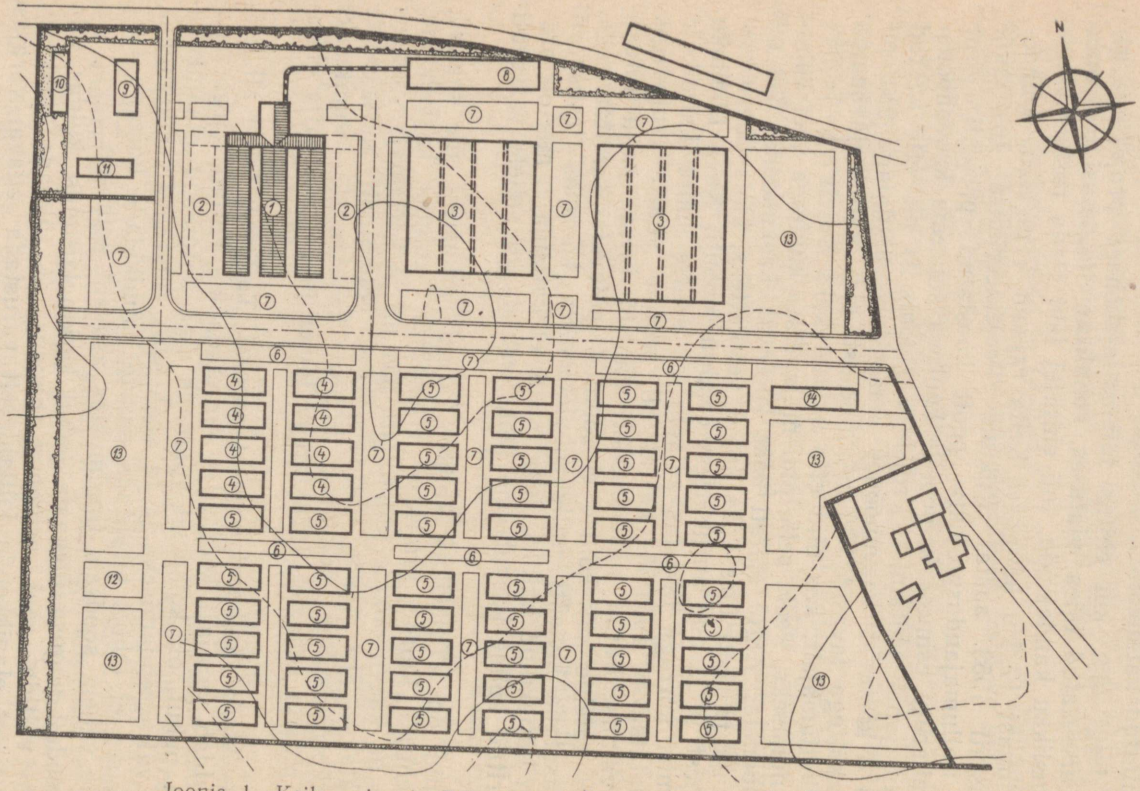
Ent isegi siis, kui ehitus toimus ajakohase projekti järgi, aga ei arvestatud täies ulatuses kohalikke tingimusi või oma majanduslikku kandejõudu, tuli ehitajal läbi elada raskusi.

Tallinnast 17 km kaugusel Keila rajooni «Tuleviku» kolhoosis alustati 1953. aastal Riikliku Projekteerimise Instituudi «Eesti Põllumajandusprojekt» poolt koostatud projekti järgi meie vabariigi esimese kolhoosile kuuluva suurema kasvuhoone- ja lavamajandi ehitamist. Projektis (joonis 1) oli ette nähtud ehitada 3 köetavat kasvuhoonet klaasialuse pindalaga 954 m² ja auruküttega lavasid 960 m². Soojust pidi katmikala saama omalt katlamajalt, kus olid ette nähtud kaks katelt vee ja üks auru andmiseks. Peale selle pidi majandisse kuuluma veel külmkasvuhooneid. Algul ehitati kaks köetavat kasvuhoonet 638 m² pindalaga ja seati üles kaks katelt vesiküttеks, kuna ühest kasvuhoonest ja lavade auruküttest esialgu loobuti. Kava täielikku teostamist korraga takistas asjaolu, et sellise suure katmikala ekspluatatsioon 1954/55. aastal oli seotud suurte kuludega. Kaks valmisehitatud kasvuhoonet nõudsid talvel palju kütust. Et aga katelde küttekolded ei sobinud põlevkivi tarvitamiseks, tuli kasutada kivisütt, mille kohaletoomine koormas transporti ja tegi küttekulud kalliks, seda enam, et katlamaja, mis oli projekteeritud kolme kasvuhoone jaoks, nõudis ka sellele vastavalt kütust.

Nüüd on «Tuleviku» kolhoos siiski raskustest üle saanud, sest ehitati juurde projektis ettenähtud kolmas kasvuhoone. Seega on kasvuhoonete üldpindala 954 m² ja katlamaja võimsus kasutatakse ära täies ulatuses. Ka võimaldab küttekollete ümberkorraldamine odavama kütuse kasutamist. Puuduseks tuleb pidada seda, et auruküttega lavad jäid siiski välja ehitamata.

Arvestades kolhoosi soodsat asendit Tallinna külje all, mis võimaldab varajast köögivilja turustada ka küllalt kõrge omahinna puhul, oli kolhoosil võimalus oma katmikala plaanikohaseks väljaarendamiseks ja ta saab seda tulutoovalt majandada. Kuid see ei tohiks meelitada suurte katmikalade korraga rajamisele vähem soodsais tingimustes asuvaid kolhoose.

Toodud põgusa ülevaate puhul kerkib küsimus, kuidas tulevikus vältida seni esinenud puudusi ja ületada tekkivaid raskusi, et elanikkonda küllaldaselt varustada odava varajase köögiviljaga. Autorid arvavad, et kõigepealt tuleb leida õige tee katmikalade — kasvuhoonete ja lavade — ökonoomseks ning ajakohaseks ehitamiseks ja ekspluatatsiooniks. Järgnevates pea-



Joonis 1. Keila rajooni «Tuleviku» kolhoosi katmikala planeerimise skeem:
1 — kõetavad kasvuhooned; 2 — kõetavad kasvuhooned (ehitatakse II järjekorras); 3 — külmkasvuhoonete blokk; 4 — kõetavad lavad; 5 — külmlavad; 6 — lavaakende hoiuplatsid; 7 — mulla ja sõnniku hoiuplatsid; 8 — küttematerjali ladu; 9 — valmistoodangu ladu ja töötajate ruumid; 10 — inventari ja mineraalväetiste ladu; 11 — töökoda ja lavaakende katusealune; 12 — veebassein; 13 — köögiviljakultuurid; 14 — lavaakende katusealune (ehitatakse II jrk.).

tükkides püüamegi neid küsimusi käsitleda üksikasjalisemalt. Seejuures peame esijoones silmas just kolhoose ja sovhoose, kelle majapidamises jõu- ja võimaluste-kohaselt ehitatud katmikalad võivad olla küllaltki kaalukaks sissetulekuallikaks ja ühtlasi suures ulatuses rahuldada töötajate vajadusi varajase köögivilja järele. Ometi ei saa täiesti mööduda ka individuaalaednikest, sest nende oskustest ja tööst ei olene mitte ainult köögivilja kasvatamine oma isiklikuks vajaduseks, vaid nad on aidanud ja aitavad ka lähemas tulevikus turgu varustada varajase ning sügisel hilisema värske köögiviljaga.

II. KATMIKALA KOHA VALIK JA PLANEERIMINE

Katmikala koha valikul tuleb silmas pidada, et kasvuhooned, lavad ja avamaa oleksid lähestikku ning asuksid asula ligidal, et kergem oleks organiseerida tööd ja transporti.

Katmikala juurde peavad viima head teed nii mulla, sõnniku ja kütuse kui ka toodangu transportimiseks.

Kasvuhoonete ja lavade asukoha ning nende juurde kuuluva avamaa valikul peab tähelepanu pöörama ka maapinna reljeefile, mis olgu tasane ja kaldega lõunasse. Vähem sobiv on kalle kagusse. Kalle loodesse on hädakorral kasutatav, kuna põhjapoolne kalle ei tule üldse kõne alla.

Sobivamateks kalleteks on 1°-ne kalle lõunasse ja 0,2—0,3°-ne kalle läänest itta või vastupidi. Järsud, üle 15°-se kaldega nõlvad ei ole sobivad, sest neil tuleb teha rohkesti mullatöid, avamaa osas aga on pinnas kergesti uhutav ning taimede hooldamine osutub raskeks.

Avamaa reljeefi mõju avaldub ka selles, et maapinnalähedane külm õhk valgub madalamatesse kohtadesse, ohustades seal taimi. Lõunapoolsetel ja tuulte vastu kaitstud kallakutel on külmaoht väiksem.

Lõunapoolsetel nõlvadel neelab mulla aktiivne kiht (aktiivseks nimetatakse 40—50 cm paksust mullakihti, milles asub köögivilja juurestiku põhiline osa) soojuskiirgust intensiivsemalt kui horisontaalsetel pindadel.

Hommikul päikesetõusu eel langeb maha kaste. Selle tõttu kulub tunduv osa hommikusest päikese kiirgussoojusest niiskuse aurustamiseks taimedelt ja maapinnalt. Pärast keskpäeva aga kulub päikesekiirgus mulla aktiivse kihi soojendamiseks. Seega läheb avamaa lõuna- ja läänenõlvade poolt neelatav kiirgus mulla aktiivse kihi soojendamiseks, mistõttu läänepoolsed nõlvad on idapoolsetest soojemad.

Teiste kallete suundadega võrreldes on lõunapoolne nõlv suhteliselt kõrgema mulla aktiivse kihi temperatuuriga, samuti maapinna kohal asuva õhukihi temperatuuriga.

Tabelis 1 on toodud andmed nõlva suuna mõju kohta (29).

Nagu öeldud, on nõlva suunal mõju ka maapinnalähedase õhu temperatuurile. Selge ilmaga on keskpäeval maapinnalähe-

Tabel 1

Keskmine mulla temperatuur vegetatsiooniperioodil Leningradi rajoonis

Nõlva kalle 7°	Mulla temperatuur
Lõuna suunas	12,7
Lääne suunas	12,2
Ida suunas	11,3
Põhja suunas	9,4

dase õhu temperatuur lõunapoolsetel nõlvadel 4—5° kõrgem kui põhjapoolsetel nõlvadel.

Sobivamaks mullaks lavadele ja avamaale peetakse liivakat mulda, sest see on hästi vett läbilaskev ja soojeneb hästi. Rasked savikad maad juhivad hästi soojust ja jahtuvad kiiresti. Ühtlasi vajavad nad kulutusi pinna- ja ka põhjavete eemaldamiseks. Põhjavee seisu teadasaamiseks tuleb koha valikul esialgseks hindamiseks kaevata paari meetri sügavused prooviaugud.

Maa-ala, kus põhjavee sügavus on 1 m piirides maapinnast, ei ole ilma drenaažita sobiv. Katmikala põhjavesi ei tohi olla kõrgemal kui 1,5 m maapinnast.

Köögivili on nõudlik valguse ja soojuse suhtes. Seepärast on vaja, et kasvuhooned ja lavad asuksid kohas, mis on avatud päikesevalgusele ja mida ei varjuta ehitused ega puud.

Kasvuhooned ja lavad on ilmastiku mõjude vastu kaitstud klaasiga, mis on suure soojusjuhtivusega. Seetõttu on soojuskaod suured. Neid saab kompenseerida vaid kütmise või ajutise katmise abil.

Tuulise ja külma ilmaga on temperatuur lavades keskmiselt 5—7° madalam kui sama välistemperatuuri korral vaikse ilmaga. See näitab, kui tähtis on tuulekaitse.

Tuulel on suur mõju maapinnalähedase õhukihi soojusrežiimile, seepärast on vaja katmikala ja avamaa kaitsta tuulte eest.

Osa päikese soojuskiirgusest neelab mulla aktiivne kiht, osa kantakse üle maapinnalähedasele õhule. Mida suurem on tuule kiirus, seda suurem on soojuse ülekanne õhu ja mulla vahel. Maapinna ebatasasused ja takistused põhjustavad liikuva õhumassi madalate kihtide kerkimist ja kõrgemate vajumist.

Termiline mõju avaldub selles, et kergem, soojem õhk püüab kõrgemale tõusta ja külmem õhk laskuda.

Termilised õhuvoolud esinevad ka tuule vastu kaitstud aladel ja suurenevad eriti keskpäeval. Öösel õhukihtide turbulentne segunemine järsult väheneb. Külm õhumass valgub alla. Päeval on maapinnale lähedasemad õhukihid kõrgematest soojemad. Öösiti aga võib maapinnast 2 m kõrgusel olla plusstemperatuur, samal ajal kui maapinnal on temperatuur juba alla nulli.

Mullalt ja taimede lehtedelt soojust ära kandes tugevdab tuul ühtlasi aurumist maapinnalt ja taimedelt. Tuule mõjul suurenev aurumine kutsub omakorda esile mulla, taimede ja maapinnalähedase õhukihi temperatuuri alanemise.

Tuulekaitseks rajatavad tarad vähendavad tugevasti tuulte mõju ja parandavad sellega mulla ning maapinnalähedase õhukihi soojus- ja niiskusrežiimi.

Tabelis 2 on esitatud F. J. Koljasjeva (29) uurimiste andmed tuulekaitsetara kohta, mis on püstitatud iga 0,5 m tagant 1 ja 2 m kõrgustest laudkilpidest.

Tabel 2

Tuule kiiruse vähenemine

Kõrgus maapinnast m	Tuule kiirus m/sek.		
	5 m eespool kilpi	5 m kaugusel kilbi taga	13 m kaugusel kilbi taga
	1 m kõrguste kilpide puhul		
0	2,5	0	0
0,5	3,0	0,24	1,00
1,0	3,7	1,80	1,44
	2 m kõrguste kilpide puhul		
0	2,13	0	0
0,5	2,27	0	0
2,0	3,70	0,39	0,72
2,5	3,90	1,40	2,59

Tabelist 2 võib järeldada, et 2 m kõrgused tarad 15 m vahede puhul kaitsevad taimi külmade tuulte vastu. Tarade kasutamist tuulekaitseks on otstarbekas silmas pidada individuaalaiamaa pidajail.

Soojendataval avamaal maikuus tehtud maapinnalähedase temperatuuri vaatlused näitavad, et 2 m kõrguste tuulekaitseribade puhul on maapinnalähedane õhukiht 25 cm kõrgusel maapinnast tuule vastu kaitstud lõikudes 3° võrra soojem kui kaitsmata kontroll-lõigul.

Tuule mõju nõrgendamiseks tuleb soojendatavale avamaale püstitada tuulekaitsetarad.

Erilist tähelepanu on vaja pöörata katmikala kaitsele külmade põhja-, kirde- ja idatuulte vastu. Parimat kaitset pakuvad mets ja kaitseistandikud. Põhja poolt võivad need ulatuda katmikala piirini. Lõuna ja kagu poolt ei tohi kaitseistandikud ja ehitused olla lähemal kui 50—75 m.

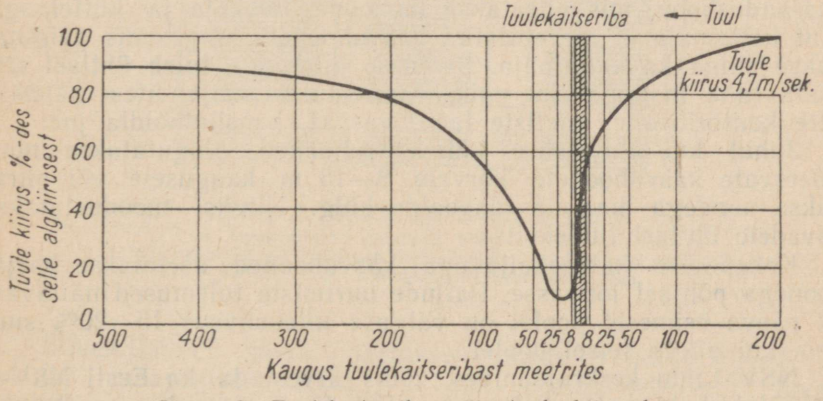
Kaitseistandikud võib moodustada kuni 5-st puude ja põõsaste reast. Esialgse kaitseistandiku võib rajada kiiresti kasvavatest lehtpuudest ja põõsastest. Ka võib ehitada planke ja punutud tarasid.

Tabel 3

Tuulekaitse mõju õhutemperatuurile (29)
(15×25 m suurustel lõikudel)

Temperatuuri mõõtmise aeg (maikuu 1949)	Õhutemperatuur 25 cm kõrgusel kell 7		
	Soojendatav avamaa, lõigu keskel	Kontroll-lõik	Vahe
6	14,0	7,6	6,4
7	18,0	13,1	4,9
9	15,0	13,3	1,7
10	11,0	9,1	1,9
11	10,0	8,4	1,6
12	16,0	10,5	5,5
13	16,0	11,6	4,4
14	12,0	9,6	2,4

Tuule kiiruse vähenemine kaitseistandiku mõjul nähtub jooniselt 2.



Joonis 2. Tuulekaitseriba mõju tuule kiirusele.

Väga tähtis on kasvuhoonete, lavade ja kogu avamaa varustamine kastmisveega, eriti kevad- ja suveperioodil. Suvel kulub kastmiseks vett 1000 lavaakna kohta iga päev kuni 10 m³. Seepärast on soovitav katmikala ehitada looduslike veekogude — jõgede, järvede või tiikide äärde.

Juhul kui looduslikke veekogusid ei ole, tuleb kaevata tiigid või kaevud, mis suudavad katta kogu katmikala veevajaduse.

Katmikala planeerimisel peab selle ökonoomika küsimused hästi läbi töötama, kusjuures on ühtlasi tarvis silmas pidada kasvuhoonete ja lavade edaspidise laiendamise võimalusi.

Kasvuhooned, lavad ja soojendatav avamaa on organisatsiooniliselt, majanduslikult ja tehniliselt omavahel seotud. See kohustab eriti hoolikalt läbi mõtlema nende paigutust ühtses

katmikalakombinaadis. Planeerimisel tuleb lähtuda sellest, et küttesüsteem oleks ökonoomne, tööjõukulu minimaalne ja mehhanismide kasutamine võimalikult täielik.

Kasvuhooneid ei tohi liialt killustada, sest väikesed ehitused vajavad pinnaühiku kohta alati enam ehitusmaterjali, nõuavad suhteliselt suurema välispinna tõttu enam kütet ja neis on raske tööprotsesse mehhaniseerida. Et kasvuhooned üksteist ei varjutaks, jäetakse nende vahele 1,2—5 m laiused vahed, sõltuvalt kasvuhoonete kõrgusest. Tavaliselt vastavad need vahed kasvuhoonete kõrgusele. Suured vahed ei ole soovitavad, sest need suurendavad kasvuhoonete kasutut pinda (koridore) ja maa-ala ning samuti kütte- ja veetorustiku hinda. Üksikuid kasvuhooneid ühendav koridor soodustab kasvuhoonete ekspluatatsiooni talveperioodil, kuid selle suurusega ei tule liialdada.

Kasvuhoonete ja lavamajandi maa-ala planeerimisel paigutatakse kasvuhooned selle põhjapoolsemasse, kõrgemasse ossa.

Kasvuhoonete ja maa-ala põhjapoolse piiri vahele jäetakse majandushoov, mis piiratakse laohoone, töökoja ja küttelaoga. Kui katlamaja ei ole ehitatud kasvuhoonete külge, siis paigutatakse sinna ka katlamaja. Samasse piirkonda tuleb ühtlasi ette näha tuha mahapaneku paik. Suuremates majandites nähakse ette kontorihoone, väetiste laod, garaaž, bensiinihoidla jne.

Juhul kui ehitatakse külmkasvuhooned, paigutatakse need kõetavate kasvuhoonete kõrvale 8—15 m kaugusele või piiratakse nendega maa-ala idapoolne külg. Niiviisi moodustatakse lavadele ühtlasi tuulekaitse.

Kahepoolse katusekallakuga kasvuhooned asetatakse harjajoonega põhjast lõunasse. Paljude uurimiste tulemused näitavad, et päeva esimesel poolel on valguse intensiivsus 15—20% suurem kui päeva teisel poolel.

NSV Liidu keskrajoonides, võiks arvestada ka Eesti NSV-s, saavutab kahepoolse katusega põhja-lõuna-suunalise asetusega kasvuhoone parimad valgustustingimused siis, kui harjapoolne põhjapoolne ots suunatakse kuni 15° võrra itta.

Üldiselt on lubatavad harjajoone kõrvalekaldumised põhja-lõuna suunast kuni 15° võrra mõlemale poole. Kasvuhoone asetuse määravad maa-ala reljeef, konfiguratsioon, püstitatavate ehituste suurus ning arv jt. tingimused.

Ühepoolse kallakuga kasvuhooned tuleb paigutada klaasitud pinnaga vastu lõunat, soovitavalt 15—20°-se kaldega itta.

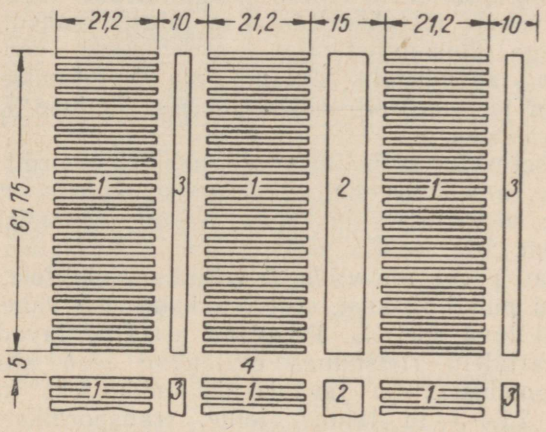
Kasvuhoonest 10—20 m lõuna poole paigutatakse lavad. Eesti NSV-s kasutatakse peamiselt harilikke lavaaknaid mõõtmetega 150×100 cm ja hollandi lavaaknaid mõõtmetega 150×80 cm. Vähe on levinud ka vene lavaaknad, mille mõõtmed on 160×106 cm.

Lavad ehitatakse kvartalitena. Lava parajaks pikkuseks loetakse 20 m, s. o. 20 harilikku lavaakent. Hollandi lavaakende

kasutamisel on lava pikkuseks samuti 20 m ja lava kaetakse 25 aknaga.

Vene lavaakende puhul kaetakse lava 20 aknaga ja tema pikkuseks kujuneb 21,2 m; lava laiuseks on siis 1,60 m. Lava pikitelg asetatakse läänest itta nagu ühepoolse kaldega kasvuhoonetelgi.

Kui kasutatakse kahepoolseid lavasid, siis paigutatakse need tavaliselt harjajoonega põhjast lõunasse nagu kahepoolsed kasvuhoonedki.



Joonis 3. Biokütega lavade paigutus:
1 — lavakvartalite paigutus, kvartalis 500 vene lavaakent; 2 — biokütuse hoiuplatsid; 3 — mulla hoiuplatsid; 4 — sõiduteed lavakvartalite vahel.

Süvendlavade puhul jäetakse lavade vahele 70—80 cm laiune, maapealsete (liikuvate ehk edasitõstetavate) lavade puhul aga 50 cm laiune vahe. Kahepoolsete lavade vahele jäetakse 1 m laiune vahe.

Kvartalisse paigutatakse tavaliselt 500 vene lavaakent, s. o. 25 lava (joonis 3). Sama lavade arvu puhul mahub kvartalisse 625 hollandi lavaakent.

Hollandi lavaakende puhul on «Eesti Põllumajandusprojekt» rakendanud järgmist süsteemi. Kvartalisse on paigutatud 20 lava, mis on koondatud 5 rühma. Rühmade vahed on 2,5 m. Iga neljalavalise rühma pikkus on 8,67 m. Kvartali pikkuseks kujuneb 53,35 m.

Rööbiti lavadega jäetakse kvartalite vahele 5 m, vahel ka 6 m laiused teed. Lava otsmiste põhja-lõuna-suunaliste teede laiuseks võetakse 10—15 m. Sageli ehitatakse 10 ja 15 m laiused teed vaheldumisi. 15 m laiusi teid kasutatakse biokütuse ja 10 m laiusi — muldade ettevalmistamiseks. Kahele poole biokütuse- ja mullavirnu jäetakse 2,5 m laiused teed läbisõiduks.

Kui sõnnikut hoitakse mitme aasta vältel ühel ja samal kohal, sooldub sõnnikualune pinnas vee poolt sõnnikust väljauhutud toitesooladest küllastumise tõttu. Kevad- ja suveperioodil kasutatakse teid köögivilja kasvatamiseks. Köögiviljale võib selline küllastunud pinnas mõjuda kahjustavalt. Seepärast võib mõlemate teede laiuse jätta ühtlaseks — 15 m — ning mulla ja sõnniku paigutada nendele teedele vaheldumisi üle aasta.

Kasutamist leiab ka teine lavakvartalite planeerimise skeem — asetus ribadena. Selle süsteemi puhul asetatakse lavad paarikaupa, 0,7 m laiuse rajaga lavade vahel.

Ribade vahele jäetakse 2,5—3 m laiused vahed, mis võimaldab hobusega läbisõitmist.

Esimene lahendusviis on maa-ala kasutamise seisukohalt ökonoomsem ja lavad on soojemad, sest soojuse kadu külgede kaudu on väiksem.

Teine asetusviis võimaldab aga hobutranspordil juurdepääsu igale lavale, mis kergendab bioloogilise kütuse, muldade, taimede, lume, vana mulla jm. vedu. Ka on kaevamistööde läbiviimine kergem.

Kui lavad peaks üle viidama tehnilisele küttele, siis ei teki selle skeemi puhul raskusi, sest iga kahe riba vahele on võimalik veel üht lava asetada. Ribadena asetatud lavade puhul ehitatakse kvartaleid ristsuunas eraldavad teed kitsamad. Üks, läbikäiku moodustav ja lavaakende hoidmiseks kasutatav tee ehitatakse 2,5—3 m laiune, teine, transpordiks ja muldade hoidmiseks määratud tee jäetakse 7—9 m laiuseks.

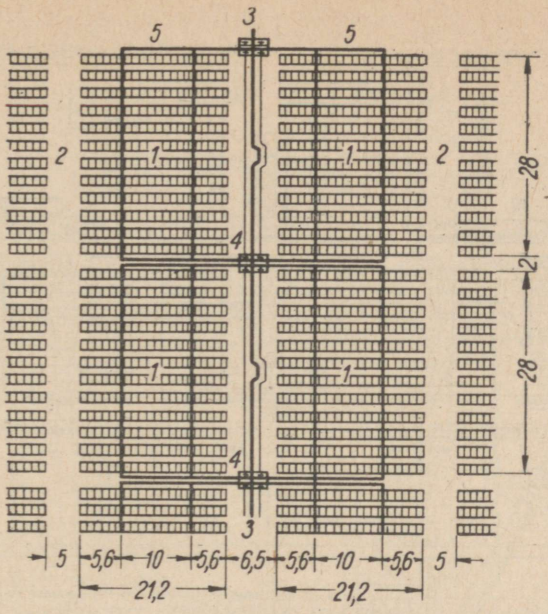
Et lavade jahtumine ribadena asetuse puhul on suurem, siis ei ole nad varajase köögivilja kasvatamiseks eriti sobivad.

Liikuvate (maapealsete) lavade puhul kasutatakse ristteid muldade ja lavakastide hoidmiseks; nad on vastavalt 10 ja 12 m laiused. Lavadevahelised teed on kitsad — 50 cm laiused.

Suurtes katmikmajandites on otstarbekas lavaakende ja mattide paigutamiseks katusealune ehitada lavade lähedale, et vähendada transporti.

Seoses mitut liiki tehnilise kütte kasutamisega on projekteerimisorganisatsioonid viimasel ajal teinud suuri muudatusi vene lavade paigutamise skeemides. Lavaakende arvu kvartalis on vähendatud 240, mõnel juhul 120 aknani. Ühtlasi vähendatakse kvartalite vahesid, sest tehnilise kütte puhul ei ole nendel vaja hoida bioloogilist kütust ja mulda tuleb vahetada harvemini. Joonisel 4 on toodud näidisena tehnilisel küttel olevate lavade paigutus Moskva linna Moskvoretski rajooni kolhoosis «Pamjat Iljitša».

Tehnilise kütte puhul on võimalik soojendada ka avamaa mulda auru või veega, milleks kasutatakse asbotsement- või raudtorusid. Sisuliselt osutub selline soojendatav avamaa lahtiseks köetavaks põlluks, millel võib kasutada mitmesuguseid katteid, peamiselt liikuvaid lavasid.



Joonis 4. Tehnilise küttega lavade paigutus Moskva linna Moskvoretski rajooni kolhoosis «Pamjat Iljitša»:

1 — lavakvartalid; 2 — sõiduteed lavakvartalite vahel; 3 — magistraaltoru; 4 — jaotuskaev; 5 — toitetoru.

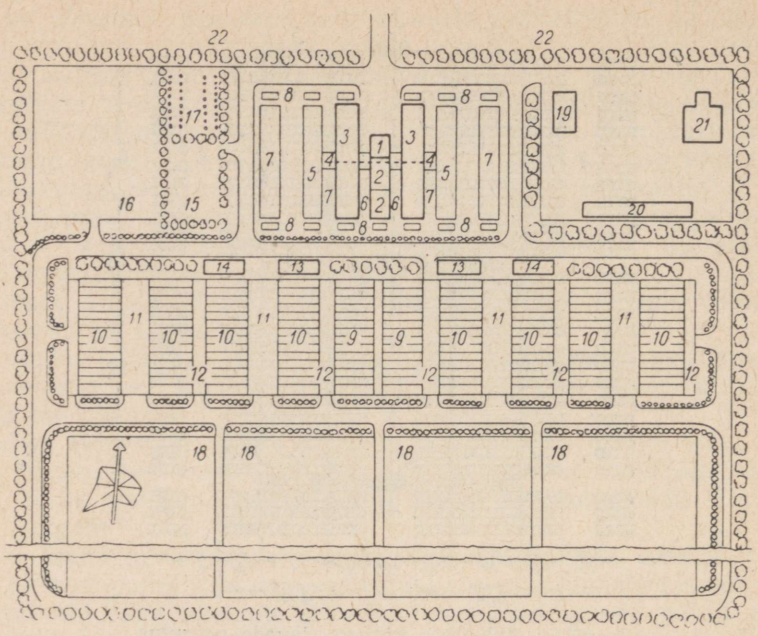
Muldade ja bioloogilise kütuse platsid, lavaakende ja mattide katusealused, lavaakende remontimise ruum ning kütuse- ja väetiselaod tuleb asetada lavade maa-alale käepäraselt. Otstarbekohane on piirata lavad külmade tuulte vastu ehituste ja elav- või planktaraga, kuid niiviisi, et nad ei varjutaks lavasid.

Mesila paigutatakse lavade lähedusse, sest kevadel lendavad mesilased varakult välja ainult soojade ilmadega ega lenda kaugele.

Toome näitena Köögiviljamajanduse Teadusliku Uurimise Instituudi poolt väljatöötatud kolhoosi katmikala näidislahenduse (joonis 5).

Selles skeemis on ette nähtud esimeses järjekorras välja ehitada 1500 m² kasvuhooneid, mille pindala suurendatakse edaspidi 2750 m²-ni. Lavasid on ette nähtud 5000 lavaakent, soojendatavat avamaad 2000 m² ja soojendamata avamaad köögiviljade alla 8 ha ning mitmeaastaste köögiviljakultuuride kasvatamiseks 0,5 ha, peale selle vajalikud majapidamis- ja abihooned.

Planeerimisel on silmas peetud kallihinnaliste küttetorude kokkuhoidu. Katlamaja (1) on paigutatud kasvuhoone põhja-



Joonis 5. Köögiviljamajanduse Teadusliku Uurimise Instituudi poolt väljatöötatud kolhoosi katmikala näidislahendus:

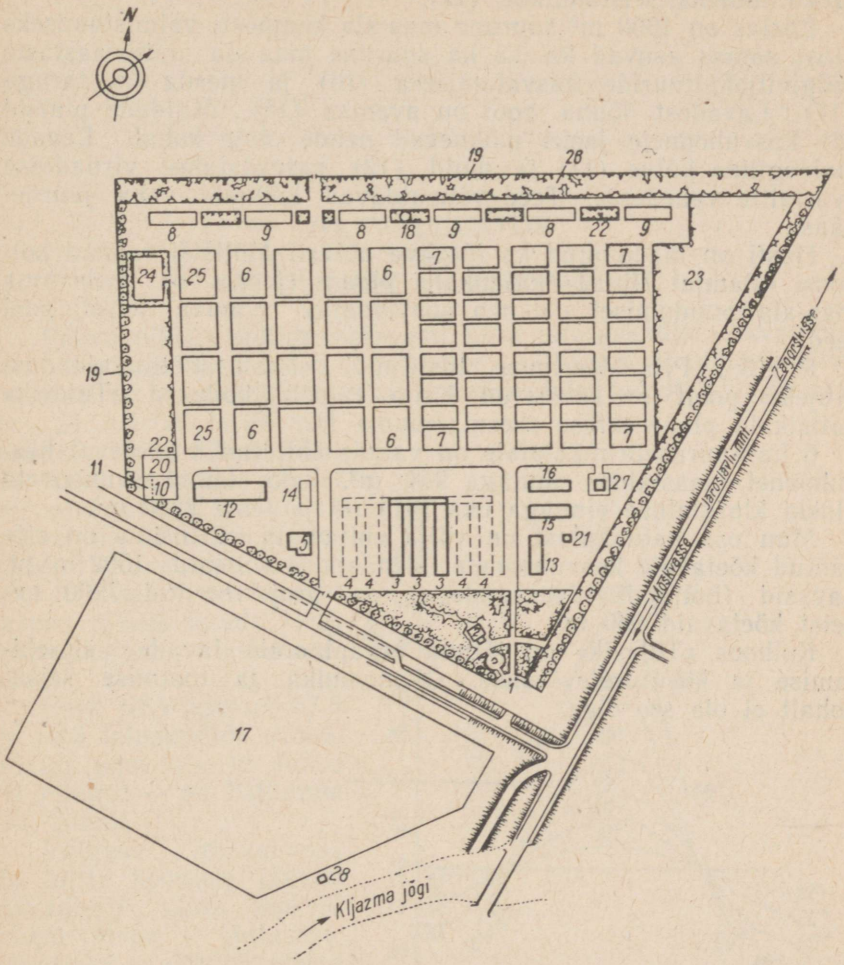
1 — katlamaja; 2 — lavatitega kasvuhoone; 3 — maapinna-kasvuhoone; 4 — ühenduskoridor; 5 — tagavaraplatsid; 6 — kasvuhoonetevaheline soojendatav avamaa; 7 — tagavaraplatsid; 8 — muldade platsid; 9 — tehnilise küttega lavakvartalid 1000 lavaaknale; 10 — lavakvartalid 4000 lavaaknale; 11 — biokütus; 12 — muld; 13 — katusealused lavaakende hoidmiseks ja ruum nende remondi jaoks; 14 — katusealused õlgmattide hoidmiseks; 15 — komposti valmistamise plats; 16 — mitmeaastased köögiviljakultuurid; 17 — mesila 36 taruga; 18 — avamaa 8 ha; 19 — sibulahoidla; 20 — köögiviljahoidla; 21 — jääga köögiviljahoidla; 22 — tuulekaitseistandikud.

poolsesse otsa. Ühenduskoridorist (4) lõuna pool liitub temaga lavatitega kasvuhoone (2), mis on vaheseinaga jaotatud kaheks osaks, kumbki 150 m². Lavatitega kasvuhoonest kahel pool asuvad maapinna-kasvuhooned (3), mis koosnevad samuti kahest osast, kumbki 300 m². Neist kahel pool asuvad reservplatsid teise järjekorra ehitustöödeks (5).

Teise järjekorra ehituste püstitamiseni kasutatakse reservplatse ja kasvuhoonetevahelisi maa-alasid (6) soojendatava avamaana. Hiljem kasutatakse selleks ka maa-ala (7).

Kaks kvartalit (9) 1000 lavaaknaga on soojendatavad tehnilise küttega, ülejäänud 8 kvartalit (10) 4000 lavaaknaga on bioloogilisel küttel, kuid need võib edaspidi üle viia tehnilisele küttele.

Abihooned on paigutatud kasvuhoonete lähedale niiviisi, et nad kaitseksid viimaseid tuulte eest. Siia gruppi kuuluvad sibulahoidla, mahuga 25 tonni (19), köögiviljahoidla, mahuga 50 tonni (20), ja samamahuline jääga köögiviljahoidla (21).



Joonis 6. Moskva oblasti Mõtištši rajooni kolhoosi «Pamjat Iljitša» katmikala plaan:

1 — sissesõidutee; 2 — köögiviljandusbrigaadi hoone; 3 — esimeses järjekorras ehitatavad kasvuhooned (997 m²); 4 — reservmaa-ala (1328 m²) kasvuhoonete ehitamiseks; 5 — katlamaja; 6 — lavad auruküttel (4000 lavaakent); 7 — lavad elektriküttel (4800 lavaakent); 8 — katusealused 10 000 lavaaknale; 9 — katusealused 15 000 lavamatile; 10 — kompostiplats; 11 — muldade ja komposti katusealune; 12 — toitekuubikute valmistamise ja pikeerimisruum; 13 — valmiskaubа ladu ja külmhoone; 14 — kütteladu; 15 — ajatatava köögivilja hoidla; 16 — sibulahoidla; 17 — soojendatav ja soojendamata avamaa; 18 — veetorn; 19 — tara; 20 — muldade plats; 21 — kaetav auk jäätmete kloreerimiseks; 22 — käimla; 23 — maa-ala mitmeaastaste köögiviljakultuuride kasvatamiseks; 24 — mesila; 25 — lavad biokütusel (1100 vene lavaakent); 26 — tuulekaitseriba; 27 — alajaam; 28 — pumbamaja.

Katusealused 5000 lavaaknale (13) ja 10 000 õlgmatile (14) on asetatud lava kvartalite põhjapoolsesse otsa. Katmikala piiravad tuulekaitseistandikud (22).

Edelas on 1000 m² suurune maa-ala komposti valmistamiseks (15); samas asuvad ka 0,5 ha suurune maa-ala mitmeaastaste köögiviljakultuuride kasvatamiseks (16) ja mesila 36 taruga (17). Lavadest lõuna pool on avamaa (18). Muldade platsid (8) kasvuhoonete jaoks paiknevad nende otste kohal. Lavade bioloogiline kütus (11) ja muld (12) paigutatakse virnadesse kvartalite vahedesse. Teed võimaldavad kõikjale vaba juurdepääsu.

Hästi on lahendatud ka Moskva oblasti Mõtištši rajooni kolhoosi «Pamjat Iljitša» katmikala plaan (joonis 6). Sobivama maa-ala puudumisel paikneb soojendatav avamaa teisel pool teed.

Riikliku Projekteerimise Instituudi «Eesti Põllumajandusprojekt» poolt on koostatud Keila rajooni kolhoosi «Tulevik» katmikala planeerimise skeem (joonis 1).

6 ha suurusele maa-alale on valmis ehitatud 3 köetavat kasvuhoonet klaasialuse pinnaga 954 m², kaks külmkasvuhoonete blokki klaasialuse pinnaga üks 1914 m² ja teine 2200 m².

Muu osa katmikalast on välja ehitamata. Projektis on ette nähtud köetavate kasvuhoonete laiendamise võimalus 1592 m²-ni. Lavasid (hollandi lavaakendega) on projekteeritud 7200 m², neist köetavaid 960 m².

Kolhoos «Tulevik» on jätnud tagaplaanile lavade väljaehitamise ja kasutuselevõtmise. Ökonoomika ja tootmise seisukohalt ei ole see õige.

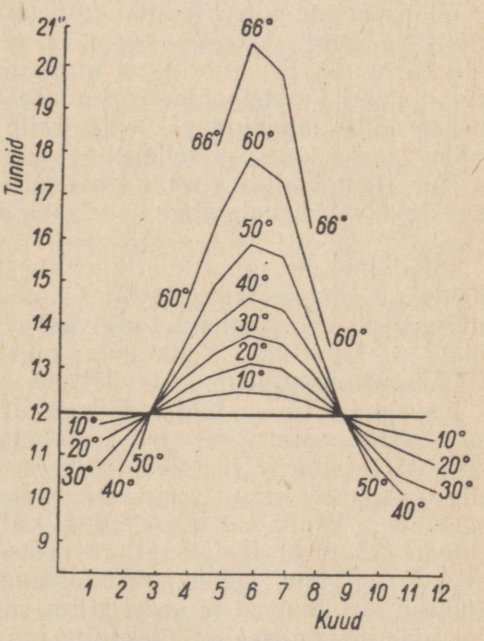
III. VALGUSTUS

KÖÖGIVILJADE VALGUSEVAJADUS

Päeva pikkus sõltub teatavasti koha laiuskraadist. Ekvaatoril on päev kogu aasta ringi ühepikkune — 12 tundi. Poolustele lähenemisel on päeva pikkus kõigil laiuskraadidel ainult 2 korda aastas, 24. märtsil ja 24. septembril, 12-tunniline. Nende kahe kuupäeva vahel olevatel kuudel on päeva pikkus üle 12 tunni ja ülejäänud kuudel alla 12 tunni. Joonisel 7 on toodud päeva pikkus kuude järgi mitmesugustel laiuskraadidel.

Eesti NSV asetseb 57,5 ja 59,5 laiuskraadi vahel. Pikim päev — 18 tundi 41 minutit — on Tallinnas 22. juunil.

Valguse intensiivsus ja kiirte koosseis jäävad ekvaatoril aasta jooksul enam-vähem ühtlaseks, muutudes ainult päeva kestel. Poolustele lähenemisel muutub ööpäevane kõikumine väiksemaks, kuid selle-eest muutuvad enam valguse intensiivsus ja koosseis.



Joonis 7. Päeva keskmine pikkus kuude järgi mitmesugustel laiustel.

Heaks kasvuks, õitsemiseks ja viljakandmiseks vajavad taimed spektri teatud koosseisuga, küllaldase intensiivsusega ja kestusega valgust.

Maa peale langeva päikesekiirguse energia võib spektri koosseisult jaotada kolme ossa: ultravioletkiirteks, nähtavaks valgu-

seks ja infrapunasteks kiirteks. Igal mainitud osal on, sõltuvalt kiirguslaine pikkusest, päikesekiirguse spektris kindel koht.

Kõige lühem lainepikkus on ultraviolettkiirgusel — 10 kuni 400 millimikronit[1]. Sellele järgneb nähtava valguse piirkond lainepikkusega 400 kuni 760 millimikronit. Spektri nähtav osa koosneb lõikudest, milledest igaühel on erinev värvus ja iseloomustav kindel lainepikkus.

Järgnevalt toome need lainepikkused millimikronites värvuste järgi:

violetne . . .	400—440	kollane . . .	565—595
sinine	440—490	oranž . . .	595—620
taevakarva sinine .	490—510	punane . . .	620—760
roheline . . .	510—565		

Kõige suurema lainepikkusega on infrapunane kiirgus, mis ei ole silmaga nähtav, kuid on aistitav soojusena. Selle kiirguse lainepikkus on üle 760 millimikroni.

Ultraviolettkiirgus ei ole samuti silmaga nähtav ning jaguneb lühilaineliseks ja pikalaineliseks.

Lühilaineline ultraviolettkiirgus (10—280 millimikronit) mõjub taimedele isegi väikestes kogustes väga kahjulikult. Jätkub selliste kiirte 10—15-minutilisest toimest, et taim kasvavate rakkude protoplasma funktsioonide häirumise tagajärjel häviks. See kiirgus ei jõua maapinnani, vaid selle neelab stratosfääris olev osoon. Heaks kaitseks selle kiirguse vastu on klaas.

Kunstliku lühilainelise ultraviolettkiirguse allikaks on Petrovi kaar ja elavhõbedalambid kvartskestas (solluks, kõrgustikupäike jt.).

Pikalaineline ultraviolettkiirgus (280—400 millimikronit) on mõõdukas annuses vajalik taime ainevahetuseks ja tema organite kujunemisel. Maapinnani tungivas päikesekiirguses on neid kiiri vähe — kuni 1%. Kunstlikku pikalainelist ultraviolettvalgust annavad luminestsents-, elavhõbeda-, neoon- jt. lambid.

Taimede elus on tähtis päikesekiirguse nähtav osa, s. o. valgus. Seda nimetatakse sageli füsioloogiliseks kiirguseks, sest peaaegu kõik taimede füsioloogilised protsessid toimuvad peamiselt valguse toimel. Ainult valguse käes kasvavad taimed normaalselt, õitsevad ja kannavad vilja. Ainult valguse käes toimub rohelistes lehtedes tähtsam füsioloogiline protsess — fotosüntees (assimilatsioon). Tänu sellele moodustuvad taimes anorgaanilistest ainetest, süsihappest ja veest mitmesugused orgaanilised ühendid. Kui päikesevalguses on ülekaalus oranžid ja punased kiired, tekib enam süsivesikuid, kui aga sinised ja violetsed kiired, siis tekib enam valku.

Valguse rohelist osa neelavad lehed kõige vähem; see nagu filtreeruks läbi lehtede. Fotosünteesi kõrval toimuvad taimes nähtava valguse mõjul sellised tähtsad füsioloogilised protsessid,

[1] Millimikron — üks miljondik millimeetrit.

nagu lehtede, õite ja vilja kujunemine ning klorofülli ja teiste taime elutegevuseks vajalike ainete tekkimine. Erinevalt fotosünteesist, mis vajab suurt valguse intensiivsust (tuhandeid lukse [1]), võivad peaaegu kõik mainitud protsessid normaalselt areneda suhteliselt nõrga valguse (sadade ja isegi kümnete lukside) puhul.

Rohkearvulised uurimised on näidanud, et nähtava valguse spektraalse koosseisu intensiivsusega ja valgustamise kestusega ööpäeva jooksul võib taimede ainevahetust ja arenemist meelevaldselt aeglustada või kiirendada. Kõigis taimerakkudes toimub rööbiti orgaaniliste ainete tekkimise ja omandamise protsessidega pidev ainete lagunemine ja hapendumine. Orgaaniliste ühendite hapendumise protsessi nimetatakse hingamiseks, mis toimub eranditult kõigis taime elavates rakkudes. Seega on hingamine fotosünteesile vastupidine protsess. Hea valgustuse korral areneb fotosüntees hingamisest energilisemalt ja seetõttu koguneb taimesse orgaanilisi aineid. Valgustuse vähenedes nõrgeneb assimilatsioon, kuni saabub moment, kus fotosüntees ja hingamine on võrdsed. Seda seisukorda nimetatakse kompensatsioonipunktiks. Edasisel valguse intensiivsuse vähenemisel omandab ülekaalu hingamine ja taim hakkab orgaaniliste ainete kogumise asemel neid kaotama.

Selle tagajärjel lakkab kasv, algab lehtede langemine ja lõpuks taim hukkub. Taimede hingamise intensiivsus ei ole alati ühesugune. Noored, kasvavad organismid hingavad tugevamini kui vanad, mille kasvamine on lõppenud. Õhu temperatuuri kasvamisel tõuseb hingamise intensiivsus kiiresti ja orgaaniliste ainete kadu muutub suuremaks. Temperatuurides üle 50° lakkab hingamine ja taimed hukkuvad.

Kui taimed asuvad pimedas ega saa üldse valgust, siis ei teki lehtedes klorofülli. Nad kasvavad kahvatukollastena, pikkade nõrkade varte ja väikeste arenemata lehtedega. Neis ei esine fotosünteesi. Talvises nõrgas valguses kasvavatel taimedel arenevad peamiselt vegetatiivsed osad (varred, lehed, juured), fotosüntees aga on väga nõrk. Vastavalt valguse intensiivsuse suurenemisele omandab taim üha normaalsema ilme: varred muutuvad jämedamaks, lehed märksa suuremaks, nende värvus muutub tumerohe liseks, järgnevad õitsemine ja viljakandmine.

Valgus on fotosünteesi energiaallikaks, seepärast kasvab valgustuse suurenemisega fotosünteesi intensiivsus. Suurema osa köögiviljade suhtes kehtib see seaduspärasus 20 000—40 000-luksilise valgustuse piirides. Edasisel valguse intensiivsuse suurenemisel jääb fotosünteesi kiirenemine valgustuse suurenemisest maha ja lõpuks peatub teatud tasemel. Väga tugev valgus võib põhjustada isegi fotosünteesi nõrgenemist.

---

[1] Luks on valgustustugevus, mille annab üks füüsikaline küünal ühe meetri kaugusel.

Sõltuvalt minimaalsest valgusevajadusest võib köögiviljad umbkaudu liigitada kolme järgnevasse rühma:

1) valgustuse suhtes nõudlikumad (umbes 8000 luksi) taimed: tomat, uba, salat, kurk, lillkapsas (istikud);

2) keskmise valgustusega (4000—5000 luksi) rahulduvad taimed: redis, till, spinat;

3) nõrgas valgustuses (1000—2000 luksi) hästi kasvavad taimed: sibul (pealsete ajatamisel), peet, lillkapsas (järelkasvatamine talvel).

LOODUSLIK VALGUSTUS

Looduslikes tingimustes on füsioloogilise kiirguse allikaks päikese otsene ja hajutatud kiirgus. Otsese kiirguse all mõistetakse seda osa päikesekiirgusest, mis jõuab maapinnani paralleelsete kiirtena, tulles otse päikeselt. Hajutatud valguseks nimetatakse aga seda päikesekiirgust, mis langeb maapinnale pärast hajutamist atmosfääris pilvede, gaasimolekulide, tolmukübemekeste, veepiiskade, jääkristallide jne. poolt.

Päikese tõusu ajal langeb taimedele ainult hajutatud valgust. Päikese kõrguse suurenedes horisondil kasvab päikese otsese kiirguse osatähtsus ja väheneb hajutatud valguse osatähtsus (vt. tabel 4) (33).

Tabel 4

Päikese kõrgus horisondil (kraadi)	0	5	10	20	30	40	50
Otsese kiirguse %	0	36	56	71	77	80	82
Hajutatud kiirguse %	100	64	44	29	23	20	18

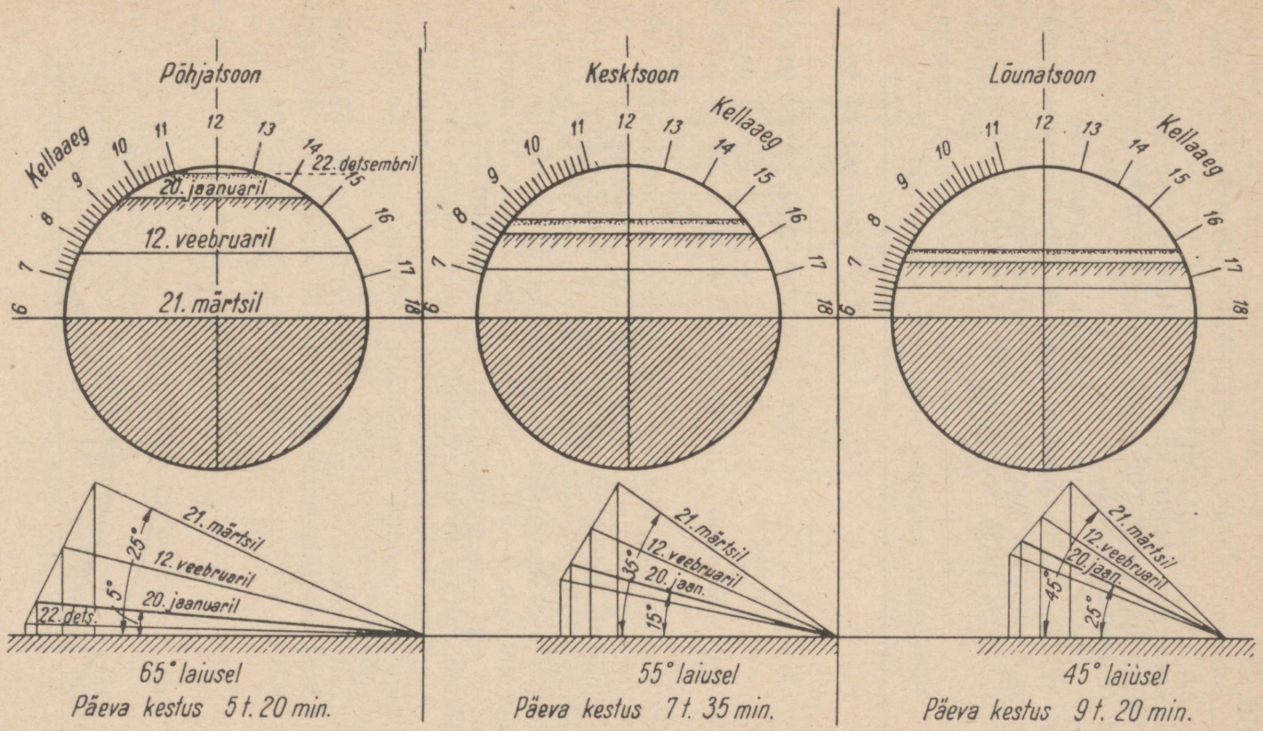
Hajutatud kiirgusel on taimede elus suur tähtsus. Tundide arv, mille jooksul päikesekiired langevad otseselt lehtedele, on tunduvalt väiksem päeva valgest perioodist, millal taimedele langeb hajutatud valgus (hommik, õhtu, pilves ilm jne.). Peale selle saavad otsest kiirgust ainult välised lehed, kuna varjus või võra sügavuses asetsevate lehtedeni jõuab ainult hajutatud kiirgus. Hajutatud kiirgus on taimedele soodsam, sest ta sisaldab 60—90% füsioloogilisest kiirgusest. Kui päike asub horisondil 30—70° kõrgusel, siis on ta otseses kiirguses füsioloogilisi kiiri 35%.

Hajutatud valguse kiirte energiat absorbeerib klorofüll palju intensiivsemalt kui päikese otsese kiirguse energiat.

Infrapunase kiirguse mõju taimedele ei ole veel küllalt hästi tundma õpitud. Ent on teada, et kui seda kiirgust on ülemääraselt, siis kutsub ta esile taimerakkude ülekuumenemist ja põletusi.

Päikesekiirguse energiast, mis langeb rohelisele lehele, peegeldub 25%, niisama palju läbib lehe ja ligikaudu pool neeldub.

Nähtava valguse osa kohta on andmed pisut teistsugused: pee-



Joonis 8. Päeva valge aja pikkuse sõltuvus päikese kõrgusest horisondil.

geldumine ja läbimine moodustavad kumbki 10% ja neeldumine 80%, kusjuures maksimaalselt neeldub siniseid, violetseid ja punaseid kiiri.

Mida suurem on lehes klorofülli kontsentratsioon ja mida paksem on leht, seda enam valgust neeldub.

Päikesevalguse spektri koosseis sõltub päikese kõrgusest horisondil. Kasvuhoonete seisukohalt huvitab meid kõige enam talveperiood (detsember-aprill).

Kõigi kasvuhoonetaimede normaalse arenemise suhtes on otsustav tähtsus päeva pikkusel, mis on tihedalt seotud päikese kõrgusega horisondil. Joonisel 8 on näha päikesekiirte maa peale langemise nurga järsk suurenemine ekvaatorile lähenemisel.

Tabel 5

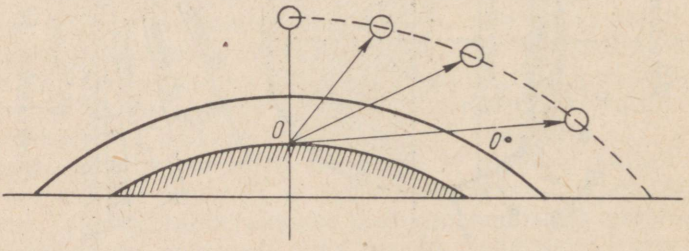
Päikesekiirte langemise nurga suurenemine kuude järgi.

Tsoon	Detsember	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni
Laius 65° (Arhangelsk)	1°33'	5°	13°45'	25°10'	36°15'	45°	48°27'
Laius 55° (Leningrad — Moskva)	11°33'	15°	23°45'	35°	46°15'	55°	58°27'
Laius 45° (Sotši—Suhhumi)	21°33'	25°	33°45'	45°	56°15'	65°	68°27'

Vastavalt päikese kõrguse suurenemisele horisondil pikeneb päeva valge aeg (joonis 8). Kuid otsest proportsiooni siin ei esine. Näiteks märtsis, kui päeva valge aeg on kõikjal võrdne, tõuseb päike põhjas vaid 26° kõrgusele, lõunas aga 47° kõrguse e. Päikese kõrgus mitmesugustel aastaaegadel ja mitmesugustel laiuskraadidel muutub 0—90°-ni, päeva valge aja pikkus muutub aga täielikust valge aja puudumisest kuni 24 tunnini (polaarpäev).

Vaatame, millist mõju avaldab päikese kõrgus horisondil kiirgusele, mis tungib maapinnani. Käesoleval juhul ei huvita meid soojushulga vähenemine atmosfääris kadumise näol, vaid päikesekiirguse spektri koosseisu osade mõõtmine.

Sõltuvalt päikese kõrgusest horisondil tuleb päikesekiirtel läbida pikem või lühem tee atmosfääris. Joonisel 9 on tinglikult



Joonis 9. Päikesekiirte teekonna pikkus läbi atmosfääri sõltuvalt päikese kõrgusest.

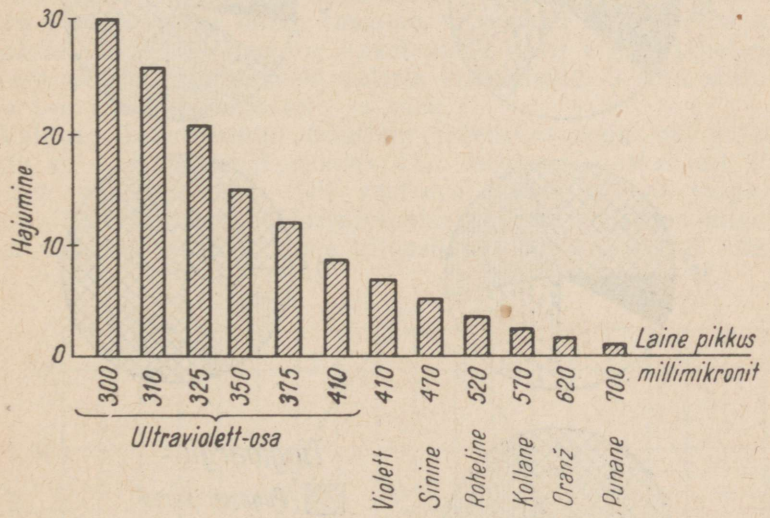
kujutatud vahekord päikese kõrguse ja selle teekonna pikkuse vahel, mis valguskiirel tuleb läbida atmosfääris.

Kui võtta vahemaa, mille päikesekiired läbivad 90°-se nurga all, võrdseks ühega, siis kasvab väiksemate nurkade puhul nende atmosfääri läbimise teekond järgnevalt:

Tabel 6

Päikese kõrgus	90°	60°	30°	10°	5°	3°	0°
Teekond atmosfääris	1,0	1,2	2,0	5,6	10,4	15,0	35,0

Mida pikem tee tuleb päikesekiirtel atmosfääris läbida, seda nõrgemaks kiirgus jääb. Mida lähemal silmapiirile asub päike, seda vähem päikesekiirgust saabub maapinnale.



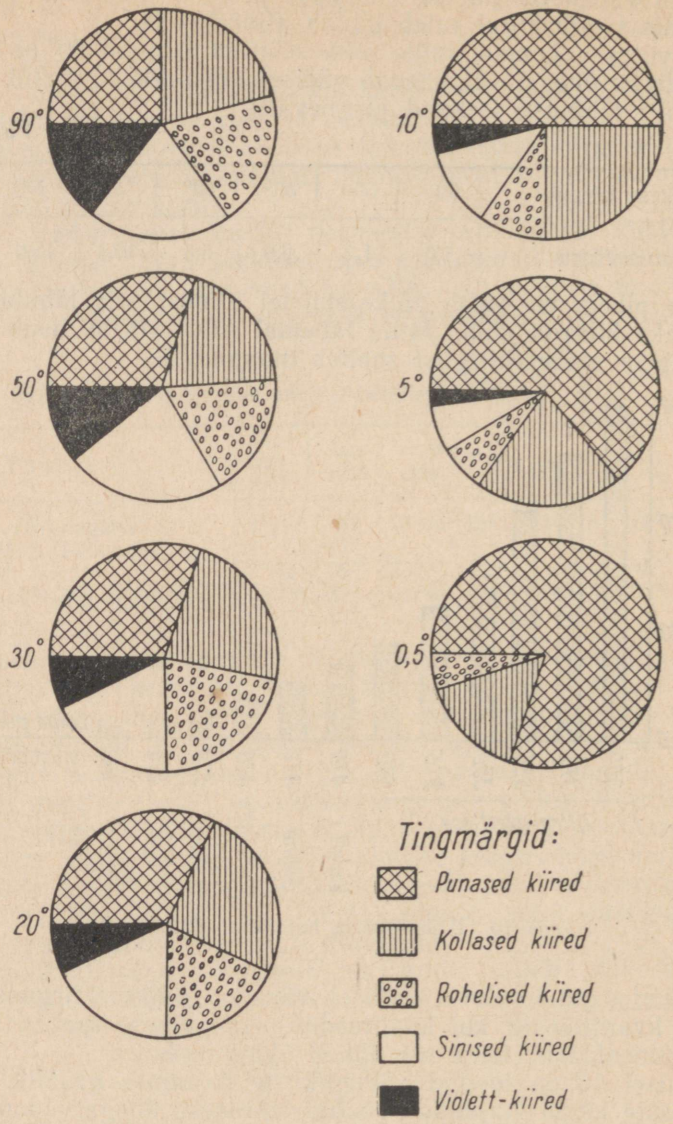
Joonis 10. Päikesekiirte hajumine atmosfääris.

Maakera atmosfääri läbimisel väheneb päikesekiirguse energia nii kvantiteedilt kui kvaliteedilt: osa päikese spektri kiirtest hajub atmosfääris, teine osa läheb üldse kaduma.

Joonisel 10 on toodud päikesekiirte hajumise graafik. Selles on punaste kiirte hajumine võetud võrdseks ühega. Joonisel 10 nähtub, et lühikeste lainete hajumine on 30 korda suurem kui punaste kiirte hajumine.

Mida lähemal on päike horisondile, seda enam läheb kaotsi spektri lühilainelisi kiiri, eriti ultraviolettkiiri. Kui päike asub silmapiiril, siis jõuavad maapinnani ainult punased ja kollased kiired.

Päikesekiirguse spektri koosseis päikese mitmesugusel kõrgusel on toodud joonisel 11.



Joonis 11. Päikesekiirguse spektri koosseis päikese mitmesugusel kõrgusel.

Nagu jooniselt 11 nähtub, on 90° juures kõik viis spektri osa, mis kokku annavad valge värvuse, peaaegu võrdsed. Kui päike läheneb horisondile, nõrgeneb spektri lühilaineline osa enam kui pikalaineline. 10° juures koosneb pool kogu päikesekiirgusest punastest kiirtest.

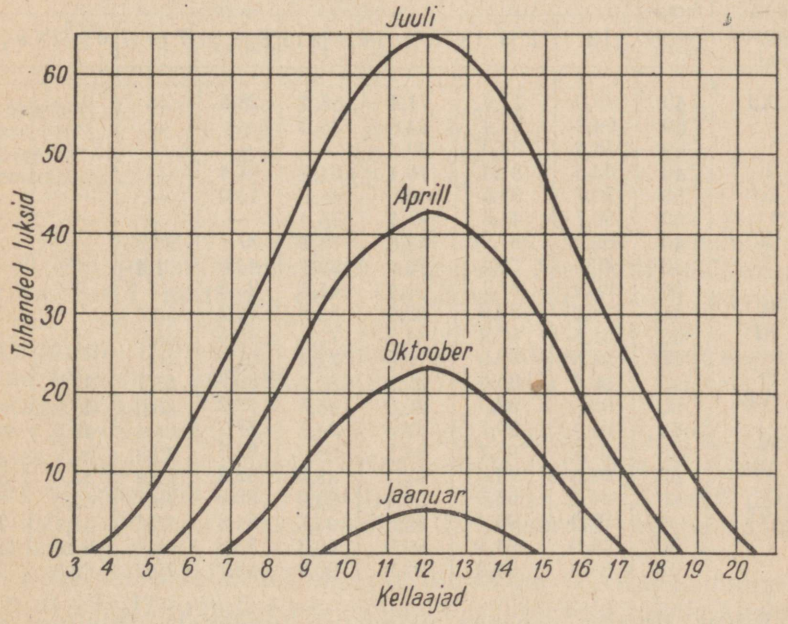
Päikesekiirguse spektri koosseisu NSV Liidu keskvööndis talvel ja suvel päikese mitmesuguse kõrguse puhul iseloomustavad tabeli 7 andmed.

Tabel 7

Aastaaeg	Päikese kõrgus (kraadi)	Spektri lõigud (protsentides)						
		ultravioletne	violetne	sinine	roheline	oranž	punane	infrapunane
Talv	10	1,0	0,8	4,6	5,9	10,0	19,7	58,0
Suvi	50	3,2	4,5	8,2	9,2	9,7	12,2	53,0

Kasvuhoones taimedele langeva valguse spektraalne koosseis sõltub kasvuhoone klaasi omadustest. Harilik aknaklaas laseb paremini läbi pikalainelist kiirgust, s. o. punaseid, oranže ja kollaseid kiiri. Märksa enam takistab ta spektri lühilainelisi kiiri. Seepärast tuleb ka lampide kasutamisel alati erilist tähelepanu pöörata nende valguse spektraalsele koosseisule. Sellest sõltuvad palju taimede kuju, mõõtmed ja saak.

Valguse intensiivsus. Suurima intensiivsusega on päikesepaiste suvel keskpäeval (joonis 12). Moskva laiuskraadil (55°) lahtisel, päikesekiirtega risti asetseval kohal ulatub valgustus 80 000—100 000 luksini. Horisontaalsel pinnal, millele langevad kiired viltu, väheneb valguse intensiivsus 60 000—65 000 luksini.



Joonis 12. Päikesevalgustuse intensiivsus päeva jooksul (horisontaalpinnal).

Selline suur valguse intensiivsus ei ole vajalik kasvuhoonetaimedele. Suurem osa neist, sõltuvalt füsioloogilistest erinevustest, kasvab hästi ja kannab vilja isegi 8 000—20 000-luksilise valgustuse puhul. Vähese valgustuse korral (talvel) on saak 4—5 korda väiksem suvisest.

Keskmine päikesevalgustus kuude järgi Slutskis (Leningradi lähedal) keskpäeval horisontaalpinnale väljendub järgmistes arvudes (tuhandetes luksides) (50):

Kuud	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Valgustus	6,2	14,8	31,0	42,6	57,6	64,8	65,0	54,8	39,1	23,0	11,2	4,2

Nagu näeme, on kasvutingimused, eriti klaasi all, Leningradis ja ka meil Eestis detsembris väga halvad, sest keskmine päikesepaiste pikkus on väga lühike, kõigest $^1/_2$—1 tund päevas; ülejäänud ajal on taevas pilves ja esineb vaid hajutatud valgus.

Normaalne valgustustugevus pilvitu taeva puhul, arvestades päikese kõrgust, on mitmesuguste laiuskraadide kohta antud tabelis 8.

Tabel 8

Normaalne valgustustugevus kiloluksides pilvitu taeva puhul

Kuud ja kuupäevad	Laius (kraadides)	Kellaaeg							
		12	11 ja 13	10 ja 14	9 ja 15	8 ja 16	7 ja 17	6 ja 18	5 ja 19
22. XII	40	80,0	77,9	71,4	58,6	28,5	—	—	—
	50	64,2	61,4	53,6	35,0	—	—	—	—
	60	38,5	34,3	20,7	—	—	—	—	—
21. I	40	83,6	81,4	76,4	64,3	41,4	—	—	—
22. XI	50	70,7	68,6	60,7	45,7	15,0	—	—	—
	60	50,7	47,8	37,1	15,0	—	—	—	—
17. II	40	89,4	87,9	83,6	74,3	57,1	20,7	—	—
25. X	50	80,0	78,6	73,6	62,8	43,6	1,4	—	—
	60	69,2	67,1	61,4	48,6	23,3	—	—	—
21. III	40	94,3	92,9	89,9	83,6	72,2	50,7	—	—
23. XI	50	88,6	87,9	84,3	77,8	66,4	45,0	—	—
	60	84,3	82,9	79,3	72,9	61,4	40,7	—	—
22. IV	40	96,4	95,8	92,9	88,6	80,7	65,7	37,8	—
22. VIII	50	93,6	92,9	90,0	85,7	77,2	65,0	43,9	—
	60	91,4	90,7	88,6	84,3	77,2	66,4	49,3	20,0
21. V	40	97,2	96,4	94,3	89,9	82,8	72,2	52,2	—
24. VII	50	94,3	93,6	92,2	88,6	82,2	72,9	57,8	31,4
	60	94,3	93,6	91,4	88,6	83,6	75,7	65,3	47,8
22. VI	40	97,2	96,4	94,3	90,7	84,3	74,3	57,1	23,5
	50	95,0	94,3	92,9	89,3	83,6	75,7	62,8	40,7
	60	95,0	94,3	92,9	90,0	85,7	79,3	70,0	55,7

Pilves ilmaga väheneb valgustus tunduvalt. Pilvituse osatähtsust iseloomustab tabel 9.

Tabel 9

Suhteline päikesevalgustus (protsentides) (50)

Asukoht	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Slutsk	14	22	34	43	48	50	50	43	35	23	11	9
Moskva	14	22	31	42	52	50	61	48	38	28	12	10

Näide tabeli 9 kasutamise kohta. Normaalne valgustus pilves ilmaga detsembris kell 12 Leningradis oleks: $38\,500 \times 0{,}09 = 3465$ luksi.

Valguse intensiivsus kasvuhoones sõltub: 1) klaasi omadustest, 2) prosside, raamide ja konstruktsioonidega varjutamisest, 3) klaaside puhtusest. Nende tegurite mõjul võib valgustus kasvuhoones olla 0,25—0,8 välisvalgustusest.

Talvisel keskpäeval on valgustus (4000—5000 luksi) ligi 20 korda väiksem suvisest valgustusest samal kellaajal. Kasvuhoonetes on valgustus veel väiksem ja moodustab vaid $^1/_{50}$ või isegi $^1/_{100}$ suvisest täisvalgustusest.

Tabel 10

Loomulik valgustus väljas ja kasvuhoonetes talvel NSV Liidu keskrajoonis (tuhandetes luksides) (33)

Kuu	Valgustus		Kuu	Valgustus	
	väljas	kasvuhoones		väljas	kasvuhoones
September	39,1	11,5	Jaanuar	6,2	2,0
Oktoober	23,0	4,0	Veebruar	14,8	4,0
November	11,2	2,0	Märts	31,0	9,0
Detsember	4,2	1,0	Aprill	42,6	13,0

Nagu esitatud andmetest nähtub, ei jätku kasvuhoonetes 4—5 kuu jooksul loomulikust valgusest. Järelikult saab valgust armastavaid kultuure ilma täiendava valgustuseta kasvatada ainult märtsist septembrini ja varju taluvaid kultuure märtsist oktoobrini. Ülejäänud talvekuudel — oktoobrist veebruarini — ilma täiendava kunstliku valgustuseta vilja kandvaid taimi kasvatada ei saa.

Valgustuse kestus. Eri liiki taimedele mõjub päevase valge aja pikkus erinevalt. Nõndanimetatud lühikese päeva taimed vajavad lühikest valgustatud aega — 12—13 tundi päevas. Sellesse rühma kuuluvad mõned tomatisordid, kurgid, aeduba, baklažaan, pipar jt.

Pika päeva taimedel algavad õitsemine ja viljakandmine kiiremini 15—17-tunnilise päevapikkuse puhul. Siia rühma kuuluvad salat, redis, kapsas, spinat, sibul ja teised. Lühikese päeva taimed kuuluvad lõunapoolse päritoluga taimede hulka, kuna seevastu

Kuu	Kellaaeg											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
II								0,9	2,4	3,7	4,5	4,3
II						0,3	1,5	4,1	8,0	10,8	11,5	10,6
III					0,5	2,7	7,0	12,4	18,4	22,2	24,2	24,8
IV				1,1	4,0	7,8	12,4	16,0	19,3	22,0	21,6	19,2
V			1,1	3,4	7,4	12,2	16,1	19,4	22,8	25 2	25,7	24,4
VI		0,5	2,5	5,9	10,6	15,0	17,4	19,8	22,8	24,5	28,0	27,8
VII		0,2	1,6	4,4	8,0	11,0	15,9	16,0	17,8	18,8	20,0	20,0
VIII			0,3	1,8	5,2	9,8	13,6	15,8	18,2	19,8	20,3	19,2
IX					1,7	4,2	5,4	12,0	15,5	17,0	17,0	15,6
X						1,4	4,0	7,0	8,8	9,2	9,0	8,3
XI							0,9	3,0	5,4	6,9	7,2	6,0
XII								0,7	2,0	3,3	3,8	3,1

pika päeva taimed on põhjapoolse päritoluga. Kuid kunstliku valiku teel saab taimi, näiteks lõunapoolse päritoluga tomatit, kohandada sedavõrd, et mõned sordid kasvavad ja kannavad vilja 15—16-tunnilise päevapikkuse puhul. Päeva valgustatud aja pikkus on NSV Liidu keskvööndis suvel 16—17 tundi, talvel aga väheneb see 6—7 tunnini (joonis 8). Kuid päeva selle osa pikkus, mille jooksul taimedes toimub orgaaniliste ainete kogumine fotosünteesi teel, on märgatavalt lühem astronoomilisest. Suvel on selle aja pikkus 14 tundi, talvel aga mitte üle 3 tunni ööpäevas.

Taimed saavad kasvada ka siis, kui osa valgest ajast on märgatavalt väiksema valguse intensiivsusega, kui see on vajalik orgaaniliste ainete kogumiseks. Seepärast ei ole vaja pika päeva taimede kasvatamisel talveperioodil anda kõrge intensiivsusega lisavalgustust kogu aeg (8—10 tunni jooksul). Elektrienergia kokkuhoiu huvides võib taimi osa ajast (5—6 tundi) valgustada väiksema intensiivsusega, näiteks 75—100 vatti ühe ruutmeetri kohta. Väga nõrk valgustus (alla 200—300 luksi) kutsub esile taimede venimise ja suurendab steriilsete õite arvu. Taimede arenemisele mõjub suuresti valguse spektri koosseis. Kõige aktiivsemalt mõjuvad oranžid ja punased kiired. Isegi nende kiirte väike sisaldus valguskiirguses võib tunduvalt kiirendada pika päeva taimede ja pidurdada lühikese päeva taimede õitsemist ning kasvu.

Eespool kirjeldatust selgub, et talvel on päeva valge aeg 2—2,5 korda lühem kui suvel, valguse intensiivsus on suuresti väiksem (tabel 11) ja lühilainelisi siniseid ja violetseid ning ultravioletkiiri on spektri koosseisus vähe. Kõik see ei võimalda taimedel normaalselt areneda ilma täiendava kunstliku valgustuseta.

Tabel 11

(Leningradi laiusel, tuhandetes luksides)

Kellaaeg								Keskmine ööpäevane valgustustugevus (tuhandetes luksides)
14	15	16	17	18	19	20	21	
3,0	1,3							20,1 : 7 = 2,871
8,5	5,6	2,4	0,5					56,8 :11 = 5,164
22,6	17,1	9,8	4,1	1,1				166,9 :13 = 12,838
16,5	14,1	10,9	6,9	3,4	0,9			166,1 :15 = 11,073
21,0	17,6	14,1	10,6	6,9	3,4	0,4		231,7 :17 = 13,630
24,0	20,0	15,4	12,0	9,3	6,4	3,4	1,0	266,3 :19 = 14,015
19,5	18,0	15,0	11,6	8,5	5,2	2,3	0,6	214,4 :19 = 11,163
16,9	14,4	11,6	8,6	5,7	2,8	0,8		186,6 :17 = 10,976
13,5	11,0	8,2	4,9	2,0				128,0 :13 = 9,846
6,8	4,5	2,2	0,6					61,8 :11 = 5,618
4,0	2,8	0,1						36,36: 9 = 4,033
1,9	0,6							15,46: 7 = 2,200

KUNSTLIK VALGUSTUS

Katsete teel on selgusele jõutud, et taimed arenevad luminestsentslampide (päevavalguslampide) kiirguses märksa normaalsemalt kui hõõglampide kiirguse all. Teiste tingimuste võrdsuse korral on tähtis, milline on valguse spektraalne koosseis.

Luminestsentslampide valguses toimub taimedes fotosüntees 2—2,5 korda energilisemalt kui hõõglampide valguses. Ilma täiendava kunstliku valgustuseta on fotosünteesiprotsess talvel sedavõrd tähtsusetu, et hingamisel eraldub rohkem süsihappegaasi kui seda neeldub fotosünteesil. Sellest tuleneb talvel seemnest külvatud taimede hävimine kasvuhoonetes, kui nad ei saa täiendavat kunstlikku valgustust. Taimed kasvavad senikaua, kui neil lõpevad seemnes olnud orgaaniliste ainete varud.

Kui hõõglampide valguses tekkiva klorofülli koguseks võtta 1, siis luminestsentslampide valguses tekib seda salatis 2,70 ja redises 1,50; mitmesugustel teistel taimedel on see koefitsient 1,30—1,92, mis vastab suvel loomulikus valguses tekkiva klorofülli kogusele. Taimede lehtedes talvel ilma täiendava kunstliku valgustuseta tekkiva klorofülli kogus kõigub 0,42 ja 0,67 vahel.

H õ õ g l a m b i d. Et kasvatada varakult istikuid või talvel tomateid, kurke ja teisi köögivilju, on vaja taimi intensiivselt valgustada. Selleks asetatakse kasvuhoonetesse ühe ruutmeetri pinna kohta lampe võimsusega mitte alla 500—1000 vati. Sellega saavutatakse valgustus 8000—10 000 luksi ja enam. Praegu kasutatavail hõõglampidel on väga madal kasukraad: valguseks muutub ainult 3—5% kasutatavast elektrienergiast, kuna ülejäänud 97—95% muutub soojuseks. Näiteks tõuseb 300-vatise lambi pinnal temperatuur lühikese ajaga 200 kraadini. Selliste lampide lähedu-

ses on taimedel tugevasti suurenenud aurumine ning nad kannatavad kuivamise ja lehtede põletuste tõttu. Kui hõõglambid eemaldada taimedele ohutu kauguseni, vähenevad valguse intensiivsus ja äratarvitatud energia kasukraad tunduvalt (tabel 12).

Valgustusseadmed luminestsentslampidega annavad oma suure valgustuspinna tõttu ühtlaselt hajutatud valgust. See on eriti tähelepandav, kui lambid on asetatud vertikaalselt taimede ridade vahele.

Tabel 12

Valgustus luksides hõõglampide mitmesuguse kauguse korral

Lambi võimsus vattides [1]	Lambi kaugus taimedest sentimeetrites		
	25	50	100
100	1300	320	80
300	5300	1320	330
500	9600	2400	600
1000	21 000	5200	1300

Kui kasutada ühesuguse võimsusega 120-voldise pingega lampe, siis kasvab valgustus 15—20%. Hõõglampide all kasvavate taimede valgustus on väga ebaühtlane. Lavati keskel, mille kohal ripub lamp, on valgustus 5—7 korda intensiivsem kui servades.

Edasi-tagasi liikuvad valgustusseadmed vähendavad mõningal määral hõõglampide puudusi. Kuid efekt on siiski väike, sest hõõglampide kiirte spektri koosseis ei ole sobiv ning künakujulised armatuurid ja ka armatuur «Universaal» varjutavad taimi tugevasti. Ka on tehnilisi ekspluatatsiooniraskusi. Vaja oleks lampide liikumise kiirust suurendada, mis lubaks neid taimedele lähendada, ja konstruktsioone kergemaks muuta.

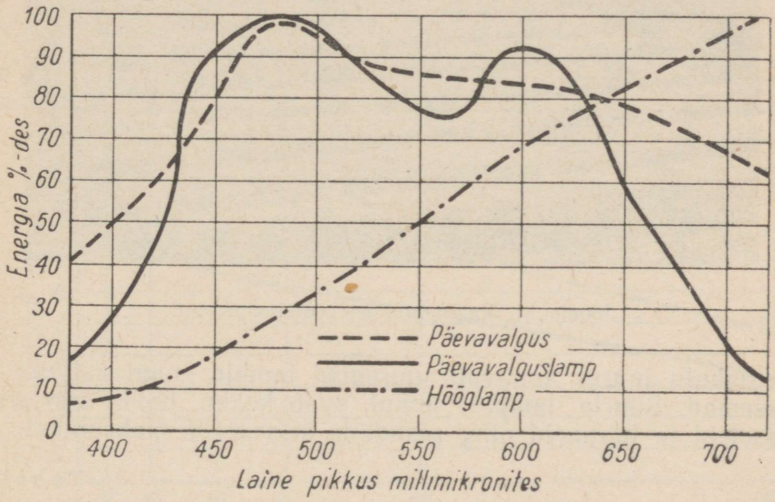
On tehtud katseid kasutada 500-vatise võimsusega peegellampe 3H-8, mille kolvi sisepind on kaetud amalgaamiga. Need asetatakse pesasse ja nad ei vaja armatuure, kuid nad võivad veepiiskade pealelangemisel puruneda.

Hõõglampide valguses kasvatatavad taimed sarnanevad sageli pimeduses kasvavate taimedega, ainult selle vahega, et lampide valguses moodustub klorofüll ja taimed on rohelise värvusega. Nad õitsevad ebanormaalselt vara ja saagid ei ole suured. Hõõglambid on odavad ja neid on lihtne ekspluateerida, kuid neid võib kasutada ainult siis, kui puuduvad luminestsentslambid.

[1] Pinge 220 volti, armatuur «Universaal».

Luminestsentslampide kasutamine

Uurimiste tulemused näitavad, et luminestsentslambid (päevavalguslambid) on käesoleval ajal ainsaks lambitüübiks, mille abil saab kasvuhoone tingimustes kasvatada normaalseid taimi ja saada häid saake.



Joonis 13. Energia jaotus päevavalguse, hõõglambi ja ДС-tüüpi luminestsentslambi spektris (Putilovi järgi).

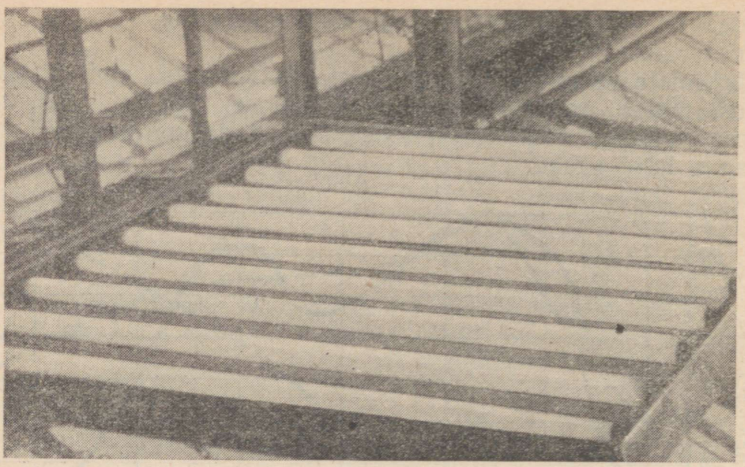
Luminestsentslampide valguses arenevad taimed, võrreldes hõõglampide valguses kasvavate taimedega, jõudsamalt selle tõttu, et luminestsentslampide valgus on spektri koosseisult lähedane suvise selge päikesepaistelise päeva hajutatud valgusele. Hõõglampide spekter aga erineb tunduvalt loomuliku valguse spektrist (joonis 13). Ta sisaldab palju oranže ja punaseid ning vähe siniseid ja violetseid kiiri.

Luminestsentslambid kiirgavad vähe soojust ega kutsu esile taimede ülekuumenemist ja põletusi, mis võib juhtuda siis, kui hõõglambid põlevad taimede läheduses.

Luminestsentslambid kujutavad endast peeni valgeid klaastorusid, mille läbimõõt ja pikkus sõltuvad lambi võimsusest (joonis 14). Toru sisemine pind on kaetud peenekristallilise pulbri — luminofooriga. Luminofoori koostise valikuga on võimalik saavutada soovitava spektri koosseisuga valgust. Lambi töörežiimi stabiliseerimiseks lülitatakse sisse takistused — drosselid.

Lambi süütamisel on vaja seadet, mis tagab elektroodide eelkuumenemise. Selleks on starter — väike neoonlamp metall- või plastmasskestas.

Tabelis 13 esitatud andmetest (33) nähtub, et ühesuuruse



Joonis 14. Raam luminestsentslampidega.

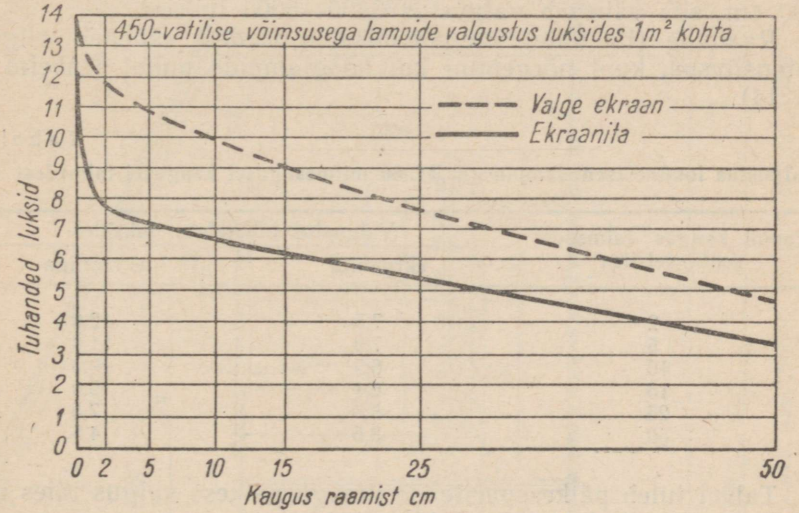
energiakulu juures annavad suuremad lambid enam valgust kui väiksemad. Suurte lampide puhul saab kokku hoida startereid, drosseleid ja juhtmeid ning alandada sisseseade maksumust.

Tabel 13

Luminestsentslampide elektriline ja valgustuse iseloomustus (Lugovski järgi)

Elektriline iseloomustus			Võimsus vattides		
			15	30	40
Pinge	Võrgus		127	220	220
	Lambis	Nominaalne	57	110	115
		Minimaalne	55	105	110
		Maksimaalne	62	120	125
Lambi voolutugevus		Nominaalne	0,30	0,32	0,41
		Minimaalne	0,28	0,30	0,39
		Maksimaalne	0,31	0,34	0,44
Päevavalguslambid (ДС)	Valguse vool	Nominaalne	495	1200	1700
		Minimaalne	400	990	1400
	Valguse ülekanne	Nominaalne	33,0	40,0	42,5
		Minimaalne	26,6	30,0	35,0
Valge valguse lambid (БС)	Valguse vool	Nominaalne	615	1450	2100
		Minimaalne	500	1190	1720
	Valguse ülekanne	Nominaalne	41,0	48,5	52,5
		Minimaalne	33,4	39,7	43,0

Valge valguse lambid eraldavad enam valgust kui päevavalguslambid, kuid kiirguse maksimum on nihutatud pikalaineliste punaste kiirte poole. Nende lambitüüpide mõjus taimedele ei ole olulisi erinevusi märgatud. Luminestsentslambid reageerivad pinge kõikumistele vähem kui hõõglambid. Luminestsentslampide iga on üle 3000 tunni. Lampide sagedane sisse- ja väljalülitamine vähendab nende iga. Pärast 3000-tunnilist põlemist väheneb val-



Joonis 15. Valgustuse kõverad luminestsentslampidega (tüüp ДС-30) raami all.

gushulk 70%-ni esialgsest. Paremini töötavad lambid 15—20°-se temperatuuri juures, kuid nad põlevad hästi ka 8—10° juures. Lambiklaasi temperatuur ei ületa 15—20-tunnilise töötamise korral 40—45°. Selline madal temperatuur ei kahjusta taimi.

Lampe ümbritsevaks ekraaniks võib kasutada valget kartongi, mis peegeldumise suurendamiseks asetatakse lampidest 2—3 cm kõrgemale. Peegeldavate ekraanide kasutamine suurendab taimede valgustamist 30—50% võrra (joonis 15).

Drosselid on vajalikud lampide normaalse põlemisrežiimi tagamiseks. Nad monteeritakse eraldi kesta, milles on ventilatsiooniavad. Drosselite kast võib asuda teises ruumis, kust ta ühendatakse lampide raamiga painduva juhtme abil. Kogu seadet peab hoidma liigse niiskuse eest, mida tuleb kastmisel silmas pidada.

Luminestsentslambid monteeritakse puit- või metallraamile rööbiti, vahedega 60—90 mm lambi telgede vahel.

Lampide raame võib asetada horisontaalselt taimede kohale või vertikaalselt ridade vahele. Horisontaalset asetust kasutatakse ajatamisel või madalate taimede (salat, redis) kasvatamisel. Üle 50 cm kõrguste taimede kasvatamisel asetatakse lampide raa-

mid vertikaalselt. Ekraanidega lambid asetatakse taimede lähedale (5—7 cm kaugusele), kus nad loovad «mikrokliima», mille temperatuur on ümbritsevast temperatuurist 2—3° kõrgem. Hõõglampide kasutamisel on temperatuuri vahe paigalpüsivate lampide puhul 10—12° ja liikuvate lampide puhul 5—7°.

Valgustustugevus lampide vertikaalse asetuse korral sõltub raamide tihedusest. Kui raamide vahe on 50 cm, siis on valgustus lehtede pinnal 5000—7000 luksi. Kui raamide vahe on 100 cm, siis väheneb valgustus 3500—5000 luksini.

Raamide (lampide) kaugenemisel taimedest väheneb valguse intensiivsus, kuid nõrgemini kui hõõglampide puhul (tabelid 12 ja 14).

Tabel 14

Valgustus luminestsentslampidega ДС-30 mitmesugusel kaugusel taimedest (33)

Raami kaugus taimedest sentimeetrites	Valgustus tuhandetes luksides	
	ekraanita	ekraaniga
2	7,5	12,0
5	7,0	11,0
10	6,5	10,0
15	6,1	9,0
25	5,5	7,5
50	3,5	4,5

Talvel tuleb päikesepaistelise ilmaga päikese valgus täies ulatuses ära kasutada ja ekraanid eemaldada.

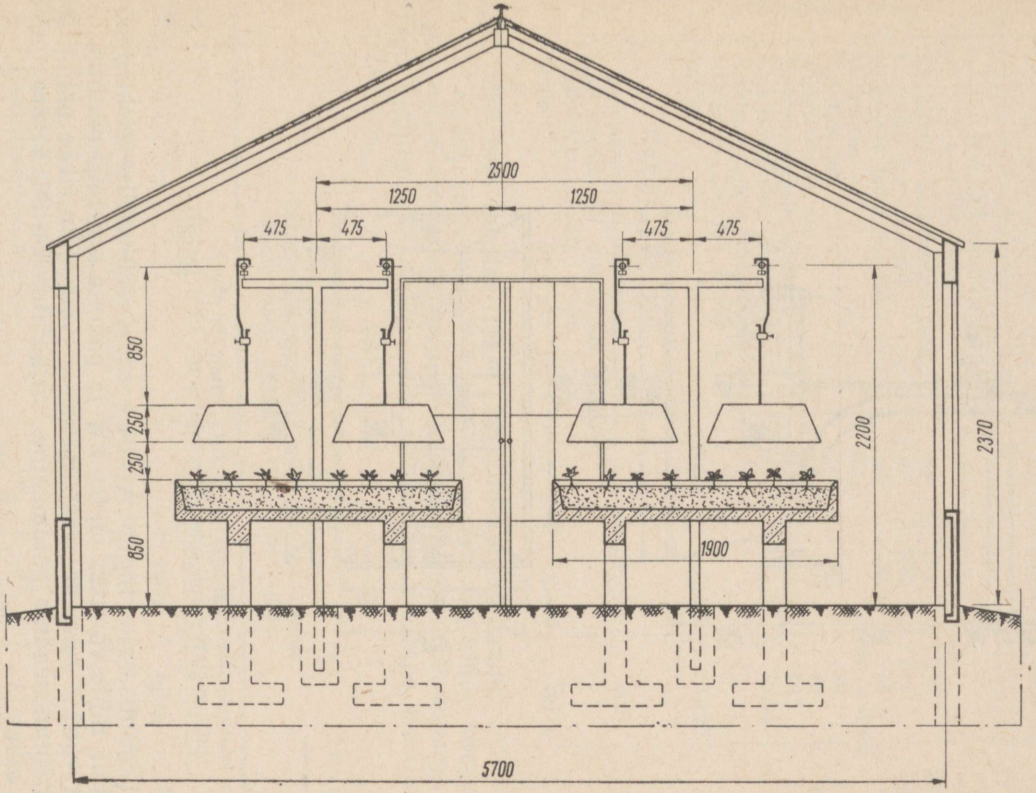
«Giproselhozi» tüüpprojekti nr. 1061 järgi ehitatavates kasvuhoonetes on ette nähtud võimalus lavatitel kasvatatavate istikute kiiritamiseks elektrivalgusega. Selleks otstarbeks on otseselt koostatud ka kasvuhoonete tüüpprojektid nr. 1063 ja nr. 1065. Tüüpprojekt nr. 1063 näeb ette 300—400-vatise võimsusega hõõglampide kasutamist lavati pinna 1 m^2 kohta. Need lambid liiguvad taimede kohal edasi-tagasi taimedest 15—35 cm kõrgusel (joonis 16). Liikumise amplituud on 170 cm. Elektriseadmete (joonis 17) abil saavutatakse 5000—6000-luksiline valgustus (tabel 15).

Nii seadmete kui ka ekspluatatsiooni hinna alandamiseks toimub valgustamine kahes tsüklis. Sellega väheneb vajalik lampide arv 50%.

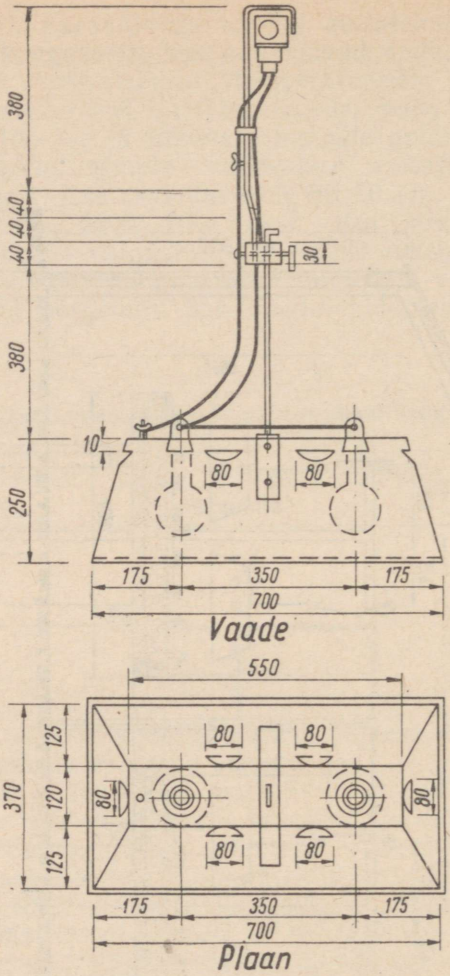
Kasvuhoonete kunstlikul valgustamisel määratakse kindlaks taimede kiiritamise aeg, kestus ja ulatus ning lahendus lampide kasutamise kohta kahes tsüklis.

Kasvuhoone tüüpprojektil nr. 1063 on kiiritamisseade projekteeritud võrgupingele 380/220 V. Lambid töötavad 220-voldilisel ja elektrimootor 380-voldilisel pingel.

Lambid ja elektrimootor ühendatakse juhtmega ПВ. Ühenduskoridori seatakse üles СПМ-4 tüüpi jaotusseade viie kolmefaasilise grupiga.



Joonis 16. Hõõglampidega kiiritatava kasvuhoone (tüüpprojekt nr. 1063) ristlõige.



Joonis 17. Sofiidi vaade ja plaan
(kasvuhoone tüüpprojekti nr. 1063 jaoks).

Kiiritamisseade liigub AO-34-4 tüüpi 380-voldise elektrimootori abil, mille võimsus on 0,6 kW ja pöörete arv 1420 minutis.

Et vältida taimede ülekuumenemist võimaliku rikke puhul, on ette nähtud seadme automaatne väljalülitumine ЭП-41/21a tüüpi relee abil.

Seadme edasi-tagasi liikumise amplituud on 170 cm; liikumiskiirust saab vajaduse kohaselt muuta, valides kiiruseks kas 15, 7,5 või 4 cm/sek.

Kasvuhoone tüüpprojekt nr. 1065 näeb ette luminestsentslampide kasutamist. Ümbertõstetavatele raamidele mõõtmetega

Tabel 15

Tehnilis-ökonoomilised näitajad kasvuhoone tüüpprojekti nr. 1063 lampide kohta

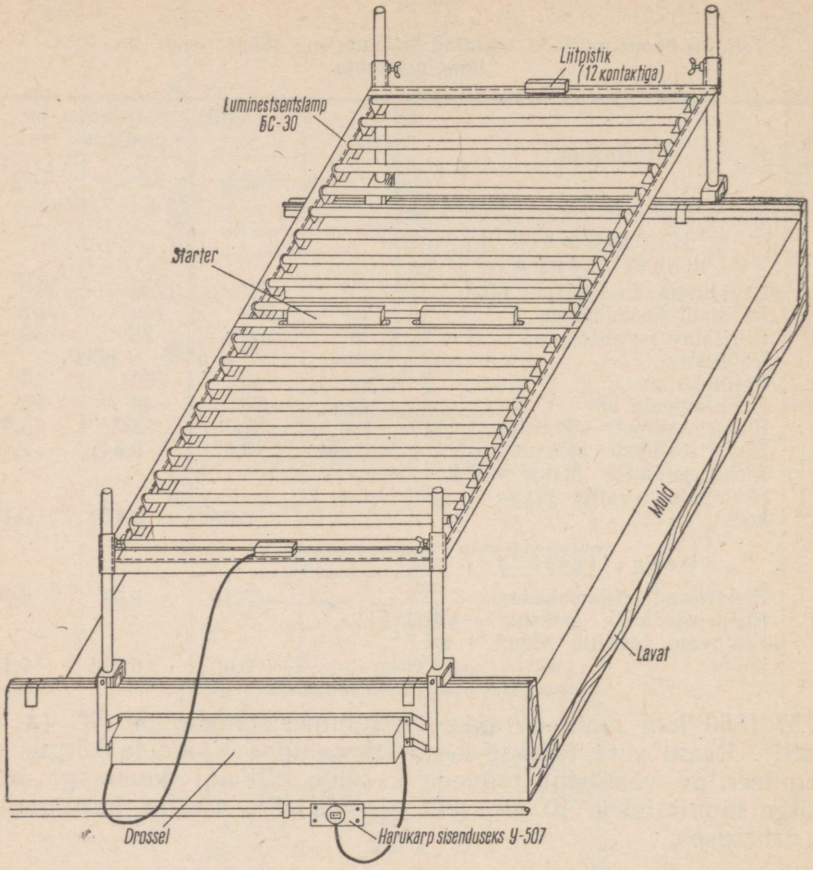
Jrk. nr.	Nimetus	Ühik	Istikutest lavatitel on valgustatud		
			100%	50%	25%
	Hõõglambid sofiitidega				
1.	Lavatitega kasvuhoone pind	m²	250	250	250
2.	Lavateid kasvuhoones	m²	156	156	156
3.	Kiiritatav lavatite pind	m²	156	78	39
4.	Valgustus	luksi	5500 — 6000		
5.	Sofiitide arv	tk.	40	20	10
6.	Hõõglampide arv	tk.	80	40	20
7.	Elektriseadmete võimsus	kW	37,5	19,2	15,0
8.	Elektriseadmete maksumus	tuh. rbl.	13,67	9,34	6,89
9.	Elektriseadmete maksumus kiiritatavate lavatite pinna 1 m² kohta	„ „	0,088	0,120	0,175
	Peegellambid				
1.	Elektriseadmete maksumus	„ „	13,10	9,07	6,76
2.	Elektriseadmete maksumus kiiritatavate lavatite pinna 1 m² kohta	„ „	0,084	0,116	0,173

975×1850 mm monteeritakse 20 luminestsentslampi БС (à 30 vatti). Raam varustatakse kerge ekraaniga. Raamide kõrgus on reguleeritav vastavalt taimede kasvule. Raami kummagi otsa külge kinnitatakse 10 drosselit (joonis 18). Lampe kasutatakse 2 vahetuses.

Tabel 16

Tehnilis-ökonoomilised näitajad kasvuhoone tüüpprojekti nr. 1065 valgustuse kohta

Jrk. nr.	Nimetus	Ühik	Istikutest lavatitel on valgustatud		
			100%	50%	25%
1.	Lavateid kasvuhoones	m²	156	78	39
2.	Lampidega raamide arv	tk.	40	20	10
3.	Luminestsentslampide arv	tk.	800	400	200
4.	Elektriseadmete võimsus	kW	24	12	6
5.	Elektriseadmete maksumus	tuh. rbl.	55,82	27,39	14,66
6.	Elektriseadmete maksumus lavatite pinna 1 m² kohta	rbl.	255,2	248,5	273,3
7.	Elektriseadmete ja luminestsentslampide maksumus lavatite pinna 1 m² kohta	„	357,8	351,1	375,9
8.	Valgustus	luksi	5500 — 6000		



Joonis 18. Ümberpaigutatav luminestsentslampidega raam (kasvuhoone tüüpprojekti nr. 1065 jaoks).

Valgustuse maksumus kasvuhoonetes

Kulud, mis on seotud kunstliku valgustuse kasutamisega köögivilja kasvatamisel talvel, koosnevad valgustusseadmete soetamise ja installatsiooni kuludest ning elektrienergia maksumusest.

Luminestsentslampide kasutamise puhul osutuvad peamisteks kuludeks lampide soetamine ja valgustusseadmete (raamide) installatsioon. Hõõglampide korral aga on peamiseks kuluks elektrienergia, mille maksumus on 3—4 korda suurem kui luminestsentslampide kasutamise puhul.

Kehtivate elektri- ja luminestsentslampide hindade juures on

elektrienergia kasutamine majanduslikult otstarbekas vaid kurgi- ja tomatiistikute kasvatamisel.

Elektrivalgustuse kulu lavati pinna 1 m² ja ühe taime kohta võib ligikaudu määrata Leningradi Põllumajanduse Instituudi professori V. A. Brõzgalovi valemi (33)

$$x = \frac{Q + R + (V \times K \times P) - S}{N}$$

järgi, kus Q — elektriseadmete amortisatsioon;
R — elektrilampide amortisatsioon;
V — elektrienergia 1 kWh hind;
K — valgustuse kestus tundides;
P — 1 m²-le installeeritud elektrilampide üldine võimsus kW;
S — lampide soojenduse arvel säästetud kütuse maksumus (10 rbl. 1 m² kohta);
N — taimede arv 1 m².

Projekti nr. 1065 kohaselt tuleb lavatite pinna 1 m² kohta 0,33 kW installeeritud võimsust.

Lambid töötavad kahes vahetuses. Arvutuse aluseks on võetud, et lisavalgustust antakse 10 tunni jooksul ja kasvatatakse 2 partiid istikuid. Seade amortiseerub 10 aastaga.

Seadmete amortisatsioon on 273,3 : 2 : 10 = 13,67 rbl. 1 m² kohta. Iga istikute partiid valgustatakse 300 tundi. Lambi ea jooksul saab valgustada 10 partiid istikuid.

Ühe m² kohta on ümmarguselt 11 lampi, hinnaga 20 rbl. lamp. Amortisatsioon on seega 22 rbl./m².

1 kWh elektrienergia hinnaks on võetud 21,4 kopikat.

Lavati ühele m²-le mahub 100 tomatiistikut.

Täiendava valgustuse maksumus ühe tomatiistiku kohta on järgmine (arvestatud ei ole välisliine):

$$x = \frac{13{,}67 + 22{,}00 + (0{,}214 \times 300 \times 0{,}33) - 0}{100} = 0{,}57 \text{ rbl.}$$

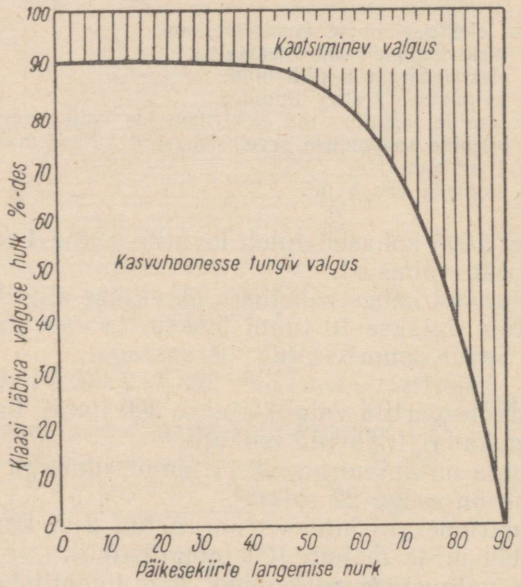
Seega on täiendava valgustuse hind ühe istiku kohta ümmarguselt 57 kopikat. Sellest summast kulub elektrienergiale 21,4 kopikat.

Kurgitaimede kasvatamisel on täiendava valgustuse kestus 200 tundi. Ruutmeetrile mahub 200 taime. Täiendava valgustuse hinnaks kujuneb ühe taime kohta 24 kopikat.

Kunstliku valgustuse puhul väheneb istikute kasvatamise kestus peaaegu poole võrra ja on võimalik kasvatada ülivarajasi istikuid sellele järgneva istikute konserveerimisega. Kuigi hõõglampidega valgustamine peaks kujunema hinnalt odavamaks, tuleb eelistada luminestsentslampide kasutamist, sest istikud on sel juhul palju kvaliteetsemad ning saagid 10 ja enam protsendi võrra suuremad.

VALGUSTUSTINGIMUSED KASVUHOONES SÕLTUVALT KASVUHOONE ASETUSEST JA KUJUST

Kasvuhoonete projekteerimisel ja ehitamisel tuleb erilist tähelepanu pöörata loomuliku valguse maksimaalsele ärakasutamisele. Selle küsimuse on hästi läbi töötanud inglane W. J. C. Lawrence oma raamatus «Teadus ja kasvuhooned» (38). Järgnevalt on toodud väljavõtteid sellest raamatust.



Joonis 19. Graafik klaasi läbiva valguse hulga määramiseks sõltuvalt nurgast, mis on valguskiire poolt moodustatava joone ja klaasi pinnaga risti oleva joone või pinna vahel.

Klaasi läbiva valguse hulk sõltub peamiselt nurgast, mille all langeb klaasile valguskiir. Selle nurga suuruse leiame, kui mõõdame ära valguskiire teekonna ja klaasi pinnaga risti oleva joone (või pinna) vahe.

Vaatleme päikesekiiri, mis langevad klaasi pinnale kindla nurga all, samuti hajutatud valgust, mis langeb klaasi pinnale taevakaarest mitmesuguse nurga all.

Täisnurga all puhtale klaasile langevatest kiirtest läbib klaasi 91%, pisut üle 8% peegeldub ja ülejäänud osa klaas neelab. Kui valguskiired on klaasiga paralleelsed, siis valgust läbi klaasi ei tungi. Seega kõigub klaasi läbiva valguse hulk 91% ja 0% vahel. Kuid valguse läbimine ei ole proportsionaalne valguse langemise nurgaga. Näiteks läbib 10°-se nurga all langevast valgusest

klaasi ligikaudu 91%; kui valgus langeb 30°-se nurga all, läbib klaasi üle 90%; 40°-se nurga puhul 89,8% valgusest (joonis 19). Seda tuleb lugeda piiriks. Kui valgus langeb klaasile üle 40°-se nurga all, siis hakkab klaasi läbiva valguse hulk kiiremini vähenema. 80°-se nurga puhul enamik valguskiiri peegeldub.

Kui päikese valguse langemise nurk on teada, siis saab joonise 19 abil arvutada valgushulga, mis läbib kasvuhoone klaaskatuse.

Kui päikese seisu kõrgust horisondil ja tema asimuuti registreerida näiteks iga 10 minuti tagant päikese tõusu ja keskpäeva vahel igal 10. päeval 22. detsembri ja 12. märtsi vahel või 3. oktoobri ja 22. detsembri vahel, siis saab arvutada päikesekiirte langemise nurgad ja küllaldase täpsusega valgushulga kasvuhoones perioodil oktoobrist märtsini. Neid andmeid võib kasutada kasvuhoonete suhtelise paremuse võrdlemisel, kui nad 1) asetsevad suunaga põhjast lõunasse ja idast läände ja 2) kui katuse kalle on erinev. See meetod võimaldab saada täpsed andmed, millel on suur tähtsus kõigi kasvuhoonete suhtes.

Arvestatavad tegurid ja arvutusmeetod on esitatud L. J. Comrie' poolt. Tulemused on koondatud tabelitesse 17 kuni 26. Tuleb märkida, et andmed kehtivad ainult otsese päikesevalguse kohta, ei ole aga arvestatud hajutatud valgust. Ka ei ole arvestatud aknaraamide ja kasvuhoone teisi konstruktsioone.

Tabelis 17 on toodud suhtelised päikese otsese valguse kogused, mis tungivad läbi kasvuhoone katuse, sõltuvalt sellest, millise ilmakaare poole kasvuhoone katus on suunatud.

Arvulised andmed kehtivad Lõuna-Inglismaa kasvuhoonete kohta kindlatel kuupäevadel.

Tabel 17

Päikesevalguse läbitungimine kasvuhoone katusest protsentides päikesevalguse tunnist [1]
(51° põhjalaiusel, katuse kalle 30°)

Katuse suund	22. detsember	31. jaanuar või 12. nov.	12. märts või 3. okt.	21. aprill või 24. august	31. mai või 15. juuli	22. juuni
Põhja	—	—	10	128	288	321
Kirdesse või loodesse	—	9	57	199	330	356
Itta või läände	21	51	162	310	413	431
Kagusse või edelasse	68	122	259	394	466	476
Lõunasse	90	154	302	425	479	485

[1] Päikesevalguse hulk, mis langeb päikese poole suunatud pinna ühikule.

Tabelist 17 nähtub, et katused, mis on suunatud lõunasse, saavad kõige enam valgust, sõltumata aastaajast.

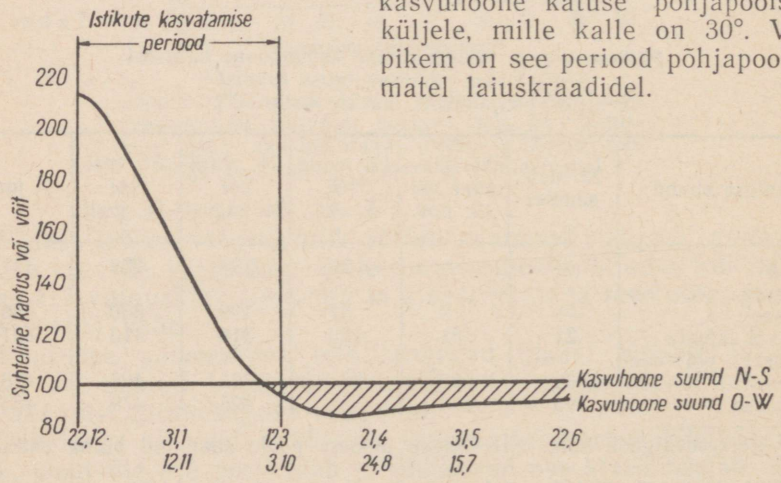
Erilist tähelepanu tuleb pöörata talveperioodile, millal valgustusel on suurim tähtsus. Tabelis 18 on antud andmed katuste

Päikesevalguse läbitungimine kasvuhoone katusest protsentides päikesevalguse tunnist (51° põhjalaiusel, katuse kalle 30°)

Katuse suund	22. detsember	1. jaanuar või 12. detsember	11. jaanuar või 2. detsember	21. jaanuar või 22. november	31. jaanuar või 12. november	10. veebr. või 2. november	20. veebr. või 23. oktoober	2. märts või 13. oktoober	12. märts või 3. oktoober	22. märts või 23. september	21. aprill või 24. august	31. mai või 15. juuli	22. juuni
Põhja	—	—	—	—	—	—	—	1	10	27	128	288	321
Itta või läände	21	23	28	37	51	72	97	128	162	199	310	413	431
Lõunasse	90	94	107	127	154	188	226	264	302	338	425	479	485
%, mille võrra põhja ja lõunasse suunatud katused ületavad itta ja läände suunatud katuseid	114	104	91	72	51	31	16	4	—4	—8	—12	—7	—

kohta, mille pind on suunatud põhja, itta (või läände) ja lõunasse. Mõõtmiste vahe on 10 päeva.

Põhja-lõuna-suunaliste kasvuhoonete katused on itta ja läände ning on ühtlaselt valgustatud kogu päeva jooksul. Ida-lääne-suunaliste kasvuhoonete katused on põhja ja lõunasse. Nende valgustamine ei ole päeva jooksul ühtlane. Tegelikult ei lange otsest valgust 16. oktoobri ja 26. veebruari vahel 51° põhjalaiusel asuva kasvuhoone katuse põhjapoolsele küljele, mille kalle on 30°. Veel pikem on see periood põhjapoolsematel laiuskraadidel.



Joonis 20. Ida-lääne-suunalise kasvuhoone katust läbiva valguse hulka kujutav kõverjoon. Samal ajal põhja-lõuna-suunalist kasvuhoone katust läbiva valguse hulk (sirgjoon) on võetud võrdseks 100-ga. Istikute kasvatamise perioodil tungib ida-lääne-suunalisse kasvuhoonesse enam valgust.

Kõige enam huvitavad meid ida-lääne-suunalised kasvuhooned ja nende võrdlemine põhja-lõuna-suunaliste kasvuhoonetega. Tabeli 18 ja joonise 20 andmetest nähtub, et ida-lääne-suunaline kasvuhoone ületab kaugelt põhja-lõuna-suunalist kasvuhoonet talvise päikesevalguse osas.

Alates oktoobri keskpaigast saab selline kasvuhoone suhteliselt ikka enam ja enam valgust ja 22. detsembril ületab ida-lääne-suunalise kasvuhoone valgustus 114% võrra põhja-lõuna-suunalise kasvuhoone valgustust. Pärast 22. detsembrit väheneb valgustuse ülekaal ühtlaselt kuni märtsikuu esimese nädalani. Siit alates jääb valgustuse ülekaal põhja-lõuna-suunalistele kasvuhoonetele, mis kogu suvise perioodi jooksul saavad valgust enam ligikaudu 12%. See on oluline moment, mida käsitletakse hiljem teiste küsimuste all. Kasutades tabelit 19, saab võrrelda ida-lääne- ja põhja-lõuna-suunaliste kasvuhoonete keskmist valgustust kindlatel kriitilistel perioodidel.

Tabel 19

Päikesevalguse läbitungimine erineva suunaga kasvuhoonetest (51° põhjalaiusel, katuse kalle 30°)

Periood	Keskmiselt päikesevalgust tundides		Ida-lääne-suunalised kasvuhooned ületavad põhja-lõuna-suunalisi kasvuhooneid %-des
	Ida-lääne-suunaline kasvuhoone	Põhja-lõuna-suunaline kasvuhoone	
12. november — 31. jaanuar	110	60	83
31. jaanuar—12. märts või 3. oktoober—12. november	222	196	13
3. oktoober—12. märts	167	130	27

Siit nähtub, et perioodil 12. novembrist kuni 31. jaanuarini, millal sageli külvatakse ja ajatatakse varajasi kultuure, saavad ida-lääne-suunalised kasvuhooned päikesevalgust 83% enam kui põhja-lõuna-suunalised.

See on suur vahe ja kahtlemata mõjutab tugevasti istikute kvaliteeti.

Tabelites toodud arvulised andmed on antud vaid abstraktse pinna ühikule. Kahepoolse katusega, pikkade ja lühikeste külgedega kasvuhoone kogu valgustuse määramiseks tuleb iga pind korrutada vastava näitajaga ja kõik kuus korrutist liita. Võrdlusteks jagatakse kogusumma sobiva arvuga (100 või 1000), et vähendada seda 2—3-kohaliseks arvuks.

Detailsemaks võrdluseks on tabelis 20 esitatud andmed valgushulga kohta, mis läbib iga tunni jooksul põhja-, ida-, lõuna- ja läänepoolse kaldega katuseid.

Tabel 20

Päikesevalguse läbitungimine kasvuhoone katusest ühe tunni kestel

Kohalik kellaaeg	Põhjapoolne katus			Idapoolne katus			Lõunapoolne katus			Läänepoolne katus		
	22. detsember	31. jaanuar või 12. november	12. märts või 3. oktoober	22. detsember	31. jaanuar või 12. november	12. märts või 3. oktoober	22. detsember	31. jaanuar või 12. november	12. märts või 3. oktoober	22. detsember	31. jaanuar või 12. november	12. märts või 3. oktoober
6.00 *	—	—	—	—	—	0	—	—	0	—	—	—
7.00	—	—	—	—	0	5	0	0	2	—	—	—
8.00	—	—	0	0	2	19	0	1	11	—	—	0
9.00	—	—	1	2	9	30	3	10	27	—	—	5
10.00	—	—	1	7	14	33	12	21	39	0	0	14
11.00	—	—	2	7	13	31	19	29	47	1	3	25
12.00	—	—	2	4	10	25	22	32	50	4	10	31
13.00	—	—	2	1	3	14	19	29	47	7	13	33
14.00	—	—	1	0	0	5	12	21	39	7	14	30
15.00	—	—	1	—	—	0	3	10	27	2	9	19
16.00	—	—	0	—	—	—	0	1	11	0	2	5
17.00	—	—	—	—	—	—	—	0	2	—	0	0
18.00	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	
Kokku	—	—	10	21	51	162	90	154	302	21	51	162

Lõunapoolsete katuste üleolek ilmneb talveperioodil. Kuigi itta ja läände suunatud katused on vastu päikese tõusu ja loojangut ning omavad seega eeliseid lõunasse suunatud katuste ees, saades hommikust ja õhtust valgust, ei kesta see üleolek kaua (kella 9-ni hommikul ja pärast kella 15).

Kasvuhoone katuse kalle. Kõik eeltoodud andmed vastavad päikesevalgusele, mis läbib horisondiga 30°-se nurga all oleva kasvuhoonekatuse 51° põhjalaiusel. Edasi on vaja selgitada, milline vahe on valgustuses katuse mitmesuguste kallete puhul. Esmajärjekorras sõltub see sellest, kuhupoole on kasvuhoone katus suunatud. Näiteks talvel ei tungi Eestis läbi põhjapoolse katuse otsest päikesevalgust. Selle perioodi pikkus sõltub kasvuhoone põhjapoolse katuse kaldest ja asukoha geograafilisest laiusest. Tabel 21 annab selle perioodi kestuse kolme laiuse kohta: Lõuna-Inglismaa (51°), Kesk-Inglismaa (53,5°) ja Lõuna-Sotimaa (56°).

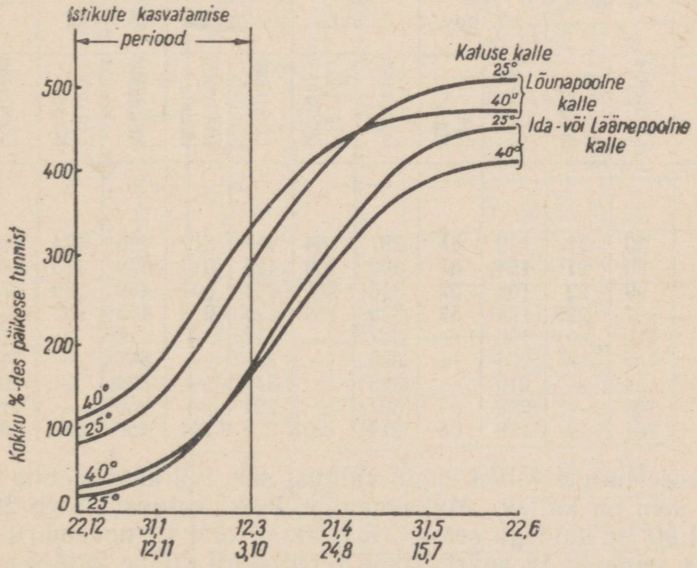
Tabelist 21 nähtub, et mida järsem on kasvuhoone katuse kalle, seda väiksem on päevade arv, mille jooksul otsene päikesevalgus tungib läbi põhjapoolse kaldega katuse.

* Kellaaeg on võetud täistundide vahel, näiteks kella 13.00-ks mõõdeti kella 12.30-st kuni 13.30-ni.

Kuupäevad, mille vahemikus põhjasuunaline katus ei lase läbi otsest päikesevalgust

Katuse kalle	Koha geograafiline laius		
	51°	53°	56°
20°	17. XI—26. I	8. XI—4. II	30. X—12. II
25°	30. X—12. II	23. X—19. II	16. X—26. II
30°	16. X—26. II	9. X—5. III	3. X—11. III
35°	3. X—11. III	27. IX—17. III	20. IX—24. III
40°	20. IX—24. III	14. IX—30. III	7. IX—6. IV
45°	7. IX—6. IV	31. VIII—12. IV	24. VIII—19. IV
50°	24. VIII—19. IV	17. VIII—27. IV	8. VIII—5. V
55°	8. VIII—5. V	30. VII—14. V	18. VII—26. V
60°	18. VII—26. V	kogu aasta	kogu aasta

Kui palju päikesevalgust tungib läbi lõuna- ja ida- (või lääne-) poolse katuse, on näidatud tabelis 22. Neid arvulisi andmeid tuleb hästi tundma õppida niihästi köögiviljakasvatajail kui ka kasvuhoonete projekteerijail, konstruktoreil.



Joonis 21. Põhja-lõuna-suunalise katuse puhul on katuse kalde tähtsus väike, eriti istikute kasvatamise perioodil. Suure tähtsusega on katuse kalle ida-lääne-suunalistes kasvuhoonetes.

Vaadeldavad andmed kehtivad põhja-lõuna-suunaliste standardtüüpi kasvuhoonete kohta, katuse kaldega 25—40°. Torkab silma, et katuse kalde muutmine mõjutab õige vähe valguse läbi-

TRÜ Raamatukogu

mist suuremal osal aastast lõuna- või läänepoolsete katuste puhul (vt. joonis 21). Selle tõttu vabaneb põhja-lõuna-suunalise kasvuhoone ehitaja katuse kaldenurga valikul igasugustest «astronoomilistest» mõjudest.

Kasvuhoone lõunapoolse katuse kalde suurendamine soodustab algul läbitungiva valgushulga kasvu, kuid hiljem toimub vähenemine. Optimaalne katuse kalle muutub olenevalt ajast. Sealjuures on suurim katuse kalle vajalik kesktalvel. Katuse kalde suurenedes kasvab klaasi ja teiste ehitusmaterjalide vajadus ning ehitus muutub kallimaks.

Kasvuhoone külgseinad ehitatakse harilikult püstloodis. Tabeli 22 andmetest võime järeldada, et ida-lääne-suunalistesse kasvu-

Tabel 22

Päikesevalguse läbitungimine kasvuhoone mitmesuguse kaldega katusest protsentides päikesevalguse tunnist (51° põhjalaiusel)

Aasta-aeg	Talv				Suvi							
Kuupäev	22. dets.		31. jaan. või 12. nov.		12. märts või 3. okt.		21. aprill või 24. august		31. mai või 15. juuli		22. juuni	
Katuse suund	Lõunasse	Itta või läände	Lõunasse	Itta või läände	Lõunasse	Itta või läände	Lõunasse	Itta või läände	Lõunasse	Itta või läände	Lõunasse	Itta või läände
Katuse kalle												
25°	80	21	140	51	287	164	419	317	485	424	494	443
30°	90	21	154	51	302	162	425	310	479	413	485	431
35°	99	22	168	52	315	159	427	301	469	399	473	416
40°	107	22	179	52	325	156	425	293	455	385	457	402
50°	121	—	196	—	337	—	412	—	418	—	416	—
60°	129	—	206	—	338	—	385	—	367	—	360	—
70°	134	—	210	—	328	—	344	—	304	—	292	—
80°	135	—	208	—	307	—	291	—	230	—	216	—
90°	131	17	198	36	274	96	226	164	150	202	135	208

hoonetesse tungib talvel enam valgust siis, kui kasvuhoone lõunapoolne sein on kallak. Maksimaalne hulk valgust läbib 22. detsembril 80°-se kaldega seina, 31. jaanuaril või 12. novembril 70°-se kaldega seina ja 12. märtsil või 3. oktoobril 60°-se kaldega seina.

Talvekuudel suureneb valguse läbitungimine 80, 70 ja 60°-se kaldega seintest, võrreldes püstloodis seintega, vastavalt 8, 11 ja 11%. Seega 70°-ne kalle rahuldab kõige paremini kasvuhoone seinu, mis on suunatud itta või läände.

Põhjapoolsemal geograafilisel laiuskraadil asuval kasvuhoonel on valguse kaod lõunapoolsetel katustel väiksemad kui itta või läände suunatud katustel (vt. tabel 23). Katuse kalde muut-

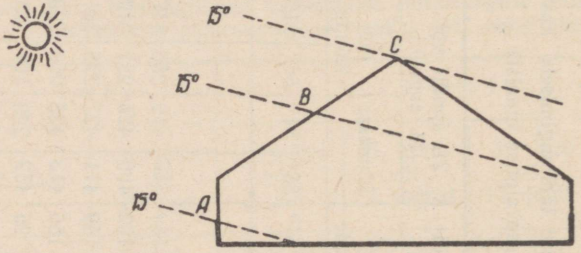
Tabel 23

Koha geograafilise laiuse mõju valguse läbitungimisele kasvuhoone katusest
(protsentides päikesevalguse tunnist)

Kuupäev	22. detsembril				12. novembril või 31. jaanuaril				12. märtsil või 3. oktoobril				21. aprillil või 24. augustil				31. mail või 15. juulil				22. juunil			
Katuse suunad	Lõunasse		Itta või läände		Lõunasse		Itta või läände		Lõunasse		Itta või läände		Lõunasse		Itta või läände		Lõunasse		Itta või läände		Lõunasse		Itta või läände	
Geograafiline laius	56°	51°	56°	51°	56°	51°	56°	51°	56°	51°	56°	51°	56°	51°	56°	51°	56°	51°	56°	51°	56°	51°	56°	51°
Katuse kalle																								
25°	36	80	6	21	91	140	26	51	245	287	127	164	397	419	286	317	480	485	407	424	493	494	429	443
30°	42	90	7	21	103	154	27	51	261	302	127	162	406	425	281	310	478	479	397	413	488	485	418	431
35°	47	99	7	22	113	168	28	52	275	315	126	159	411	427	275	301	472	469	386	399	479	473	406	416
40°	52	107	7	22	122	179	28	52	287	325	125	156	413	425	269	293	462	455	375	385	467	457	393	402
90°	68	131	6	17	146	198	22	36	265	274	84	96	452	226	161	164	187	150	209	202	172	135	216	208

mine mõjub valguse läbimisele 56. laiuskraadil üldjoontes samasuguselt kui 51. laiuskraadil. On ilmne, et lõunasse suunatud katuse kalde suurendamine, näiteks 5° võrra, oleks tõenäoliselt soodsam laiusel 56°. Seejuures oleks ühtlasi kergem katuse puhastamine lumest.

Kasutades tabelite 17—26 andmeid, on vaja meeles pidada kolme asjaolu. Esiteks, arvud kehtivad üleni klaasist katuste ja seinte kohta. Raamide ja konstruktsiooniosade mõju ei ole arvestatud. Teiseks, arvud vastavad kasvuhoonesse tungivale päikesevalgusele ja pole arvestatud valgust, mis läbib kasvuhoonet (väljub kasvuhoonest). Viimane juhtum esineb siis, kui päike on madalal silmapiiril. Järelikult on vaja kasvuhoone tüüpide võrdlemisel märkida, milline osa valgusest langeb taimedele (s. o. soklist madalamale).



Joonis 22. Päikesekiired langevad 15° all. Kasvuhoones kasvavaid kultuure valgustavad ainult need kiired, mis langevad kasvuhoonele punktide A ja B vahelises lõigus.

Näiteks on joonisel 22 päikese kõrgus 15°. Kõik päikesekiired, mis läbivad kasvuhoone pealtpoolt joont B, lähevad kaotsi peale nende, mis peegeldatakse tagasi prosside ja klaasi poolt. Katuse osa punktide A ja B vahel laseb madala nurga all kultuuride juurde valguse läbi. Kuid ei tule arvata, et katuse osa B ja C vahel on talveperioodil kasutu. Selle katuseosa läbi tungib kasvuhoonesse suur osa hajutatud valgusest, mis täiendab päikese otsest valgustust.

Kolmandaks, andmed tabelites 17—26 vastavad varjutamata kasvuhoonele langevale päikesevalgusele. Naabruses asuvaid hooneid ja puid ei tohi arvestamata jätta.

Tabeleid kasutades tuleb algul kindlaks määrata, milline aastaaeg köögiviljakasvatajat kõige enam huvitab. Kasvuhoone, mis on talvel maksimaalselt valgustatud, võib-olla ei saa maksimaalset valgustust suvel.

Valgustuse suurenemist tuleb kõrvutada kulude suurenemisega, mis on tingitud suurema pinnaga katuse ehitamisest ja eriliste konstruktsioonide kasutamisest erineva kaldega katuse ehitamisel.

Üldised kaalutlused. Teoreetiliselt ideaalne kasvuhoone on kuplikujuline. Talvisel ajal peaks see kasvuhoone olema ida-lääne suunas poolitatud püstloodis seinaga, s. o. moodustama poolkupli või ühepoolse katusega ehituse.

Selle ehituse põhjapoolne külg peaks endast kujutama valget siledat pinda, näiteks valgetest glasuurplaatidest. Selle seina ülesandeks oleks tagasi peegeldada valgust, mis langeb lõunakaarest. Sellises kasvuhoones ei lähe tõenäoliselt kaduma üle 10% valgusest, võrreldes 45—55%-liste kadudega tavalistes kasvuhoonetes.

Probleem seisab selles, milline katuse pinna ja kasvuhoone laiuse suhe tagab kasvuhoone parima valgustuse. See oleneb samuti kasvuhoone konstruktsioonist ja edasi omakorda 1) perioodist, millal soovitakse parimat valgustust, ja 2) kasvuhoone asetusest. Parim periood on vahest 22. detsembrist 12. märtsini, kuid tervikuna avaldab perioodi valik vähe mõju kasvuhoone asetuse küsimusele, mis ongi peamiseks probleemiks.

Põhja-lõuna-suunalise asetusega kasvuhooned peavad olema kahepoolse ühesuuruse kaldega katusega. Varem rõhutati, et katuse kalde valikul põhja-lõuna-suunalistele kasvuhoonetele ei ole kuigi suurt tähtsust talveperioodil ja et parimaks kaldeks on 35°. Kuid suveperioodil on selline katus halvem 30 või 25°-se kaldega katusest.

Ida-lääne-suunaliste kasvuhoonete lahendus on hoopis erinev. Suuremal osal talvest ei lange katuse põhjapoolsele küljele päikesevalgust. Järelikult tuleb lõunapoolne katus ehitada võimalikult suure ja põhjapoolne väikese pinnaga. Tabelis 19 on näidatud, et talveperioodil on ida-lääne-suunaline võrdsete katuse kalletega kasvuhoone 27% enam valgustatud kui samasugune põhja-lõuna-suunaline kasvuhoone. Kui lõunapoolne katus ehitada põhjapoolsest laiem, siis võidetakse katuseharja sama kõrguse juures kokkuvõttes siiski valgust lõunapoolse katuse pinna suurenemise arvel, kuigi kaotatakse pisut valgust katuse kalde vähenemise tagajärjel.

Katuse kalde ja laiuse arvukatest kombinatsioonidest väärivad mõned mainimist. Kui näiteks ida-lääne-suunalist 10 m laiust, kahepoolse ja võrdse katusega kasvuhoonet võrrelda sama asetuse, laiuse ja kõrgusega kasvuhoonega, mille katusepoolte kalded on erinevad, näiteks lõunakülje kalle 25° ja põhjapoolne 55° (katuse pinna ja kasvuhoone laiuse suhe 1,26), siis saab viimane kasvuhoone 28% päikesevalgust rohkem. Pealegi kui ehitada katusepooled sellise erineva kaldega, on igal aastaajal kogu kasvuhoone ühtlaselt valgustatud (kahepoolse kaldega põhja-lõuna-suunaliste kasvuhoonete puhul ei ole seda võimalik saavutada). Seega, asendades kahepoolse katusega põhja-lõuna-suunalise kasvuhoone ida-lääne-suunalise kasvuhoonega, mille katuse kalded ei ole võrdsed, saame talveperioodil valgustuse suurenemist 63% võrra.

Tabelis 24 on toodud andmeid päikesevalguse kohta 3,0, 6,0 ja 9,1 m laiustes katuse mitmesuguse kuju ja kaldega kasvuhoonetes.

Tabel 24

Päikesevalguse mõju mitmesuguse kuju ja katusekaldega kasvuhoonetes

Kasvuhoone suund	Kasvuhoone laius	Kõrgus karniisist harjani m	Katuse laius m	Võrreldavate katuse pindade suhe %-des	Lõuna- või lääne-suunaline katus		Põhja- või idasuunaline katus		Suhteline päikesevalgustus					
									talvel			suvel		
					Katuse kalle	Katuse laius m	Katuse kalle	Katuse laius m	22. XII	31. I või 12. XI	12. III või 3. X	21. IV või 24. VIII	31. V või 15. VII	22. VI
N—S[1]	3,0	1,3	3,98	100,0	40°	2,0	40°	2,0	3	7	20	38	52	52
O—W	3,0	1,3	3,98	100,0	40°	2,0	40°	2,0	7	12	21	28	30	45
O—W	3,0	1,5	4,28	108,4	45°	2,1	45°	2,1	8	13	24	30	31	44
N—S	6,0	1,8	7,02	100,0	30°	3,5	30°	3,5	5	12	37	71	95	99
O—W	6,0	1,8	7,02	100,0	30°	3,5	30°	3,5	10	18	36	64	88	93
O—W	6,0	1,7	7,14	101,7	20°	4,9	49°	2,2	10	20	43	70	87	93
O—W	6,0	2,1	7,96	113,4	35°	4,0	35°	4,0	13	22	41	70	93	99
O—W	6,0	2,1	7,66	109,1	25°	5,0	51°	2,6	13	23	48	75	92	95
N—S	9,1	2,3	10,52	100,0	30°	5,2	30°	5,2	7	18	56	107	143	149
O—W	9,1	2,3	10,52	100,0	30°	5,2	30°	5,2	16	27	54	96	133	139
O—W	9,1	2,2	10,82	102,9	20°	7,6	52°	3,3	17	31	67	108	135	143
O—W	9,1	3,2	11,12	105,8	35°	5,6	35°	5,6	18	31	58	98	132	138
O—W	9,1	3,2	11,46	109,0	25°	7,5	55°	3,9	20	35	71	104	120	135

[1] N—S tähendab põhja-lõuna ja O—W ida-lääne suunda.

Erilist tähelepanu tuleb pöörata võimalustele, mida pakuvad väikesed ida-lääne-suunalised mittevõrdsete katusepooltega kasvuhooned, mis on eriti konstrueeritud talvise valgustuse parimaks ärakasutamiseks. Konstruktsioonid, mis ei ole sobivad laiade kasvuhoonete puhul, on praktilised väikeste, 3,5 m laiuste kasvuhoonete korral.

Arvud tabelites 17—26 vastavad valgusele, mis langeb eraldi asetsevale varjutamata kasvuhoonele. Kui kasvuhooned on üksteisest eraldatud mõnemeetriste vahedega, siis üks või teine kasvuhoone takistab valguse pääsu teistesse. Neis tingimustes avaldub erinevate katusekalletega ida-lääne-suunaliste kasvuhoonete teine hea omadus. Järsk põhjapoolne katuse kalle võimaldab suuremal hulgal päikesevalgusel läbi katuse pääseda ning järgmisse kasvuhoonesse tungida, kui seda võimaldavad lamedamate katustega põhja-lõuna-suunalised kasvuhooned. Täpseid andmeid ei ole, aga kui horisondiga 15°-se nurga all asuva päikese valgus langeb ülalkirjeldatud kasvuhoonetele 90°-se nurga all lõunaküljele, siis valguse kadu, mis tekib algul lõunapoolse ja siis põhjapoolse katuse pinna läbimisest, on kahepoolse katuse puhul ligikaudu 40% ja mittevõrdsete katusepindade puhul 24%. Seda võib väl-

jendada ka teisiti. Katuse võrdsete kallete puhul peegeldub valgust põhjapoolselt katuse pinnalt rohkem, ebavõrdsete katusepindade puhul aga vähem. Kahepoolse katusega kasvuhoonetes peegeldub valgus peamiselt vaid piki põhjapoolset seina ja selle tulemusena kujuneb valgustus ebaühtlaseks. Valgus aga, mis läbib ebavõrdsete katusepooltega kasvuhoone põhjapoolse külje, valgustab ühtlaselt järgmist kasvuhoonet, kui kasvuhoonete vahekaugus on arvutatud küllalt hästi.

Blokk-kasvuhoone tüübi puhul on kahtlane, kas ebavõrdsete kalletega katustel on mingeid eeliseid, eriti kui silmas pidada ehituse maksumuse suurenemist.

Et ida-lääne-suunaliste kasvuhoonete küljed on täielikult lõunasse, siis arvestatakse, et suvel kuumenevad nad enam kui põhja-lõuna-suunalised kasvuhooned (päikesekiirguse soojusefekt on proportsionaalne kiirguse intensiivsusega). Tabelis 18 on näidatud, et üldiselt saavad ida-lääne-suunalised kasvuhooned ajavahemikul 12. märtsist 3. oktoobrini vähem valgust kui põhja-lõuna-suunalised kasvuhooned, kusjuures vahe on keskmiselt 9%.

Tabel 25

Keskpäeval kasvuhoonesse tungiva valguse hulk protsentides päikesevalguse tunnist (51° põhjalaiusel, katuse kalle 30°)

Kuupäev	Katuse suund			Kasvuhoone suund	
	N	O	S	O—W	N—S
2. juunil	32	50	65	97	100
15 juulil ja 31. mail	30	48	65	95	96
4. augustil ja 11. mail	24	45	64	88	90
24. augustil ja 21. aprillil	16	40	62	78	80
13. septembril ja 1. aprillil	8	33	57	65	66
23. septembril ja 22. märtsil	4	29	54	58	58
3. oktoobril ja 12. märtsil	2	25	50	52	50
23. oktoobril ja 20. veebruaril	—	16	41	41	32
12. novembril ja 31. jaanuaril	—	9	32	32	18
2. detsembril ja 11. jaanuaril	—	5	25	25	10
22. detsembril	—	4	22	22	8

Tabelis 25 on toodud andmed 30°-se kaldega katuste kohta, mis on suunatud põhja (N), itta(O), läände(W) ja lõunasse (S).

Ühe tunni jooksul langeva valguse hulka, mis on mõõdetud keskpäeval (eeldades, et see kogus jääb tunni kestel muutumatuks), võrreldakse ida-lääne- ja põhja-lõuna-suunalistel kasvuhoonetel. On täiesti ilmne, et isegi kõige valgemal, järelikult ka kõige

kuumemal kellaajal aastas saavad põhja-lõuna-suunalised kasvuhooned 3% rohkem valgust kui ida-lääne-suunalised. Seega päikesevalgus nähtavasti ei põhjusta ida-lääne-suunaliste kasvuhoonete suuremat kuumenemist, kuivõrd see sõltub klaasist.

Senini vaatlesime teoreetilisi kasvuhooneid, mis on ehitatud ainult klaasist, kuid tegelikel kasvuhoonetel on hari, katus ja raamid, mis annavad keskpäeval rohkem varju põhja-lõuna-suunalistes kasvuhoonetes kui ida-lääne-suunalistes. Järelikult ei ole põhja-lõuna-suunalised kasvuhooned keskpäeval mitte ainult paremini varjutatud, vaid ka jahedamad kui ida-lääne-suunalised kasvuhooned. Tuleb samuti rõhutada, et mida parem on kasvuhoone konstruktsioon, seda väiksemaks kujuneb keskpäeval valgustuse vahe mitmesuguse suunaga kasvuhoonetes.

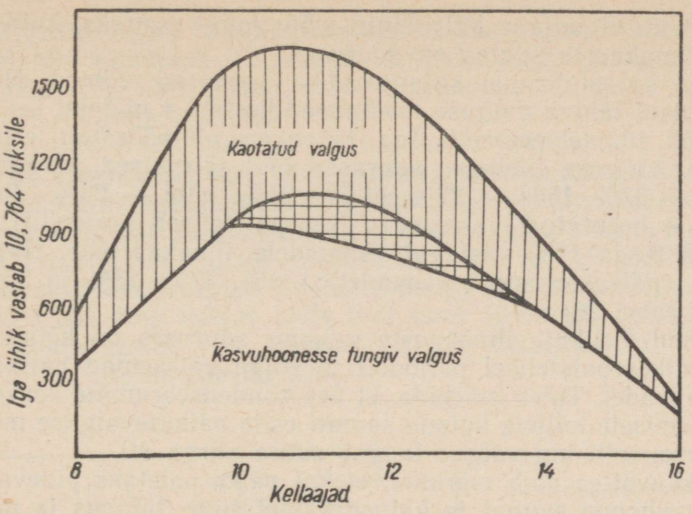
Hajutatud valgus. Kasvuhoone klaas laseb läbi peaaegu 83% hajutatud valgusest. Kahjuks ei ole võimalik hajutatud valguse läbitungimist klaasist arvutada niiviisi, nagu see toimub päikese otsese valguse puhul. Kuid võib-olla on veel teisi teid hajutatud valguse tähtsuse hindamiseks seoses kasvuhoone asetuse, katuse kalde ja geograafilise laiusega.

Inglise riikliku füüsikalaboratooriumi andmeil langeb keskmiselt 32,6% kogu taevalaotuse valgusest lõunakaarest, 24% idast, 22% läänest ja 21,2% põhjakaarest. Seega langeb lõunakaarest valgust enam kui ühestki teisest ilmakaarest ja projekteerimise lähtealused jäävad analoogiliseks lähtealustega otsese valguse puhul. Kui pilvitus või udu on kestvam ja tihedam, siis on mitmest eri küljest langeva valguse intensiivsuse vahe väga väike ja kasvuhoone asetus või katuse kalle ei avalda mõju valgustusele kasvuhoones. Järelikult seisab probleem selles, et selgitada, millisel määral on vaja muuta (lähtudes hajutatud valguse mõjust) kasvuhoone suunda, katuse kallet jne., mis on määratud päikese otsese valguse mõjust lähtudes.

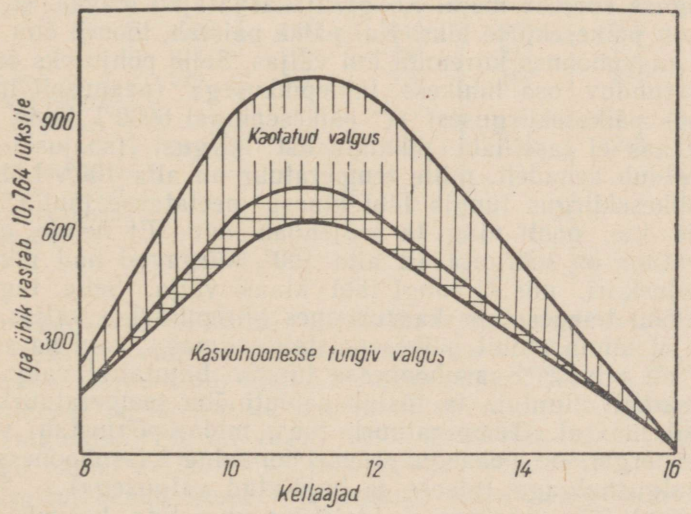
Andmed selles küsimuses koguti katse teel — põhja-lõuna- ja ida-lääne-suunalistes kasvuhoonetes teostatud valgustuse uurimisel, mis kestis 10 nädalat (67% vaatlusi tehti päikesepaisteta ilmadega).

Ida-lääne-suunalistes kasvuhoonetes ületas päikese otsene ja hajutatud valgus (mõõdetult fotomeetritega) põhja-lõuna-suunaliste kasvuhoonete valgust ajavahemikul 13. oktoobrist 12. novembrini 4,9% ja 13. novembrist 22. detsembrini 12% võrra (joonised 23 ja 24). Kui arvestada ainult hajutatud valguse hulka, siis oli see suurem vastavalt 4,4% ja 7,1%. Nende kahe kasvuhoone kohta arvutatud päikesevalguse kogused moodustasid sama perioodi kohta 11% ja 56%.

Valgustuse ülekaalu 4,9% ja 12% ida-lääne-suunaliste kasvuhoonete kasuks tuleb vaadelda kui minimaalset. Kasvuhooned, kus toimusid eespool kirjeldatud katsed, olid vaid 7 m pikad. Lühemaid seinu läbiv valgus pidi loomulikult mõjutama olukorda. Kasvuhoones, kus välisseinte vahekord on normaalsem, näiteks



Joonis 23. Valgustus perioodil 13. oktoobrist 1945. a. kuni 12. märtsini 1946. a. Ülemine joon — väljaspool kasvuhoonet; keskmine joon — ida-lääne-suunalistes kasvuhoonetes; alumine joon — põhja-lõuna-suunalistes kasvuhoonetes.



Joonis 24. Valgustus perioodil 13. novembrist kuni 22. detsembrini 1946. a. Ülemine joon — väljaspool kasvuhoonet; keskmine joon — ida-lääne-suunalistes kasvuhoonetes; alumine joon — põhja-lõuna-suunalistes kasvuhoonetes.

6,6×33 m, ei kujune külgseinte mõju kuigi suureks, kuid suuna mõju ilmakaarte suhtes on suurem.

Neid katsetulemusi kinnitavad ka järgmised andmed. Hollandi lavaaknaid läbiva valguse mõõtmised kestsid 4 nädalat — 13. novembrist 10. detsembrini. Iga lavaaken oli pööratud eri ilmakaarde. Valguse läbimise suurused olid järgmised. Koguvalgus: lõuna — 33%, lääs — 27%, ida — 25%, põhi — 23%[1]. Päikesevalgus + hajutatud valgus (päikesepaistelisel perioodil): 38%, 24%, 23% ja 19% vastavalt samadele ilmakaartele. Hajutatud valgus (päikesepaisteta päevadel): 31%, 29%, 28% ja 26% (vt. ühtlasi tabel 26).

Vahed üksikute ilmakaarte valguse suuruses on kõige suuremad päikesepaistelisel perioodil ja kõige väiksemad päikesepaisteta päevadel. Tuleb märkida, et vee kondenseerumine kasvuhoone lae sisemisele küljele kutsub samuti esile päikesevalguse mõninga hajumise, eriti kui valgus langeb suure nurga all.

Kokkuvõttes võib märkida, et kui päike paistaks pidevalt, siis on kasvuhoone suunal ja katuse kaldel suur tähtsus ja näitajad läheneksid arvutatud suurustele, mis on toodud tabelites 17—26. Kui aga taevas oleks alati pilves, siis oleks kasvuhoonete suunal ja katuse kaldel palju väiksem tähtsus.

Et Inglismaal on päikesepaiste kestus keskmiselt ainult $^1/_3$ päevavalguse ajast (talvel ainult $^1/_5$), siis võib oletada, et vahe päikesevalgustuses, mis on tingitud kasvuhoone suunast, katuse kaldest ja asukoha geograafilisest laiusest, väheneb keskmiselt poole võrra.

Valguse soojuse mõju. Köögiviljakasvatajad teavad, et kasvuhoone on päikesekiirte lõks. Kui päike paistab, tõuseb õhu temperatuur kasvuhoones kiiremini kui väljas. Selle põhjuseks on asjaolu, et tunduv osa lühikese lainepikkusega (peamiselt nähtava valguse) päikesekiirgusest (t° päikesepinnal 6000°) läbib klaasi. Kuid klaas ei lase läbi pikalainelist kiirgust (soojuskiirgust), mis eraldub kehadelt, mille temperatuur on alla 100°. Lühilaineline päikesekiirgus tungib läbi klaasi, neelatakse mulla, seinte, taimede jne. poolt ning ta soojendab neid. Et nende esemete temperatuur on märgatavalt alla 100°, kiirgavad nad pikalainelisi soojuskiiri, mis ei tungi läbi klaasi välja. Selle tagajärjel tõuseb õhu temperatuur kasvuhoones kiiremini kui väljas.

See ei toimu ainult päikesepaistelise ilmaga, vaid ka siis, kui taevas on pilves. Kasvuhoonesse tungiv hajutatud valgus püütakse samuti kinni ja ta tõstab samuti õhu temperatuuri, kuigi vähemal määral. Temperatuuri tõus, mida põhjustab valguse kiirgusenergia, on peaaegu proportsionaalne kasvuhoonesse tungiva valgushulgaga (otsese ja hajutatud valgusega).

Eespool juba nägime, et ida-lääne-suunaline kasvuhoone on talvel enam ja suvel vähem valgustatud kui põhja-lõuna-suuna-

[1] Protsentide summa on üle 100, sest seniidi juures katsid ilmakaared üksteist natuke üle.

line. Järelikult vajab ida-lääne-suunaline kasvuhoone vähem kütet, mida ei tohi unustada. Et mõõta, milliseks kujuneb tegelik kütte ökonoomia ida-lääne-suunalistes kasvuhoonetes, tehti katseid, kasutades järgmist meetodit.

Valmistati 4 hollandi lavaakent, mille puitosadele tõmmati must vilt. Lavaaknad seati üles päikesele avatud kohas 35°-se kaldega, kusjuures iga lavaaken oli pööratud eri ilmakaarde. Läbi lavaakna tungivat valgust arvutati niiviisi, et iga akna valgusenäitaja registreeris ühtlasi valgushulka, mis langes aknale tema enda ilmakaarest. Valguse intensiivsust ja õhu temperatuuri mõõdeti akna all ning väljas kella 8-st kuni 16-ni iga tunni tagant nelja nädala kestel (13. novembrist 10. detsembrini). Saadud andmed on esitatud tabelis 26.

Tabel 26

Oktant	Valguse suhteline intensiivsus			Suhteline temperatuur		
	Päikesepaisteline periood (58%)	Päikesepaisteta periood (ainult hajutatud valgus)	Mõlemad perioodid	Päikesepaisteline periood (58%)	Päikesepaisteta periood (ainult hajutatud valgus)	Mõlemad perioodid
Põhjapoolne	100	100	100	100	100	100
Lõunapoolne	222	119	149	535	176	357
Kokku ida-lääne-suunalisele kasvuhoonele	322	219	249	635	276	457
Idapoolne	122	105	109	258	124	197
Läänepoolne	129	111	116	194	124	157
Kokku põhja-lõuna-suunalisele kasvuhoonele	251	216	225	452	248	354
Ida-lääne-suunaline kasvuhoone ületab põhja-lõuna-suunalist kasvuhoonet %-des	12	1	11	41	11	29

Kõrvutades põhja-lõuna- ja ida-lääne-suunaliste kasvuhoonete kohta saadud arvulisi andmeid, mis on toodud tabelis 26, näeme, et viimaste temperatuur ületab esimeste oma 29%, s. o. 7,2° võrra. Katsetamisel registreeritud suurim temperatuuride vahe oli 10°. Enamvalgustus 11% on väga hästi kooskõlas andmetega, mis peaaegu samal perioodil koguti katsekasvuhoonetes.

Märgitud temperatuur võib osutuda maksimaalseks, sest klaas 35°-se nurga all laseb enam valgust läbi kui hariliku, 30°-se kaldega kasvuhoone katus. Must vilt aga, mida kasutati aknaraamide valmistamiseks, neelab ja kiirgab soojust efektiivsemalt kui heledaks värvitud kasvuhoone detailid. Sellele vaatamata kõne-

leb 29%-line vahe sellest, et ida-lääne-suunalistes kasvuhoonetes saavutatakse talvel päeva ajal suurt kütte ökonoomiat, eriti paikades, kus on palju päikesepaistelisi päevi. Täpsemat võrdlust valgushulga suurenemise ja temperatuuri tõusu vahel selle katse puhul teha ei saadud, sest kindlal kellaajal registreeritud temperatuur oli kogu kiirguse näitajaks, mis toimus eelmise 60 minuti jooksul, sel ajal kui sama raami valgustuse intensiivsuse lugemid näitasid samaks ajavahemikuks kiirgust, mis esines vaid mõõtmise momendil.

Teine katse andis tulemused, mis näitavad ainult väikest temperatuuri tõusu, võrreldes põhja-lõuna-suunaliste kasvuhoonetega (mõlemad kaetud ja mitteköetavad). Vaatlusi teostati mainitud kasvuhoonetes 1946. a. 26. detsembri ja 1947. a. 16. jaanuari vahel.

Ida-lääne-suunalistes kasvuhoonetes oli keskmine temperatuur 5% kõrgem kui põhja-lõuna-suunalistes. Suurim registreeritud temperatuuride vahe oli 2,6°.

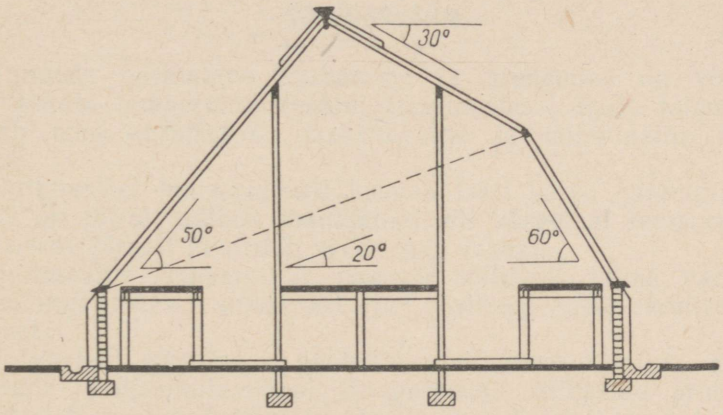
Järeldused. Kuigi kasvuhoonete konstruktsioonide alal on saavutatud küllaltki kõrge tase, ei ole seni täpseid andmeid, mille alusel konstruktor või köögiviljakasvataja saaks kindlaks määrata, kas konstruktsioon on rahuldav või on võimalik seda parandada ja kuidas. Esitatud ülevaates on toodud täpsed andmed selle kohta, kuidas päikesevalgus läbib kasvuhooneid (konstruktsiooni detaile arvestamata) ja kuidas sai võimalikuks kasvuhoonete üksteisega kõrvutamine ning võrdlemine. Selles ülevaates on näidatud, et:

1. Põhja-lõuna-suunaliste kasvuhoonete puhul ei ole katuse kaldel suurt tähtsust.
2. Ida-lääne-suunaliste kasvuhoonete puhul on katuse kaldel mõningane praktiline tähtsus.
3. Istikute kasvatamise perioodil (detsember-märts [1]) on päevad lühikesed. Vähese valguse tõttu ei arene istikud küllaldaselt. Suvel seevastu on päevad pikad ja valgustus on harilikult hea. Seda sesoonset vahet valgustuses on võimalik tasandada taimede kasuks, ehitades ida-lääne-suunalisi kasvuhooneid traditsiooniliste põhja-lõuna-suunaliste asemel. Talvel on võimalik ida-lääne-suunalistes kasvuhoonetes, millel on võrdsete külgedega kahepoolsed katused, saavutada valgustuse suurenemist 27%, võrreldes põhja-lõuna-suunaliste kasvuhoonetega. Kui ehitada mittevõrdsete külgedega katused, saab seda arvu suurendada 63%-ni. Suvel on mõlemat tüüpi ida-lääne-suunalistes kasvuhoonetes valgustus 8—11% väiksem kui põhja-lõuna-suunalistes kavuhoonetes. Teiste sõnadega, suvise ja talvise valgushulga vahe suureneb põhja-lõuna-suunalistes ja väheneb ida-lääne-suunalistes kasvuhoonetes.
4. Ülaltoodud andmed haaravad ainult päikesevalgust. Kuigi

[1] Inglismaa oludes.

hajutatud valguse mõju ei saa arvuliselt kindlaks teha, on tema mõju sarnane päikesevalguse omaga, kuid kaugelt nõrgem. Hajutatud valguse puhul on kasvuhoone suuna, katuse kalde ja geograafilise laiuse mõju väiksem kui päikese otsese kiirguse puhul (võib-olla kuni 50% võrra).

5. Suurema valgushulga tõttu, mis pääseb talvel ida-lääne-suunalistesse kasvuhoonetesse, vajavad need kasvuhooned vähem kütet. Ei ole mingit alust eeldada, et päikesevalguse otsene mõju muudaks ida-lääne-suunalise kasvuhoone ülemäära kuumaks, võrreldes põhja-lõuna-suunalise kasvuhoonega.



Joonis 25. Ebasümmeetrilise katusega kasvuhoone ristlõige.

6. Põhja-lõuna-suunaliste kasvuhoonete suurel populaarsusel on kaks põhjust. Esiteks on konstruktoril siin rohkem vabadust: katuse kuju muutmine ei avalda valguse läbimisele suurt mõju. Teiseks: et kasvuhoone kuju muutmine avaldab ida-lääne-suunaliste kasvuhoonete valgusrežiimile suurt mõju, siis ei olnud nende eelised ja puudused, võrreldes põhja-lõuna-suunaliste kasvuhoonetega, selged, sest puudusid täpsed andmed valguse läbimise kohta.
7. Põhja-lõuna-suunalised kasvuhooned on eriti tarvilikud seal, kus vajatakse maksimaalset valgust suveperioodil, eriti sellistele kultuuridele nagu kurgid, mis eelistavad madalat katust. Talviste kultuuride ja istikute kasvatamiseks peaks aga leidma suuremat kasutamist ida-lääne-suunalised kasvuhooned.
8. Blokk-kasvuhoonete konstruktsioonide kohta ei ole küllaldaselt tõendeid, milline ilmakaarte suund tagab neisse valguse parema juurdepääsu talvel. On kahtlane, kas erisuguse kaldega katused võivad nende kasvuhoonete puhul mingit paremust anda.

Järgnevalt toome N. K. Greeni (38) põhjenduse ja ettepaneku ebasümmeetrilise katusega kasvuhoone ehitamise kohta.

Talvel ja varakevadel tõuseb päike horisondil keskmiselt 30° kõrgusele. Et klaas oleks päikesekiirtega risti, tuleks ta asetada 60°-se nurga alla. Kuid siis kujuneks kasvuhoone liiga kõrgeks. Selle tõttu on soovitav lõunapoolne katus ehitada poole kõrguseni 60°-se nurga all ja siis jätkata katust harjani 30°-se nurga all. Põhjapoolne katus ehitatakse 50°-se kaldega. Sellise ebasümmeetrilise katusega kasvuhoone ristlõiget kujutab joonis 25.

IV. KÜTE

SOOJUSREŽIIM

Taimede normaalne kasvamine ja arenemine on võimalik vaid kindla temperatuurirežiimi tingimustes. Igale taimeliigile vastab oma optimaalne, maksimaalne ja minimaalne temperatuur.

Optimaalsel temperatuuril kasvab taim kõige paremini. Taimedel on piirid, millest madalamal või kõrgemal temperatuuril kasvamine järsult pidurdub või koguni lakkab.

Optimaalne temperatuur muutub sõltuvalt taime vanusest, valgustingimustest, niiskusest ja süsihappegaasi kontsentratsioonist.

Valgustust käsitlevas peatükis vaatlesime taimede assimilatsiooni ja dissimilatsiooni (hingamist). Mõlemad protsessid on tihedalt seotud temperatuurirežiimiga. Soojus on vajalik ka mineraalainete imendumiseks ja taimes liikumiseks.

Taim kulutab oma elu kestel hingamiseks ligi poole kõigist assimilatsioonisaadustest. Assimilatsioon kulgeb kõige efektiivsemalt päikesepaistelise ilmaga ja optimaalse temperatuuri puhul. Nõrgas valgustuses ja kõrgel temperatuuril jääb aga assimilatsioon aeglaseks, kuid hingamine muutub intensiivsemaks.

Et hingamise intensiivsust vähendada, tuleb valgustuse nõrgemaks muutudes temperatuuri alandada. Pilves ilmaga on taimede optimaalne temperatuur umbes 7% madalam kui päikesepaistelise ilmaga.

Öösel assimilatsioon lakkab, hingamine aga jätkub. Taimede hingamise ja seega ka süsivesikute kulutuse vähendamiseks alandatakse katmikaladel ööseks temperatuuri 15°, võrreldes temperatuuriga, mida hoitakse päikesepaisteliste ilmadega. Temperatuuri langemine 10° võrra vähendab taimede hingamist kahekordselt, temperatuuri langemine 15° võrra — kolmekordselt.

Öötundidel ei tohi temperatuur siiski olla liiga madal, sest öösel toimuvad taimedes kasvu- ja keerukad biokeemilised protsessid ning pidev vee ja mineraalainete juurdetulek juurte

kaudu. Temperatuuri liigne langus võib neid protsesse pidurdada või esile kutsuda nende vaibumise.

V. M. Markov (8), üldistades teaduslikke ja tootmisalaseid kogemusi köögiviljade kasvatamisel katmikaladel, soovitab taimede optimaalse temperatuuri määramiseks erinevatel kasvuperioodidel valemit $T=t\pm7°$, kus t on optimaalne temperatuur pilves ilmaga, taime vegetatiivse ja reproduktiivse kasvu perioodil.

Optimaalne temperatuur t on:	
kurgil, melonil, arbuusil ja muskaatkõrvitsal	25°
tomatil, punapipral, baklažaanil, aedoal ja kõrvitsal	22°
peedil, sparglil, söögisibulal, porrulaugul, küüslaugul ja selleril . . .	19°
salatil, hernel, porgandil, petersellil, pastinaagil, siguril, spinatil, tillil, rooma salatil, hapuoblikal, talisibulal, murulaugul ja rabarbril . . .	16°
kapsal, naeril, kaalikal, redisel, rõikal ja mädarõikal	13°

Valemit rakendades võib näiteks kurgi kohta soovitada järgmist soojusrežiimi.

Seemnete idanemise faasis vajavad taimed kõrget temperatuuri, et taimerakkude jagunemise protsess toimuks energiliselt. Madala idanemistemperatuuri puhul kaotavad seemned palju varuaineid ja idanevus väheneb. Optimaalne temperatuur idanemisperioodil on $25°+7°=32°$.

Tõusmete ilmumisel kulgeb assimilatsioon aeglaselt. Kõrge temperatuur suurendab siis toitainete kulutust hingamiseks. Selles faasis elab taim seemnete varuainete arvel, etioleerunud kasv aga ilma assimilaatide moodustamiseta kurnab taime. Seepärast vähendatakse tõusmete ilmumisel katmikalade temperatuuri nii päeval kui ka öösel, «ohjeldades» taimi tõusmete ilmumisest taime esimese pärislehe ilmumiseni, milleks kulub 4 kuni 7 ööpäeva.

Kurkide optimaalseks temperatuuriks on:	
tõusmete ilmumisel	$25°-7°=18°$
kastmise, pikeerimise, ümberistutamise, pistikute paljundamise järel	$25°+7°=32°$
vegetatiivse ja reproduktiivse kasvu perioodil:	
pilves ilmaga	$t=25°$
päikesepaistelise ilmaga	$25°+7°=32°$
öötundidel	$25°-7°=18°$

Siit näeme, et kurgi optimaalne temperatuur kõigub 18—32°-ni, muutudes olenevalt kasvuperioodist ja valgustusastmest. Väljaspool temperatuuri optimumi piire ($t\pm7°$) köögiviljataimede kasv aeglustub, kahekordsel kõrvalekaldumisel keskmisest optimaalsest temperatuurist ($t\pm14°$) aga lõpeb täiesti.

Mulla temperatuuri, mis on minimaalne seemnete idanemiseks ja ligikaudu määrab ära köögiviljataimede kevadise avamaale külvamise alguse, leiame, kui lahutame taimekasvu optimaalsest temperatuurist 14° ($t-14°$). Näiteks herne optimaalne temperatuur on 16°; $16°-14°=2°$; seega 2° ongi mulla minimaalne temperatuur herne külviks. Seemnete jaroviseerimiseks

ja taimede karastamiseks on vajalik t —14°-le lähedane temperatuur (optimaalse temperatuuri (t) andmed on toodud eespool).

Seemnete idanemisel, kuni tõusmete ilmumiseni, on vajalik mulla kõrge temperatuur (t+7°). Pärast tõusmete ilmumist hoitakse mulla temperatuur kasvuhoonetes harilikult 1—3° võrra madalamal õhu temperatuurist.

Katsed näitavad, et mõnedele köögiviljadele mõjub hästi mulla soojendamine. Kasvuhoonekurgid näiteks kannatavad vähem haiguste all, saavad kastmise korral kergemini üle mulla ajutisest liigsest niiskumisest, kasvavad jõudsamini ja hakkavad mulla kunstlikul soojendamisel 23—25°-ni varem vilja kandma. Ka tomatid valmivad mulla soojendamisel varem.

Hästi mõjub mulla soojendamine ka söögisibula, peterselli ja selleri roheliste lehtede (pealsete) ajatamisele talveperioodil. Seepärast on kasvuhoonetes õhu temperatuuri kõrval suur tähtsus mulla temperatuuril. Seda arvestades asetatakse lavatitega kasvuhoonetes keskküttetorud harilikult lavatite alla. Viimasel ajal soojendatakse köetavates kasvuhoonetes mulda ning mõnes kohas on viidud ka lavad ja soojendatav avamaa üle tehnilisele küttele. Kõigil neil juhtudel tuleb ühtlasi hoolitseda mulla temperatuuri reguleerimise võimaluste eest.

KÜTTESÜSTEEMID

Katmikala soojendamiseks kasutatavaid küttesüsteeme võib liigitada järgmiselt: bioloogiline küte, truubiküte, keskkütted ja elektriküte.

Bioloogilise kütte moodustab eeskätt laudasõnnik, peamiselt hobusesõnnik, kuid kasutatakse ka teisi orgaanilise aine jäätmeid, nagu linna pühkmeid jm. Bioloogilist kütet kasutatakse peamiselt lavade soojendamiseks.

Truubiküte kasutatakse väiksemate kasvuhoonete puhul ja siis, kui on saadaval odavat kohalikku kütust (turvast, puid, kände ja hagu).

Keskkütete puhul asub soojusallikas ühes keskuses (katlamajas) ja soojusekandjana, millega soojendatakse katmikala, kasutatakse vett, auru või õhku.

Katmikala soojendamiseks kasutatakse järgmisi keskküttesüsteeme:

1. Soojaveekeskküte (vesikeskküte): a) raskusjõu mõjul töötava tsirkulatsiooniga keskküte ja b) pumbaküte, kus vesi tsirkuleerib pumba abil.
2. Kuumaveeküte.
3. Aurukeskküte: a) madalrõhu-aurukeskküte (rõhuga kuni 0,7 atü) ja 2) kõrgrõhu-aurukeskküte (rõhuga 0,8—2 atü).
4. Õhuküte.

Elektriküttes toimub kütmine kaablite abil või kasutatakse elektroodküttesüsteemi.

Bioloogiline küte

Bioloogiline kütus ehk biokütus on veel käesolevalgi ajal lavade soojendamisel põhiliseks energiaallikaks. Biokütusena kasutatakse peamiselt sõnnikut, kuid ka teisi orgaanilisi jäätmeid. Biokütus eraldab soojust mikroorganismide elutegevuse tagajärjel. Sõnnikus arenevate mikroorganismide kaal ulatub kuni $^1/_6$ kuiva sõnniku kaalust; 1 milligramm sõnnikut sisaldab 20—165 miljonit mikroorganismi.

Õhuhapniku mõjul toimub sõnniku aeroobne lagunemine, millega kaasneb soojuse eraldumine bakterite hingamisel. Õhuhapniku juurdepääs sõltub sõnniku kobedusest, millega ühtlasi reguleeritakse sõnnikus areneva protsessi intensiivsust.

Sõnniku normaalsel käärimisel on optimaalne niiskus 70% ümber. Esialgne temperatuur peab olema üle 0° ja reaktsioon lähedane neutraalsele. Mida rohkem on sõnnikus lämmastikaineid, seda kiiremini toimub lagunemine.

Kuiv sõnnik annab põlemisel 3200 kilokalorit soojust, s. o. niisama palju kui puit. Niiske sõnnik sisaldab umbes 75% vett. Seega sisaldab 1 kg niisket sõnnikut umbes 800 kalorit soojusenergiat. Et sõnnik kaotab lavadesse paigutamise eelsel hoidmisel palju soojust ja lavades ei toimu põlemine täielikult, kasutatakse neis sõnniku soojusvõimest ära vaid 25%. Seega annab 1 kg niisket sõnnikut lavades tegelikult ainult 200 kalorit soojusenergiat.

Sõnniku koostis on väga erinev, sõltudes looma liigist, söötadest ja aluspanu kogusest ning kvaliteedist.

Saadavat hobusesõnniku kogust arvutatakse valemiga (50)

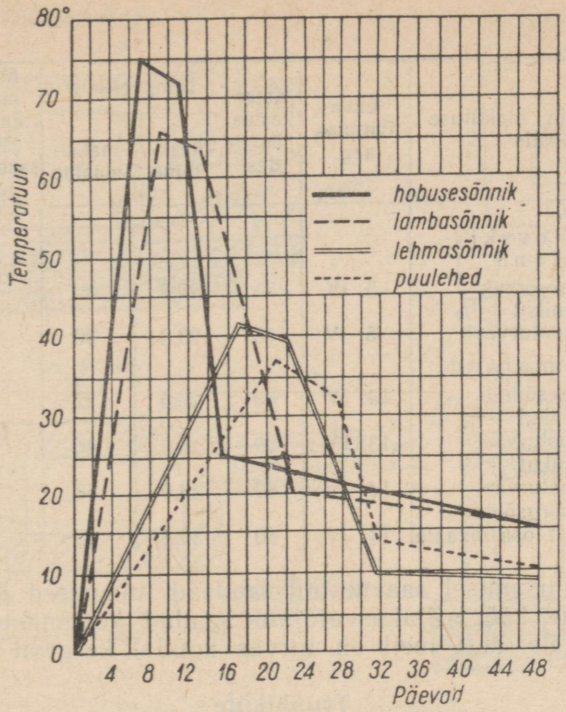
$$\left(\frac{a}{2}+b\right)x4,$$

kus a — söötade kuivainete kaal;
b — allapanu kuivainete kaal;
4 — sõnnikus oleva vee kogust arvestatakse koefitsiendiga 4.

Veisesõnnikus on keskmiselt 87% vett; umbes niisama palju vett sisaldab ka seasõnnik. Lambasõnnik sisaldab 68% vett.

Mitmesuguste biokütuste põlemise käik on kujutatud graafikus (joonis 26). Sellest näeme, et biokütuste käärimisel tõuseb temperatuur algul kiiresti maksimumini. Hobusesõnnik saavutab maksimaalse temperatuuri ühe nädala jooksul. Veisesõnnik on tihedam, mis takistab õhuhapniku vaba juurdepääsu. Aeroobne lagunemine kulgeb selle tõttu väiksema aktiivsusega ja maksimaalne temperatuur saabub umbes 2 nädala jooksul.

Pärast temperatuuri maksimumi saavutamist (hobusesõnnikul 74°, veisesõnnikul 40—50°) langeb temperatuur algul kiiresti 30—20°-ni. Seejärel langeb temperatuur juba võrdlemisi aeglaselt ja ühtlaselt.



Joonis 26. Sõnniku põlemise diagramm.

Biokütuste kasutamine on eriti sobiv kevadel. Biokütuse järsk temperatuuri tõus on vajalik lavakraavide seinte ja lavamulla soojendamiseks. Hiljem katavad biokütuse temperatuuri languse välisõhu temperatuuri tõus ja päikese soojuskiirguse suurenemine. Sügisel ei ole biokütuse kasutamine kasulik, sest tema temperatuur langeb samaaegselt välisõhu temperatuuri langusega.

Veisesõnnik ei ole puhtal kujul lavadele sobiv, sest tal on madal põlemistemperatuur. Selle tõstmiseks lisatakse talle kobedaid aineid, nagu saepuru ($^1/_3$ mahust), linaluid ($^1/_4$ mahust) või puukoort ($^1/_2$ mahust). Sel juhul kulgeb veisesõnniku lagunemise protsess kiiremini, temperatuur tõuseb kuni 62°-ni ja veisesõnnik kujuneb heaks bioloogiliseks kütuseks ning on kõlblik lavade täiteks.

Kohedate ainete lisamisega suurendatakse ühtlasi biokütuste kogust. Häid tulemusi on saavutatud hobusesõnnikule 50—60%-lise niiskusega turba lisamisega vahekorras 1 : 1.

Üleliidulise Turba Teadusliku Uurimise Instituudi Moskva oblasti Zavidovski ja Klini majandis korraldatud katsete tulemused on koondatud tabelisse 27 (50).

Tabel 27

Asukoht ja biokütuse koostis	Lava täitmise aeg	Katse kestus päevades	Temperatuur		Maksimaalse temperatuuri saabumise päev	Köögiviljа suhteline toodang
			keskmine	maksimaalne		
Zavidovski majand						
Hobusesõnnik	5. IV	75	22,8	30	10	100,0
1/2 sõnnikut + 1/2 madalsooturvast	5. IV	75	23,3	30	14	103,8
Klini majand						
Hobusesõnnik	13. IV	60	26,6	32	11	100,0
1/2 sõnnikut + 1/2 kõrgsooturvast	13. IV	60	28,0	46	10	107,2
3/4 sõnnikut + 1/4 kõrgsooturvast	14. IV	60	28,0	58	10	103,2
2 osa kõrgsooturvast + 1 osa fekaale	14. IV	60	30,3	42	15	116,4

Turba lisamisel saavutatud soodsad tulemused peaksid ergutama meie köögiviljakasvatajaid saadud kogemuste laialdasele kasutamisele, sest meil on turvas kõikjal kergesti kättesaadav.

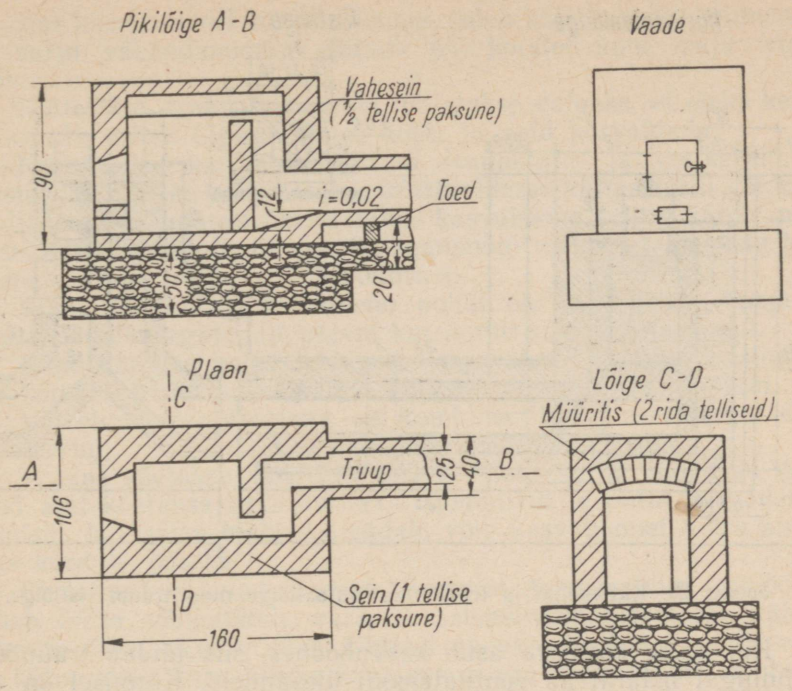
Truubiküte

Truubikütet on lihtne ehitada ja selleks ei ole vaja defitsiitset metalli ega teisi materjale, mistõttu truubikütte ehitamine ei tee raskusi. Truubiküte kasutab ära 25—30% kütuse põlemisel eralduvast soojusest. Keskkütted seevastu kasutavad ära 70—80% soojusest, seega 2—2,5 korda rohkem. Truubiküte ei soojenda ruume ühtlaselt ja raske on vältida ruumi temperatuuri kõikumisi.

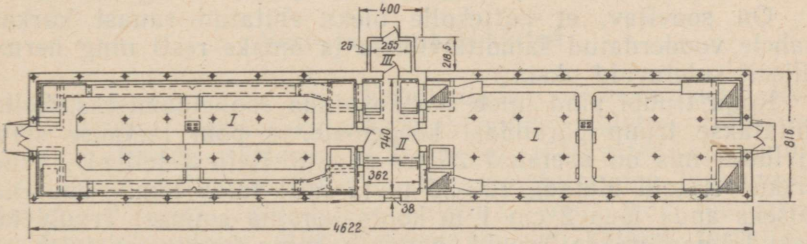
Truubiküttega kasvuhoonetes ehitatavate truupide arv (1—8) sõltub kasvuhoone suurusest. Suurte truubiküttega kasvuhoonete küttekollete ja truupide arv ning mõõtmed tuleb arvutada. Väiksemate kasvuhoonete puhul võib arvestada ühe truubiga kütmist 40—50 m² kasvuhoone inventarpinna (üldpinna) kohta.

Lavatid ehitatakse nende paremaks soojendamiseks truupide kohale (peale). Soojendatud õhk on kerge ja tõuseb üles kuni harjani. Sooja õhu voolud haaravad kogu kasvuhoone. Kasvuhoone keskmine osa soojeneb truubi soojuskiirguse mõjul.

Nõukogude Liidus laialdaselt levinud truubikütte küttekolle on kujutatud joonisel 27. Kogu küttesüsteem koosneb küttekoldest, truubist ja korstnast. Joonisel 28 on kujutatud 308 m² inventarpinnaga truubiküttega kasvuhoone plaan («Giproselhozi» tüüpprojekt nr. 1055-A) ja joonisel 29 samas kasvuhoones kasutatava küttekolde ning truubi horisontaallõige ja truubi ristlõige.

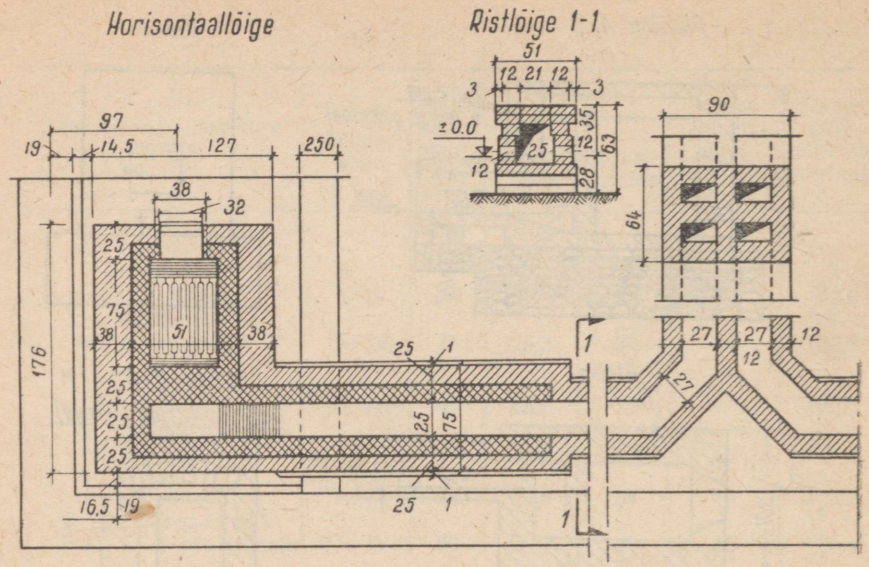


Joonis 27. Kasvuhoone küttekolle.



Joonis 28. 308 m² inventarpinnaga, truubiküttega kasvuhoone plaan:
I — kasvuhoone; II — kütmisruum; III — esik.

Kasvuhoones kasvavate taimede kaitsmiseks suitsu ja vingu eest ehitatakse kütteava esikusse. Truupide kütmisel hakkab kasvuhoone soojenema alles pärast truubi soojenemist. Algul võib temperatuur seal isegi alaneda, sest truubi kaudu tõmbub soe õhk kasvuhoonest välja. Pilude ja avatud uste kaudu tungib aga kasvuhoonesse asemele külma välisõhku. See on ka üheks põhjuseks, miks kütteavad paigutatakse kasvuhoonete otstes asuvatesse esikutesse. Sellise ehitusviisi puhul kasvuhoone hind küll pisut tõuseb, kuid selle eest on kasvuhoones hõlpsam töötada.



Joonis 29. Küttekolde ja truubi horisontaallõige ning truubi ristlõige.

Kui kolde kütteava asub kasvuhoones, siis täidab truubiküte mõningal määral ka ventilatsiooni ülesandeid. Kütmisel on võimalik kasvuhoone ja esiku vahelist ust ventileerimise eesmärgil lahti hoida.

Et truubiküte hästi töötaks, peab ta olema õigesti ehitatud. On soovitav, et küttekolle oleks ehitatud rauast karkassi vahele vooderdatud šamottkividega ja omaks resti ning hermeetiliselt suletavaid uksi.

Kogu truubi pind tuleb ära kasutada soojendamiseks. Selleks ehitatakse truup põrandast kõrgemale, ta põhi laotakse serviti kividele, mis on asetatud 25 cm tagant (teljest teljeni). Truubi pikkus ei tohi ületada 12—15 m ja talle tuleb tõmbe suurendamiseks anda tõus 2 cm 1 m kohta korstna suunas. Truubi käänakud ümardatakse. Truubi ühenduse kohta korstnaga tuleb asetada puhastusuks. Ilmastikust sõltuva halva tõmbuse puhul võib tõmbuse suurendamiseks tahmaaugu kaudu truubis tule süüdata. Truubi põhi peab asuma küttekolde põrandast 10 cm kõrgemal.

Kolle ja truup peavad olema puitseintest eraldatud vähemalt 25 cm laiuse õhkvahega. See vahe on vajalik ka ventilatsiooniks. Ventilatsiooniks jäetakse ka lavati ja seina vahele 10—15 cm laiune vahe. Truubi ja lavati põhja vahele tuleb tuletõrje nõuete kohaselt jätta 25 cm suurune vahe.

Tõmbuse tagamiseks peab korstna kõrgus olema vähemalt $^1/_3$ truubi pikkusest ja korsten peab ulatuma vähemalt 50 cm üle katuseharja. Truup on vaja puhastamise hõlbustamiseks varustada puhastusustega.

Kui kasvuhoones on mitu truupi, tuleb kulude kokkuhoidmiseks ja varju vähendamiseks ehitada üks korsten kuni nelja truubi kohta.

Küttekolle, truup ja korsten lubjatakse valgeks, et oleks kerge avastada suitsu läbitungimise kohti ja neid kõrvaldada.

Kasutatakse ka kombineeritud truupkütte- ja vesikeskküttesüsteeme. Selleks paigutatakse küttekoldesse küttespiraal või kaks radiaatorit. Viimased ühendatakse kasvuhoone seinte äärde monteeritavate küttetorustikega. Paisumisnõu tuleb asetada pisut kõrgemale kõige kõrgemast küttetorust.

Kombineeritud küttesüsteemi puhul on kasvuhoone temperatuurirežiim märgatavalt parem kui ainult truubikütte puhul.

Kahe kütmise vahel tekkivad temperatuuri langused esinevad ka kombineeritud kütte puhul, kuid nende mõju on väiksem.

Võrreldes truubiküttega on kombineeritud küttesüsteem ökonoomsem.

Truupe köetakse harilikult üks või kaks korda ööpäevas. Külmal ajal köetakse kaks korda — hommikul ja õhtul. Kevadel ja sügisel, kui päike hästi soojendab, võib kasvuhoonet kütta ainult üks kord — ööseks.

Et taimed vajavad päeval kõrgemat temperatuuri kui öösel, tuleb kütta võimalikult vara, et assimilatsiooniprotsess vähese soojuse tõttu ei pidurduks. Ühtlasi on vaja hoolitseda selle eest, et kütus oleks kuiv. Märja kütusega ei saa kasvuhoones nõutavat temperatuuri hoida ja kütusekulutus kujuneb suureks. Küttekollet, truupe ja korstnat tuleb õigeaegselt puhastada ning need pidevalt korras hoida.

Vesi- ja aurukeskkütted

V e s i k e s k k ü t e on katmikalade soojendamiseks kõige enam levinud. Vesikeskküte kujutab endast suletud ringi moodustavat torude süsteemi. Raskusjõul töötavates süsteemides tsirkuleerib vesi selle tõttu, et tagasivoolutorudes tagasivoolav raskem, külmem vesi surub kergema, sooja vee tõusvatesse juurdevoolutorudesse. Küttesüsteem koosneb katlast, torustikust, küttekehadest ja paisunõust kui kaitseseadmest.

Katmikala küttekehad ehitatakse tavaliselt torudest. Katmikalad on lamedad. Raskusjõul töötavas süsteemis on vaja kõrguste vahet tsirkulatsiooni tagamiseks ja torustiku takistuste ületamiseks.

Raskusjõul töötavad süsteemid on töökindlad ning neid on lihtne teenindada. See on oluline väikeste seadmete puhul, sest nad ei vaja väljaõppinud kütjat.

Vesikeskküte puuduseks on see, et ta ei võimalda päeva jooksul toimuvatele välistemperatuuri muutumistele kiiresti reageerida. See tuleneb vee suurest soojusesalvestusest ja väikesest voolamiskiirusest küttesüsteemis (0,03 kuni 0,3 m/sek.). Selle tõttu

jätkub katmikala soojenemine ka siis, kui kütmise vajadus on juba lõppenud selle tagajärjel, et jätkub juba üksi päikese soojusest. Vastupidi, ilma külmenedes on jälle omakorda vaja aega küttesüsteemi üleskütmiseks.

Pumbaküttе puhul on need puudused märksa väiksemad. Viimasel ajal on näiteks Hollandis küttesüsteemi soojusinertsi vähendamiseks üle mindud peenikeste (kuni $^3/_4$″) torude kasutamisele. Torustiku suurenev takistus ületatakse pumba abil. Pumbaküttega saab kütta suuremaid katmikalasid. Tuleb vaid hoolitseda selle eest, et pump oleks pidevalt korras ja et vool ei katkeks. Tavaliselt varustatakse katlamaja tagavarapumbaga ja vajaduse korral nähakse avarii korraks ette bensiinimootor.

Pumbaküttе puhul saab küttesüsteemi lülitada ka katmikalasid, mis asetsevad katlamajast madalamal (raskusjõul töötava vesikeskküttе puhul ei ole see võimalik). Siin saab kasutada peenema läbimõõduga torusid. Juurde- ja tagasivoolava vee temperatuuri vahe väheneb ja sellega seoses suurenevad omakorda küttetorustikus voolava vee ja katmikala õhutemperatuuri vahe ning soojuse ülekanne küttekehade kaudu. On arvutatud, et pumbaküte võimaldab kuni $^1/_3$ küttetorustikku kokku hoida, võrreldes raskusjõul töötava vesiküttega. Sellega vähenevad omakorda ka küttetorustikus oleva vee maht ja süsteemi soojusinerts.

Teisest küljest suurenevad ehitus- ja ekspluatatsioonikulud ning süsteem vajab, nagu märgitud, täiendavaid kulutusi töökindluse tagamiseks.

K u u m a v e e k e s k k ü t e t (kesk- ja kõrgrõhu-vesikeskkütet) kasutatakse harva. Soojusekandjaks on vesi, mille temperatuur on üle 100°. Seega on vesi ülesurve all. Näiteks 1 atü puhul on vee temperatuur 119,6°, 2 atü puhul 132,9°. Kuumaveekeskkütte eeliseks on vee suurem soojusesisaldus, mis võimaldab kasutada väiksema läbimõõduga torustikku. Vee maht torustikus on väiksem ja süsteem on seega kergemini reguleeritav. Kuumaveekeskküte töötab tavaliselt pumba jõul. Selle süsteemi teenindamise eeskirjad on analoogilised aurukeskkütte omadega.

A u r u k e s k k ü t e on katmikalade, eriti kasvuhoonete kütmiseks vähem kasutatav kui vesikeskküte.

Auru soojusesisaldus on 6,4 korda suurem kui 100°-ni kuumendatud veel. Auru suur soojusesisaldus ja suur liikumiskiirus torustikus võimaldavad kasutada väiksema läbimõõduga torusid, kui need on kasutusel soojaveekeskkütte puhul.

Madalrõhu-aurukeskküttе (rõhuga kuni 0,7 atü) kasutamine on tehniliselt lihtsam, sest ta ei vaja pidevat järelevalvet.

Suuremate katmikalade kütmisel kasutatakse kõrgrõhu-aurukeskkütet (rõhuga 0,8—2 atü). Kõrgrõhu-aurukeskkütte kasutamisel on vaja vastava ettevalmistusega katlakütjaid. Aurukeskkütte puhul saab kütta ka katlamajast kaugel asuvaid katmikalasid. See on auruküttе eeliseks. Küttekehades annab aur oma soojuse ära ja kondenseerub. Kondensaat juhitakse katlamajja

tagasi. Kui katlamaja asub nii sügaval, et kondensaadi surve ületab katla surve, siis voolab kondensaat ise katlasse tagasi. Vastasel juhul, kõrgrõhu-aurukeskküttе puhul aga alati, kogutakse kondensaat paaki ja pumbatakse katlasse tagasi. Ujukisüsteemi kasutamisel saab pumpamist automatiseerida.

Katmikaladel tuleb muidugi arvestada küttekehade temperatuuri ja köögiviljad istutada sellisele kaugusele, et küttekehade temperatuur neid ei kahjustaks. Küttesüsteemi reguleeritakse ventiilide abil, suurendades või vähendades auru juurdevoolu torustikku.

Praktikas rakendatakse aurukeskkütet sageli kombineeritult õhuküttega. Siin kasutatakse soojusekandjana auru õhu soojendamiseks kalorifeeris.

Hoolimata aurukeskküttе mõnedest eelistest, võrreldes vesikeskküttega, ei ole ta katmikalade, eriti kasvuhoonete kütmisel nii levinud kui vesiküte. Kokkuhoiu torustikus teevad tasa keerukamad katlaseadmed ja armatuurid. Aurukeskküte vajab hoolikamat teenindamist kui vesikeskkütted. Aurukeskküttе puuduseks on ka see, et varsti pärast kütmise lõpetamist lakkab ka soojuse ülekanne katlast katmikalale. Vesikeskküte, nagu nägime, jahtub suure soojusesalvestuse tõttu alles mõne tunni jooksul.

Soojuskadude arvutus

Kasvuhoonete küttesüsteemi projekteerimisel on kõigepealt vaja kindlaks teha soojuskaod piirdetarindite — katuse, seinte ja põranda kaudu ning lavade puhul lavaakna, seinte ja pinnase kaudu.

Vajaliku soojuse hulk kasvuhoones suureneb välistemperatuuri langemise ja sisetemperatuuri nõutava suurenemise puhul.

Välisõhu arvestustemperatuur on määratud CH 7—57 alusel. Tallinnas tuleb arvestuse aluseks võtta —21°, Tartus —23° ja Narvas —24°. Arvestatav sisetemperatuur valitakse kasvuhoone otstarbest ja kasvatatavatest kultuuridest lähtudes. Et kasvatatavad kultuurid võivad muutuda, siis valitakse kasvuhoonete sisetemperatuur tavaliselt soojuse suhtes nõudlikumate kultuuride järgi. Meil on see 22—25°. Temperatuurirežiimi reguleeritakse hiljem küttesüsteemi enda kui ka kütmise kestuse ja intensiivsusega.

Tavaliselt on kasvuhoonetes vajalik temperatuur 18°, lavatitega kasvuhoonetes: köögivilja kasvatamisel 20° ja istikute kasvatamisel 25°.

Soojuskadusid läbi piirdetarindite saab määrata valemiga

$$Q = k \cdot F(t_s - t_v) \text{ kcal/h},$$

kus k — piirdetarindi (seina, katuse jne.) soojuse läbikande tegur kcal $m^2h°C$, mis näitab, mitu kcal soojust voolab tunnis (h) läbi antud tarindi m^2, kui kahel pool tarindit oleva õhu temperatuuride vahe on 1°;

F — piirdetarindi pind m²;
t_s — siseõhu arvestustemperatuur;
t_v — välisõhu arvestustemperatuur.

Piirdetarindi soojuse läbikande tegur sõltub tarindi konstruktsioonist ja määratakse valemiga

$$k = \frac{1}{R} = \frac{1}{R_s + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \ldots + \frac{l_n}{\lambda_n} + R_v} \text{ kcal/m}^2\text{h°C},$$

kus R_s — sisepinna termiline takistus, mis tuleb ületada siseõhust tarindi pinnale pääsemiseks m²h°C/kcal;
R_v — välispinna termiline takistus samas mõõtühikus;
$l_1, l_2 \ldots$ — tarindit moodustavate materjalide kihtide paksused m;
$\lambda_1, \lambda_2 \ldots$ — materjali soojusjuhtivustegur on arv, mis näitab, kui palju kilokaloreid soojust voolab läbi ühe ruutmeetri suuruse ja meetripaksuse materjalimassi ühe tunni jooksul, kui kahe vastaspinna temperatuuride vahe on 1° (kcal/mh°C).

Tabel 28

Sise- ja välispinna takistused katseandmete järgi

Tarindi liik	R_s	R_v
Välisseinad, lamedad katused	0,13	0,05
Laed, soojuse ülekande puhul alt üles . . .	0,13	0,10
Laed, soojuse ülekande puhul ülevalt alla . . .	0,20	0,20
Kahekordsed aknad ja uksed	0,11	0,05

Tabelist 29 nähtub, et mida kergem on materjal, seda väiksem on tema soojusjuhtivustegur.

Kasvuhoonetel kasutatakse vahel ka kahekordseid küljeaknaid. Nende puhul võib arvestada 50 mm õhkvahe kogutakistuseks 0,22 m²h°C/kcal.

Arvestatud soojuskadudele lisatakse soojuskaod tarindite ebatihedusest tingitud infiltratsiooni ja ilmakaarte arvel.

Ilmakaarte arvel lisatakse vastu loode-, põhja-, kirde- ja idakaart asuvate tarindite vertikaalsete ja kaldpindade (vertikaalprojektsioon) soojuskadudele 10% ning vastu läänt ja kagu asuvate pindade soojuskadudele 5%.

Klaasitud pindade ebatiheduse tõttu kasvuhoonesse infiltreeruva külma õhu kogus sõltub tuule tugevusest ja pilude suurusest. Infiltreeruva õhu koguse järgi saab määrata soojushulka, mis on vajalik selle õhu soojendamiseks siseõhu temperatuurini

$$Q = 0{,}31\ (t_s - t_v) \cdot L \text{ kcal/h},$$

kus 0,31 — keskmine õhu erisoojus kcal/m³°C;
L — kasvuhoonesse infiltreeruva õhu kogus m³/h.

Tabel 29

Andmeid materjalide soojusjuhtivusteguri kohta

Materjal	Soojusjuhtivus-tegur λ kcal/mh°C	Soojustakistus $1 : \lambda$ mh°C/kcal	Mahukaal γ kg/m³
Betoon	1,25	0,80	2400
Sardbetoon	1,40	0,71	2500
Graniit	3,00	0,33	2800
Klaas (akna-)	0,65	1,54	2500
Korkplaat	0,06	16,67	250
Krohv	0,75—0,80	1,33—1,25	1700—1800
Kärgtellismüüritis	0,45	2,22	1300
Liiv (kuiv)	0,50	2,00	1600
Paekivimüüritis	1,40	0,71	2300
Puit (risti kiudu)	0,15	6,67	550
Raudkivimüüritis	2,21	4,52	2420
Roogplaat	0,08—0,09	12,50—11,11	250—300
Räbu	0,25	4,00	1000
Räbubetoon	0,35—0,55	2,86—1,82	1000—1400
Saepuru (kuiv)	0,06—0,08	16,70—12,50	150—250
Saepurubetoon	0,27—0,37	3,70—2,70	1150—1250
Saepurutäidis (termoliittäidis)	0,10	10,00	250—300
Silikaatkivimüüritis	0,75	1,33	1900
Tellismüüritis	0,70	1,43	1800
TEP-plaat	0,11—0,20	9,08—5,00	300—600

Tabel 30

Enamkasutatavate tarindite soojuse läbikande tegurid

Tarindi nimetus	Soojuse läbikande tegur k
Telliskivimüüritis $1^1/_2$ kivi	1,28
Telliskivimüüritis 2 kivi	1,10
Kärgkivimüüritis $1^1/_2$ kivi	0,98
Silikaatkivimüüritis 2 kivi	1,16
Gerardi süsteemi, termoliittäidisega kahelt poolt krohvitud tellissein	0,44
Massiivne 60 cm paksune paassein	1,64
Saepurubetoonsein 30 cm koos krohviga	0,95
Ühekordne aken, puitraamiga	5,0 (6)
Sama, metallraamiga	5,5
Kahekordne aken, puitraamiga	2,8
Sama, metallraamiga	3,0
Ühekordne aken, ühe kihi õlgmattidega kaetult	4,0
Sama, kahe kihi õlgmattidega kaetult	2,5

Kasvuhoonesse infiltreeruva õhu täpset kogust on raske määrata. Seetõttu võib piirduda valemi (lk. 76) järgi arvutatud soojuskadude suurendamisega 25% võrra infiltratsiooni arvel.

Soojuskadusid kasvuhoonete ja lavade põrandate kaudu arvutatakse viimaste laiuse puhul kuni 12 m üksikute ribade kaupa valemi järgi

$$Q = k \cdot F\ (t_s - t_v)\ \text{kcal/h}.$$

k .... võetakse CH 7—57 järgi.

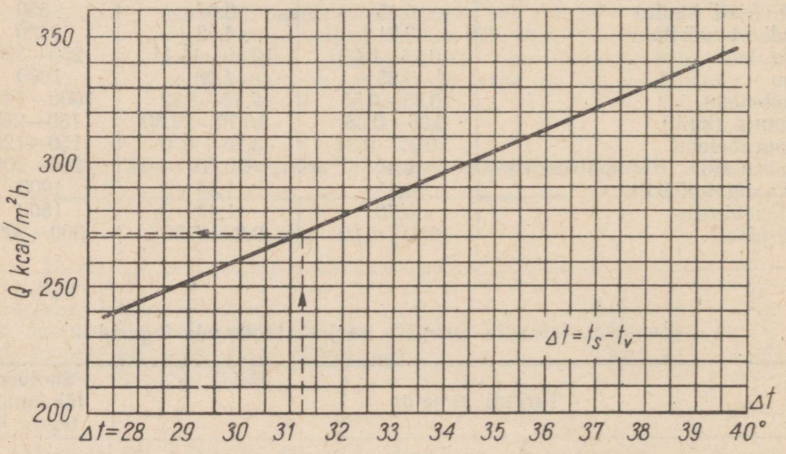
Üle 12 m laiuste kasvuhoonete soojuskaod põranda kaudu arvutatakse valemi järgi

$$Q = (1{,}04a + 2{,}08b + 0{,}06ab - 4{,}48)\ (t_s - t_v)\ \text{kcal/h},$$

kus a — kasvuhoone laius m;
b — kasvuhoone pikkus m.

Kasvuhoone soojuskadude arvutamisel päikesekiirgust soojusbilansis arvesse ei võeta.

Metallprossidega kasvuhoonete kütteks vajaliku soojusekulu orienteerival arvutamisel võib soojuskadusid määrata kasvuhoone 1 m² inventarpinnale graafiku (joonis 30) abil.



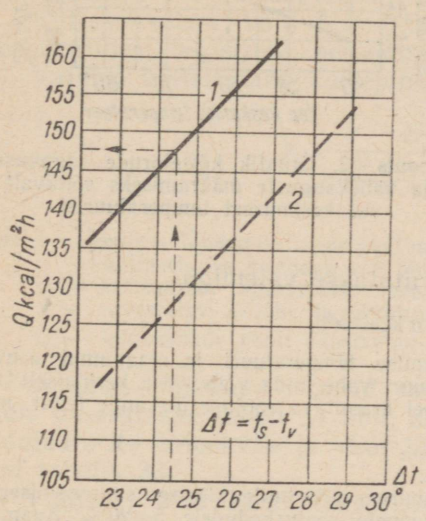
Joonis 30. Graafik soojuskadude määramiseks kasvuhoone inventarpinna 1 m² kohta.

Lavade kütteks vajalik soojushulk on palju väiksem kasvuhoonete kütteks vajalikust soojusest, sest lavade ekspluatatsioon toimub palju soojemal perioodil. Välisõhu arvestustemperatuur võetakse lavade soojuskadude arvutamisel kõrgemana kui kasvuhoonete puhul.

Lavade siseõhu minimaalne lubatav temperatuur on +6°. Selline suhteliselt madal temperatuur on lubatav vaid sellepärast, et ta osutub lühiajaliseks. Lavade soojuskadude arvutamisel võib välistemperatuuriks võtta −5° ja sisetemperatuuriks +18°. Lavade soojuskadude arvutamisel tuleb arvestada lavade katmist õlgmattidega.

Lavade kütteks vajaliku soojuse kulu orienteerival arvuta-

misel võib määrata soojuskadusid lava 1 m² inventarpinnale, lähtudes siseõhu temperatuurist +18°, joonisel 31 toodud graafiku abil.



Joonis 31. Graafik soojuskadude määramiseks lava inventarpinna 1 m² kohta: 1 — mattidega katmata lava; 2 — ühe mattide kihiga kaetud lava.

Soojuskaod soojendataval avamaal. Köögiviljataimede külvi ja istutamist soojendatud avamaale ilma pealtkatmiseta alustatakse 10—15 päeva, öökülmade puhul katmisega aga 20—30 päeva varem kui tavalisel avamaal. Seega võib saada värsket köögivilja ligikaudu kuu aega varem kui tavaliselt avamaalt.

Soojade ilmade perioodil, kui muld soojeneb päeval päikesekiirte energia mõjul ja mulda akumuleerunud soojus katab öise soojuskao, ei ole vaja soojendatavat avamaad enam kütta.

Kui mulla pealmine kiht päikesekiirte energia mõjul soojeneb, kuid mitteküllaldase sügavuseni, ja kui öösel või pilves ilmadega mulla temperatuur ülemäära langeb, on vaja soojendatavat avamaad kütta.

Soojendatava avamaa kütmiseks kasutatakse metall- või asbotsementtorusid, milles liigub kuum vesi või aur. Metalltorusid tuleb kaitsta korrosiooni vastu (näiteks õhukese betoonkihiga).

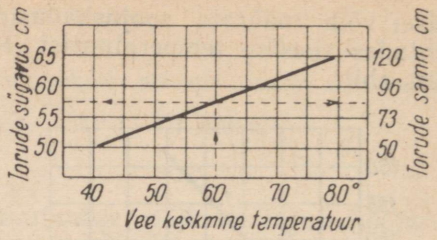
Soojendatava avamaa kütteks on soovitatav kasutada üle 40° kuuma vett. Kui kasutada madala temperatuuriga vett (40°) ja asetada torud 50 cm sügavusele, ei tohi torude vahekaugus olla üle 50 cm.

Torustiku asetamise sügavus ja torude vahekaugus sõltuvad vee temperatuurist ning neid võib määrata joonisel 32 toodud graafiku abil. Kasutades kõrgema temperatuuriga soojusekandjaid (vett, auru), tuleb torude vahekaugust ja asetamise sügavust suurendada.

Torude sügavama asetuse ja väiksemate vahekauguste puhul kujuneb mulla temperatuur ühtlasemaks, madalama asetuse ja suuremate vahekauguste puhul aga ebaühtlasemaks. Torustiku kohal on mulla temperatuur maksimaalne ja torude vahel mini-

maalne. Ka torude suunas muutub temperatuur sõltuvalt soojusekandja temperatuuri langemisest.

Soojuse levimine mullas sõltub mulla struktuurist ja niiskusest. Mulla niiskuse suurenedes suurenevad ühtlasi tema soojus- ja temperatuurijuhtivus, mis avaldavad mõju mulla soojenemisele ja mullamassiivi temperatuuri ühtlusele.



Joonis 32. Graafik küttetorude sügavuse ja vahekauguste määramiseks sõltuvalt vee keskmisest temperatuurist.

Maapinna soojuskadusid arvutatakse valemiga

$$Q = \Delta t \cdot \alpha \text{ kcal/m}^2\text{h},$$

kus Δt — maapinna kultuurkihi keskmise temperatuuri ja maapinnal asuva õhukihi keskmise temperatuuri vahe, mida võib võtta keskmiselt 15°;
α — kiirguse ja konvektsiooni teel äraantava soojuse ülekande tegur, mis on ligikaudu 8 kcal/m²h° C.

Soojuskaod 1 m² avamaa kohta on

$$Q = 15 \cdot 8 = 120 \text{ kcal/m}^2\text{h}.$$

Soojuskaod konvektsiooni teel suurenevad tuule kiiruse suurenemisega. Tuule mõju arvestamisel lisatakse hoonete soojuskadudele 5—20%. Avamaa soojuskadude määramisel tuleb lisada tuule arvel 20%.

Arvestades tuule mõju, kujuneb soojuse kadu avamaa 1 m² kohta

$$Q = 120 \times 1{,}2 = 144 \text{ kcal/m}^2\text{h}.$$

Soojusevajadus katmikalade ja soojendatava avamaa kütteks

Köögivilja kasvatavad majandid kasutavad soojust kasvuhoonete, lavade, avamaa ning majandushoonete kütteks ja kastmisvee soojendamiseks.

Majandi katlamaja sisustus, boilerid ja teised soojusseadmed valitakse nii, et nad kataksid majandi maksimaalse üheaegse soojusevajaduse, lähtudes välisõhu minimaalsest arvestustemperatuurist.

Tavaliselt ei arvestata katla ja boilerite küttepinna määramisel lavade ja soojendatava avamaa soojusevajadust.

Kevadel, kui alustatakse köetavate lavade ekspluatatsiooni, on välisõhu temperatuur juba sedavõrd tõusnud, et kasvu- ja majandushoonete kütmiseks ei kasutata enam ära kogu katlamaja ja teiste seadmete võimsust. Neid võimsuse ülejääke saabki siis kasutada lavade kütteks. Edaspidisel välisõhu temperatuuri tõusmisel on võimalus hakata kütma ka avamaad.

Ka kütteperioodi algul, kui kasvuhoonete küttevajadus on väike, võib katlamaja võimsuse ülejääke kasutada lavade ja avamaa kütteks.

Vees või aurus peituva soojuse ülekandmiseks kasutatakse küttekehasid või kütteagregaate.

Küttekehadena võib kasutada malm- või terasradiaatoreid, terastorudest registreid, betoonist küttepaneele jne.

Vajalik küttekehade küttepind määratakse valemiga

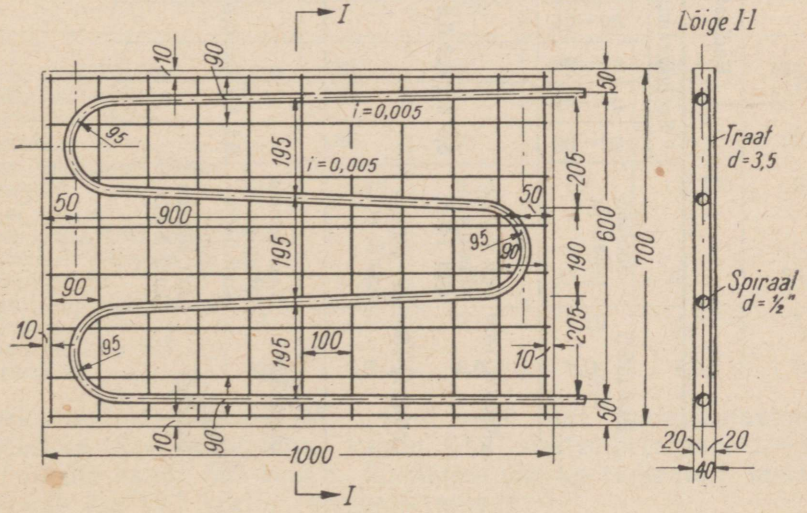
$$F = \frac{Q}{k\left(\frac{t_1+t_2}{2} - t_s\right)} m^2,$$

kus k — soojuse läbikande tegur kcal/m²h°C;
t_1 — küttekehasse siseneva vee temperatuur;
t_2 — küttekehast tagasivoolava vee temperatuur;
t_s — arvestatav siseõhu temperatuur;
Q — küttekehade poolt edasiantav soojusehulk kcal/h.

Soojuse läbikande tegurid radiaatoritele «Moskva» ja «Lor-150» määratakse tabeli 31 abil, siledatele torudele tabeli 32 abil. Radiaatorite «Moskva» ja «Lor-150» tehnilised näitajad on esitatud tabelis 33.

Viimasel ajal kasutatakse ka küttepaneele — 5 cm paksusi betoonplaate, millesse on betoneeritud registrid või spiraalid $^1/_2$″—$^3/_4$″ gaasitorudest (joonis 33).

Betoonist küttepaneelide kasutamine võimaldab otstarbekamalt ära kasutada küttekehade metalli, sest soojuse ülekanne metallilt betoonile on intensiivsem kui metallilt õhku. Näiteks vee



Joonis 33. Spiraali asetus küttepaneelis.

Radiaatorite soojuse läbikande tegurid (k)

Radiaatori nimi	Soojusekandja	Soojusekandja ja õhu keskmiste temperatuuride vahed °C															Märkused
		30—35	35—40	40—45	45—50	50—55	55—60	60—65	65—70	70—75	75—80	80—90	90—100	100—110	110—120	üle 120	
„Moskva-132“	Vesi temperatuuriga kuni 140°	5,8	6,1	6,3	6,6	6,8	7,0	7,2	7,4	7,5	7,7	7,9	8,2	8,5	8,7		Veekulu 18 kg/m²h
„Moskva-150“	Aur rõhuga kuni 5 atü										7,7	7,9	8,2	8,5	8,8	9,1	
„Lor-150“ Survega	Vesi temperatuuriga kuni 140°	6,1	6,4	6,6	6,9	7,2	7,4	7,6	7,8	7,9	8,1	8,3	8,6	8,9	9,1		Veekulu 20 kg/m²h
	Aur rõhuga kuni 5 atü									8,1	8,3	8,6	8,9	9,3	9,5		

Tabel 32

Torude soojuse läbikande tegurid

Küttekeha	k väärtus vee puhul $\frac{t_1+t_2}{2} - t_s$				
	40—50°	50—60°	60—70°	70—80°	üle 80°
Malmtorud, ümmarguste või kandiliste ribidega:					
üks toru	4,5	4,5	5,0	5,0	5,0
kaks toru (ülestikku)	4,0	4,25	4,5	4,5	4,5
kolm toru (ülestikku)	3,5	4,0	4,0	4,0	4,0
Üks horisontaaltoru diameetriga:					
kuni 32 mm	11,0	11,5	12,0	12,5	12,5
38—100 mm	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5
125—150 mm	9,5	10,0	10,5	10,5	10,5
üle 150 mm	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
Mitu rida horisontaaltorusid, asetatud vertikaalsele pinnale üksteise alla (torude vahe vastab ligikaudu torude läbimõõdule):					
kuni 32 mm	10,00	10,0	11,0	11,0	11,5
üle 32 mm	8,00	8,5	9,0	9,0	9,0

Tabel 33

Radiaatorite tehnilised näitajad

Näitajad	Mõõtühik	Radiaatori tüüp				
		„Moskva —132“	„Moskva —150“	„Lor— 150“	H—136	H—150
Radiaatori kõrgus	mm	583	583	525	580,5	580,5
Radiaatori paksus	„	132	150	150	136	151
Sektsiooni ehituspikkus	„	82	82	60	92	92
Ühe sektsiooni küttepind	m^2	0,25	0,25	0,2	0,285	0,3
Kaal ühe m^2 küttepinna kohta kokkumonteeritult (niplite ja korkidega)	kg	31,0	31,0	35,95	~28,0	~28,0
Maht 1 m^2 küttepinna kohta	l	4,4	5,15	7,10	5,0	5,5
Soojusekandja töösurve	atü	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0

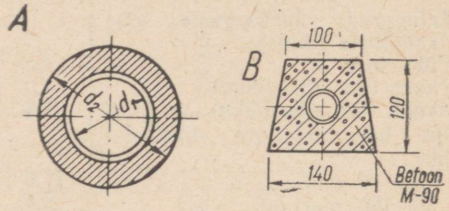
keskmise temperatuuri 95° puhul saab 1 m^2 malmradiaatorite «Moskva-132» küttepinna kaudu õhu sisetemperatuuri $t_s = 18°$ puhul üle kanda 593 kcal/h, kusjuures üks kg radiaatori metalli kannab üle 19,1 kcal/h (soojuslik pinge).

Betoon-küttepaneeliga saab üle kanda 593 kcal/h samadel tin-

gimustel 12,5 kg d=$^1/_2$″ gaasitorude abil, kusjuures 1 kg metalli kannab üle 47,5 kcal/h.

Sellest järeldub, et kui küttekehadeks kasutada betoonküttepaneele, väheneb küttekehade metallikulu 2—2,5-kordselt. Registrid või spiraalid, mis on betoneeritud betoonplaatidesse, annavad soojust üle enam kui betoonkatteta registrid või spiraalid.

Betoonkestas oleva toru soojusülekande suurenemine, võrreldes betoonkestata toruga, seletub sellega, et läbimõõdu d_2 (joonis 34) suurenemisega suureneb seina termiline takistus, kuid väheneb väline termiline takistus soojuse ülekandmisel õhku.



Joonis 34. Betoonkestas oleva toru ristlõiked.
A — ümmarguses betoonkestas; B — kandilises betoonkestas.

Sõltuvalt summaarsest termilisest takistusest võib betoonkesta paksuse suurenedes toru üldine soojusülekanne kasvada või väheneda.

Sõltuvalt küttepaneelide konstruktsiooni iseärasustest võetakse betoonkesta paksus spiraaltorustikul 1 kuni 1,5 cm.

Betoon-küttepaneelide valmistamine ei ole keerukas, seepärast saab neid valmistada ka ehitusplatsil.

Ühe m² betoon-küttepaneeli küttepinna poolt ülekantava soojuse hulk määratakse valemiga

$$Q = \Delta t \cdot \alpha \text{ kcal/h},$$

kus Δt — küttepaneeli pinna keskmise temperatuuri ja kasvuhoone arvestatava siseõhu temperatuuri vahe;
α — soojuse ülekande tegur, mis näitab, kui palju soojust antakse küttepaneeli pinnalt ruumi õhule edasi kcal/m²h° C.

See koefitsient määratakse valemiga

$$\alpha = \alpha_k + \alpha_1 \text{ kcal/m²h°C},$$

kus α_k — tegur, mis iseloomustab konvektsiooni teel ülekanduvat soojust. Vertikaalsete pindade puhul määratakse α_k valemiga

$$\alpha_k = 2{,}2 \sqrt[4]{t_{p\ddot{k}} - t_s},$$

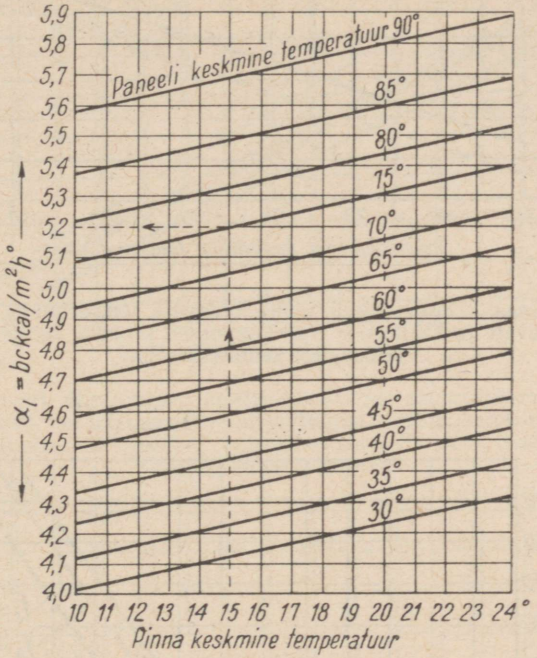
kus $t_{p\ddot{k}}$ — küttepaneeli pinna keskmine temperatuur.

Kiirguse teel ülekanduva soojuse tegur määratakse valemiga

$$\alpha_1 = b \cdot C,$$

kus C — paneeli kiirgustegur, mis on ligikaudu 4 kcal/m²h°C;
b — temperatuurist sõltuv faktor.

Kiirgustegur C, mis sõltub küttepaneeli temperatuurist ja kiirgava pinna temperatuurist, määratakse joonisel 35 toodud graafiku abil.



Joonis 35. Graafik kiirgusliku soojuse ülekande teguri määramiseks sõltuvalt betoonküttepaneeli pinna keskmisest temperatuurist.

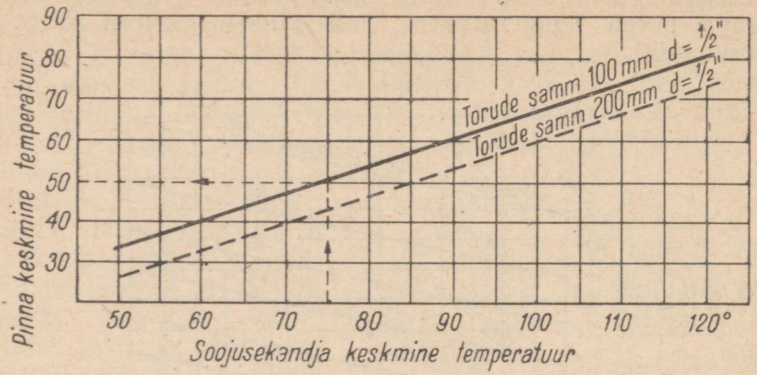
Küttepaneeli pinna keskmine temperatuur sõltub vee keskmisest temperatuurist ja spiraaltorude sammust ning määratakse joonisel 36 toodud graafiku abil.

Küttepaneeli 1 m² soojuse ülekanne määratakse joonisel 37 toodud graafiku ning soojuse ülekanne 1 jm spiraaltorustikult, mis asetseb küttepaneelis, joonistel 38 ja 39 toodud graafikute abil.

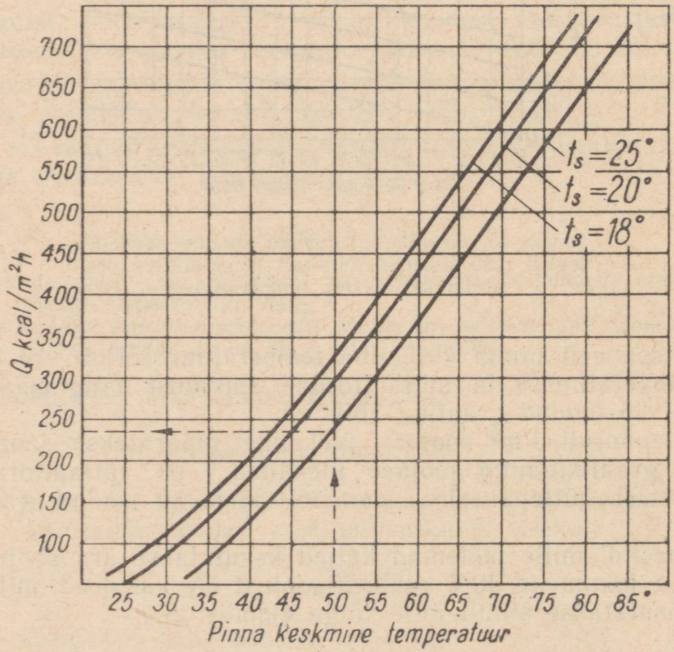
Paneelid, mille mõlemad küljed kasutatakse ära soojuse ülekandeks, kannavad 40% rohkem soojust üle kui need, millel kütteks kasutatakse ainult ühte külge (joonis 39).

Torud

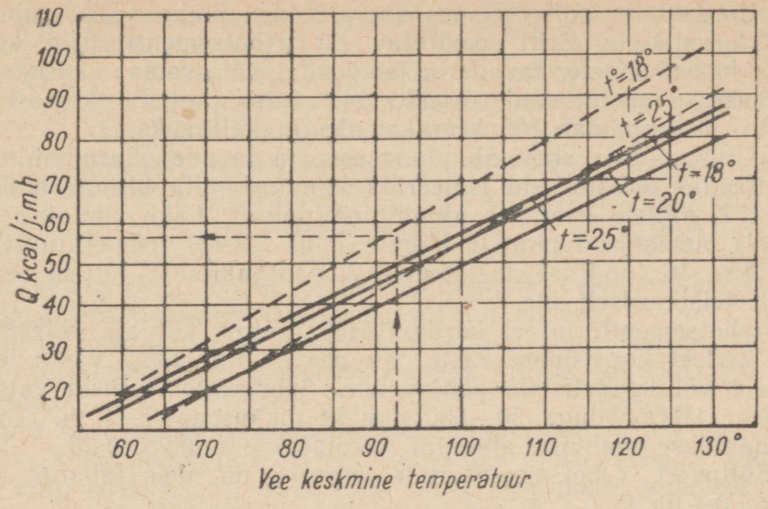
Kütteks ja soojaveevarustuseks kasutatakse niihästi terasest gaasitorusid (GOST 3262-55) kui ka õmbluseta torusid (GOST 301-50). Peale gaasitorude kasutatakse laialdaselt ka asbotse-



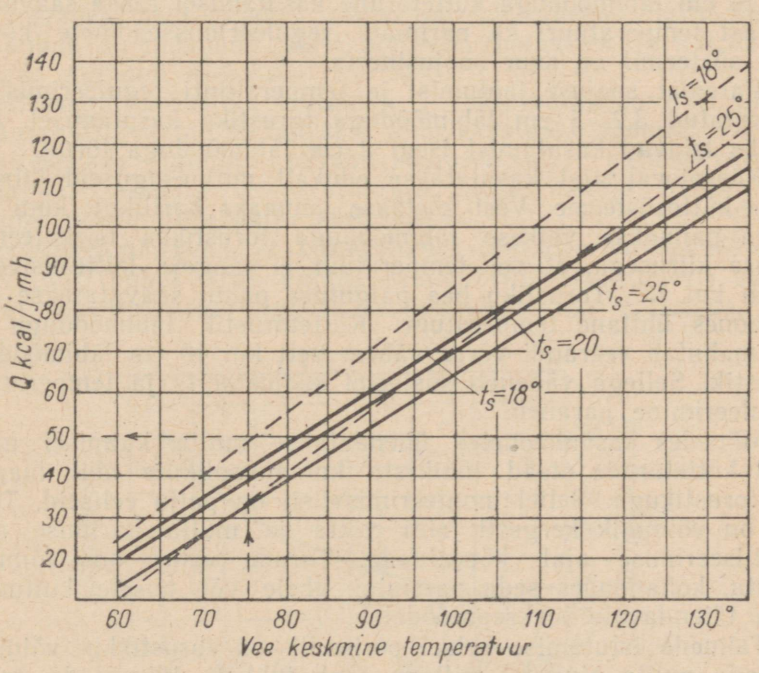
Joonis 36. Graafik küttepaneeli pinna keskmise temperatuuri määramiseks sõltuvalt spiraaltorude vahekaugusest ja neid täitva vee keskmisest temperatuurist.



Joonis 37. Graafik paneeli pinna 1 m² soojusülekande määramiseks sõltuvalt paneeli pinna keskmisest temperatuurist ja ruumi õhu temperatuurist.



Joonis 38. Graafik ühe jooksva meetri spiraaltoru soojusülekande määramiseks paneelis sõltuvalt vee keskmisest temperatuurist, torude sammust ja ruumi õhu temperatuurist. Täisjooned — torude samm 100 mm; punktiirid — torude samm 200 mm.



Joonis 39. Graafik ühe jooksva meetri spiraaltoru soojusülekande määramiseks paneelis sõltuvalt vee keskmisest temperatuurist, torude sammust ja ruumi õhu temperatuurist — soojusülekande puhul paneeli mõlema külje abil. Täisjooned — torude samm 100 mm; punktiirid — torude samm 200 mm.

menttorusid, ja mitte üksnes veevarustus- (külm vesi), vaid ka küttetorustikuna. Eriti soovitatav on asbotsementtorusid kasutada kasvuhoonete, lavade ja soojendatava avamaa kütmiseks. Pinnasesse asetatavaid terastorusid tuleb kaitsta korrosiooni vastu, mis muudab töö keerukamaks ja kallimaks.

«Giproselhoz» soovitab pinnasesse ja lavade õhuruumi monteeritavaid terastorusid isoleerida kuumuskindla bituumenlakiga nr. 177, millele lisatakse alumiiniumipulbrit. Lakk kantakse eelnevalt puhastatud pinnale kolmes kihis 20°-sel temperatuuril ja lastakse 16 tundi seista. Keevituskohad lakitakse hiljem samal viisil teistkordselt üle.

Asbotsementtorud ei karda niiskust ning ei vaja värvimist ega kaitset korrosiooni vastu. Ka peavad nad hästi vastu leelisestele või happelistele põhjavetele. Asbotsementtorusid valmistatakse läbimõõduga 50—600 mm ja pikkusega 3—4 m. Torud ühendatakse muhvide abil või kasutatakse muhvtorusid.

Sõltuvalt asbotsementtorude margist on neis lubatav töösurve 5—10 at.

Soojendatava avamaa kütmiseks kasutatakse laialdaselt põletatud savist drenaažitorusid ja ka betoontorusid.

Kogemused näitavad, et vesikeskkütte puhul on kasvuhoonetes 10 cm läbimõõduga küttetorude kasutamisel raske saavutada ühtlast temperatuuri ka parimate reguleerimisseadmete korral, sest süsteemil on suur soojusinerts.

Paremat soojuse jaotumist ja temperatuuri reguleerimist on saavutatud 3,2—5 cm läbimõõduga torustiku kasutamisel. Hollandis leiavad kasutamist isegi 2 cm läbimõõduga torud.

Käesoleval ajal kasutatakse edukalt mitmesuguseid kiirvooluvee-küttesüsteeme. Vesi köetakse kuumaks harilikult kuni 98°-ni ja pannakse väikese läbimõõduga torustikus tsirkuleerima sellise kiirusega, et vee temperatuur ei langeks küttesüsteemis enam kui 13°. Torustiku hea paigutuse puhul saavutatakse kasvuhoones ühtlane temperatuur. Küttetorustik läbimõõduga 3,2 cm mahutab veerandi võrra vähem vett kui 10 cm läbimõõduga torustik. Sellega väheneb süsteemi soojusinerts ja temperatuuri reguleerimine paraneb.

Mõnedes kasvuhoonetes ühendatakse mulla kütmisel mõlemad küttetorude otsad lühikeste kummivoolikute abil magistraaltorustikuga. Sellel monteerimisviisil on palju eeliseid. Torusid on võimalik kergesti lahti võtta ja mulla harimise ning steriliseerimise ajal kõrvaldada. Torude vahet on võimalik muuta, kohandades seda paremini ühele või teisele kultuurile ilma täiendavate lukksepatöödeta.

Taimede istutamise eelsel perioodil on torustikku võimalik asetada mulla pinnale, millega saab tublisti lühendada mulla soojendamise aega. Rööbastel ümberpaigutatavates kasvuhoonetes on sel juhul võimalik torustikku demonteerimata üles tõsta

ning pole karta, et taimed kasvuhoone ümberpaigutamisel kannatada saaksid.

Välismaal eelistavad paljud köögiviljakasvatajad uute vesiküttеseadmete ehitamisel katlaid, mis on kasutatavad niihästi vesiküttеks kui ka mulla aurutamiseks madalrõhuauruga; ainult auru ja sooja vett ei saa kasutada üheaegselt.

Soojusekandjad

Kasvuhoonete, lavade ja soojendatava avamaa kütmisel kasutatakse soojusekandjana auru või kuuma vett.

Auru kasutamine on ökonoomne selle tõttu, et aurukeskküte vajab vesikeskküttega võrreldes märksa vähem küttekehasid ja torustikku.

Auru kasutamine on eriti otstarbekas siis, kui ta osutub heitauruks ja kui maapinna reljeef võimaldab auru kohale toimetada ning kondensaati tagastada ilma keerukate maapealsete või maa-aluste juhtmeteta ja seadmeteta.

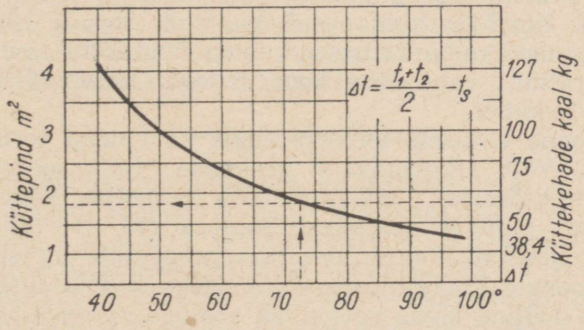
Üheks aurukütte puuduseks on see, et välisõhu temperatuuri muutumisel ei saa tsentraliseeritult kvalitatiivselt reguleerida küttekehade soojuse eraldamist.

Arvestades neid puudusi on sageli otstarbekas, eriti heitauru puhul, kuumendada auru abil vett boilerites ja kasutada teda siis majandi kütteks.

Vesikeskküttetorustiku ehitamine ja ekspluatatsioon on lihtsam aurukütteseadme ehitamisest ning ekspluatatsioonist.

Küttekehade pindala sõltub soojusekandja parameetritest (joonis 40). Madala temperatuuriga soojusekandja puhul on vaja üles seada liiga palju küttekehasid.

Arvutused näitavad, et küttekehades tsirkuleeriva vee 40°-se temperatuuri puhul läheb vajalik radiaatorite arv niivõrd suureks, et neid on raske angaarkasvuhoonetesse ära mahutada.



Joonis 40. Radiaatori «Moskva-132» küttepinnavajadus sõltuvalt soojusekandja parameetritest.

Metallikulu küttekehadele ja torustikule kasvuhoone 1 m² inventarpinna kohta moodustab kümneid kilogramme ja seepärast ei ole otstarbekas kasutada malmradiaatoreid käitiselt soojusjäägina saadava madala potentsiaaliga heitesoojuse korral. Näiteks soojuskadude puhul 330 kcal/h kasvuhoone 1 m² inventarpinnale soojusekandja 40°-se ja õhu 18°-se temperatuuri korral on vaja malmradiaatoreid «Moskva-132» 2,54 m², kaaluga 80 kg.

50°-st ja soojemat vett võib kasutada kasvuhoonetes ja lavades. Selleks on vaja ehitada erikonstruktsiooniga kasvuhooneid ja kasutada selliseid küttekehasid, mille metalli soojuslik pinge oleks kõrgem malmradiaatorite omast. Sellisteks küttekehadeks võivad olla betoon-küttepaneelid.

Soojusekandja temperatuuri tõustes saab vähendada küttekehade pindala ja vähenevad ka ehituskulud. Suhteliselt madala temperatuuriga (50—60°) soojusekandja kasutamise otstarbekus sõltub küttekeha tüübist ja ülesseadmise kohast.

Küttekehade paigutamine

Küttekehad tuleb paigutada nii, et temperatuur oleks kogu kasvuhoones ühtlane. Küttekehad asetatakse välisseinte äärde kogu kasvuhoone perimeetri ulatuses, klaaskatuse alla ja mulda. Mulla temperatuur peab olema 20—25°.

Külmade õhuvoolude lokaliseerimiseks, mis laskuvad klaaskatuse alt, soovitatakse katuse alla asetada veega köetavad siledad torud $d = 1/2—2''$.

Kasvuhoonetes, mille küttekehadena kasutatakse kandekonstruktsioone, lokaliseerivad külmi õhuvoolusid, mispärast ei ole vaja katuse alla asetada täiendavaid küttetorusid. Kuid köetavate kandekonstruktsioonide asetamisel klaaskatuse lähedale jääb osa soojust majanduslikult kasutamata, sest küttetorud annavad soojust üle konvektsiooni teel 55% ja kiirgamise teel 45%. Konvektsioonist tekkivad õhuvoolud, tõustes toru kohal asuva külma klaaskatuseni, jahtuvad ja laskuvad alla. Kui klaaskatus asub kuumade torude lähedal, siis suureneb torustikku ümbritseva kuuma õhu tõttu sise- ja välisõhu temperatuuri vahe ning koos sellega tõusevad ka soojuskaod neis lõikudes.

Kasvuhoone katusele antakse edasi ka kuuma torustiku kiirgussoojust. Võib arvestada, et keskmiselt 50% soojuskiirgusest antakse üle katusele, ülejäänud 50% suundub kasvuhoonesse. Klaaskatuse pinnale langevad soojuskiired läbivad osaliselt klaasi, osa neeldub klaasis, osa aga peegeldub tagasi.

Kasvuhoonete klaaskatuste ehitamiseks kasutatakse harilikku aknaklaasi. Selline klaas peegeldab soojuskiirgusest 5% ja laseb läbi 5%. Ülejäänud 90% soojuskiirgusest neelab klaas ja annab selle soojuse hiljem üle välisõhule. Võib arvestada, et kuni 50%

soojusest, mida eraldavad klaaskatuse lähedal asuvad torustikud, läheb kasutult kaotsi. Klaaskatuse omadus neelata suur osa soojuskiirgusest suurendab soojuse kadu, sest neeldunud kiirgussoojus antakse klaasi suure soojusjuhtivuse ja väikese paksuse tõttu peaaegu täies ulatuses üle välisõhule.

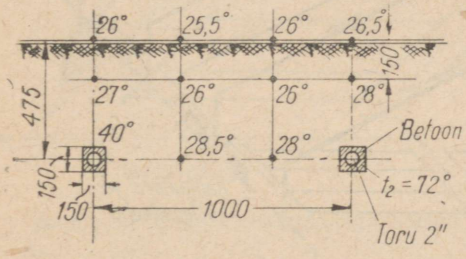
Eeltoodust on selge, et torustikku katuse lähedale asetades on vaja tarvitusele võtta abinõud, et kasvuhoone õhu ülemisi kihte mitte üle kütta, mispärast tuleb soojuskiirgust suunata mitte klaaskatusele, vaid kasvuhoone sisemusse.

Soojendatavat kasvuhoone mulda võib samuti pidada soojust edasiandvaks pinnaks, mis katab kasvuhoone tarindite kaudu toimuvaid soojuskadusid. Soojushulk, mille annab üle soojendatud pinnas, määratakse valemiga

$$Q = F \cdot \Delta t \cdot \alpha \text{ kcal/h},$$

kus F — kasvuhoone soojendatav pind;
Δt — mulla pealispinna keskmise temperatuuri ja kasvuhoone õhu temperatuuri vahe, mis kasvuhoonetes tuleb võtta võrdsena umbes 12°-ga;
α — mullast õhku kanduva soojuse koefitsient, mis on umbes 8 kcal/m²h°C.

Torudevahelise sammu suurendamine põhjustab suuri temperatuuri erinevusi torustiku kohal asuva mulla temperatuuri ja torude vahel oleva mulla temperatuuri vahel.



Joonis 41. Temperatuuri levimine mullas.

Kiievi köögiviljavabrikus uuriti mulla soojendamist mulda asetatud, betoonikihiga kaetud terastorude abil. Torustikku köeti 72° kuuma veega. Mulla soojenemise andmed on antud joonisel 41.

Mulla kütmiseks võib kasutada asbotsementtorusid läbimõõduga 50 mm või gaasitorusid läbimõõduga $^3/_4$—$1^1/_4$".

Korrosiooni vastu võib terastorusid kaitsta 5 cm paksuse betoonikihiga. Betoonkoorikus tekkivate tõmbepingete vastuvõtmiseks võib toru ümber mähkida spiraalarmatuuri 3 mm traadist.

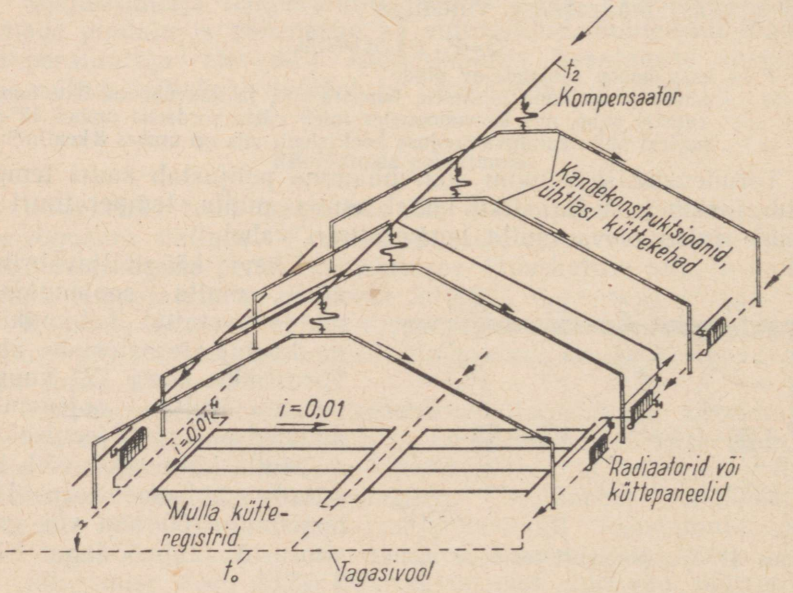
Vesikeskküttesüsteemid

Iga kasvuhoone sisustatakse küttesüsteemiga. Küttesüsteemides kasutatakse ülemist jaotust, kusjuures takistus vee liikumisele on kõigis süsteemi ahelates võrdne. Et üksikute tsirkulatsiooniringide pikkused valitakse võrdsed, siis on survekaod lõikudes ühesugused. Niiviisi on kõik küttekehade grupid — katusealune torustik, välisseinte ääres asetsevad radiaatorid ja mulla kütmise registrid — ühesugustes tingimustes soojuse jaotamise suhtes igale tsoonile.

Jaotustorustik asetatakse kasvuhoone harja alla piki kasvuhoonet ning isoleeritakse. Katusealuse soojendamise registrid riputatakse kandekonstruktsioonide külge ja nende kaugus katusest ei tohi olla alla 75 cm.

Ülemiste registritega ei tule katta üle 20% kasvuhoone soojuskadudest. Välisseinte ääres asuvate küttekehade juurde juhitakse kuum vesi omaette torustikuga. Ülemiste registrite, samuti küttekehade jahtunud vesi juhitakse osaliselt mullakütte registritesse, osaliselt aga tagasivoolutorustikku.

Küttes mulda, katavad registrid 25% kasvuhoone soojuskadudest. Ülejäänud soojushulk (55%) kantakse üle radiaatorite, küttepaneelide või kütteagregaatidega.

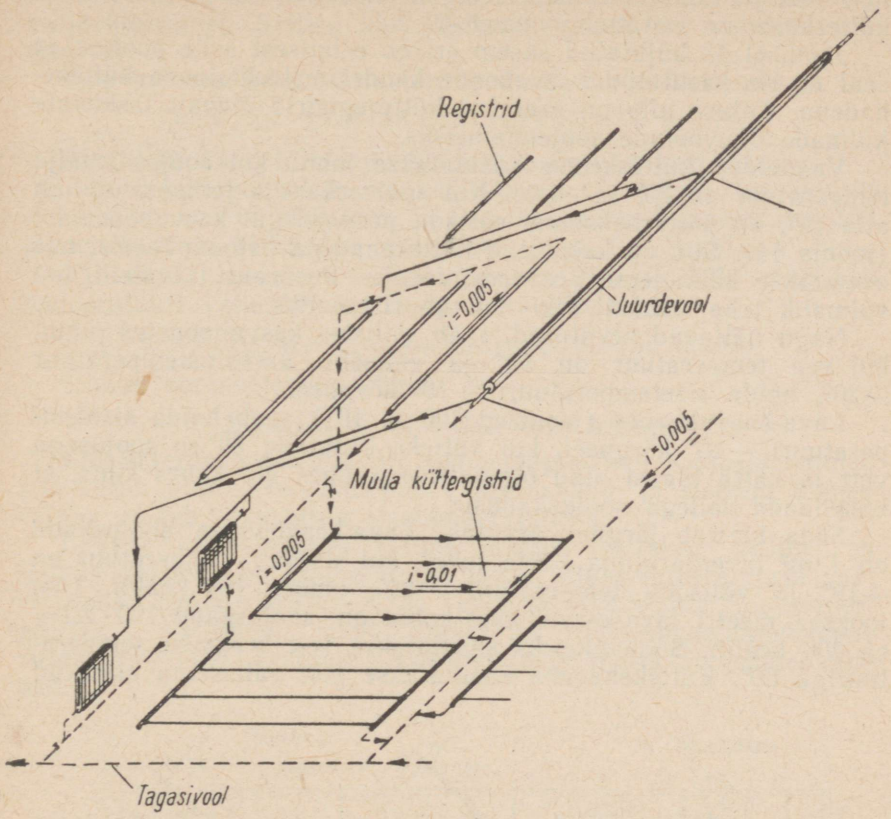


Joonis 42. Kasvuhoone küttesüsteemi skeem kandekonstruktsioonide kasutamisel küttekehadena.

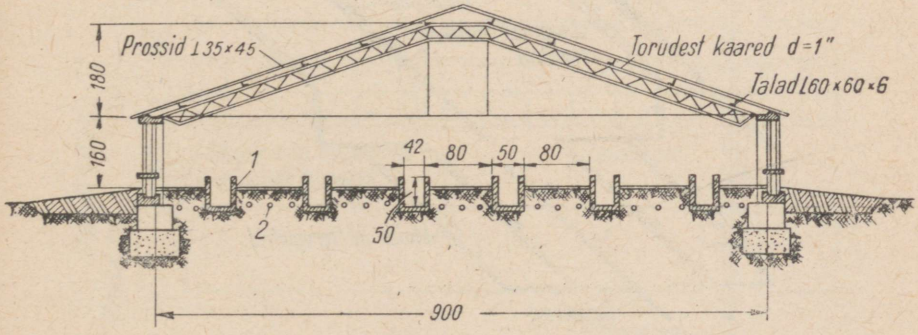
Kasvuhoone küttetorude süsteem peab olema projekteeritud ja monteeritud nii, et oleks võimalik välja lülitada üksikute küttekehade gruppe, sealhulgas ülemisi registreid ja mullakütet kui ka kogu kasvuhoone küttesüsteemi.

Küttekehade kui ka torustiku asetuse skeemid on esitatud joonistel 42, 43, 45 ja 46.

«Giprosovhosvodstroi» tüüpprojektis nr. 16-09 liigub soojusekandja torudest raamides või fermi ülemises vöös, mis on valmistatud üheaegselt küttekehadena ja kandekonstruktsioonina kasutatavatest varrastaladest. Sel juhul pole vaja täiendavaid kütteregistreid klaaskatuse alla asetada. Küttekehades jahene-



Joonis 43. Raudbetoonfermidega kaetud kasvuhoone küttesüsteemi skeem.



Joonis 44. Peenarde vahel asetsevate küttepaneelidega kasvuhoone ristlõige.
1 — küttepaneel; 2 — mulla küttetorud.

nud vesi juhitakse mullakütte registritesse. Selline kasvuhoonete kütteskeem on esitatud joonisel 42.

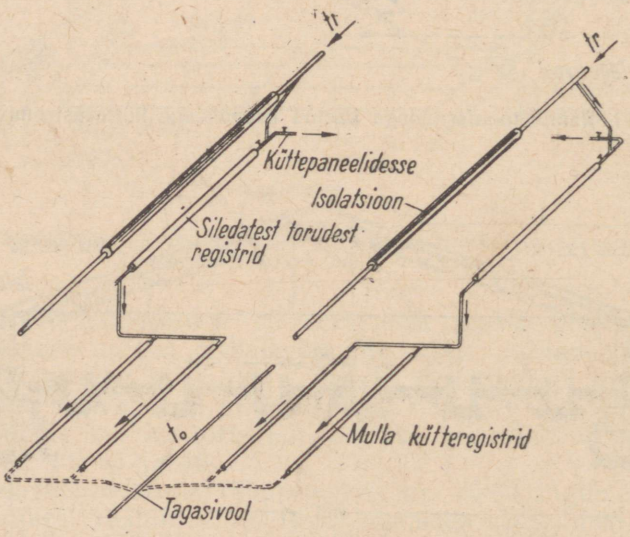
Joonisel 43 kujutatud skeem erineb eelmisest selle poolest, et seal ei ole kasutatud kasvuhoone kandekonstruktsioone küttekehadena. Katuse alla on asetatud kütteregistrid ülevalt laskuvate külmade õhuvoolude soojendamiseks.

Vaadeldud kütteskeeme kasutatakse juhul, kui soojusekandja temperatuur on 80° ja enam. Kui soojusekandja temperatuur on alla 80°, on otstarbekohane ehitada peenardega kasvuhooneid [1] (joonis 44). Siin on kasutatud küttekehadena betoonpaneele, mis asetatakse käikudesse peenarde vahele. Peenraid (lavateid) on võimalik teha niihästi piki- kui ka ristsuunas.

Nagu näitavad arvutused, saab sellistes kasvuhoonetes juhul, kui vee temperatuur on 50° ja välisõhu arvestustemperatuur —20°, hoida sisetemperatuuri +10° kõrgusel.

Lava-kasvuhoones (joonised 100 ja 101) saab hoida sisetemperatuuri +18° kõrgusel, kui kütteks kasutada 50°-se soojusega vett ja katta klaasi pind õlgmattidega ühes või kahes kihis, et vähendada sellega soojuskadusid.

Seda tõestab järgnev arvutus. Lava-kasvuhoone soojuskaod on 1 m² inventarpinna kohta juhul, kui siseõhu temperatuur on +18° ja välisõhu temperatuur —20°, umbes 190 kcal/h. Ühe jooksva meetri lava-kasvuhoone kohta on soojuskaod 190 · 2,1 = ca 400 kcal/h. Soojenduseks kasutatakse vett keskmise temperatuuriga 50°. Küttekehadena kasutatakse piki välisseinu asetatud



Joonis 45. Lava-kasvuhoone kütte skeem.

[1] Autoritunnistus nr. 89 681, 26. oktoobrist 1950. a.

terastorusid ja küttepaneele. Seejuures tuleb arvesse võtta mulla soojusülekannet. Sellise küttesüsteemi skeem on esitatud joonisel 45.

Ühe jooksva meetri terastorude d=2" soojusülekanne on

$$Q=F\cdot\triangle t\cdot k=0{,}188\ (50-18)\cdot 9{,}5=57\ \text{kcal/h}.$$

Järelikult kahe toru soojusülekanne on 114 kcal/h.

Betoon-küttepaneelide soojusülekanne on juhul, kui torude samm spiraalis on 200 mm ja vee keskmine temperatuur 50°, joonistel 36 ja 37 toodud graafikute järgi 100 kcal/h.

Kui mulla keskmine temperatuur on 25° ja mulla ning õhu temperatuuri vahe 10°, on mulla soojusülekanne

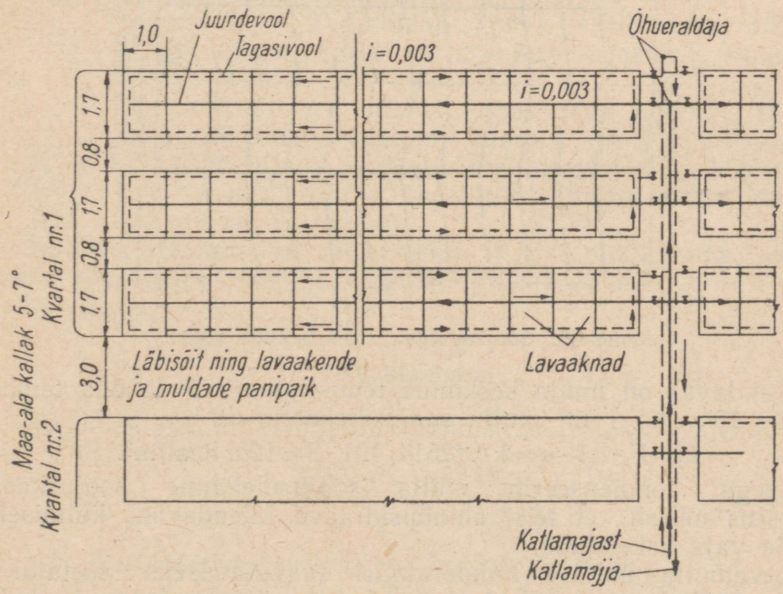
$$Q=F\cdot\triangle t\cdot\alpha=(2\cdot 0{,}8+0{,}38)\cdot 10:8=160\ \text{kcal/h}.$$

Üldine soojusülekanne õhule on

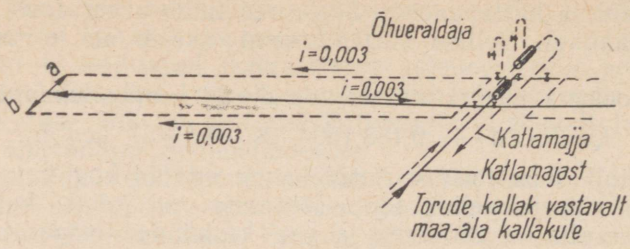
$$\Sigma Q=114+100+160=374\ \text{kcal/h}.$$

Kui arvestada täiendavalt soojusmagistraali soojusülekannet, siis katab üldine soojusülekanne soojuskaod ja siseõhu temperatuur vastab arvestatud sisetemperatuurile.

Lavade küttesüsteemi torude asetus valitakse selline, et tagada ühtlast õhu temperatuuri lavas. Plusstemperatuurid saavutatakse lavas Ukraina NSV Teaduste Akadeemia Soojusenergeetika Instituudi poolt raamatus «Теплично-парниковое хозяйство» (45) avaldatud meetodi järgi mulla soojusülekande teel.

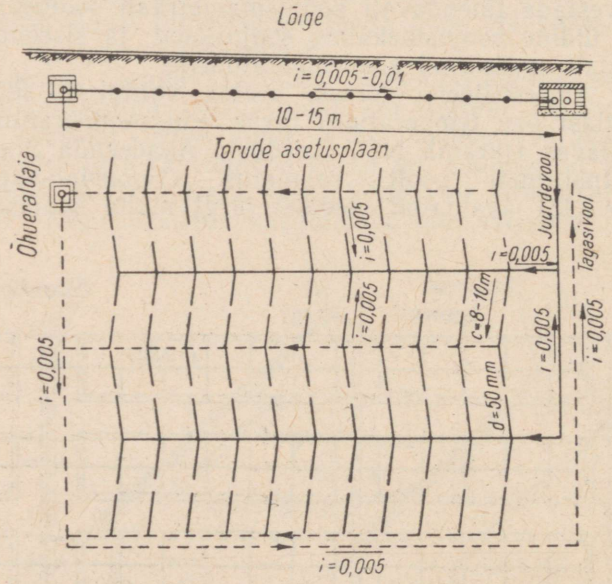


Joonis 46. Küttetorustiku asetus lavades.



Joonis 47. Lavade kütte skeem.

Täiendav küttetorustiku asetamine lavade õhuruumi võib soodsates ilmastikutingimustes osutuda liigseks. Kui lavad katta mattidega, on juhul, kui välis- ja siseõhu temperatuuri vahe on 23°, soojuskadu lava 1 m² kohta 120 kcal/h (joonis 31).


Lõige
i=0,005-0,01
10-15 m
Torude asetusplaan
Õhueraldaja
Juurdevool
Lagesivool
i=0,005
i=0,005
i=0,005

Vee temperatuuri languse võib võtta 20—25°. Torustiku asetamise sügavus ja torudevaheline kaugus sõltub vee temperatuurist. Võib kasutada asbotsementtorusid läbimõõduga 50 mm või betooniga ümbritsetud gaasitorusid d = 3/4—1".

Kõik torud tuleb asetada languse või tõusuga, et ei tekiks õhukorke, mis võivad katkestada vee tsirkulatsiooni küttesüsteemis. Küttesüsteemi torude asetus on kujutatud joonistel 46 ja 47.

Soojendatava avamaa küttetorustik peab olema ehitatud nii, et muld soojeneks kõikjal ühtlaselt. Seda nõuet rahuldab süsteem, milles takistus vee liikumisele on kõigis süsteemi ahelates võrdne (joonis 48).

Torude asetamise sügavus ja torude vahekaugused sõltuvad jällegi vee temperatuurist.

Torud tuleb asetada kaldega, et neis ei tekiks õhukorke ja torustikku oleks võimalik veest tühjendada. Torustiku kalde võib võtta samasuguse, nagu see on soojendataval avamaal looduslikult olemas. Avamaa tuleb valida lõunapoolse kaldega.

Katla küttepinna arvutus

Katla küttepind määratakse valemiga

$$F_k = \frac{Q}{K} \cdot (m^2),$$

kus Q — 1,1—1,2 Q' kcal/h,

Q' — maksimaalne soojusevajadus kcal/h.
Tegur 1,1—1,2 sisaldab endas lisasoojust, mis on vajalik torustikus ja katlaruumis esinevate soojuskadude katmiseks. Kui juurdevoolu- või tagasivoolutorustik asub kütmata ruumis, kasutatakse tegurit 1,15; kui mõlemad asuvad kütmata ruumis, siis 1,2.

K — katla küttepinna soojuslik erikoormus katla küttepinna 1 m² kohta tunnis (kcal/m²h) sõltub katla tüübist, kütteainest ja tõmbest.

Katla küttepinna all mõistetakse katla pinda, mis puutub kokku ühelt poolt leegi ja kuumade gaasidega ning teiselt poolt katla veega.

Kütusekulutus

Maksimaalne kütusevajadus tunnis määratakse valemiga

$$B = \frac{Q}{Q_t^k \eta_{ka}} \text{ (kg/h)},$$

kus Q_t^k — tarbimiskütuse kütteväärtus (kcal/kg) (tabel 36);

η_{ka} — katla kasukraad (tabel 35).

Tabel 34

Enamkasutatavate katelde gabariidid

Jrk. nr.	Nimi	Küttepind m^2	Pikkus mm	Laius mm	Kõrgus mm
1.	Vesiküttekatel «Armatuur», terasest (pikkus koos suitsukarbiga)	18	2800	1250	1880
		25	2960	1360	2030
		35	3264	1466	2255
		50	3664	1466	2430
2.	Aurukatel «Armatuur» (<0,7 atü) (pikkus koos suitsukarbiga)	18	2800	1300	2055
		25	2960	1440	2230
		35	3264	1516	2355
		50	3664	1516	2550
3.	Revokaator $HP_{(r)}$, malmist	34	2410	2385	3000
		43	2940	2385	3000
4.	Katel «Võit» vesiküttele	35	2210	2170	2090
		50	2910	2170	2090
5.	Vesiküttekatel «Universaal-3», malmist	18,2—46,2	845—2095	1500	1860
				1500	1860

Tabel 35

Enamkasutatavate katelde ja kollete soojustehnilisi näitajaid

Jrk. nr.	Katla tüüp	Kasutegur η	Restipinna erikoormus 10^3kcal/m^2h		Küttepinna erikoormus 10^3kcal/m^2h		Märkused
			kivisüsi	põlevkivi	kivisüsi	põlevkivi	
1.	Revokaator $HP_{(r)}$	0,70	500	—	12	—	
2.	„	0,70	300—500	—	7	—	altõhuga
3.	«Universaal-3»	0,60	560	500	8—9	8*	altõhuta
4.	«Võit»	0,60	580	300	12	6,2	altõhuga
5.	«Armatuur»	0,70	500—600	—	6—10	—	altõhuga
6.	«Armatuur» eeskoldega T-E-III-500	0,70—0,80	—	640—850	—	8—10	altõhuta

* Andmed Moskva-lähedase söe kohta.

Korstna arvutus

Katlamaja korstna kasulik kõrgus (restipinnast korstna otsani) määratakse valemiga

$$h = 2{,}15 \frac{H}{P_a\left(\frac{1}{273 + t_v} - \frac{1}{273 + t_{sg}}\right)} \text{ (m)},$$

Tabel 36

Tahke- ja vedelkütuste omadusi

Nimetus	Tarbimisaine			Lendosade sisaldus põlevaines Lp %
	Niiskus W_t %	Tuhk A_t %	Küttevääртus Q_t^k kcal/kg	
Donetsi kivisöed:				
Pikaleegiline	12,0	19,8	4 900	43,0
Rasvane aurusüsi	5,0	19,0	6 050	32,0
Lahja süsi	4,0	13,4	6 800	12,0
Antratsiidid	5,3	11,7	6 570	3,5
Moskva-lähedane süsi	33,0	18,4	2 860	45,0
ENSV põlevkivi:				
I sort — suurkivi	9,0	39,0	3 600	82,0
II sort — väikekivi	11,0	41,0	3 000	82,0
III sort — peenkivi	13,0	42,0	2 600	82,0
Tükkturvas (tüüpkoostisega)	35,0	7,2	2 820	70,0
Freesturvas (tüüpkoostisega)	45,0	6,1	2 290	70,0
Puit:				
õhukuiv	30,0	0,7	2 910	85
toores	50,0	0,5	1 900	85
Põlevkivi-tooröli	1,5	0,5	8 900	—
Masuut	3,0	0,2	9 370	—

kus H — vajalik hõrendus (mm vs). Malmkateldes on takistus tükk-kütuse puhul 7—10 mm veesammast;

P_a — baromeetriline rõhk 760 mm Hg;

t_v — väline temperatuur kütmisperioodi algul (0°÷+10°);

t_{sg} — korstnagaaside keskmine temperatuur.

Korstna ristlõige määratakse valemiga

$$F = \frac{(0{,}03 \div 0{,}04)Q}{\sqrt{h}} \text{ (cm}^2\text{)},$$

kus Q — katla soojuse toodang kcal/h;
h — korstna kasulik kõrgus.

Tõmbekanali ristlõige valitakse tavaliselt 10—25% suuremana korstna ristlõikest.

Madala küttevääртusega kütteainete puhul ei valita korstna kõrgust alla 15 m.

Ka võivad korstna kõrguse valikut mõjutada sanitaartehnilised nõuded. Kõrgemad korstnad juhivad suitsugaasid kõrgematesse õhukihtidesse ja rikuvad vähem õhku.

Küttesüsteemi tsirkulatsioonipumpade arvutus

Pumba võimsuse arvutamiseks on vaja teada tunnis pumbatava vee kogust G liitrites. Pumbatava vee kogus sõltub vajali-

kust soojusehulgast Q (kcal/h), eelvooluvee temperatuurist t_1 ja tagasivooluvee temperatuurist t_2.

$$G = \frac{Q}{t_1 - t_2}$$ (kg/tunnis), võrdub ligikaudu liiter/tunnis.

Pumba mootori võimsus kilovattides on:

$$N_m = \frac{G \cdot H}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_p \cdot \eta_{aj}} (1{,}1-1{,}5) \text{ (kW)},$$

kus H — küttesüsteemi hüdrauliline takistus (m vs);
η_p — pumba kasutegur, 0,4—0,85, enamikel juhtudel 0,5—0,65;
η_{aj} — ajami kasutegur, mootori otsesidurdamisel pumbaga 1,0, kiilrihmajamil — 0,98—0,99, rihmajamil — 0,9—0,95.

Eeskolded

Põlevkivi koostisse kuuluvad merepõhja sattunud vetikate ja mereloomade jäänused, saviosakesed jm. Põlevkivi asetseb lademes kihtidena, vaheldumisi lubjakivi- (aheraine-) kihtidega, vahekorras umbes 2:1.

Põlevkivi on lendosaderikas (põlevosast 82%) ja suure tuhasisaldusega (kuivaines kuni 66%) kütus. Põlevkivi süttib kergesti (270°) ja lendosade (gaaside) eraldumine lõpeb juba 500° juures. Lenduvad gaasid ei põle tavalises sisekoldes täielikult, seetõttu tekib hulgaliselt tahma, mis reostab katla küttepinnad ja katlamaja ümbruse. Tahmunud küttepinda tuleb puhastada tavalise kolde puhul 3—6 tunni järel. Vaatamata puhastamisele tekib siiski kuni 12%-line soojuse kadu gaaside ebatäielikust põlemisest.

Arvestades põlevkivi eriomadusi, on üle mindud põlevkivi kaheastmelisele põletamisele. Esimene aste kujutab endast poolgaasi-eeskollet, kus gaasid eralduvad põlevkivist. Teine aste on kolle, kus toimub gaaside põlemine. Poolgaasi-eeskolded tagavad põlevkivigaaside täielikku ja tahmavaba põlemist. Selliste kolletega varustatud katelde korstnatest ei välju tahmarikast suitsu. Kasutades kateldes kütuseks põlevkivi, tuleb neile juurde ehitada poolgaasi-eeskolle.

Käesoleval ajal toodetakse ja kasutatakse kahte tüüpi poolgaasi-eeskoldeid:

1) Eesti NSV Rahvamajanduse Nõukogu PKV TEPI «Eesti Tööstusprojekt» poolt väljatöötatud poolgaasi-eeskoldeid:
   I suurus kateldele 40—50 m²,
   II suurus kateldele 30—35 m²,
   III suurus kateldele 18—25 m²;
2) insener V. Truumäe poolt väljatöötatud poolgaasi-eeskoldeid:
   T-E-III-500 kateldele 40—50 m²,
   T-E-III-300 kateldele kuni 30 (35) m² (joonis 49) (tabel 37).

Nimetatud instituudi poolt väljatöötatud eeskolded on statsionaarsed. Nende kollete metallosad on valmistanud Tallinna Mööduriistade Tehas. Kolle vajab õhuventilaatorit ja koldeesist šahti. Kolle tuleb lasta põranda sisse umbes 800 mm.

Kolde puuduseks on raskendatud teenindamine (pealt täitmine ja süvendist puhastamine) kui ka suur remondivajadus.

Insener V. Truumäe eeskolded on transporditavad. Senini on neid valmistanud peamiselt ETKVL-i Harju Rajooni Tööstuskombinaat Tallinnas (metallkomplekt valmis kujul kokkumonteerituna ja ventilaator). Eeskolle on paigutatud ratastele ja tõmmatakse katla puhastamise ajaks eest ära (joonis 49).

Eeskolle ei vaja põranda süvendit. Eeskolde teenindamine on lihtne. Suuremal eeskoldel on 5, väiksemal 3 liigutatavat restilüli. Resti all asetseb madal, ratastel liikuv tuhakäru, kuhu variseb tuhk resti liigutamisel. Kolde nimivõimsus saavutatakse ka ilma õhuventilaatorita.

ÕLI KÜTTEAINENA

Katmikalade küttesüsimusi käsitledes ei saa mainimata jätta õlikütet.

Õlikütte levikut katmikalade kütteks takistab vaid õli defitsiitsus. Õlikütte eeliseks on tahmavaba põlemine, mis on väga oluline katmikalade klaaspindade korrashoiu seisukohalt. Katlamaja ekspluateerimine on õlikütte puhul lihtne, kütteaine transport odav.

Tallinnas on õliküttele viidud Toitlustrusti kasvuhoonete katlamaja, milles on üles seatud 4 „T-80/0,7-V"-tüüpi vesikütte ja 2 madalsurve-aurukatelt küttepinnaga à 80 m².

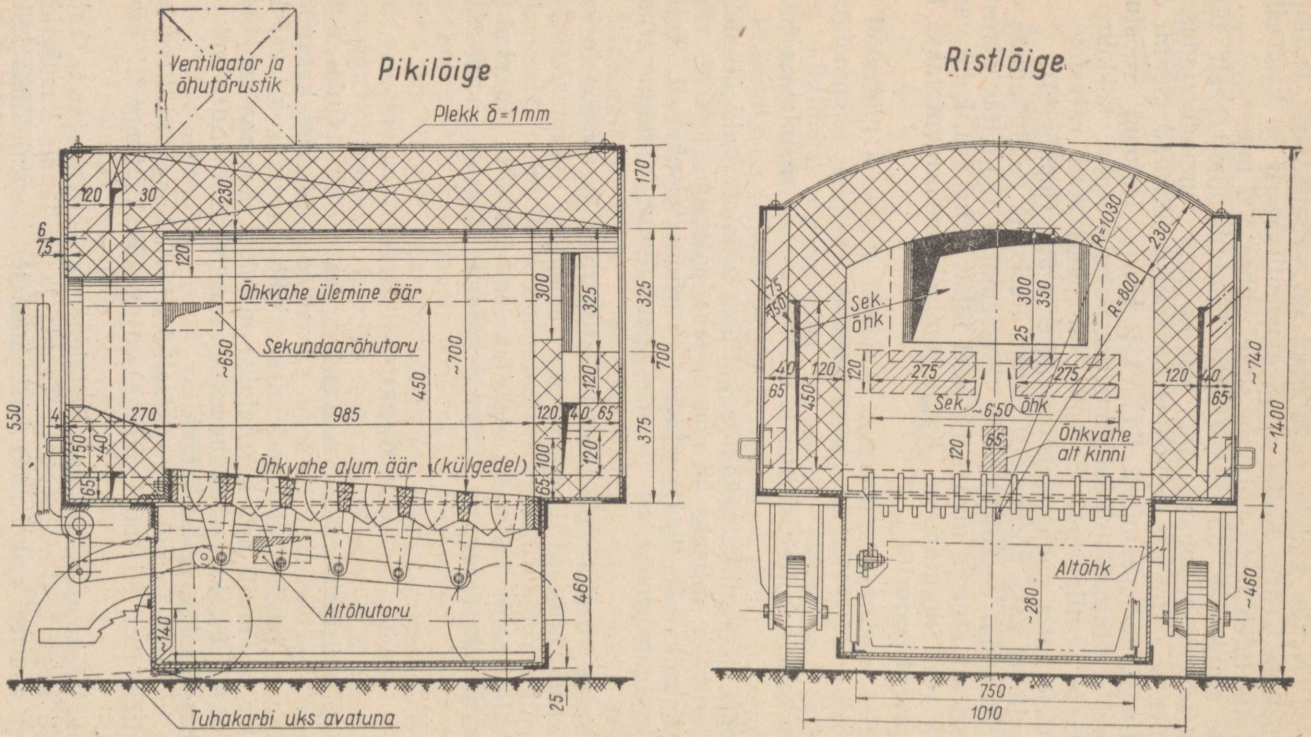
Kalkulatsiooni kohaselt õigustab end õlikütte kasutamine selles majandis praeguste kütteainehindade taseme juures kõigiti.

ÕHUKÜTE

Õhuküttesüsteemis on soojusekandjaks õhk. Õhku võib võtta kas kasvuhoonest ja seda pärast soojendamist kasvuhoonesse tagasi juhtida. Soojendamiseks võib kasutada ka värsket välisõhku. Enamasti aga kasutatakse moodust, kus osa soojendatavat õhku võetakse kasvuhoonest, osa väljast. Suruõhukütte puhul kasutatakse ventilaatoreid.

Õhu kütmine toimub: a) otseselt kütteseadmega (näiteks selleks valmistatud eri tüüpi ahjuga), b) vesikeskküttega, c) auruküttega.

Õhukütet kasutatakse sageli täiendava küttena ja ta katab 30—50% kogu küttevajadusest. Taanis ja Hollandis kasutatakse õhukütet suurtes ajakohastes kasvuhoonetes koguni ainsa küttesüsteemina.



Joonis 49. Poolgaasi-eeskolde T-E-III-300 piki- ja ristlõige.

Põlevkivi poolgaasi eeskollete iseloomustavaid näitajaid

Jrk. nr.	Eeskolde tüüp	Katlale küttepinnaga m²	Poolgaasi-eeskolde mõõtmed mm			Normaalvõimsuse saavutamiseks vajalik tõmme poolgaasi-eeskoldes mm vs	Poolgaasi-eeskolde üldkaal tonnides	Põlemisõhu ventilaatori vajalik rõhk mm vs
			Pikkus	Laius	Kõrgus põrandast			
	I							
	ENSV Rahvamajanduse Nõukogu PKV TEPI «Eesti Tööstusprojekt» poolgaasi-eeskolded:							
1.	I suurus	40—50	2338	2030	1541	Täisvõimsus saavutatakse kunstlikul tõmbel (30 mm vs), loomulikul tõmbel on ette nähtud saavutada 60% täisvõimsusest	~8	150
2.	II suurus	30—35	2101	1830	1393		~7,3	
3.	III suurus	18—25	1863	1730	1338		~6,7	
	II							
	Ins. V. Truumäe poolgaasi-eeskolded:							
4.	T-E-III-500 (normaalvõimsus 500 000 kcal/h)	(35)40—50	1510	1300	1430	2,5	~2,3	30—50
5.	T-E-III-300 (normaalvõimsus 300 000 kcal/h)	18—30(35)	1180	1300	1430	2,5	~1,65	

Kirjanduses ilmunud andmete kohaselt ei ole isegi neis pehmema kliimaga maades õige rakendada õhukütet ainsa küttesüsteemina. Meie oludes võiks seda kasutada kasvuhoonetes täiendava küttena. Ainsa küttesüsteemina võiks õhukütet katsetada külm-kasvuhoonete blokkides, eesmärgiga võtta nad varem kasutusele.

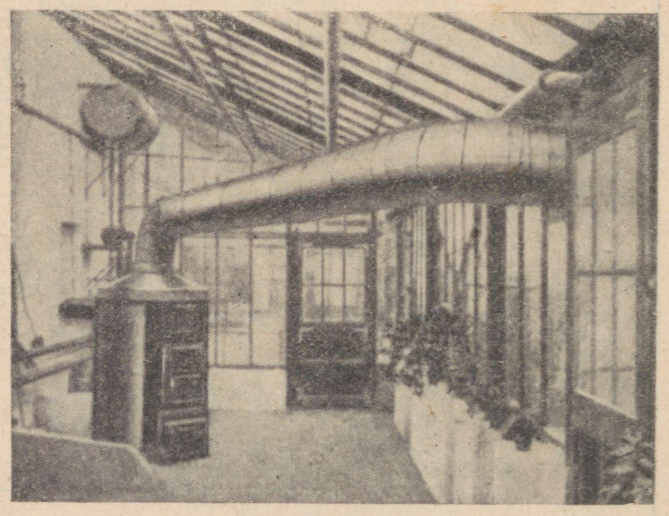
Nõukogude Liidus ei ole senini õhuküttele küllaldast tähelepanu pööratud ega toodeta kasvuhoonete õhukütteks küllaldases valikus sobivaid kütteagregaate.

Esimene Nõukogude Liidus levitatud tüüpprojekt, milles 30% kasvuhoone soojusevajadusest kaetakse kütteagregaadi AO II-100 abil, on «Giprosovhozstroi» tüüpprojekt nr. 16-12, mida on kirjeldatud lk. 204.

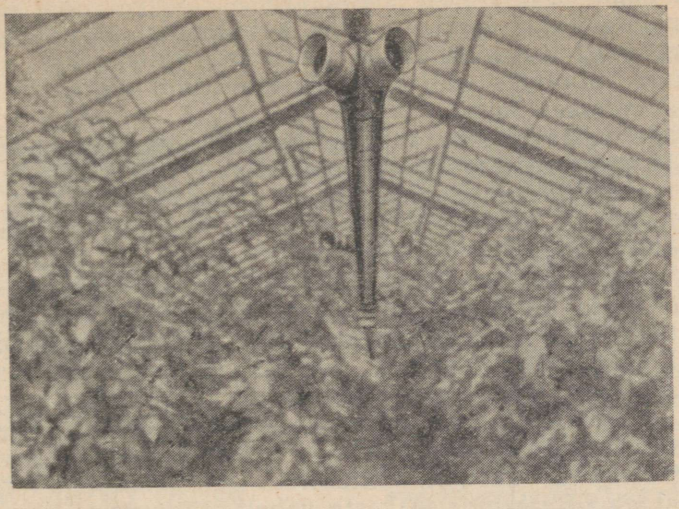
Õhuküte on majanduslikult soodne ja tema kasutamine on väga paindlik, sest õhku saab kiiresti soojendada ja juhtida sinna, kuhu vaja. Vesi- ja aruküte vajavad üleskütmist või pidevat valmisolekut.

Õhuküte nõuab väheseid kulutusi sisseseade ehitamiseks, ei vaja küttekehasid ega karda külmumisohtu ning nõuab vähe remonti. Sooja õhu tsirkulatsioon kasvuhoones tagab hea õhustuse ja ühtlase temperatuuri. Õhukütte kütusevajadus on 10—15% väiksem kui vesiküttе puhul, sest soojust ei tule õhule üle kanda kaudsel teel, läbi vesi- või auruküttetorude.

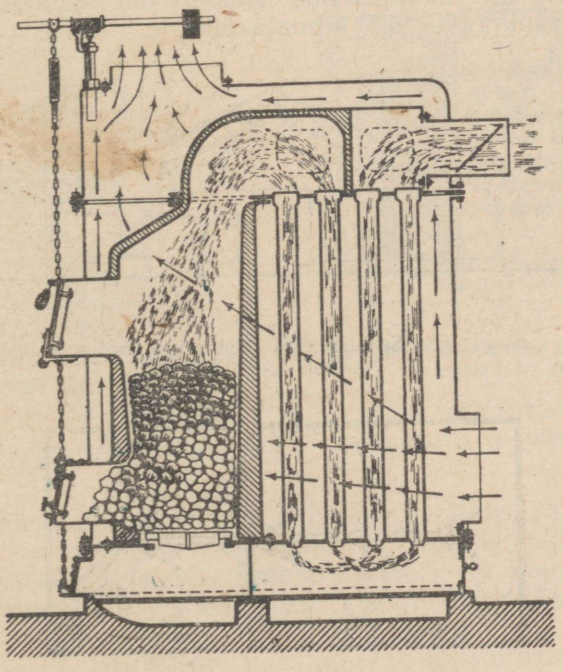
Soojaõhutorustik valmistatakse tsingitud plekist ja riputatakse tavaliselt kasvuhoone harja alla (joonis 51) või plaatidega vooderdatud kanalitena, mis asuvad käikude all. Väikestes kasvuhoonetes, mille laius on alla 5 m, soojaõhukütet ei



Joonis 50. Teenindamiskäiku paigutatud sooja õhu küttekolle.



Joonis 51. Sooja õhu küttetorustik kasvuhoones.



Joonis 52. Õhuküttekatla lõige.

kasutata, sest torustiku poolt varjutatav pind kujuneb siin suhteliselt suureks.

Õhukütte puhul juhitakse õhk kalorifeeri, kus ta soojeneb, ja läheb sealt torustiku kaudu köetavasse ruumi.

Ruumi kütmiseks võib kasutada kas selles olevat või väljast võetavat värsket õhku.

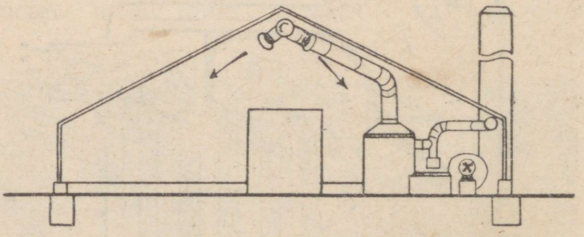
Sellele vastavalt kasutatakse järgmisi õhuküttesüsteeme.

1. Ruumist võetav õhk soojendatakse ja juhitakse sinna tagasi. Seega hoitakse üht ja sama õhku pidevalt tsirkulatsioonis. See süsteem ei ole päris sobiv, sest kasutatud õhk pole puhas ja sisaldab tolmu.
2. Värskeõhuküttе puhul köetakse väljast võetavat värsket õhku ja juhitakse köetavasse ruumi. Ventilatsiooni teel tuleb niisama suur kogus õhku ruumist kõrvaldada.
3. Kombineeritud süsteem, kus mõlemaid eespool nimetatud süsteeme kasutatakse üheaegselt.

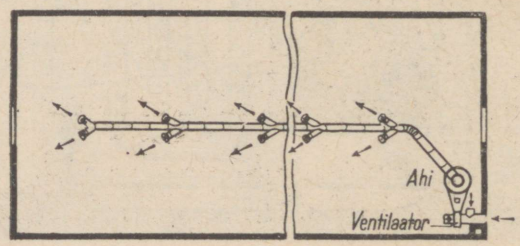
Kui õhuküttesüsteemis kasutatakse ventilaatoreid, siis nimetatakse süsteemi suruõhuküttеks.

Lihtsamad malmist õhuküttekolded on ümbritsetud raudplekist kestaga. Küttekolde ja kesta vahelt läbiimetav õhk soojeneb kokkupuutel küttekolde kuumade pindadega.

Õhuküttekatelt, kus küttegaaside teekonda on pikendatud ja loodud soojuse hea ärakasutamine, kujutab joonis 52. Sellest katlast väljuvate küttegaaside temperatuur ei ületa 120—180° ja katla kasukraadi võib hinnata 80%-le.

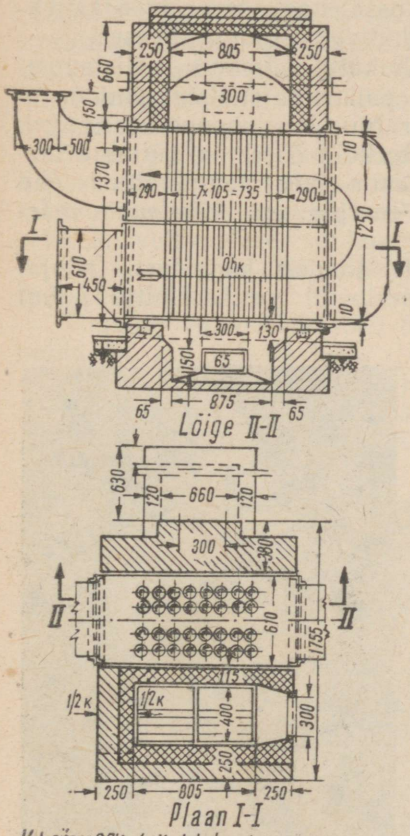


Joonis 53. Suruõhuküte (sooja õhu jaotustorustik asetseb harja all).

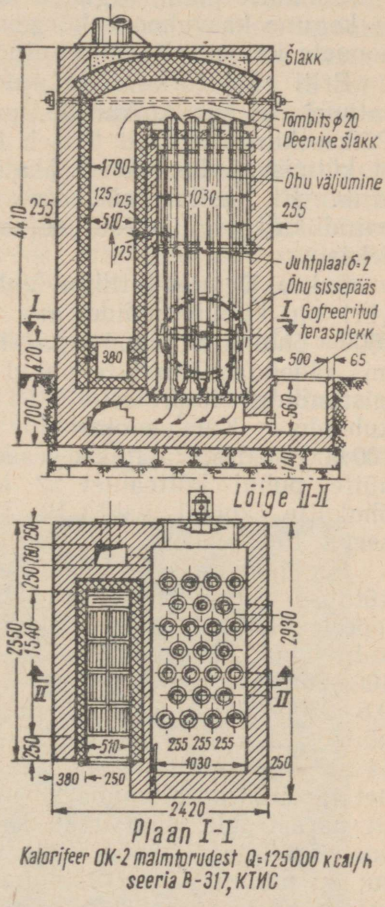


Joonis 54. Joonisele 53 vastav põhiplaan.

Kasvuhoones tsirkuleeriv õhk on ebasoodne taimekahjureile, mispärast kütteseadme ventilaatoreid kasutatakse ruumi ventileerimiseks (jahutamiseks) ka suvel. Samuti saab õhuküttеseadmete abil suvel kiiresti kõrvaldada liigniiskust kasvuhoonest.



Joonis 55. КТИС-kalorifeer, seeria B-303, Q=50 000 kcal/h.



Joonis 56. КТИС-kalorifeer, seeria B-317, Q=125 000 kcal/h.

Küttekolded on tavaliselt väikeste mõõtmetega, seepärast monteeritakse nad otse kasvuhoonesse või külmkasvuhoonete blokki (joonised 53 ja 54), ühenduskoridori või juurdeehitusse.

Kasvuhoonete kütteks võib kasutada Tüüpprojekteerimise ja Tehnilise Uurimise Kontori КТИС-kalorifeere:

1) seeria B-303, milles kasutatakse terastorusid 76 · 3 mm, võimsusega alates 50 000 kcal/h (joonis 55);

2) seeria B-317, milles kasutatakse malmist veetorusid Ø 150 mm, võimsusega alates 50 000 kcal/h (joonis 56).

Õhukütet kasutatakse ka kasvuhoone mulla soojendamiseks. Mullakihis asetseva küttetorustiku läbinud õhk juhitakse kasvuhoonesse selle õhu soojendamiseks.

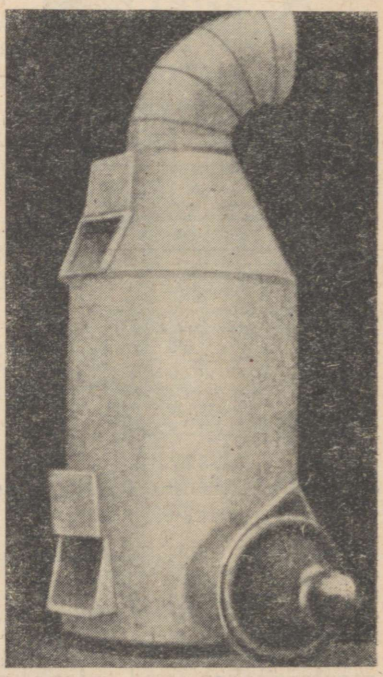
Õhukütte puhul seguneb kasvuhoone õhk ühtlaselt ja soe õhk ei kogune kasvuhoone kõrgemasse ossa, nagu see esineb kasvuhoonete katuse alla kinnitatud vesiküttetorustiku ümbruses.

Eriti silmatorkavaks kujuneb õhukütte paremus välistemperatuuri järsu kõikumise puhul päikesepaisteliste ilmadega. Päikesekiirguse tõttu tõuseb temperatuur kasvuhoones sedavõrd, et kütmisvajadus päeval ära langeb, kuid öösel on kütmine tarvilik. Et vesiküttesüsteemis ei anna vee temperatuur end paindlikult reguleerida, kujunevad energiakaod tähelepanuväärseks.

Saksa Demokraatlikus Vabariigis saadud kogemuste põhjal (11) on kütmistundide arv kütteperioodil vesikeskkütte puhul 2500, õhukütte puhul aga 1500, mis tähendab õhukütte puhul kütmistundides 40-protsendilist kokkuhoidu. Kui soojuskulu on 100 000 kcal/h, vajatakse vesikeskkütte puhul kütteainet 22 kg/h, õhukütte korral vaid 19 kg/h, seega 15% vähem.

See tähendab, et kasvuhoone kütmisel ainult 50% kestusel kütteperioodist on kütteaine (kivisöe) kulu juhul, kui soojusevajadus on 100 000 kcal/h, vesikütte puhul $0{,}5 \cdot 2500 \cdot 22 = 27\,500$ kg ja õhukütte korral $0{,}5 \cdot 1500 \cdot 19 = 14\,300$ kg. Hästi põlevat kütteainet tarvitades võib juba 20 minutit pärast tule süütamist kasvuhoones märgata temperatuuri tõusu; 30 minuti pärast võib temperatuur tõusta juba 8 kraadini.

Ajakirjas «Die Gartenbauwirtschaft» nr. 12, 1953, lk. 156—158 toodud andmetel vajatakse kasvuhoones juhul, kui välistemperatuur on —10°, soojuse hoidmiseks +5° kõrgusel ühte ahju võimsusega 30 kcal minutis kasvuhoone iga 250 m² pinna kohta. Kui kasvuhoones tuleb temperatuur hoida 15° kõrgusel, siis vaja-



Joonis 57. Hollandis kasutatav suruõhukütte ahi. Metallkestas asub tulekindlatest kividest ahi. Kesta alumise osa külge kinnitatud ventilaator surub õhu ahju ja kesta vahelt läbi õhu jaotustorustikku.

takse juhul, kui välistemperatuur on —10°, ühte sama võimsusega ahju iga 150 m² kohta.

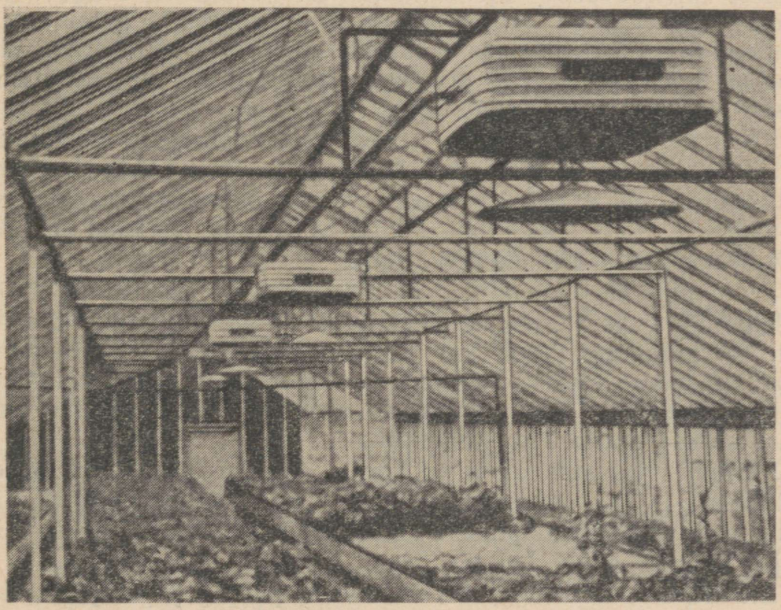
Saksa Demokraatlikus Vabariigis on blokk-kasvuhoonete kütmiseks välja töötatud õhukütteseade, mis töötab madalrõhu-aurukatla (0,15 kuni 0,3 atü) baasil. Aur läheb suure arvu lamellidega varustatud torude registrisse. Õhk juhitakse ventilaatori abil läbi registri, kus ta soojeneb ja läheb edasi juurdevoolukanalisse, millest hargnevad harud igasse löövi. Löövide vastasotstes asuvad restid, mille kaudu õhk imetakse tagasi ja juhitakse käigutee all oleva betoonkanali kaudu uuesti soojendusregistrisse.

50 m pikkuste kasvuhoonete puhul juhitakse soe õhk sisse kahest otsast ja imetakse välja keskelt. Õhu niiskust reguleeritakse pihustatud vee abil. Pihustid asetatakse torustiku sisse, selle kasvuhoonesse suubumise kohast ettepoole või registrite ette. Õhu niiskust on võimalik reguleerida ka auru segamise teel õhuga.

Õhuküte võimaldab 1000 m² klaasialuse pinna kohta kokku hoida 1,6 km terastorusid.

Õhukütet kasutatakse palju ka Hollandis, Šveitsis, Rootsis, Ameerika Ühendriikides ja isegi Vahemeremaades.

Ameerika Ühendriikide Indiana osariigis asendati firma



Joonis 58. Firma Johnsi kasvuhoone sisevaade (Ameerika Ühendriikides Indiana osariigis). Katuse alla on riputatud neli kütteagregaati koonusekujuliste deflektoritega.

Johnsi kahes kasvuhoones torudest kütteregistrid koonusekujuliste kergete kütteagregaatidega (joonis 58), millesse on ühtlasi monteeritud ventilaator koos mootori ja seadmega õhu hajutamiseks ning suunamiseks. Sooja õhu vool juhitakse sinna, kuhu vaja. Õhu suunamine otse alla on kasvuhoonetes eriti efektiivne. Alla suunatud õhk sunnitakse pidevalt tsirkuleerima ventilaatori abil, mis on agregaadi lahutamatuks osaks. Ühte kasvuhoonet (7,5 · 15 m) köetakse kahe, teist (7,5 · 30) nelja agregaadiga. Kasvuhoonete kõrguseks on 4 m. Agregaadid lülitatakse vesiküttesüsteemi, kus vee temperatuur on 88°. Katsetamisel hoiti —30°-se välistemperatuuri puhul sisetemperatuur +8° kõrgusel.

Õhukütteagregaatide ekspluatatsioonil saavutati kütteaine kokkuhoidu. Lõpuks nõuab see süsteem vähem ventiile ja ühendusosi kui teised süsteemid. Selline kütteagregaat, mille kaal on 45 kg, kannab üle niisama palju soojust kui üks tonn radiaatoreid ja torudest spiraale. Selliseid kütteagregaate saab kergesti küttesüsteemi lülitada või ümber paigutada, rikkumata olemasoleva süsteemi tööd.

ELEKTRIKÜTE

Elektrienergia kasutamine mulla ja õhu kütteks ning kasvuhoonete täiendavaks soojendamiseks on võrdlemisi mugav, sest seadmed on lihtsad ja temperatuuri on võimalik automaatselt reguleerida. Elektrienergia kasutamine võib osutuda ka ökonoomseks, kui seda saab soodsatel tingimustel suurtest hüdroelektri- või soojuselektrijaamadest.

Kehtivate tariifide juures läheb elektrienergia kasutamine kütteks kallimaks teistest kütteliikidest ja tema abil kasvuhoonete soojendamine osutub praegu vähem ökonoomseks vesi- või auruküttest. Kuid kogemuste põhjal võib teda mõnedel juhtudel edukalt kasutada täiendava küttena.

Teatavasti soojenevad kehad neid läbiva elektrivoolu mõjul. Sellele nähtusele tuginebki elektriküte. Elektriküte toimub kahel teel: 1) küttekaablitega, kus suure takistusega juhe kuumeneb ja annab soojuse edasi keskkonnale, millesse ta on asetatud, või 2) elektroodidega, kus takistuseks on elektroodidevaheline muld (kasutatakse mulla soojendamiseks).

Et mulla takistus on mitu korda suurem rauast elektroodi takistusest ja iga elektrijuhtme soojenemine on proportsionaalne tema elektrilisele takistusele, siis soojeneb muld elektrivoolu mõjul kaugelt enam kui elektrood.

Elektrikütte korral on tarvis lavade põhjad ja küljed isoleerida (šlakiga, uhutud põlevkivituhaga jne.), vastasel korral kujuneb soojuse kadu suureks, sest koos lavamullaga soojendatakse ühe lavaakna kohta ka 1—1,5 m^3 maapinda.

Lavade elektriküte elektroodide abil

Insener H. A. Jessijevi (19) poolt on välja töötatud lavadele risti asetatud elektroodidega elektroodiküttemeetod. Ohutustehnika seisukohalt soovitab ta kasutada 50-voldise pingega voolu.

Pinge alaldajaid transformaatoreid 50 voldile toodetakse seeriaviisiliselt ja neid kasutatakse käesoleval ajal laialdaselt betooni soojendamiseks.

Kui lavad kaetakse ööseks mattidega, siis, nagu näitavad kogemused, saab normaalse niiskusega lavas —15°-se välistemperatuuri juures 50-voldise pingega hoida vajalikku temperatuuri ilma voolu ööpäeva jooksul välja lülitamata. Ainult järskude temperatuuri muutuste puhul võib osutuda vajalikuks kaks-kolm korda ööpäeva jooksul voolu sisse ja välja lülitada.

Kui kasutada 220-voldist pinget ja asetada elektroodid 100 cm vahekaugustega, tõuseb 20—30 minuti jooksul mulla temperatuur 2—3° võrra. Mulla temperatuur aga langeb sama arvu kraadide võrra 60—80 minuti jooksul. Seega kulub tsükliks 1,5—2 tundi.

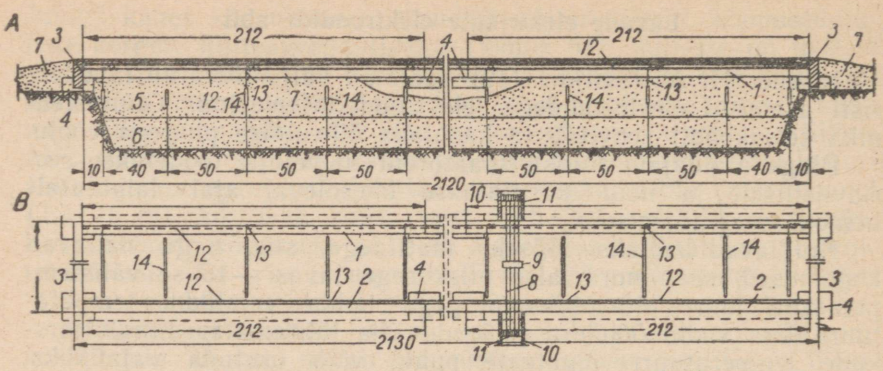
Hoides lavades temperatuuri kõikumisega üles-alla 1—1,5° piirides, tuleb ööpäeva jooksul teha 12—16 sisse- ja väljalülitamist. Sellist reguleerimist ei ole praktiliselt võimalik käsitsi teostada. Kui arvestada, et ühes ja samas kvartalis võivad kasvada mitmesugused kultuurid, mis vajavad erinevat temperatuurirežiimi, siis on ka automatiseerimine väga keeruline ega tasu end.

Kogemused näitavad, et mattidega katmata lavades on energiakulu 30—40% suurem kui mattidega kaetud lavades.

Lavade kvartalite planeerimisel peab silmas pidama, et kahe lava vaheline tee, mis tavaliselt on 70 cm laiune, tuleb neis kohtades, kuhu asetatakse postid ja transformaatorid, laiendada 1,2—1,7 meetrini.

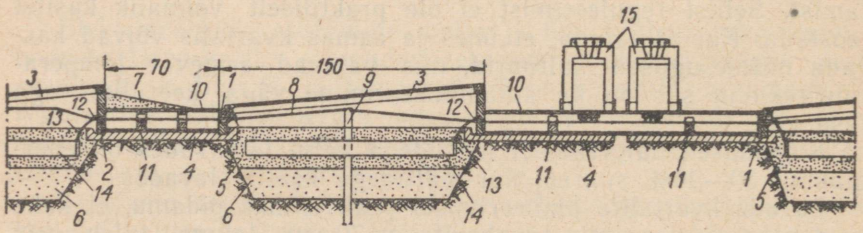
Teede laiust võib vähendada samuti nagu auru- või vesiküttega lavade puhul, sest biokütust pole vaja ja muld veetakse otse lavani. Pikisuunalised (põhjast lõunasse kulgevad) teed, mida kasutatakse läbisõiduks ja lavaakende ning mattide paigutamiseks, ehitatakse 5 m laiused ja ristteed, mida kasutatakse vaid läbisõiduks, 4 m laiused. Kaheteistkümnest kahekümne vene lavaaknaga või kahekümne viie hollandi aknaga lavast koosneva kvartali soojendamiseks on vajalik 50 kVA võimsusega transformaator, näiteks ТБ-20 tüüpi, mida valmistatakse Sverdlovski elektromehaanikatehases. Soovitav on, et elektriga köetavate kvartalite arv jaguks kolmega, s. o. oleks 3, 6, 9 jne. Niisugune kvartalite arv on tarvilik selleks, et ühtlaselt koormata energiaallika kõiki kolme faasi.

Elektroode võib valmistada katuseplekist. Nende laius on 6—8 cm ja pikkus 5—10 cm võrra väiksem lava laiusest. Õhukesed, 0,5—0,7 mm paksused elektroodid roostetavad ruttu



Joonis 59. Lava seadmed elektroodidega elektrikütte puhul:

1 — lavakasti lõunapoolne külg (betoonist); 2 — lavakasti põhjapoolne külg; 3 — lavakasti ots; 4 — lavaraketi tugiplaat; 5 — mullakiht, paksus 25 cm; 6 — isolatsioonikiht, paksus 20 cm; 7 — vahekäikude täidis mulla ja turba seguga; 8 — magistraaljuhtmed (isoleerjuhe АПР-500, ristlõige 50 mm²); 9 — kandepost lava keskel; 10 — asbotsementtoru magistraaljuhtme monteerimiseks lavade vahel; 11 — puidust juhtmehoidjad asbotsementtorus; 12 — paljasjuhe МГ (jaotusjuhe), ristlõige 16 mm²; 13 — haruliin (vaskjuhe, ristlõige 2,5 mm²); 14 — teraselektroodid 1400×80 mm (lava kohta 43 tk.).



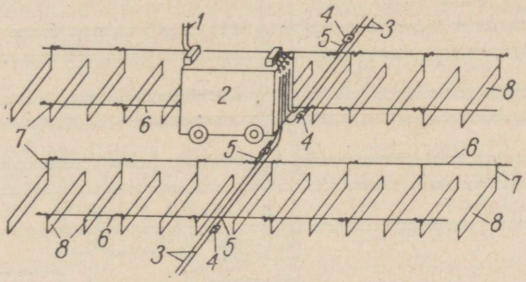
Joonis 60. Lava ristlõige elektroodidega elektrikütte puhul:

1 — lavakasti lõunapoolne külg; 2 — lavakasti põhjapoolne külg; 3 — lavaaken; 4 — lavarakete tugiplaat; 5 — mullakiht, paksus 25 cm; 6 — isolatsioonikiht, paksus 20 cm; 7 — vahekäikude täidis mulla ja turba seguga; 8 — magistraaljuhe; 9 — kandepost; 10 — asbotsementtoru magistraaljuhtme monteerimiseks lavade vahel; 11 — puidust magistraaljuhtmete hoidjad asbotsementtorus; 12 — piki lavakasti lõuna- ja põhjapoolset külge monteeritavad jaotusjuhtmed; 13 — haruliinid elektroodide juurde; 14 — plekist elektroodid; 15 — transformaatorid ТБ-20.

läbi; praktika näitab, et neid tuleb 3 aasta tagant uuendada. Seepärast on soovitav nende ea pikendamiseks kasutada 1—2 mm paksusi elektroode. Elektroodid tehakse ühemõõdulised, et vältida lava ebaühtlast soojenemist.

50-voldise pinge puhul asetatakse elektroodid serviti lavamulla alumisse kihti, vahekaugustega 50 cm üksteisest. Selline asetus võimaldab lava käsitsi teenindamist. Kui lavades on tööprotsessid mehhaniseeritud, tuleb elektroodid asetada šlakikihile lapiti ja suurendada nende laiust 8—10 cm-ni, et mitte vähendada nende kontakti mullaga.

Elektroodid ühendatakse jaotusvõrguga vasest paljasjuhtme abil, mille läbimõõt ei ole alla 1 mm. Alumiiniumjuhtmed selleks ei kõlba, sest nad purunevad kiiresti mullaga kokkupuute kohalt. Vaskjuhtmed ühendatakse elektroodidega enne viimaste kohaleasetamist lavas. Ühendamiseks keeratakse elektroodi ots umbes 1 cm laiuselt kahekorra, sinna vahele asetatakse vaskjuhe ja elektroodi ots surutakse tihedalt kokku. Soovitav on vaskjuhe elektroodi külge joota või, veel parem, keevitada.



Joonis 61. Lava elektriseadmete skeem:
1 — vinnaklüliti juures gaasitorus ∅ 2″ allaminev juhtmestik 200 V (РПР-500, ristlõige 50 mm²); 2 — transformaator ТБ-20, võimsus 20 kVA, pinge 220/100/50 V; 3 — magistraaljuhe; 4 — klemmid; 5 — haruliin isoleeritud juhtmega ПР-500, ristlõige 16 mm²; 6 — paljasjuhe МГ, ristlõige 16 mm²; 7 — haruliin (vaskjuhe, ristlõige 2,5 mm²); 8 — plekist elektroodid 1400×80 mm, paksus 1,5—2 mm.

Jaotusvõrguks tõmmatakse piki lava kaks alumiiniumist paljasjuhet, kumbki ristlõikega 10—16 mm². Juhtmed kinnitatakse lava raketesse 2 meetri tagant löödud konksude või naelte külge. Üks juhe tõmmatakse piki põhjapoolset, teine lõunapoolset lava raket.

Magistraaljuhtmeks kasutatakse isoleeritud alumiiniumjuhtmeid АПР, ristlõikega 50 mm². Ühenduste skeem on antud joonisel 61.

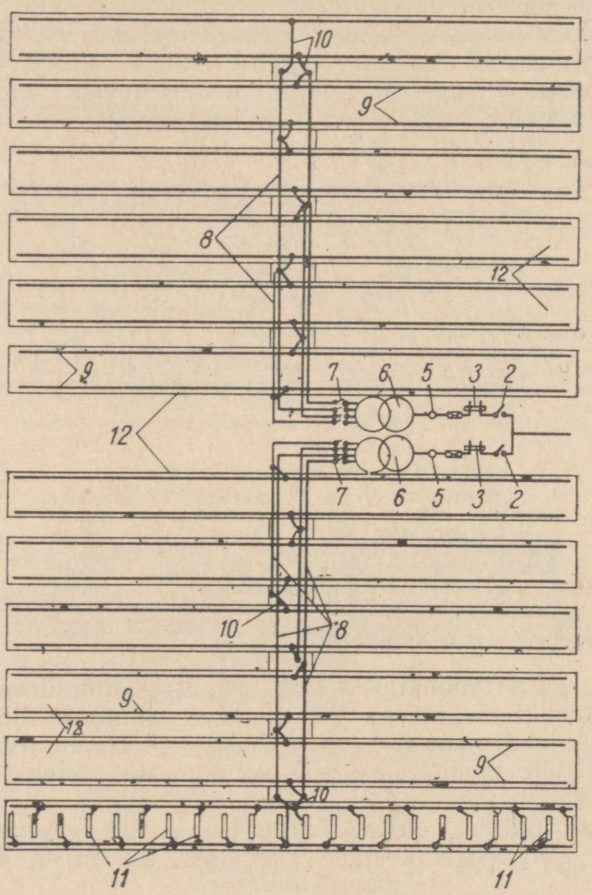
Lavade grupi tsentrisse püstitatakse õhuliini post, mille külge kinnitatakse allapoole avaneva uksega puukast. Kasti paigutatakse lüliti 200 A kaitsmetega ja ampermeeter 100—150 A. Lüliti ühendatakse õhuliiniga isoleeritud alumiiniumjuhtmete АПР 35 mm² või sama ristlõikega kaabli abil.

Automaatse reguleerimise puhul mahutatakse kasti ka magnetlüliti. Kast lüüakse seestpoolt plekiga üle ja temasse tehakse ampermeetri kohale aknake.

Posti kõrvale, teisele poole kasti, asetatakse ühefaasiline pinge alandaja transformaator, milles õhuliini kaudu saadav 220-voldine pinge transformeeritakse 50 voldini.

Pinge alandamiseks kasutatakse spetsiaalseid ühefaasilisi 20 kVA võimsusega õlijahutusega transformaatoreid, mis alan-

davad pinge 50 või 100 voldini, või tavalisi 9 kuni 14 kVA võimsusega keevitustransformaatoreid, millega saab pinget alandada 60 voldini.



Joonis 62. Magistraal- ja jaotusjuhtmete skeem 240 lavaaknaga kvartalis elektrikütte puhul:

1 — sisendus A3-50; 2 — vinnaklülitid 2×200; 3 — kaitsmed 200 A; 4 — magnetkäivitid П-422; 5 — ampermeetrid 3-30; 6 — transformaatorid 220/100/50 V; 7 — vinnaklülitid Р3-200 amprit; 8 — magistraaljuhe АПР, ristlõige 50 mm²; 9 — jaotusjuhe МГ, ristlõige 16 mm² (Р); 10 — harujaotusliin; 11 — katuseplekist elektroodid (43 tk. lava kohta); 12 — lavad 20 lavaaknaga.

Lava temperatuuri saab reguleerida käsitsi või automaatselt. Kui kasutatakse transformaatoreid, millega saab pinget alandada 50 ja 100 voldini, siis on võimalik soovi kohaselt kogu kvartal või osa lavasid lülitada ühele või teisele pingele. Kevadel, kui on vaja lavad kiiresti ekspluatatsiooni anda, võib mulla

sulatamiseks ja üleskütmiseks kasutada kõrgemat pinget, soovitavalt 200-voldist. Sel perioodil kaetakse lavad mattidega.

Kõrgendatud pinget kasutatakse ka lavade desinfitseerimiseks. Sel puhul kastetakse kuumaks köetud lava mulda rikkalikult veega, kaetakse akendega, määritakse saviga kõik praod kinni, kaetakse mattidega ning kuumendatakse lava muld ja õhk kuni 80—90°-ni.

Et 100- ja 200-voldine pinge on elukardetav, tuleb köetavad alad piirata kantavate piiretega ja üles seada hoiatused. Seadmete teenindajana võib kasutada vaid elektrimontööri, kes vastutab kogu seadmete töö eest.

Et ühte või teist lava võrgust välja lülitada, tuleb vool süsteemist välja lülitada ja siis vabastada magistraali küljest antud lava juhtmed.

Mulla temperatuuri mõõdetakse spetsiaalsete mulla- ja ka harilike elavhõbeda- või piiritustermomeetrite abil. Kui ei jätku termomeetreid kõigile lavadele, on tarvis vähemalt kolme termomeetrit igale lavade grupile. Temperatuuri kontrollitakse kaks korda päevas — hommikul ja õhtul. Samaaegselt tuleb mõõta ka õhu temperatuuri, milleks jätkub igas grupis ühest termomeetrist.

Majandis tuleb pidada päevikut, kuhu kantakse temperatuurid, ampermeetri näitarv ja andmed kasvatatavate taimede seisundi kohta.

Lavamulla temperatuuri automaatne reguleerimine toimub lavade grupi kapis oleva magnetlüliti ja soojusrelee abil, mis asetseb ühes lavadest. Kui ühes lavade grupis kasvatatakse mitut köögiviljaliiki, siis automaatset reguleerimist ei kasutata.

Magnetlüliteid valmistatakse mitmesugusele voolutugevusele; kõige enam on levinud lülitid ПМ-0, ПМ-1, ПМ-2 ja ПМ-3, mis 220-voldise pinge puhul lülitavad välja kolmefaasilist voolu võimsusega 4, 11, 20,5 ja 40 kilovatti. 20 kVA võimsusega soojendustransformaatori sisse- ja väljalülitamiseks sobib kõige paremini 20 kilovatile arvestatud magnetlüliti ПМ-2.

Soojusreleesid on mitmesuguse konstruktsiooniga. Katmikalal kasutatakse lihtsamat tüüpi soojusreleesid — kontaktttermomeetreid. See on harilik elvahõbedatermomeeter, mille kapillaari on kinnitatud kaks peenikest kontakti.

Soojusrelee puuduseks tuleb pidada seda, et tema kontakti on arvestatud väga väikesele vooluhulgale, mis ei tohi ületada 5 vatti. Sealjuures töötab magnetlüliti ПМ-0 normaalselt 5,5 vatil ja ПМ-2 29 vatil.

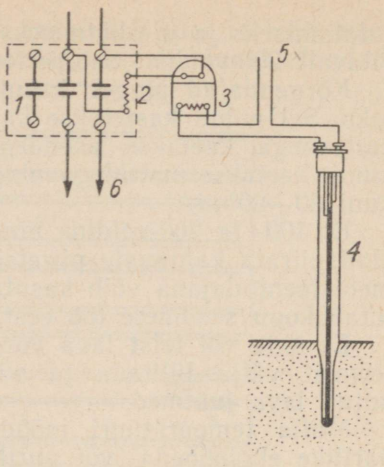
Lahendusena soovitab H. A. Jessijev kasutada vahereleesid, mille mähise võimsus ei oleks 10—12-voldise pinge korral üle 3 vati. Releel peab olema üks paar normaalselt kinnitatud kontakte, mis on arvestatud voolule 0,5 amprit. Vahereleedeks võib kasutada harilikke vahelduvvoolu telefonireleesid, mille mähised mähitakse ümber 24 voldilt 12 voldile.

Pinge 12 volti võetakse harilikult küttetransformaatorilt (220/12 volti) võimsusega 30—50 vatti. Kogu kirjeldatud süsteemi skeem on esitatud joonisel 63.

Selle skeemi kohaselt ei ole kontakttermomeeter otse ühendatud magnetlülitiga.

Termomeeter tuleb asetada mulda vertikaalselt või väikese kaldega nii, et ta alumine ots asetseks 10—15 cm sügavusel.

Kui on saavutatud temperatuur, mille alusel on ehitatud soojusrelee, vabastab see oma kontaktid ja katkestab voolu magnetlüliti mähisesse, lülitades lava võrgust välja. Temperatuuri langemisel 1—2 kraadi võrra toimub soojusrelee kontaktide sulgumine ja magnetlüliti sisselülitumine ning voolu andmine lavasse jätkub.



Joonis 63. Lavade kütte skeem temperatuuri automaatreguleerimise puhul:
1 — magnetkäiviti; 2 — käiviti elektromagneti pool; 3 — vaherelee; 4 — kontakttermomeeter; 5 — sisendus 12 V katlamaja transformaatorilt (220/12 V).

Automaatreguleerimise puuduseks on see, et ta hoiab küll mulla temperatuuri määratud tasemel, kuid ei reageeri õhu temperatuurile. Seetõttu võib päikesepaistelise ilmaga lava üle kuumeneda, mille all kannatavad taimed ja peale selle raisatakse asjatult elektrienergiat.

Ühtlasi tõstab automaatika seadmete hinda ja muudab need keerukamaks, nõudes seega kvalifitseeritumat teenindavat personali.

Elektriga köetavates lavades on kergem reguleerida soojusrežiimi kui tavalistes lavades, köögivilja kasvatamise võtetes ei ole aga kummagi süsteemi korral erinevusi.

Et kastmisvesi paremini mulda tungiks ja see elektroodide ümber niiskena säiliks (paremaks voolu juhtimiseks), soovitatakse kasta kahes järgus. Mulla kuivamist tähistab ampermeetril voolu tugevuse langemine, tuletades meelde lava kastmise vajadust.

Et elektrifitseeritud kolhoosides ja sovhoosides ei ole voolutarvidus ühtlane, on võimalik lavasid kuni 250—300 vene või 350—420 hollandi lavaakna ulatuses elektriküttele üle viia ilma olemasoleva transformaatori võimsust suurendamata, kui transformaatori võimsus on 50 kVA, ja vastavalt kuni 600—800 ning 850—1100 lavaakna ulatuses, kui transformaatori võimsus on 100 kVA.

Võrgu pinge tippkoormuste ajal võib köetud lavasid ööpäeva jooksul 3—4 tunniks võrgust välja lülitada.

Orienteeruvalt võib arvestuse aluseks võtta, et ühe 20-aknalise vene või 25-aknalise hollandi lava kütteks on vaja võimsust 1,5 kilovatti ja küttekulu ühe lavaakna kohta on 50—70 kilovatt-tundi.

Elektrikütte majanduslikkuse kohta on toodud Kemerovo oblasti Kemerovo rajooni Stalini-nimelise kolhoosi järgmised andmed.

Võrreldes bioküttega lavadega väheneb töökulu elektriga köetavates lavades nende mullast ja kõdusõnnikust puhastamise, muldade ja sõnniku veo, lumest ja jäärst puhastamise ning lavade täitmise arvel.

Elektrienergia kulu ühe vene lavaakna kohta, mis lülitati sisse märtsi keskel, kujunes 70 kWh. Arvestus viidi läbi majandi kohta 750 vene lavaaknaga, milles temperatuuri reguleerimine toimus automaatselt ja kus oli üles seatud 20 kVA võimsusega kolm küttetransformaatorit ning üks 50 kVA võimsusega kõrgepingetransformaator. Elektriseadmete amortiseerumise ajaks on võetud 10 aastat.

Lavade kütmise omahinna võrdlus ühe lavaakna kohta on toodud tabelis 38.

Tabel 38

Kulu nimetus	Bioküttel	Elektri-küttel
Tööjõukulu (tööliste töötasuks on arvestatud tööpäevas 10 rbl.)	10,15	1,40
Kulutused vedudele (hobusemehe töötasu koos hobusega on arvestatud tööpäevas 24 rbl. 50 kop.)	4,90	0,98
Elektrienergia (70 kWh à 21,4 kop.)	—	14,98
Elektriseadmete amortisatsioon	—	2,48
Kokku rublades	15,05	19,84
Kokku %	100	132

Kalkulatsioonist nähtub, et elektrikütte kasutamisel on otsustavaks teguriks elektrienergia hind. Elektrienergia kasutamine võimaldab suurt tööjõu kokkuhoidu, mistõttu lavamajandi küttesüsteemi valikul tuleb arvestada niihästi elektrienergia kui ka tööjõu hinda ja eeldatava köögivilja realiseerimise hinda.

Elektriküttega lavadel on rida eeliseid, võrreldes bioküttelavadega: nad on alati valmis tööle rakendamiseks ja neis on kerge ühte kultuuri asendada järgmisega.

Elektriküttega lavasid saab kütta olemasolevate transformaator-alajaamade baasil vaid siis, kui nende vahekaugus ei ületa 300—400 meetrit.

Kui edasi anda 50 kilovatti elektrienergiat kolme- või neljajuhtmelise alumiiniumjuhtmetest õhuliiniga, mille ristlõige on

35 mm², on pinge langus iga 100 m kohta 3%. Pinge langus ei tohi normide kohaselt ületada 10%. Sellise 400 meetri pikkuse liini ehitamine maksab 2500—3000 rubla, mis on märksa odavam uue alajaama ehitamisest ja kõrgepingeliini ehitamisest alajaamani. Seepärast tuleb neil juhtudel, kui on võimalik ehitada elektriküttega lavasid olemasoleva alajaama lähedusse, kasutada seda varianti.

Lavade elektriküütteks vajalik võimsus arvutatakse valemiga

$$p = \omega \cdot F(t_s - t_v) \text{ vatti,}$$

kus ω — soojuse kadu klaasipinna 1 m² kaudu (vattides) sise- ja välistemperatuuri vahe puhul 1°; ВИЭСХ Zaporožje filiaali andmetel on see õlgmattidega kaetud lavaakende puhul 4 vatti ja katmata lavaakende puhul 6 vatti;

F — lavaakende pind m²;

t_s — õhu temperatuur lavas;

t_v — keskmine välisõhu temperatuur.

Kasvuhoonete elektroodikütte arvutamisel soovitab H. A. Jessijev selles valemis välisõhu arvestustemperatuuriks võtta kohaliku minimaalse arvestusperioodi temperatuuri, mitte aga keskmise, nagu lavade puhul. Vahe seisab selles, et kasvuhoones on õhu maht mitu korda suurem soojendatava mulla mahust, mistõttu kasvuhooned jahtuvad kiiremini lavadest, kus suure erisoojusega mulla maht on võrdne lavaõhu mahuga või sellest isegi suurem.

Arvutades lavade kütteks vajalikku võimsust arvestusperioodi minimaalse temperatuuri järgi, saame liiga suured võimsused ning selle tagajärjel küttetransformaatorite ja teiste seadmete madala kasukraadi.

Arvestatud keskmistest temperatuuridest madalama temperatuuri perioodil kaetakse võimsuse puudujääk küttetransformaatori ülekoormamise ja lava siseõhu temperatuuri mõninga alandamise teel.

Lavade elektriga kütmine ja selle katkestamine võimsuse puudujääkide perioodil tuleb kindlaks määrata tootmisplaanidega ja koostada elektrienergia kasutamise plaangraafikud.

Järgnevas tabelis on esitatud andmed elektrienergia kulu kohta Kemerovo oblasti lavades, kusjuures on arvestatud, et lavad kaetakse õlgmattidega.

Lavades toimub veebruaris ja märtsis rohelise sibula ajatamine, aprilli alguses hakatakse vabanenud lavades kasvatama kurke ja tomateid.

Lavade arv grupis tuleb määrata antud koha kliimatingimustest lähtudes. NSV Liidu keskvööndis võib arvestada ühe 20 kVA võimsusega küttetransformaatori kohta 12 lava (240 vene või 340 hollandi lavaakent), kui lavasid kasutatakse aprillist alates istikute kasvatamiseks.

Lavade kütmine elektroodide abil on ette nähtud «Giproselhozi» tüüpprojektis nr. 1026, milles lavad asuvad 8 kvartalis, igas kvartalis 12 lava, mis jagunevad kahte gruppi. Kvartalite vahel

Tabel 39

Elektrienergia kulu vene lavades

(Kemerovo oblastis)

Näitajad	Mõõtühik	Veebruar	Märts			Aprill			Mai		
		3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Keskmine välistemperatuur	kraadi	—14,5	—14,1	—9,2	—6,7	—2,2	1,5	4,5	7,3	9,2	12,4
Keskmine sisetemperatuur	„	10	10	10	10	16	18	18	18	18	18
Ühe lavaakna kütteks vajalik võimsus	vatti	147	142	115	100	109	99	81	64	56	34
Lavaakende arv	tk.	120	140	180	180	180	200	240	280	280	280
Vajalik võimsus	kWh	17,6	19,9	20,7	18,0	21,8	23,8	22,7	18,0	15,7	9,6
Päikesekiirgust arvestav koefitsient		0,94	0,91	0,88	0,83	0,78	0,70	0,65	0,61	0,58	0,55
Elektrienergia kulu, arvestades päikesekiirgust	tuh. kWh	3,97	4,35	4,37	3,58	4,08	4,00	3,53	2,53	2,18	1,26

asuvad 6 m laiused ja gruppide vahel 1,7 m laiused teed. Lavade vahed on 70 cm.

Projektis on ette nähtud lavade kasutamise võimalus alates 15.—20. veebruarist välistemperatuuril —20 kuni —25°. Lavaõhu temperatuuriks on arvestatud samal ajal +20° kuni +15°. Selleks tuleks mulla temperatuuri tõsta 40—45 kraadini, kuid see ei ole agrotehniliselt lubatav. Projektis 12 lava kohta ühe 20 kVA võimsusega transformaatori asemel kahe (joonis 60) valimine ei ole seega õigustatud.

Elektroodikütte üheks puuduseks on see, et mullas esinevad sammpinged, mis on töötajaile ohtlikud. Seepärast tuleb ajaks, mil lavades töötavad inimesed, vool välja lülitada.

Teiseks, kui lavades ei ole head soojusisolatsiooni, mis töötaks ühtlasi ka elektriisolatsioonina, läheb 10—12% elektrienergiat kaduma, sest vool läbib ka naaberlavade-vahelise raja ja soojendab seega kogu kvartalit.

Lavade elektriküte kaabli abil

Järgnevalt käsitleme «Giproselhozi» tüüpprojekti nr. 1064, mis on koostatud majandile, milles lavad asuvad 8 kvartalis, igas kvartalis 12 lava.

Lavade kütmiseks kasutatakse vabriku «Moskabel» poolt toodetavat kaablit КСОП konstantaanist soonega Ø 0,85 mm, emailitud, isoleeritud klaaskiududega ja 1 mm paksuse tinamantliga. Kaabli läbimõõt on 3,9 mm, soon kuumeneb 100—110°-ni. Kaabli jooksva meetri takistus on 0,84Ω.

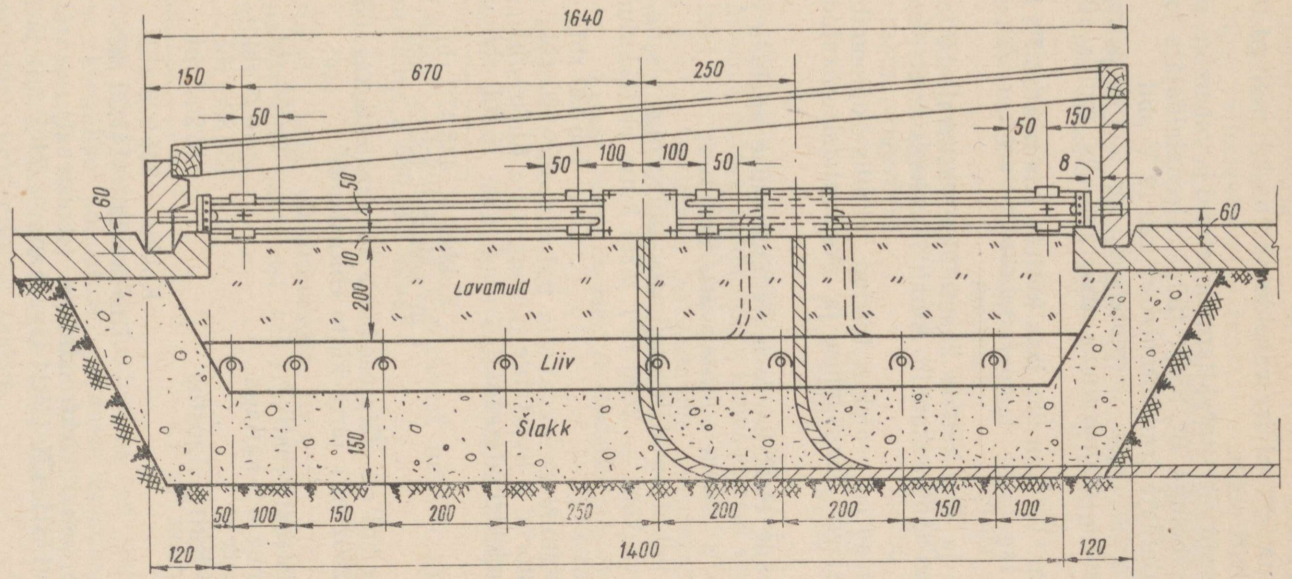
Kaablite kasutamine on ette nähtud ka «Giproselhozi» tüüpprojekti nr. 1023 järgi ehitatavates raudbetoonraketega vene lavades.

Lava põhja ja külgedele tehakse 10—15 cm paksune taimedele kahjutust šlakist isolatsioon, sellele asetatakse 3—4 cm paksune liivakiht, millele pannakse kaabel. Kaabel kaetakse mehaaniliste vigastuste ärahoidmiseks eterniidist kaitseribaga, millele järgneb 3—4 cm paksune liiva- ja 20 cm paksune mullakiht.

Küttekaabel asetatakse piki lava kahes sektsioonis, kummaski 4 rida kaablit (vt. joonis 64). Nii saadakse lavas ühtlane temperatuur. Lavaõhu kütmiseks monteeritakse kummagi rakke äärde eterniidiribad ja nende soontesse neli rööbiti asetsevat kaablit.

Lavamulla ja -õhu temperatuuri automaatne reguleerimine toimub eraldi. Kui temperatuur lavas on langenud 0,5° alla või tõusnud 0,5° üle määratud temperatuuri, lülitatakse küte sisse ja välja automaatselt.

Iga kolmest lavast koosneva grupi kohta on ette nähtud kaks kolmepooluselist magnetkäivitit tüüp РПМ-1-3 — üks mulla-, teine õhukütte ahelas. Magnetkäiviti poolid lülitatakse ahelasse



Joonis 64. Lava ristlõige kaabliga elektriküttе puhul.

4118 tüüpi vahereleega РП või ЦБ, mis bimetallelemendi abil on omakorda ühendatud termoreleega või kontakttermomeetritega КТ-100 või КТ-50.

Küte toimub 380-voldise vahelduvvoolu abil, millega toidetakse ka magnetkäiviti poole.

Termoreleesid või kontakttermomeetreid ja vahereleе poole toidetakse alalisvooluga ВС-35-31 tüüpi seleenalaldajate ja ühefaasilise pinge alaldaja transformaatori 220/12 V abil.

Bimetallelementidega termoreleed või kontakttermomeetrid asetatakse mulla temperatuuri määramiseks mulda 10—15 cm sügavusse.

Projektis nr. 1064 on ühe lava kütteks ette nähtud 7,8 kW, kusjuures lavas tagatakse temperatuur +15° —8°-se välistemperatuuri puhul.

Lavamulla ja -õhu kütteks kasutatakse vastavalt 4,0 ja 3,8 kW. Iga meeter konstantaankaablit annab 1 jooksva meetri kohta soojust 23 W.

Huvipakkuvad on projektis toodud tehnilis-ökonoomilised näitajad küttesüsteemi maksumuse ja ekspluatatsioonikulude kohta.

Lavade elektrikütte majanduslikkuse analüüs

Lavade küttesüsteemide ehituskulud

Aurukütte puhul on «Giproselhozi» tüüpprojektide nr. 1021 ja 1022 (1920 lavaakent — 2880 m²) järgi kütte ehituskulud:

soojusvõrk	115 830 rbl.
katlamaja	224 680 rbl.
aurutorud 8 kvartalile . . .	81 760 rbl.
väliselektrivalgustus . . .	16 200 rbl.
Kokku	438 470 rbl.
1 m² kohta	152,20 rbl.

Vesikütte puhul on «Giproselhozi» tüüpprojekti nr. 1035 (1920 lavaakent — 2592 m²) järgi kütte ehituskulud:

magistraaltorustik	34 790 rbl.
katlamaja 2 katlaga . . .	165 058 rbl.
torustik	150 830 rbl.
väliselektrivalgustus . . .	16 200 rbl.
Kokku	366 928 rbl.
1 m² kohta	141,20 rbl.

Elektrikütte puhul elektroodidega (terastraat) on «Giproselelektro» projekti ВИЭСХ (1824 lavaraami — 2467 m²) järgi kütte ehituskulud:

transformaator-alajaama ehitus 2 transformaatoriga à 180 kVA .	79 403 rbl.
madalpingevõrk	5 723 rbl.
elektroodidega kütteseadmed ja montaaž ning väliselektrivalgustus . .	205 069 rbl.
Kokku	290 195 rbl.
1 m² kohta	117,60 rbl.

Elektrikütte puhul kaabli abil on «Giproselhozi» tüüpprojekti nr. 1064 (1920 lavaakent — 2880 m²) järgi kütte ehituskulud:

elektriseadmed ja montaaž .	128 590 rbl.
automaatjuhtimisseadmed ja montaaž	45 460 rbl.
transformaator-alajaam 2 transformaatoriga à 180 kVA . .	68 870 rbl.
madalpingevõrk	29 760 rbl.
Kokku	279 500 rbl.
1 m² kohta	97,00 rbl.

Lavade soojusbilansi aluseks on võetud prof. J. D. Korolkovi andmed Moskva oblasti kohta, mille kohaselt seal on soojusevajadus märtsist juunini 170 000 kilokalorit ehk 50 kg antratsiiti ühe lavaakna kohta, kusjuures katlaseadme kasutegur on 57% ja arvestatud on päikese soojuskiirgust.

Lavade küttesüsteemide ekspluatatsioonikulud

Kütte ekspluatatsioonikulud ühe lavaakna kohta sesooni jooksul on kalkuleeritud alljärgnevalt.

Aurukütte puhul. Küttekulu 0,05 tonni kivisütt à 200 rbl. = ...	10,0 rbl.
Ekspluatatsioon (3 kütjat ja 3 abitöölist märtsi-, aprilli- ja maikuus à 600 rbl. kuus) $\frac{(3+3)\cdot 600\cdot 3}{1920}$ = ...	5,6 rbl.
Abimaterjalid (vesi, elektrienergia jne.) . . .	1,4 rbl.
Amortisatsioon 6% (summast 438 470 rbl. : 1920) .	14,0 rbl.
Muud kulud	1,0 rbl.
Kokku	32,0 rbl.
1 m² kohta	21,33 rbl.

Aurukütte ekspluatatsiooni puudusteks on suured esialgsed kulud, vee keemilise puhastuse seadmete vajadus kondensaadi kadude tõttu, suur torude vajadus, kvalifitseeritud katlamajapersonali vajadus, üksikute lavade ebaühtlane kütmine kvartalis ja temperatuuri reguleerimise raskus.

Vesikütte puhul. Kulud ühe lavaakna kohta on amortisatsiooni- ja ekspluatatsioonikulude vähenemise tõttu pisut väiksemad kui aurukütte puhul ja arvestatakse 30 rbl. ühe lavaakna või 22,22 rbl. 1 m² kohta.

Puudused: torustiku külmumise võimalused talvel, tasase maapinna vajadus kallete väljarihtimiseks, suur torude vajadus, tülikas torude monteerimine ja küttesüsteemi keerukas käikulaskmine ning vajadus tihedamini lavasid kasta.

Elektroodidega elektriküte puhul. Elektrienergiat vajatakse 170 000 kcal : 860 = 200 kWh ühe lavaakna kohta.

Projektis nr. 1064 soovitatakse elektriküte puhul lavad katta mattidega ja kinnitada klaasid raamides kummitihendiga.

Nende abinõude varal saab vähendada elektrienergia kulu kütteks 30—40% võrra. Sellest lähtudes on kasutatud koefitsienti 0,6. Elektrienergia kulu sesooni jooksul ühe akna kohta oleks siis 200 · 0,6 = 120 kWh. Võrreldes küttekulu tuleb silmas pidada, et samad võtted annavad ökonoomiat ka auru- ja vesikeskküte puhul. 1 m² küttekulu vesi- ja auruküte puhul kujuneb odavamaks, kui ka nüüd lavad kaetakse mattidega ja lavaaknad klaasitakse kummitihenditega. Küttekulu lavaakna kohta väheneb 40% ehk 4 rbl., ühe m² kohta 2,67 rbl. võrra.

Elektrienergia hinna aluseks on võetud 21,4 kopikat kWh eest.

Ekspluatatsioonikulud ühe lavaakna kohta on järgmised:

elektrienergia 120 · 0,214 rbl. = . . .	25,68 rbl.
ekspluatatsioonikulud (montööri palk) .	0,25 rbl.
amortisatsioon 5% (summast 290 195 rbl. : 1824)	8,00 rbl.
muud kulud	1,00 rbl.
Kokku	34,93 rbl.
1 m² kohta	25,82 rbl.

Elektriküte kaabli abil. Elektrienergia .	25,68 rbl.
Ekspluatatsioonikulud	0,25 rbl.
Amortisatsioon 5% (summast 279 500 rbl. : 1920)	7,18 rbl.
Muud kulud	1,00 rbl.
Kokku	34,11 rbl.
1 m² kohta	22,74 rbl.

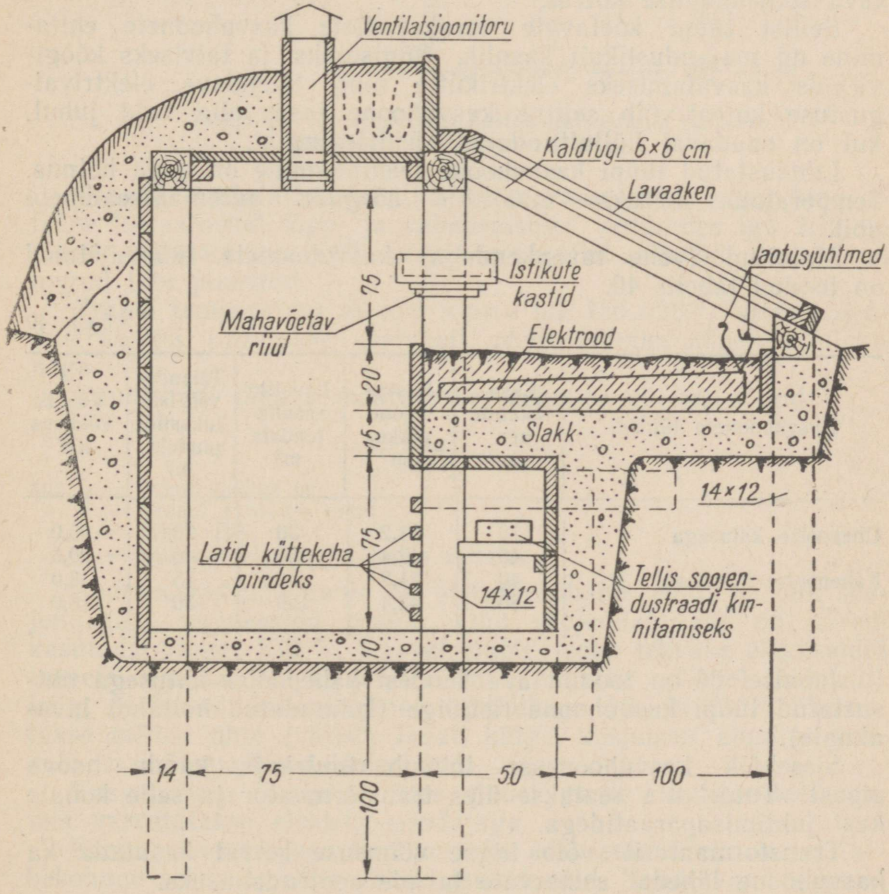
Elektriküte eelisteks on töökindlus (kui ei ole karta energiaga varustamise katkemist), tööjõukulu vähenemine ja raudtorude kokkuhoid.

Tuleb veel kord märkida, et küttesüsteemi valikul on otsustava tähtsusega kütteaine või elektrienergia hind. Kasutades

kohalikke kütteaineid, näiteks turvast või põlevkivi, tuleb algul kindlaks määrata vajalik kütteaine kogus, lähtudes valitud kütteaine küteväärtusest, ja kalkuleerida kütteaine hind.

Lihtsustatud tüüpi elektriküttega kasvuhooned

Kemerovo oblasti Kemerovo rajooni Stalini-nimelises kolhoosis püstitati 1954. a. veebruaris 12 päeva jooksul väike 10 lavaaknaga, ühepoolse katusega kasvuhoone (joonis 65). See kasvuhoone on elektroodküttega, temperatuuri automaatse reguleerimisega ja õhu täiendava küttega raudtraadist (Ø 1,5 mm) kütteelemendi abil (pingega 220 V), mis oli seatud lavatite alla. Mulla soojust reguleeritakse magnetkäiviti ПМ-0 ja termo-



Joonis 65. Lavaakendega kaetud lihtsustatud tüüpi ühepoolse kasvuhoone ristlõige.

relee abil. Kasvuhoone ehitusmaksumus oli 2100 rbl. ja elektriseadmete maksumus kõigest 450 rbl.

Esimesel ekspluatatsiooniaastal andis kasvuhoone toodangut, mis ületas kahekordselt tema bilansimaksumuse. Kasvuhoones kasvatati kurgi- ja tomatiistikuid, mis aprilli keskel istutati lavadesse. Selle järel kasutati kasvuhoonet varajaste kurkide kasvatamiseks.

Juuli lõpust kuni oktoobrini toimus kasvuhoones avamaalt koristatud tomatite järelvalmimine 25—30°-sel temperatuuril; selline temperatuur saavutati õhu soojendamise teel, kusjuures mulla soojendamine oli välja lülitatud. Selle režiimi puhul valmisid tomatid lõplikult 1—2 ööpäeva jooksul.

Tavaliselt kaetakse sellised kasvuhooned ööseks õlgmattidega. Elektrienergia kulu on veidi suurem kui samamõõtmelise lava soojendamise korral.

Sellist tüüpi kõetavate varakevadiste kasvuhoonete ehitamine on majanduslikult kasulik. Sügiseseks ja talviseks köögiviljade kasvatamiseks elektrikütte ning täiendava elektrivalgustuse korral võib selline kasvuhoone tasuv olla vaid juhul, kui on saadaval küllalt odavat elektrienergiat.

Lihtsustatud tüüpi kasvuhoone teenindamine on väga hõlpus. Temperatuur hoitakse määratud kõrgusel automaatseadmete abil.

Mainitud (vene lavaakendega) kasvuhoonete tüüpmõõtmed on toodud tabelis 40.

Tabel 40

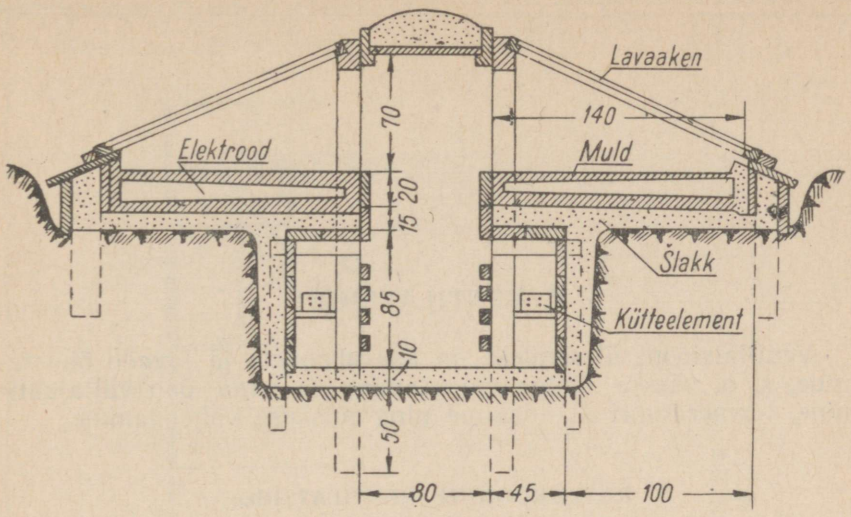
Kasvuhoonete tüübid	Lava-akende arv tk.	Kasvu-hoone pikkus m	Lavatite kasulik pindala m^2	Täienda-valt isti-kukastide pindala m^2	Vajalik võimsus kW
Ühepoolse katusega	20	21,2	30	20	5,0
„ „	40	42,4	60	40	10,0
Kahepoolse katusega	40	21,2	60	15	8,0
„ „	80	42,4	120	30	16,0

Joonisel 66 on toodud lavaakendest kahepoolse katusega lihtsustatud tüüpi kasvuhoone ristlõige (kohandatud hollandi lava-aknale).

Sissekäik kasvuhoonesse toimub tuulekoja kaudu hoone otsast. Tuulekotta seatakse üles transformaator ja selle kohale kast juhtimisaparaatidega.

Transformaatorit võib liigse võimsuse korral kasutada ka kasvuhoone lähedal asetsevate lavade soojendamiseks.

Nagu juba eespool märgitud, soojendatakse kasvuhoone õhku raudtraadist (Ø 1,5—3,5 mm) kütteelementide abil.



Joonis 66. Lavaakendega kaetud lihtsustatud tüüpi kahepoolse kasvuhoone ristlõige.

Traadid asetatakse lavatite all olevasse nišši ning kinnitatakse isolaatoritel lõpp- ja vahepealsetes punktides iga 2,12 m järel. Isolaatoritena võib kasutada tavalisi telliseid, millest on augud läbi puuritud.

Traadi temperatuur ei tohi tõusta üle 150—200°. Nišš soojendustraadiga piiratakse vastavalt ohutustehnika nõuetele liistudega.

Raudtraadi pikkus määratakse järgmise valemi põhjal:

$$L = \frac{q \cdot v^2}{0{,}12p} \text{ m},$$

kus L — traadi pikkus m;
q — traadi ristlõige mm²;
v — pinge (V);
p — soojenduselemendi võimsus vattides.

Suurtes kasvuhoonetes on otstarbekohane mulla ja õhu soojendamist reguleerida eraldi. Õhu soojendamiseks on parem kasutada pinget 220 V. Kasvuhoonete jaoks tehakse elektroodid trapetsikujulised, et soojeneks enam lavatite väline (külmem) külg. Mõlemad jaotusjuhtmed, ristlõikega 16—25 mm², tõmmatakse mööda ühte (välist) lavati külge, kusjuures alumine juhe (või ka mõlemad) on isoleeritud.

Kasvuhoones seatakse üles puust paak kastmisvoolikuga, mis varustatakse elektrisoojendajaga.

Kasvuhoone soojuse täielikumaks ärakasutamiseks on otstarbekohane seada lavatite vahele istikukastid. Nende kastide kasulik pindala on umbes 7,5 m² kasvuhoone iga 20 vene lavaakna kohta.

V. VENTILATSIOON

Ventilatsiooni ülesandeks on kasvuhoonete ja lavade õhustamine, s. o. värske õhuga varustamine ja vana õhu väljajuhtimine, temperatuuri alandamine ning niiskuse vähendamine.

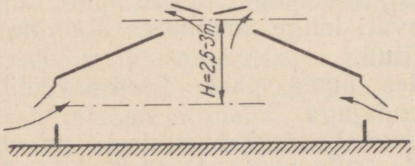
KASVUHOONETE VENTILATSIOON

Kasvuhoonete ventilatsioonisüsteem peab tagama kasvuhoone kiiret, täielikku ja ühtlast õhuvahetust. Talvel ei tohi läbi ventilatsiooni- ehk õhustusakende kasvuhoonesse tungiv külm välisõhk langeda taimedele. Seepärast peavad õhustusaknad paiknema küttekehade kohal, et soe õhk seguneks sissetuleva külma õhuga.

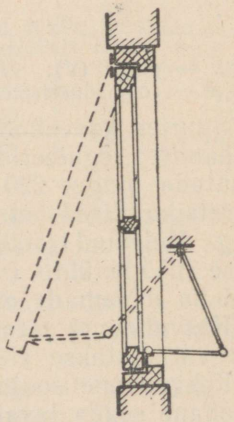
Ventilatsiooniaknad ja -avad peavad sulguma kergesti ja tihedasti, et pilude kaudu ei tekiks soojuskadusid ega tungiks kasvuhoonesse vihma- või lumevett.

Vanemat tüüpi kasvuhoonetes asusid ventilatsiooniavad sageli kahel pool harja. Sellise ventilatsioonisüsteemi töötamine põhines sooja ja külma õhu kaaluvahe ärakasutamisel. Ventilatsiooniavadest voolas õhk üheaegselt nii sisse kui ka välja, tagades korralikku õhuvahetust ainult talvel.

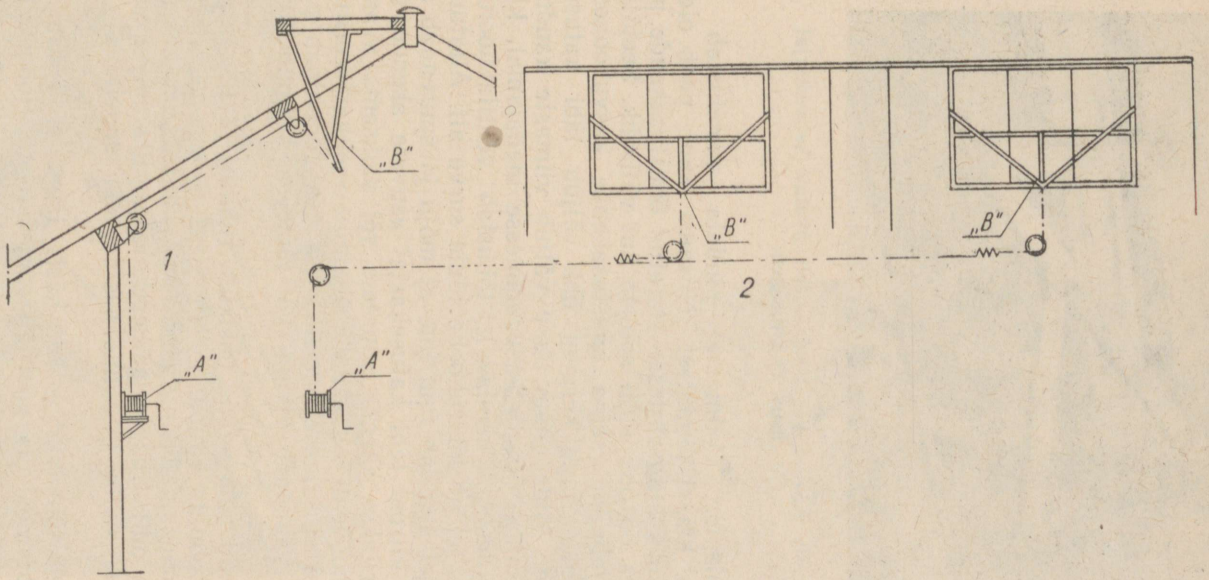
Paremaks ventilatsioonisüsteemiks on selline, kus õhu juurdevool toimub läbi kasvuhoone külgseintes olevate õhustusakende ja äravool läbi katuseharjal asu-



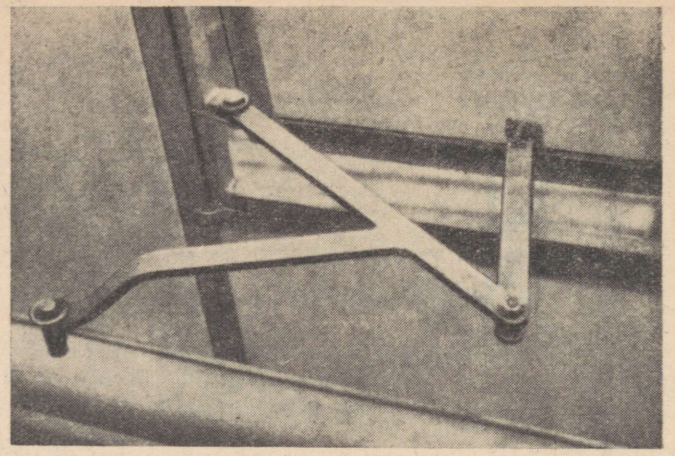
Joonis 67. Õhustusakende paigutuse skeem.



Joonis 68. Akna avamise skeem.



Joonis 69. Lihtsa õhustussüsteemi skeem:
1 — lõige, 2 — vaade katusele alt.



Joonis 70. Käsitsi või tsentraalselt avatav katuseharjal asuv õhustusaken.

vate õhustusakende. Viimaste pindala moodustab tavaliselt 5% katuse klaasi pindalast. Niisama suur peab olema ka õhu juurdevooluks külgseintesse ehitatud õhustusakende pindala.

Kasvuhoones on õhk alati soojem kui välisõhk. Seetõttu tungib välisõhk läbi külgseina õhustusakende kasvuhoonesse ja kasvuhoone soojem ning kergem õhk väljub läbi katuseharjal asuvate akende. Mida enam õhku väljub viimaste kaudu, seda enam värsket õhku tungib kasvuhoonesse madalamal, külgedel asuvatest akendest. Täiendavalt tõhustab ventilatsiooni tuul. Tuulepoolsel küljel on kasvuhoone tuule surve all. Allatuult oleval katuse küljel avaldab tuul imevat mõju ja suurendab sellega õhu väljumise kiirust läbi katuseharjal asuvate akende. Õhuvahetust reguleeritakse akende suurema või väiksema avamisega. Suurtes kasvuhoonetes on akende avamine mehhaniseeritud.

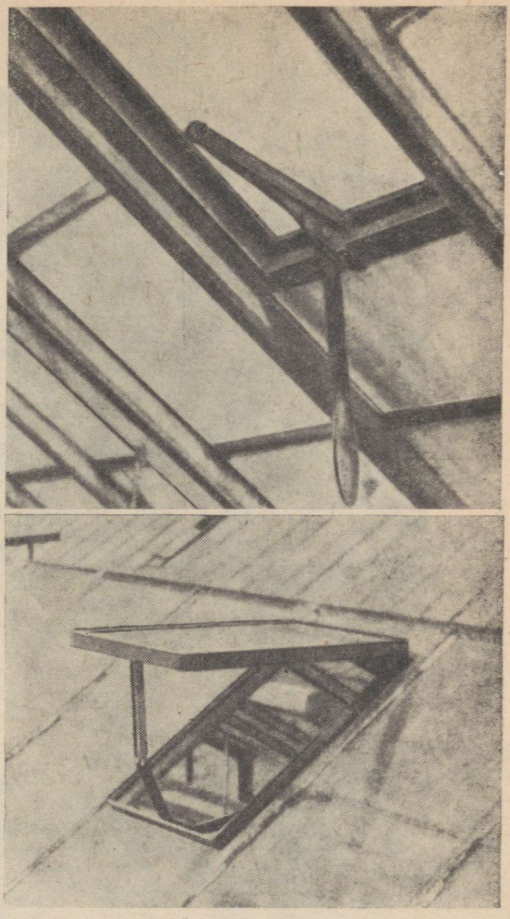
Katuseaknad ehitatakse pealekäivad, mis võimaldab paremat tihendamist ja vähendab vihma- või lumevee valgumist kasvuhoonesse.

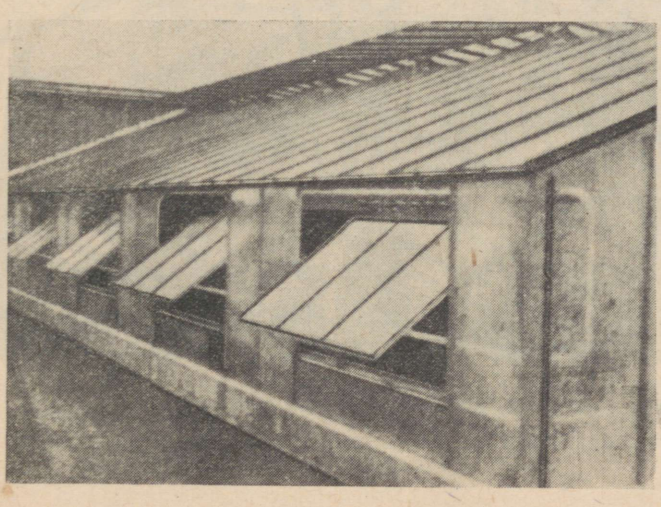
Õhustusaknaid võib avada üksikult, rühmiti ja suurtes kasvuhoonetes sektsioonide kaupa.

Kõige ebasoodsamad tingimused kasvuhoone ventileerimiseks on suvisel perioodil. Siis on päikesekiirgus nii suur, et ventilatsioonisüsteem ei suuda kasvuhoones tagada soovitavat temperatuurirežiimi.

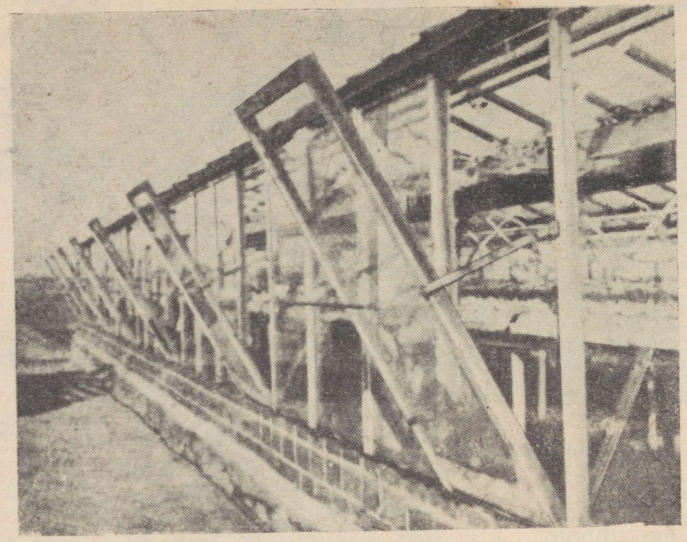
Kasvuhoonete õhuvahetus on hästi lahendatud Saksamaal kasutatava «Thermosbau» ventilatsioonisüsteemil (joon. 77). Seal on kogu katus avatav. Selle süsteemi puhul on kandekonstruktsiooni terastorud ära kasutatud ka küttetorustikuna. Seadme kõrge hinna tõttu on selle süsteemi levik piiratud.

Joonis 71. Väikese kasvuhoone katuseharjal asuv õhustusaken:
ülal — suletult; all — avatult.

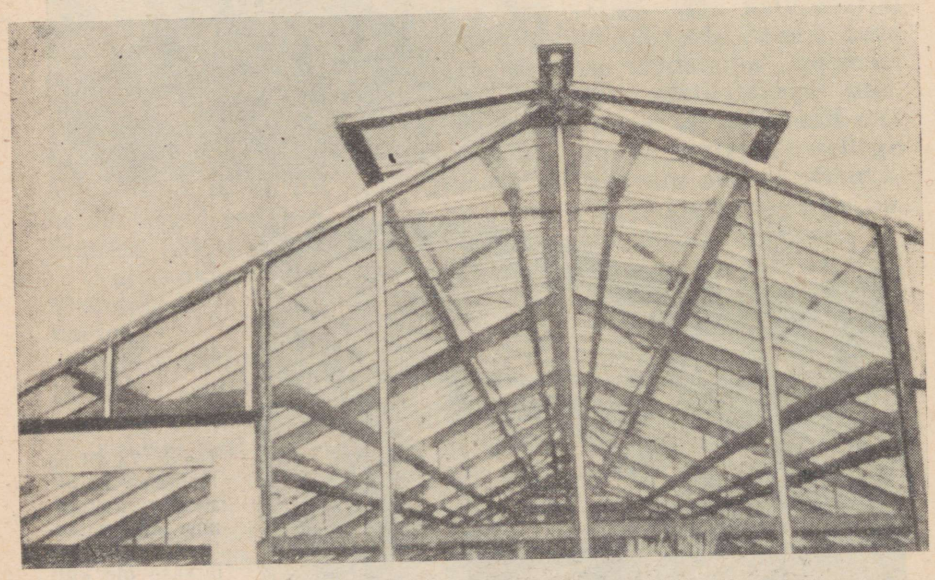




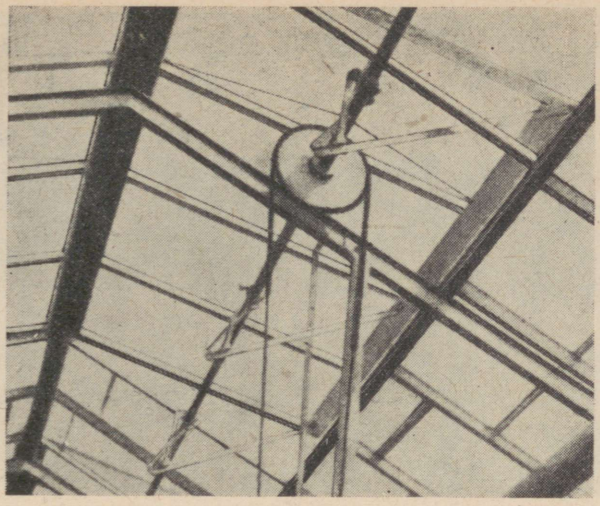
Joonis 72. Õhustamine külgakende kallutamise teel. Sissetungiv õhk juhitakse üle küttetorude, enne kui ta taimedega kokku puutub.

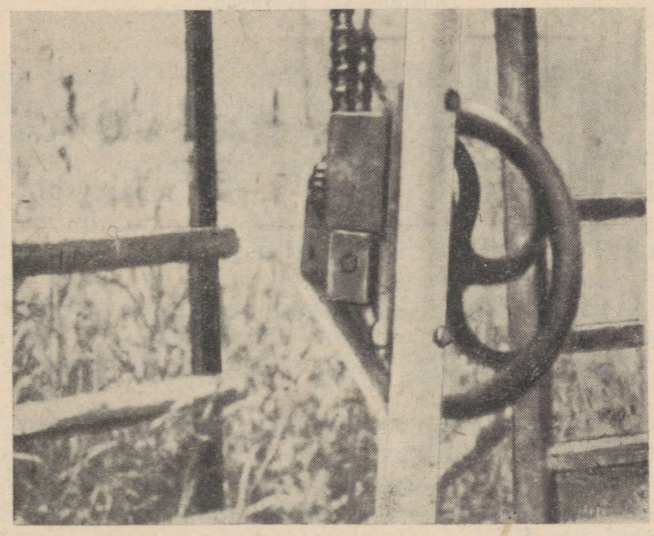


Joonis 73. Seinteks on kasutatud õhustamiseks avatavaid hollandi lavaaknaid.



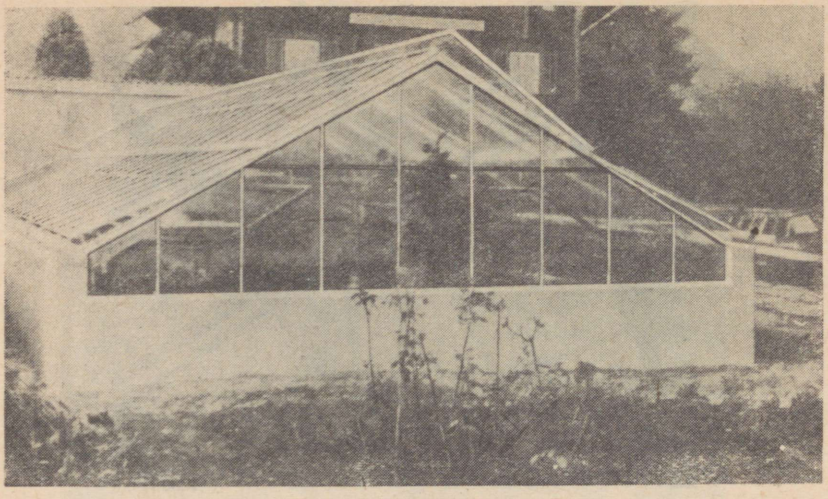
Joonis 74. Tsentraalselt avatav harjaventilatsioon.





Joonis 75. Seadmeid harjaventilatsiooni tsentraalselt avamiseks.

Ülekuumenemise vältimiseks kaetakse kasvuhoone klaaskate pealt kinni, mis nõuab teatavat materjalikulu ja tööjõudu ning on seepärast kallis. Odavam on klaaskatte ülepritsimine kriidi- või saviveega. Et aga vihm võib selle kaitsekihi maha pesta, tuleb pritsimist vajadust mööda korrata. Valgustuse suhtes vähem nõudlike taimede kasvatamisel pritsitakse klaaskate üle lubjapiima või kriidiveega, millele võib lisada värvi. Värvikulu



Joonis 76. Kasvuhoone katuse kaks alumist poolt ja üks ülemine pool on õhustumiseks avatavad.

on 1 kg 30—50 m² klaasipinna kohta. Värvi püsimise suurendamiseks lisatakse kriidiveele veidi kaseiini. Kaitsevärvina võib kasutada ka järgmist segu: 1 liiter vett, 280 g punast värvi, 120 g lubjatainast ja 50 g vesiklaasi. Kaitsevärvi võib klaaskattele peale kanda pritsiga ja ta on kergesti mahapestav.

Üheks klaaskatte varjutamise võtteks on klaasipinna katmine veega, millele 10 osa vee kohta on lisatud 1 osa nisujahu. Päikese käes kuivab selline kattekiht kiiresti ja pakub taimedele küllaldast varju. Vihma korral aga muutub kattekiht uuesti kliistritaoliseks ja hakkab valgust läbi laskma. Et see segu on odav ja kleepub hästi klaasi külge, on tema kasutamine otstarbekas.

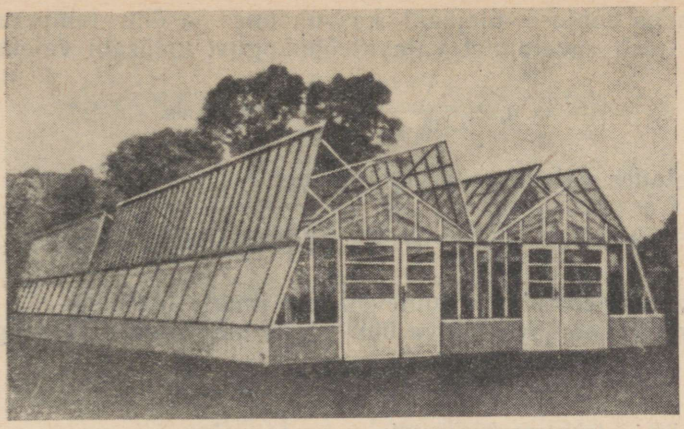
Kui aga kasvuhoones päikesekiirguse tagajärjel temperatuur ülemäära tõuseb, peab liigne soojus eemaldatama. Ventilatsiooni arvutuse aluseks võetaksegi kõige ebasoodsam olukord, kus kasvuhoone on ülemääraselt kuum ja välistemperatuur päikese käes tõuseb isegi üle 40°.

Päikesekiirgusest saadav soojushulk kasvuhoones oleneb klaasipinna asetusest ilmakaarte suhtes ja katuse kaldest.

Kui kasvuhoone asetseb põhja-lõuna suunas, langevad päikesekiired temasse otseselt läbi ida- ja läänepoolse katuse ja läbi seinte ning kasvuhoone lõunapoolse otsa.

Eesti NSV kasvuhoonetes võib valgus- (soojus-)kiirguseks võtta:

lamedal idapoolsel katusel 180 kcal/m² tunnis
„ läänepoolsel „ 220 „ „



Joonis 77. «Thermosbau»-süsteemi kasvuhoone.

vertikaalsel lõunapoolsel seinal 100 kcal/m² tunnis
„ läänepoolsel „ 180 „ „

Need arvud kehtivad kahekordse klaasiga pindade kohta. Ühekordse klaasi puhul kasvab valguskiirgus 1,45-kordselt; kui aga 2 klaasi asub ühes raamis, siis 1,15-kordselt.

Valguskiirgust põrandapinna 1 m² kohta kasvuhoones, mille laius on 8 m ja põrandapind 500 m², võib väljendada valemiga

$$g = 1{,}1\left(\frac{g_0 + g_w}{2}\right) + 0{,}12\ g_w + 0{,}05 g_s,$$

kus 1,1 — katuse pindala jagatud põhipindalaga;
0,12 — läänepoolse vertikaalse külgseina pindala jagatud põhipindalaga;
0,05 — lõunapoolse otsaseina pindala jagatud põhipindalaga;
g_0, g_w ja g_s — soojuskiirguse hulgad vastavalt ilmakaartele ja ehituse elemendile.

Katuse pritsimisel kriidiveega vm. väheneb soojusülekanne 20—35% võrra, sõltuvalt kaitsekihi tihedusest. Arvestades soojusülekande vähenemist 30% ja klaasimisviisi (ühe- või kahekordne klaas), leiame kiirguse suuruse:

$$g = 1{,}1\left(\frac{180 + 220}{2}\right) \cdot 1{,}45 \cdot 0{,}7 + 0{,}12 \cdot 180 \cdot 1{,}15 \cdot 0{,}7 + 0{,}05 \cdot 100 \cdot 1{,}15 \cdot 0{,}7 =$$

248 kcal/m² tunnis.

Soojuse ülejääk kasvuhoones on seega

$Q = g \cdot F = 248 \cdot 500 = 124\,000$ kcal/tunnis.

Kasvuhoonete ekspluatatsiooni praktika kohaselt on kasvuhoonest väljuva ja sinna tungiva õhu temperatuuri vahe suvel 8—10°.

Teades soojuse ülejääki kasvuhoones ja õhu temperatuuride vahet, saab vahetamist vajavat õhukogust määrata valemi abil

$$L = \frac{Q}{C(t_{väljuv} - t_{sisenev})} \text{ kg/tunnis.}$$

Asetades valemisse arvud, saame:

$$L = \frac{124000}{0{,}24(40-32)} = 64\,500 \text{ kg/tunnis} \cong 18 \text{ kg/sek.}$$

Arvutus teostatakse tuulevaiksest ilmast lähtudes.
Ventilatsiooniava läbiva õhu kogus määratakse valemiga

$$L = \mu F \sqrt{2g\gamma \Delta P} \text{ kg/sek,}$$

kus $\mu = 0{,}6$ — takistuse koefitsient;
F — väljatõmbeavade pindala;
g — raskustungi kiirendus 9,81 m/sek²;
γ — väljuva õhu mahukaal kg/m³;
ΔP — surve antud avas kg/m².

$$F = \frac{L}{\mu \sqrt{2g\gamma \Delta P}} = \frac{18}{0{,}6\sqrt{2 \cdot 9{,}81 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}08}} = 22{,}5 \text{ m}^2.$$

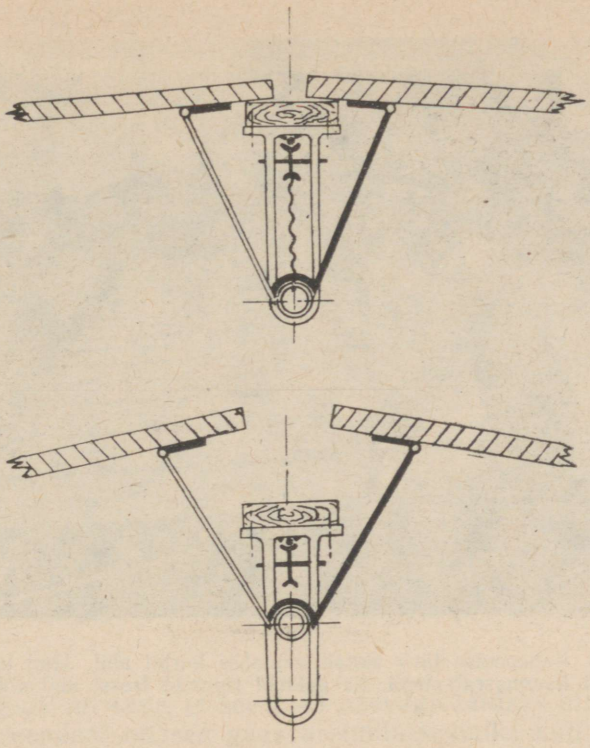
500 m² põrandapindalaga kasvuhoonel moodustab ventilatsiooniavade pindala 4,5%. Professor V. I. Edelštein (50) soovitab sissepuhumis- ja väljatõmbeavadeks võtta:

lavades	100%
paljunduskasvuhoonetes	3,75%
angaarkasvuhoonetes	6%
blokk-kasvuhoonetes talvel	10%
blokk-kasvuhoonetes suvel	15%

Mehaanilist ventilatsiooni kasutades on võimalik ventilatsiooni intensiivsust tõsta.

Lavade ventilatsioon

Lavade relatiivne niiskus tuleb hoida 80—90% piirides, sest enamik köögiviljakultuure on väga niiskusenõudlikud. Tomat seevastu areneb hästi mõõduka niiskuse (55—65%) tingimustes, mispärast teda ei saa kasvatada lavas koos niiskusenõudliku kurgiga.
Akendega kaetult saab lavaõhk biokütuselt küllaldaselt niiskust. Et lava õhuruum on väike, tõuseb õhu temperatuur päikesepaisteliste ilmadega kiiresti ja võib ületada taimedele talutava piiri. Veel kiiremini toimub see tehnilise küttega lavades. Ülekuumenemise vältimiseks tuleb lavaaknad üles tõsta, et temperatuur õhustamisega nõutavale tasemele viia. Et lavasse tungiv külm õhk sisaldab vähe niiskust, langeb lavaõhu niiskuseprotsent. Sissetun-

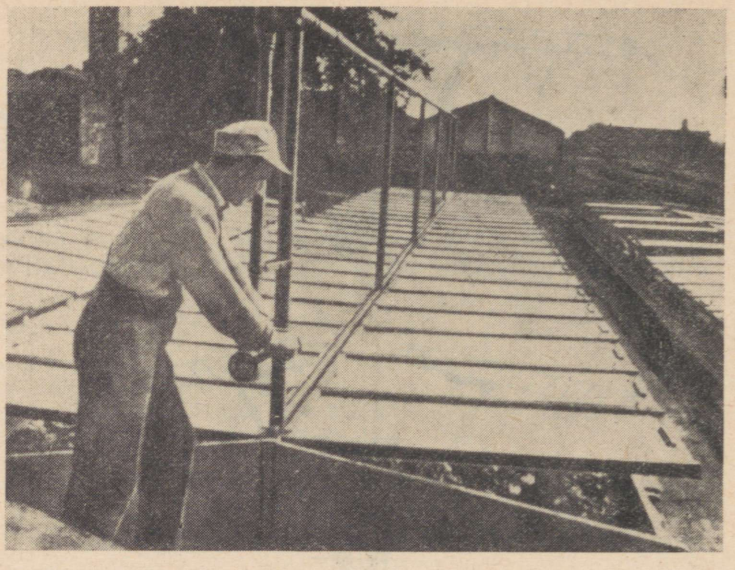


Joonis 78. Kahepoolse lava akende avamise skeem. Avamismehhanism toetub vihmutustorule.

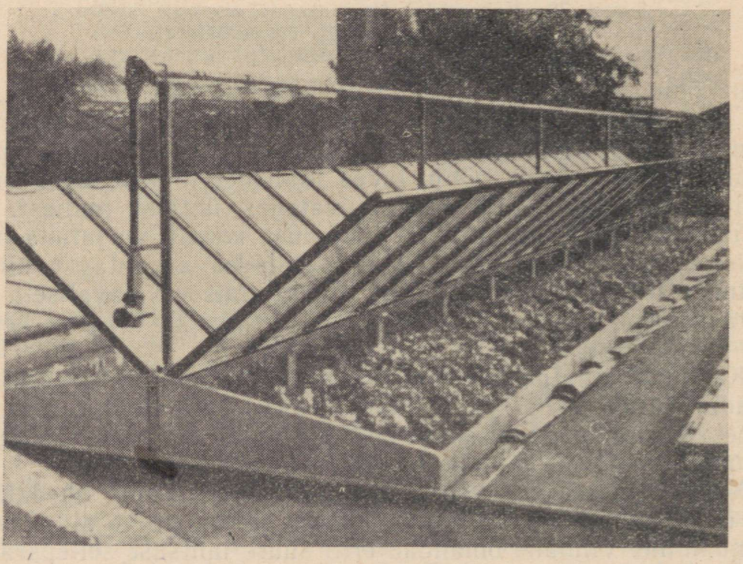
ginud õhu soojenedes suureneb niiskuse defitsiit veel enam, sest õhu soojenemine toimub kiiremini kui tema küllastumine veeauruga, mille tagajärjel lavaõhu relatiivne niiskus võib langeda lubamatult madalaks, põhjustades taimedel liigset vee aurumist kuni nende närtsimiseni ning kuivatades ühtlasi pinnast. Selle vältimiseks tuleb lavakultuure vajaduse korral varjutada otsese päikesekiirguse eest, samal ajal asendades äraantavat niiskust kastmise teel. Külmal aastaajal on kastmisvesi tavaliselt 3—4° võrra soojem, suvel aga niisama palju külmem lavaõhu keskmisest temperatuurist.

Kastmisvee hulga kohta ei saa anda kindlaid norme, sest selle vajadus sõltub välis- ja lavaõhu temperatuuri amplituudist ning kastetavate kultuuride nõuetest. Tabelis 41 on näidatud kurkide ja tomatite suurim vajadus kastmisvee järele.

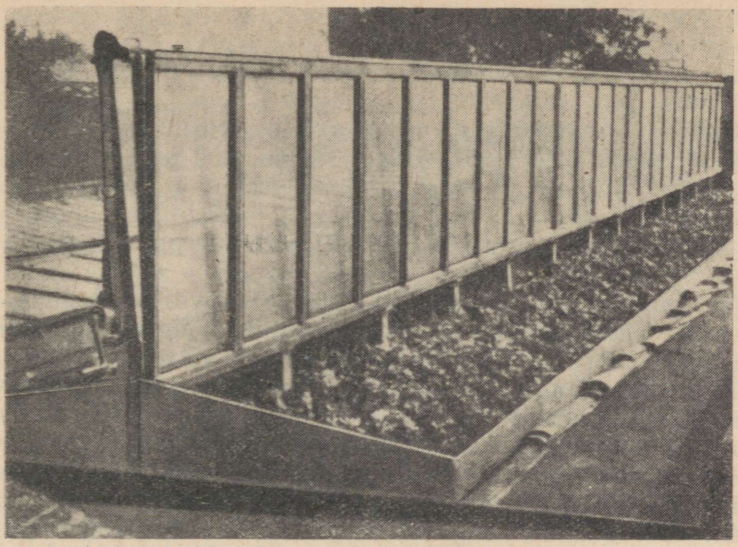
Nagu nägime, on lavaõhu niiskuse reguleerimine tihedalt seotud õhustamisega, mille kaudu toimub taimedele vajalik lavaõhu uuendamine. Viimane omandab eriti suure tähtsuse sellepärast, et taim võtab õhust temale elutegevuseks vajalikku hapnikku ja süsihappegaasi. Biokütusega lavas on kütuse poolt eritatava süsi-



Joonis 79. Kahepoolse lava aknad avatakse kurbii abil. Jõud kantakse üle keti või hammasratastega. Lavaaknad ripuvad trossi abil võlli küljes.



Joonis 80. Joonisel 79 näidatud mehhanismi abil võib lavaaknaid avada soovitaval määral.



Joonis 81. Joonisel 79 näidatud mehhanismi abil võib lavaaknaid tõsta püstasendisse.

happegaasi hulk nii suur, et see 2—3 päevaga täidaks klaasialuse õhuruumi. Iseendast on see gaas assimilatsiooniks küll ääretult tähtis ja sellekohased katsed ning tähelepanekud näitavad, et kõrgema süsihappegaasi sisalduse korral tõuseb kultuuride saagikus, kuid süsihappegaasi üliküllus võib pidurdada taimede üldist elutegevust ja kahjustada nende juuri. Seepärast on õhustamine vajalik mitte ainult lava temperatuuri reguleerimiseks, vaid ka õhu koostise uuendamiseks.

Õhustamiseks tõstetakse lavaaknad üles ja toestatakse 20 cm pikkuste õhustamispulkadega. Sageli kasutatakse selleks lauaotsi, kuhu on lõigatud hambad. Nende lauaotste abil saab lavaakent mitmesugusesse kõrgusesse tõsta, suurendades või vähendades niiviisi ventilatsiooni intensiivsust.

VI. VEEVARUSTUS

Veel on taimede elus suur tähtsus. Köögivili sisaldab 75 kuni 97% vett. Veenappuses kasvades muutub köögivili koredakoeliseks, puiseks ja kibedamaitseliseks, ühtlasi väheneb ta saak. Vee ülikülluse korral aga muutub juurvili vesiseks, kaotab aroomi ja väheneb suhkru- ning mineraalsooladesisaldus. Eriti oluline on taimede varustamine veega istikute kasvatamise perioodil, sest noorte taimede juurestik paikneb 30—40 päeva jooksul pärast külvi mullas kuni 20 cm sügavusel. See mullakiht kuivab kiiresti ja eriti noored taimed vajavad kastmist. Taimede ümberistutamisel, mis toimub nende hoogsa kasvu perioodil, läheb kaduma osa juurestikust, vett aurustav lehepind aga tavaliselt säilitatakse täielikult. Seega rikutakse taimedel juurte kaudu imatava ja pealsete kaudu aurustatava vee vahel tasakaal. Luues kastmise teel soodsa veerežiimi, kompenseerime osaliselt juurestiku kaotuse tõttu tekkivaid kahjustusi.

Kastmisvee kogus sõltub kultuurist, kastmisviisist, ventilatsioonitingimustest jne.

Pärast lavade täitmist biokütusega ja mullaga katmist eraldub mulda niiskust biokütuse kõdunemisel. Kui muld on külmunud, siis niiskub ta ka sulamisel. Selle tõttu kastetakse varajasi lavasid 1—2 korda nädalas. Päikesepaistelistel päevadel, kui lavad vajavad õhustamist, tuleb kasta tugevamini. Soojade ilmade saabumisel on vaja kasta iga päev.

Köögiviljataimede vajadused õhu- ja mullaniiskuse järele olenevad nende ehitusest ja iseärasustest. Näiteks on niiskusenõudlikumad kultuurid kurk, kapsas, kaalikas, söödapeet, mädarõigas, rabarber jt., seevastu lepivad sibul, küüslauk, porrulauk, porgand, petersell, till jt. tunduvalt vähema niiskusega. Kõrvits, melon ja arbuus kui lõunamaised kultuurid taluvad hästi kuumust ja kuiva õhku.

Köögiviljade veerežiimi määravad mulla veevaru ja aurumine. Nagu teame on mulla tahkete osakeste vahel olevad vaheruumid (poorid) rohkemal või vähemal määral täidetud vee ja õhuga. Kui kõik poorid on täitunud veega, siis on muld veega küllastunud. Sõltuvalt mulla mehaanilisest koostisest on küllastunud mullas vett 22,4% kuiva savi kaalust ja kuni 78,6% kuiva kõdusõnniku kaalust.

Taimede veevajadus kõigub suurtes piirides ja sõltub nende kasvuperioodidest. Köögiviljakasvatajal ongi seepärast vaja teada köögiviljataimede veevajadust nende arenemise mitmesugustel perioodidel. Nii on köögiviljataimed mullaniiskuse suhtes kõige nõudlikumad seemnete idanemise perioodil, sest niiskus on vajalik seemnete paisumiseks. Kapsa- ja kurgiseemnete paisumiseks on vaja vett umbes 50% nende kaalust, porgandi-, sibula- ja peediseemnetel 100% ja hernel 150%. Järgnevalt on rohkesti niiskust tarvis juurte moodustumise ajal, sest kuivas mullas nad ei arene.

Ka istikute juurdumiseks, eriti siis, kui ei kasutata toitekuubikuid, peab mullas olema küllaldaselt niiskust, mida saavutatakse kastmise teel.

Kurgid ja tomatid arenevad kõige paremini siis, kui neid kasvu algusperioodil (lehtede kujunemisest õitsemiseni) kastetakse mõõdukalt, muul ajal aga tugevasti. Vastupidi, sibul annab suurima saagi siis, kui lehtede (pealsete) ja sibula arenemise perioodil kastetakse tugevasti ja valmimisperioodil mõõdukalt.

Kui mulla niiskushulk langeb alla 50% tema niiskusemahutavusest, hakkavad taimed tundma veepuudust, mis on seda raskem, mida väiksem on õhu niiskus ja mida tugevam on päikesekiirgus.

Veerežiimi kindlaksmääramisel tuleb arvestada taimede kasvu ja arenemise tempot. Suuremad nõuded vee suhtes on varavalmivail rohelistel taimedel: salatil, spinatil, redisel, lillkapsal ja peakapsa varajastel sortidel. Taimede nõudlikkus vee suhtes kasvab nende toitepinna vähenemisega. Soojanõudlike taimede juurte võime imada vett väheneb, kui mulla temperatuur langeb alla 10°.

Köögiviljataimede eriti suurt veevajadust näitab see, et ühe osa kuivaine loomiseks kulutavad nad 300 kuni 800 osa vett.

Taimede poolt neelatud vesi aurub lehtede kaudu pidevalt. Seda protsessi nimetatakse transpiratsiooniks. Selle mõjul langeb lehtede temperatuur ja on välditud nende ülekuumenemine katmikaladel. Transpiratsioon on erinev mitte üksnes erinevatel taimeliikidel, vaid kasvutingimustest sõltuvalt ka ühel ja samal taimeliigil. Katmikaladel on aurumine õhu kõrge relatiivse niiskuse tõttu väiksem ja taimede ülekuumenemine on seepärast ohtlikum. Seega on õhuniiskusel suur tähtsus. Kõrgema relatiivse õhuniiskuse (85—95%) korral kasvavad hästi ja annavad suuri saake kurk, seller ja rohelised kultuurid. Kapsale ja juurviljale sobib 70—80%-line õhuniiskus. Tomat, aeduba ja kõrvits kasvavad hästi ning annavad saaki mõõduka (55—65%-lise) õhuniiskuse puhul. Seepärast ei või tomatit ja kurki ühes kasvuhoones kasvatada. Madalas õhuniiskuses kahjustab kurki tugevasti punane kedriklest, kõrges õhuniiskuses aga nakatub tomat helelaiksusse, pruunmädanikku ja teistesse haigustesse.

Köögiviljade veevajadust rahuldatakse kastmise teel. Õhuniiskust aga saab katmikaladel suurendada käiguteede, mullapinna ja ka taimede (kurkide) ülepritsimise teel.

Mõningad kultuurid (tomat) ei salli ülemäärast õhuniiskust,

kastmist aga vähendada ei tohi, sest mullaniiskus tuleb hoida teatud tasemel. Seepärast peab kasvuhooneid ja lavasid õhuniiskuse vähendamiseks ning reguleerimiseks lavaakende ja kasvuhoonetes õhustusakende avamise teel õhustama.

Õhuniiskust aitab vähendada ka kastmisviisi valik. Näiteks kastetakse tomateid vagude kaudu, kusjuures suurem osa mullapinnast jääb kuivaks ja vee aurumine sellest väheneb. Sama põhimõtet edasi arendades jõuame mullaaluse kastmisviisi juurde. Tomatite puhul on see võte end õigustanud. Kuid mullaaluse kastmise tehnika ei ole veel küllaldaselt läbi töötatud ja selle seadmete ehituskulud on suured.

Need abinõud vähendavad küll aurumist mullast, kuid vee aurumine taimede lehtede kaudu jääb püsima ja suurendab kasvuhoone õhuniiskust. Seepärast ongi lavade ja kasvuhoonete õhustamisel oluline tähtsus.

Et lava õhumaht on väike (õhukihi paksus 10—15 cm, harva üle 20 cm), siis tõuseb õhu temperatuur õhu väikese soojusemahutavuse tõttu kiiresti, lava õhk aga küllastub veeauruga kaugelt aeglasemalt. Kiiresti langeb temperatuur lavas välisõhu temperatuuri langedes; päikese loojenemisel veeaurud sadestuvad.

Nagu näeme, pole köögiviljakasvatus katmikaladel mõeldav taimede kastmiseta, mis moodustab põhilise veekulutuse. Klaaskatte ja köögivilja pesemine ning muud tootmiseks vajalikud veekulutused on kastmisvee kogusega võrreldes tähtsusetud. Kommunaalotstarbeks ja küttesüsteemile vajalik vesi arvutatakse katmikalal eraldi.

Kastmisveevajadus on kõige suurem suveperioodil — maikuust alates.

Kurgi- ja tomatitaimede päevane ligikaudne kastmisveevajadus katmikalal kuude järgi (25) on toodud tabelis 41.

Tabel 41

Suurim veevajadus kastmispäevadel kurkide ja tomatite katmikaladel kasvatamisel (liitreid 1 m²-le)

Kuu	Kurkidel	Tomatitel
Jaanuar	2	2
Veebruar	2	2
Märts	5	3
Aprill	8	5
Mai	10	8
Juuni	12	10
Juuli	12	10
August	12	10
September	10	8
Oktoober	8	6
November	5	4
Detsember	2	2

Teiste katmikkultuuride päevane veevajadus on tabelis 41 toodust küll erinev, kuid kastmisvee kogus määratakse katmikala põhiliste kultuuride järgi, mis on vee suhtes nõudlikumad. Kastmiseks vajaliku vee koguse arvutamisel lähtutakse sellest, et kurke kastetakse ülepäeviti ja tomateid üle kahe päeva.

Veevarustuse mahtu, s. o. vajalikku veehulka arvutatakse suurima päevase veevajaduse järgi juuni- ja juulikuus, arvestades, et kastmine toimub kogu tööpäeva jooksul.

Kasvuhoonetes ja lavades tuleb taimi kasta ainult sooja, 18—25°-se veega, sest et nad, eriti kurk, külma veega kastmist ei talu.

Väikestes kasvuhoonetes hoitakse kastmisvesi harilikult paakides, kus ta soojeneb ruumi temperatuuri mõjul. Vajaduse korral ehitatakse neisse küttetorustik.

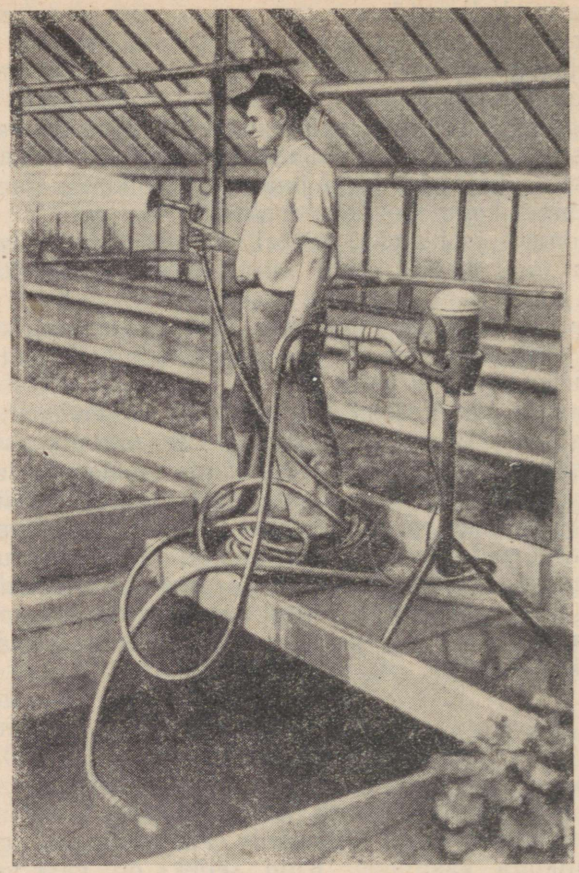
Kastmisvett saab soojendada ka lihtsa soojendusanuma abil, mis valmistatakse 219 mm läbimõõduga 1210 mm pikkusest torust. Toru lõigatakse pikuti pooleks ja mõlema poole vahele keevitatakse 250 mm laiune ja 6 mm paksune lehtraud, mis ühes otsas ei ulatu põhjani. Samast materjalist tehakse ka anuma (toru) põhi. Anumasse paigutatakse spiraalikujuline gaasitoru (Ø $^3/_4$″), mis läbib mõlemad anumapooled. Üks toru ots ühendatakse veetorustikuga, teise otsa külge kinnitatakse voolik. Anum ühendatakse küttesüsteemi ja äravoolutorustikuga. Soojendusanum töötab ühtlasi küttekehana.

KASTMINE VOOLIKU ABIL

Paakides soojendatud veega kastetakse tavaliselt kastekannude abil, mis nõuab suurt tööjõukulu. Palju kõrgem aga on tööjõudlus voolikuga kastmisel. Kuid selleks on vaja vee survet, mida saab väikese elektripumba abil (joonis 82) või milleks tuleb katlamajas üles seada boiler. Boilerist juhitakse kuum vesi torustiku abil kasvuhoonesse ja segatakse enne kastmist teise torustiku kaudu tuleva külma veega. Veesegaja võib üles seada ka katlamajja.

Kasvuhooned tuleb varustada ka vedelväetise ettevalmistamise paakidega. Vedelväetisega võib väetada veevarustustorustiku abil, milleks see ühendatakse väetislahuse paagiga. Surve saamiseks peab paak asuma vajalikul kõrgusel.

Veetorustik asetatakse kasvuhoonetes käiguteede äärde, kus iga 15—20 m tagant tuleb veetorudele asetada püsttorud ja ventiilid voolikute ühendamiseks rot-mutri abil. Sõltuvalt taimede asetusest, kasvust ja mulla iseloomust suudab üks tööline tööpäeva jooksul vooliku abil kasta 800 kuni 1200 m^2.

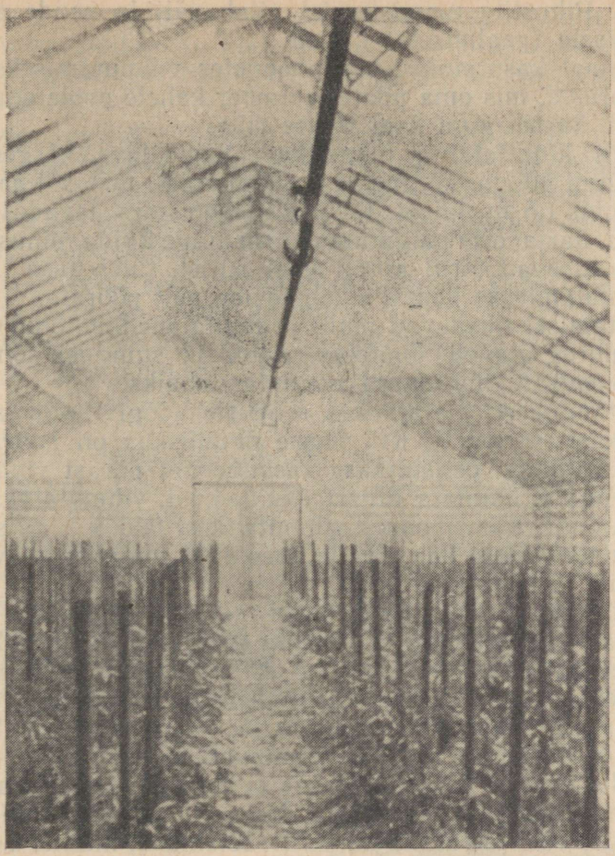


Joonis 82. Kastmine väikese elektripumba abil.

VIHMUTAMINE

Vihmutamine on kõige lähedasem vihmale, kuid tal ei ole vihma mõju, sest veepiisad ei viibi kastmisel kuigi kaua õhus. Seepärast ei saa ta enesega õhust nii palju hapnikku ja ammoniaaki kaasa haarata kui looduslik vihm. Vihmutusseadmete ehitamise alal on omandatud suuri kogemusi. Erilist rõhku on pandud vee pihustamiseks kasutatavate pihustite konstruktsiooni täiustamisele. Kasutades vett udustavaid pihusteid, võib kasvuhoonetes tarvitada isegi külma vett, sest udustatud vesi jõuab selle ajaga, mis kulub pihustist väljumisest kuni taimele langemiseni, küllaldaselt soojeneda. Vihmutamise abil saab reguleerida õhuniiskust, hoides seda vajadust mööda ühtlasel kõrgusel.

Vihmutamist ei ole Eesti NSV-s seni kasvuhoonetes kasuta-



Joonis 83. Kasvuhoone vihmutusseade.

tud, kuid mujal leiab ta järjest suuremat tähelepanu ja levikut. Vihmutamiseks asetatakse kasvuhoonetesse umbes 2 m kõrgusele 5 m vahedega vastava jämedusega torud. Torudele kinnitatakse iga 30—40 cm tagant pihustid, mis pihustavad kastmisvee 3—4 atmosfäärilise rõhu all. Kui torustik kinnitatakse paikselt, siis asetatakse torudele sellised pihustid, mis pritsivad vett kõigis suundades, või kinnitatakse pihustid kahele poole torustikku. Viimasel juhul on pihustite vajadus kaks korda suurem. Kui aga torud kinnitatakse nii, et neid on võimalik oma pikitelje ümber mõlemale poole pöörata, siis pihustite arv ei suurene.

Kuni 50 m pikkuste torustikkude puhul kasutatakse ühetolliseid torusid. Et vältida torude roostetamist ja pihustite ummistumist, tuleb kasutada seestpoolt tsingitud või alumiiniumtorusid. On soovitav, et torustiku läbiloputamiseks asetatakse torustiku

otsa kork. Pihustite ummistumist aitab vältida nende asetamine toru ülemisele (pealmisele) küljele.

Saksamaal kasutatakse kasvuhoonetes vihmutamiseks pihustitega veetorusid, mis oma pikitelje ümber kahele poole edasi-tagasi pöörduvad, kastes kuni 5 m laiuse riba.

Lavades kinnitatakse pihustitega torud lava kõrgema serva külge 30 kuni 40 cm kõrgusele lava pinnast, mis võimaldab vihmutada kogu 1,5 m laiust lava. Kahepoolsetes lavades kinnitatakse lava harja alla paigutatava toru külge 2 rida pihusteid. Kui pihustid asetsevad torul ainult ühel küljel, tuleb toru lava teise poole vihmutamiseks vastava käepideme abil pöörata.

Vihmutamisel niiskuvad muld ja mullalähedane õhukiht ühtlaselt. Seejuures alaneb õhutemperatuur ja suureneb õhuniiskus, mis loob soodsad tingimused assimilatsiooniks.

Vihmutamine on otstarbekas roheliste köögiviljade ja istikute esimesel kasvuperioodil. Kui liigne õhuniiskus on kasvatatavale kultuurile kahjulik, õhustatakse kasvuhoonet pärast vihmutamist. Kultuure, mis ei kannata liigset õhuniiskust, vihmutatakse harva, kuid rikkalikult. Kasvuhoones vihmutamisel tekkiv liiga suur õhuniiskus on tomatitele kahjulik ja seepärast tomatite kasvatamisel vihmutamist ei kasutata.

Avamaal on vihmutamisel suuri eeliseid, võrreldes tavalise kastmisega. Vihmutamine ei tihenda mulda. Ta võimaldab kasutada väiksemaid veenorme, alates 20 m^3-st kuni 400—500 m^3-ni hektari kohta, kuna teiste kastmisviiside korral on tehniliselt raske anda vett alla 400 m^3 hektarile. Vihmutamisel haaravad veepiisad õhust kaasa hapnikku, ammoniaaki jm. ning kannavad need mulda, taimedelt aga pestakse maha tolm ja putukad. Seega saab vihmutamist suurepäraselt kasutada ka kahjurite tõrjeks. Vihmutamist võib kasutada ka pealtväetamisel, muutes selle protsessi efektiivsemaks ja odavamaks. Pärast väetusainetega vihmutamist on vaja umbes viis minutit vihmutada puhta veega, et taimedelt väetist maha pesta.

Kunstliku vihma intensiivsuse ja piiskade läbimõõdu kindlaksmääramiseks on tehtud palju uurimisi. Akadeemik A. V. Kostjakov leiab, et mulla struktuur ja õhustus säilivad vihma intensiivsuse puhul 0,10—0,15 mm minutis ja et mulla suurema veeläbilaskvuse korral on lubatud suurem vihma intensiivsus. Rasketel muldadel on see 0,1—0,2 mm minutis, keskmistel muldadel 0,2—0,3 mm minutis ja kergetel muldadel mitte üle 0,5—0,8 mm minutis. Vihmapiiskade läbimõõt ei tohi, sõltuvalt mulla läbilaskvusest, olla üle 1—2 mm. Mida intensiivsem on vihm ja mida jämedamad on piisad, seda enam halveneb mulla struktuur ja seda enam tihendatakse mulda, seda hõlpsamini moodustub koorik, seda kiiremini tekivad loigud ning algab äravool ja seda madalamalt muld niiskub.

Avamaal kasutatavad lühi- või pikajoalised vihmutusseadmed on: 1) statsionaarsed (paiksed), kui nende asukoht jääb muut-

mata; 2) poolstatsionaarsed, kui muudetakse vihmuti ja osa veetorustiku asukohta; 3) liikuvad, kui vihmutusseade (torustik ja pumbaagregaat) on transporditav ja kastmisvett saadakse mitmest punktist.

Statsionaarseid seadmeid kasutatakse väikestel pindadel, kus kasvatatakse hinnalisi kultuure, mis vajavad sagedast kastmist. Nende ehituskulud on suured, kuid nad on see-eest lihtsad, töökindlad ja neid on hõlpus käsitseda. Nende tööd on võimalik täielikult mehhaniseerida.

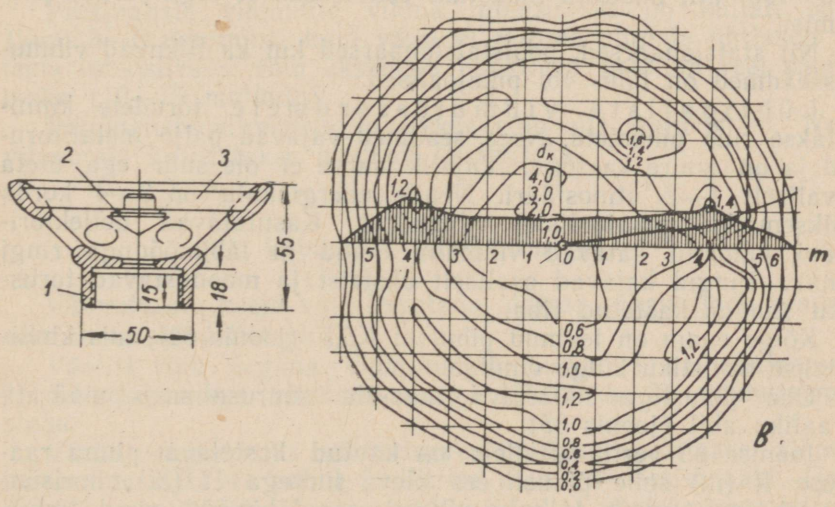
Poolstatsionaarseid vihmutusseadmeid kasutatakse eeskätt suurte avamaa-pindalade kastmisel.

Liikuvaid vihmutusseadmeid kasutatakse samuti peamiselt avamaa-köögiviljanduses, kui põllud asetsevad piki jõge või kanalit, kust saab kastmiseks vett, või nad on mitmes tükis lahus.

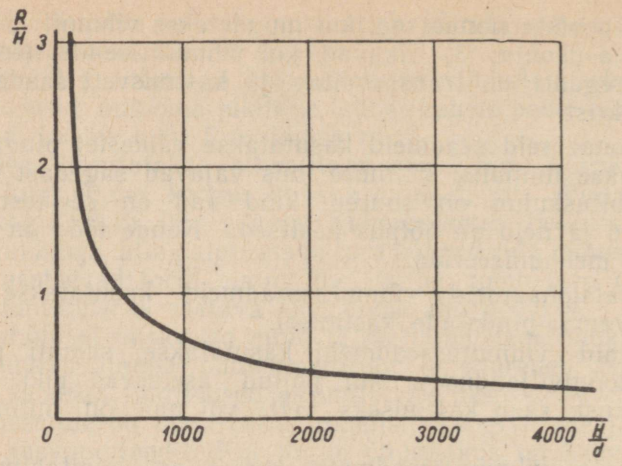
Liikuvate vihmutusseadmete korral on kapitaalmahutused väiksemad kui statsionaarsete seadmete ehitamisel, kuid ekspluatatsioonikulud on suuremad.

Kastmisseadmete energiaallikana kasutatakse sisepõlemis- või (elektrifitseeritud kohtades) elektrimootoreid.

Statsionaarsete ja poolstatsionaarsete vihmutusseadmete magistraaltorud asetsevad maa all, hüdrandid aga maa peal või paigutatakse kaevudesse. Jaotusvõrk valmistatakse kergetest tsingitud või tsinkimata raudtorudest või silumiintorudest (silu-



Joonis 84. Lühijoaline pihusti КДУ:
A — pihusti: 1 — kere, 2 — deflektor, 3 — deflektori kinniti; B — vihma jagunemise graafik.



Joonis 85. Pihusti КДУ tegevusraadiuse sõltuvus pihusti ava läbimõõdust. Maksev, kui: 1) deflektori kaugus pihusti avast on suurem kui pihusti ava läbimõõt või sellega võrdne ja 2) deflektori läbimõõt on 2 korda suurem pihusti avast.

miin — alumiiniumi ja terase sulam), mis asetatakse kergetele torudest valmistatud tugedele.

Kantavad torud ühendatakse kiirühendusmuhvide abil, mille ühendamine ja lahtivõtmine võib toimuda vähem kui 1 minuti vältel. Torude ühenduskohad võimaldavad torustiku asetust 170—190° all, mistõttu maastiku ebatasasus ei sega torude asetamist.

Nii statsionaarsed, poolstatsionaarsed kui ka liikuvad vihmutusseadmed on lühi- või pikajoalised.

Lühijoaliste vihmutusseadmete torudele kinnitatakse rida pihusteid. Need seadmed vajavad palju metalltorusid ja on suure kaaluga. Vajalik surve ei ole suur ega ületa tavaliselt 1—2 atmosfääri. Nende energiakulu on 3—4 korda väiksem kui pikajoalistel vihmutitel. Kasutatavad deflektoritüüpi pihustid katavad vihmana 6—12 m läbimõõduga ringi pinna. Ringid katavad osaliselt üksteist ja moodustavad torustiku suunas kastetud riba.

Kõige enam on levinud pihustid КДУ (joonis 84), mis kinnitatakse torustiku külge vindiga.

Ühe pihustiga kastetava maa-ala suuruse saab määrata graafiku abil (joonis 85).

Joonise 85 vertikaalteljele on kantud kastetava pinna raadiuse R (m) suhe pihusti ees oleva survega H (at), horisontaalteljele — surve H suhe pihusti ava läbimõõduga d (mm). Teades H ja d suurust, saame graafiku abil määrata kastetava pinna raadiuse R. Teisest küljest saab olemasoleva surve tead-

misel valitud kastetava pinna raadiuse R järgi määrata pihusti läbimõõtu.

Teistest pihustitest mainitagu vihmutusmasina ДДА-100 pihusteid ja pilupihusteid. Viimased paiskavad pihustatud vee ühes suunas kuni 16,5 m kaugusele ja vihmutavad 15 m riba. Pilupihusteid on lihtne valmistada.

Käesoleval ajal kasutatakse põllumajanduses lühijoalistest vihmutitest КДУ-41. See koosneb kahest 120 m pikkusest torustikust (tiivast) ja 55 m pikkusest abitorustikust. Torud torustikus on 5 m pikad ja nad ühendatakse üksteisega kiirühendusmuhvide abil. Torude läbimõõt on 102 mm. Iga toru on varustatud jalakestega. Pihustite vahekaugus on 10 m. 12 pihustit pihustavad vett 18 l/sek. Vihma intensiivsus on 0,9 mm minutis. Ühel positsioonil kastab üks tiib 30 mm kastmisnormi puhul 33 minutit. Selle aja jooksul paigutatakse teine tiib ümber. Vajalik surve on 1,5—2 at. Jõudlus on 0,2 ha tunnis. Viimasel ajal on seadet täiendatud ja 1956. a. välja lastud КДУ-55 nime all. Peale kinnitusdetailide on seade valmistatud alumiiniumisulamitest.

Pikajoaliste vihmutusseadmete haardepind on suurem kui lühijoalistel. Selle tõttu vajavad nad vähem torustikku ja nende kaal on kergem. Nad töötavad 3—7-atmosfäärilisel survel, mis tagab vajaliku joapikkuse ja rahuldava piiskadeks pihustumise. Selleks vajavad nad aga suurema võimsusega jõuallikat.

Pikajoalistel vihmutitel on tavaliselt mitu (enamasti kaks) joatoru, mis pöörlevad automaatselt vee survel.

Pikajoaliste vihmutite vihma intensiivsus on küllalt suur (kuni 5—6 mm/min), kuid vihm ei jagune pinnale ühtlaselt ja tema intensiivsus võib üksikutes punktides osutuda veel suuremaks (10—15 mm/min).

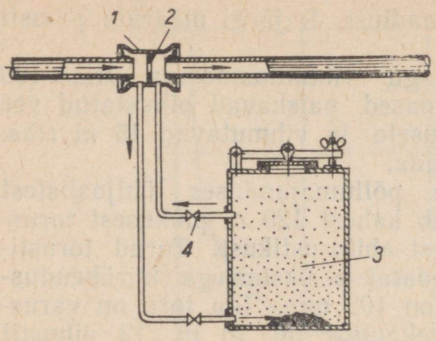
Pikajoaliste vihmutite joapikkus võib olla kuni 90 m. Neid vihmuteid kasutatakse avamaa kastmiseks.

Väetamine vihmutamisega

Vihmutusseadmeid võib kasutada ühtlasi köögiviljade kastmiseks mineraalväetistega.

Väetisi võib segada vihmutusvee hulka: 1) pumbajaamas, 2) survetorustikus, vihmutusseadme läheduses, 3) vihmutusmasinas.

Väetise segamiseks vihmutusvee hulka kasutatakse vihmutusseadme КДУ-41 puhul 50-liitrise mahuga väetisepaaki (joonis 86), mis ühendatakse torustikuga erilise, diafragmaga varustatud muhvi abil. Osa vett läbib paagi, sulatab väetise ja seguneb uuesti vihmutusveega.



Joonis 86. Ins. Solovjovi süsteemi väetisepaak vihmutusseadisele КДУ-41:
1 — ühendusmuhv; 2 — diafragma; 3 — lahustuv väetis; 4 — ventiil.

Paagi täitmiseks väetisega suletakse ventiilid.

Vihmutusmasinate külge monteeritud väetisepaakide puhul kasutatakse dosaatoreid ja mehaanilisi segajaid.

Väetamine koos vihmutamisega annab suurt tööjõu kokkuhoidu.

On katsetatud vihmutusmasinaid kasutada ka taimekahjurite tõrjeks, täiendades selleks neid vastavate seadistega. Kuid mürkkemikaalide kasutamise ja teenindava personali kaitse vahendid ei ole veel täielikult välja töötatud.

Mullaalune niisutamine

Kui kasvuhoone mullas on kuumade, päikesepaisteliste ilmadega vähe niiskust, on pealtkastmisega raske kompenseerida mullaniiskuse puudujääki. Pealtkastmisel muutub õhu relatiivne niiskus kõrgeks, mis näiteks tomati ja baklažaani kasvatamisel on lubamatu. Suures õhuniiskuses kannatavad mõned taimeliigid seen- ja bakterhaiguste all.

Sellistele köögiviljadele loob soodsamad kasvutingimused mullaalune niisutamine. Sel viisil saab mulda hästi niisutada, säilitades suhteliselt madalat õhu relatiivset niiskust.

Mullaalune niisutamine on agrotehniliselt kõige täiuslikum. Selle kastmisviisi korral kandub vesi vahetult taimejuurteni, ka ei teki mullapinnale koorikut.

Mullaaluseks niisutamiseks asetatakse torustik, olenevalt mulla omadusest, 50—200 cm laiuste vahedega tavaliselt 40—50 cm sügavusele. Kahjuks ei levi niiskus torustiku ümbruses ühtlaselt ega tungi mulla ülemiste kihtideni. Madala juurestikuga taimed ei suuda niiskust 40 cm sügavuselt kätte saada. Tihedama sammuga niisutustorustiku paigutamine, mis neid puudusi pehmendaks, läheks kalliks. Vee imbumiskaod osutuvad suureks; vihmutamisel on veekaod seevastu tähtsusetud.

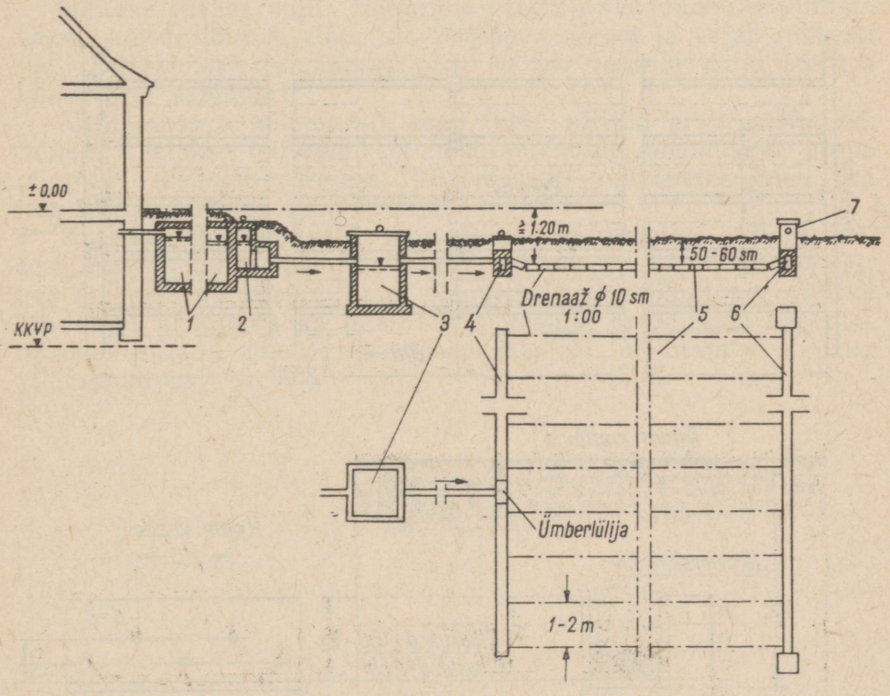
Läti NSV Pure aianduskatsejaam soovitab niisutustorustiku paigutada kõigest 10—20 cm sügavusele, ning saksa aianduinsener G. Vogel 25 cm sügavusele. Käsitsi harimisel ei takista 25 cm sügavusel asetsev torustik töid kuigi palju, seega niisutustorustiku sellist asetust tuleb õigeks pidada.

Veekadude vähendamiseks on püütud kasutada vettpidava

põhjaga niisutustorusid ja lasta vett torustikus voolata surveta. Muld niiskub siis torude pealmise osa kaudu ja kapillaarjõul. Sellise kastmisviisi puhul peab vesi olema puhas, et torustiku poorid ei ummistuks. Mullaaluse niisutuse kulukuse tõttu eelistatakse temale sageli vihmutamist.

Mullaalune niisutamine võib osutuda majanduslikult tasuvaks seal, kus sanitaarinspektsioon lubab niisutamiseks kasutada kanalisatsioonivett.

Joonisel 87 näidatud nn. «kölni roiskvetemenetluse» (1) kohaselt juhitakse majapidamis- ja fekaalveed puhastusseadme kahekambrilisse ossa, millesse ei ole õhu juurdepääsu ja mille vesi läbib 3 päeva jooksul. Neist kambritest saavad tekkivad gaasid väljuda, kuid puudub õhu juurdevool. Järgnevalt läbivad veed $3^1/_2$ päeva jooksul 2 järgmist kambrit, mis on õhustatavad. Siit suubub vesi dosaatori kaudu jaotuskaevu, kust teda võib välja võtta või juhtida mullaalusesse niisutustorustikku. Köögivilja kasvatamisel võib ühe inimese kohta arvestada 50 m^2 niisutatavat pinda. Vajaliku langu saavutamiseks peab hoone

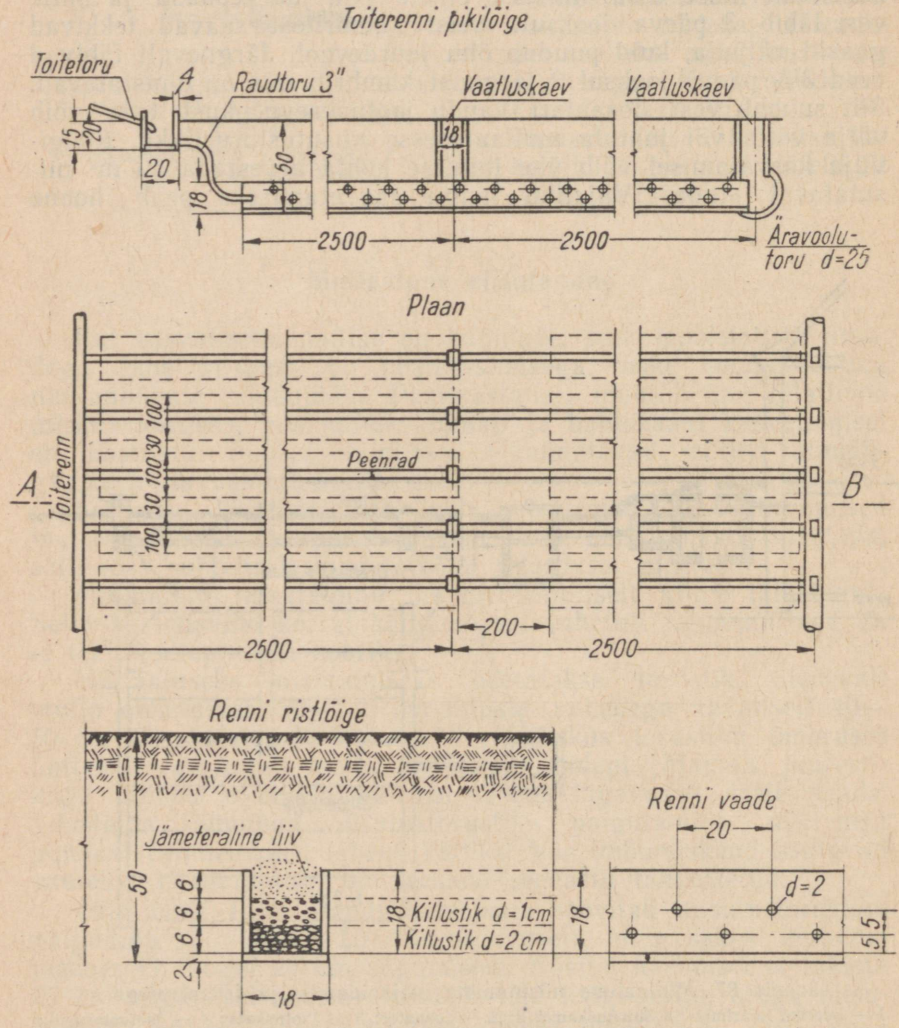


Joonis 87. Mullaalune niisutamine majapidamis- ja fekaalvetega:
1 — septiku käärimis- ja õhustuskambrid; 2 — dosaator; 3 — jaotuskaev; 4 — jaotustorustik; 5 — drenaažitorustik; 6 — kogumistorustik; 7 — õhustussäht; KKVP — kõige kõrgem põhjavee pind.

asuma maa-ala kõrgemas punktis. Kui põhjavesi asub küllalt sügaval (2—4 m), siis niisutussüsteem teda ei kahjusta.

Koos mullaaluse niisutamisega toimub ka väetamine, sest veetarviduse puhul 55 liitrit elaniku kohta ööpäevas sisaldab 1 m³ roiskvett 110 g ammooniumlämmastikku, 75 g kaalit ja 45 g fosforhapet.

Järgnevalt on toodud I. I. Klangi (26) poolt käsitletud mullaaluse niisutamise skeem. Mullaalune niisutussüsteem koosneb toiterennist, filtritest koos vaatluskaevudega ja ülevoolutorust



Joonis 88. Mullaaluse niisutamise skeem.

liigse vee ärajuhtimiseks. Kastmisvesi juhitakse veevarustussüsteemist kolmetollise toru abil toiterenni, kust see satub filtritesse, mis asetsevad mullas 50—75 cm sügavusel. Filter kujutab endast 2 · 18 cm laudadest valmistatud renni. Laudade vahed takutatakse hoolikalt ja kaetakse pigiga ning renn tõrvatakse üle. Renn täidetakse kahe killustikukihiga. Alumise killustikukihi fraktsioonid on läbimõõduga kuni 2,5 · cm, ülemise omad kuni 1,5 cm. Killustikukihid kaetakse jämedateralise liivaga. Liivale asetatakse mullakiht. Mulla paremaks niisutamiseks puuritakse renni külgedesse malelauakorras 25 cm vahedega augud. Filtri töö jälgimiseks tehakse iga 25 m tagant vaatluskaevud.

Suurtel pindaladel võib laudrennid asendada 2 cm paksuse savist alusega ja killustiku-hao drenaažiga.

Mullaalune niisutamine võib toimuda ka poorsete torudega, mis asetatakse 30—40 cm sügavusele. Torude põhi ei tohi olla vett läbilaskev. Torustiku otstesse tuleb teha vaatluskaevud. Mullaaluse niisutussüsteemi töölerakendamine võtab aega ja sõltub mullaliigist. Saviliivmulla täitumine veega vajab kaks korda enam aega kui liivsavimulla täitumine.

Näiteks liivase mulla täitumine veega ja vee jõudmine viimase kaevu juurde toimub alles 15—20 päeva pärast ja vajab rohkesti vett. Edaspidisel ekspluatatsioonil ei ole veekulu palju suurem kui käsitsi kastmisel.

Mullaalusesse niisutussüsteemi tuleb vältida prahi sattumist. Selleks kaetakse toiterenni ja niisutusrennide ühendusava peene tsingitud traadist võrguga. Pikkades kasvuhoonetes tuleb vee juurdevool suunata selle keskelt.

Kurkide kasvunõudeid mullaalune niisutamine ei rahulda, sest nende juurte põhiline mass asetseb mullapinna lähedal; pealegi vajavad kurgid suurt õhuniiskust. Järelikult peab kurke kasvuajal niisutama ka pealt. Eriti kasulik on kurkide kasvatamisel kasutada üheaegselt nii mullaalust niisutamist kui ka vihmutamist.

VII. KASVUHOONETE KONSTRUKTSIOONID JA TÜÜBID

Täiuslikumaks katmikala liigiks on kasvuhooned. Neis saab reguleerida soojust, valgust ja niiskust ning sellega luua taimedele soodsad kasvutingimused. Seega võib kasvuhoonetes aasta ringi kasvatada köögivilja ja teisi kultuure.

Et kasvuhooned vastaksid oma ülesannetele, peavad nad ehitustehniliselt rahuldama kasvatatavate kultuuride vajadusi, võimaldades täita kõiki agrotehnilisi nõudeid ja olema majanduslikult tasuvad.

Kasvuhooned erinevad üksteisest niihästi otstarbe, kasutamisviisi ja -aja, konstruktsiooniliste lahenduste kui ka küttesüsteemide poolest.

Käesoleval ajal on ehitustegevuse eesmärgiks ehitatavate hoonete tüüpide arvu vähendamine, ehitusdetailide standardiseerimine, tööde mehhaniseerimine ja ehitustegevuse industrialiseerimine. Nende põhimõtete rakendamisega katmikalade ehitamisel astutakse praegu esimesi samme.

Et kasvuhoonete ehitamine ei moodusta kuigi suurt osa üldisest ehitustegevusest, siis ei ole siin industriaalmeetodite rakendamisega ja detailide unifitseerimisega nii kaugele jõutud kui tööstushoonete ja elamute ehituses. Kuid seda ala ei ole siiski kahe silma vahele jäetud.

1956. aastal toimus üleliiduline konkurss kiiresti monteeritavate kapitaalsete raudbetoonkonstruktsiooniga kasvuhoonete tüüpprojektide saamiseks. Kuigi konkurss ei andnud oodatud tulemusi, astuti küsimuse lahendamiseks samm edasi. Ühtlasi aga näitas võistlus, et selle küsimuste kompleksi lahendamine on keerukas.

Tuleb märkida püüdlust projekteerida selliseid kasvuhooneid, mis rahuldavad kõige mitmekesisemaid nõudeid ja mille suurus on kohandatav majandi nõuetele.

KASVUHOONETE KONSTRUKTSIOONID

Alusmüürid

Kasvuhoone, ühenduskoridoride ja katlamaja alusmüürid ehitatakse looduslikest kividest, kuiva pinnase puhul lubjamördil

mark 4, niiskete pinnaste puhul segamördil mark 10 või säästbetoonist.

Alusmüüri laius sõltub seina konstruktsioonist. Suuremate avade ja keerukamate konstruktsioonide kasutamisel tuleb alusmüüride mõõtmed arvestada vastavalt konkreetsetele tingimustele.

Alusmüüride rajamise sügavus sõltub pinnase omadustest ja külmumissügavusest ning määratakse НиТУ 127-55 alusel.

Alusmüüride rajamise sügavus (väljavõte tehnilistest tingimustest НиТУ 127-55).

Alusmüüride rajamise sügavus määratakse, arvestades: hoonete ja ehituste ülesannet, ehitusplatsi geoloogilisi ja hüdrogeoloogilisi tingimusi, alusele mõjuvate koormuste suurust ja iseloomu ning pinnase võimalikku paisumist külmumisel.

Kõikidel pinnastel (välja arvatud kaljused pinnased) püstitatavate hoonete välisseinte ja sammaste alusmüüride rajamise sügavus peab olema vähemalt 0,5 m sügavamal planeeritud pinnast.

Arvestuslik külmumissügavus H tuleb määrata valemi järgi

$$H = m_t H^n,$$

kus H^n — normatiivne külmumissügavus; m_t — koefitsient, mis näitab hoone soojusrežiimi mõju pinnase külmumisele välisseinte juures.

Pinnase normatiivne külmumissügavus H^n võetakse võrdseks iga-aastaste maksimaalsete pinnase sesoonse külmumise sügavuste keskmisega ehitusrajoonis lumest paljal, lahtisel pinnal pinnase tegeliku külmumise kohta teostatud pikaajaliste vaatluste andmetel, vaatlusandmete puudumisel aga soojustehniliste arvutuste alusel või vastava skemaatilise kaardi järgi, mille kohaselt Eesti NSV oludes $H^n = 1{,}0$ m. Saviliivade ning peeneteraliste ja tolmjate liivade puhul võetakse normatiivne külmumissügavus koefitsiendiga 1,2.

Koefitsient m_t, mis näitab hoone soojusrežiimi mõju pinnase külmumisele hoone välisseinte juures, võetakse tabeli 42 järgi.

Tabel 42

Hoone soojusrežiimi mõju pinnase külmumisele

Jrk. nr.	Hoone soojusrežiim ja põrandate konstruktsioon	Koefitsient m_t
1.	Regulaarselt köetav hoone õhu arvestustemperatuuriga ruumis mitte alla 10°:	
	a) pinnasele paigaldatud põrandad	0,7
	b) põrandad pinnasele paigaldatud laagidel	0,8
	c) põrandad taladel	0,9
2.	Muud hooned	1,0

Märkus. Pinnase külmumise sügavus külmutushoonetes määratakse eriarvutuste alusel.

Pinnase paisumise vältimiseks tuleb ehitusplats hoolikalt planeerida, piirata kraavidega, kaevata kraavid ja rennid pinnavete ärajuhtimiseks ning rajada tarbe korral sügavad dreenid.

Alusmüüride rajamise sügavuse ja mõõtmete määramiseks on vaja uurida pinnast, et kindlaks teha selle omadused, põhjavee seis, külmumispiir jne. Halbade pinnasetingimuste puhul tuleb mõningad pinnase omadused kindlaks teha laboratoorsel teel.

Märgade, vett kinnipidavate pinnaste puhul tuleb välisseinte alusmüürid rajada 10 cm sügavamale külmumispiirist. Siseseinte alusmüüride rajamisel peab silmas pidama, kas ruume talvel köetakse või mitte.

Alusmüüri mahu vähendamiseks võib kaeviku alumise osa täita kruusa või jämedateralise liivaga, mis moodustab «padja». Kruus või jäme liiv asetatakse kohale 15—20 cm paksuste kihtidena, niisutatakse ja tambitakse kinni. Alusmüüri minimaalseks kõrguseks jääb ka sellise konstruktsiooni puhul 50 cm.

Kui maapind on kallak, siis tuleb üleminekud ühelt rajamissügavuselt teisele teha mitte üle 50 cm kõrguste astmetena, mille pikkus ei ole alla 1 m.

Raudbetoon- või betoonsoklite ehitamisel kui ka mõne teise seinakonstruktsiooni puhul võib osutuda ökonoomseks post-alusmüüride kasutamine.

Hüdroisolatsiooniks võõbatakse alusmüür pealt bituumeniga, mille järel alusmüürile laotakse kaks kihti tõrvapappi; iga tõrvapapikiht kaetakse pealt samuti bituumeniga.

Sokkel, seinad, katus ja põrandad

Seinad sokli osas müüritakse silikaat- või savitellistest tavaliselt 38 cm paksused segamördil mark 10 ja vuugitakse väljastpoolt. Seinu võib ehitada ka looduslikust kivist või mõnest teisest käepärast olevast materjalist, kusjuures seina paksus sõltub valitud materjalist, kõrgus aga kasvuhoone tüübist. Lavatitega kasvuhoones ulatub sein tavaliselt 75—85 cm üle alusmüüri, kultuuride kasvatamise puhul maapinnal — 30 cm. Monteeritavate betoon- ja raudbetoonkonstruktsioonide kasutuselevõtmine annab laialdasi võimalusi uute konstruktsioonide loomiseks.

Kasvuhoonete soklipealne osa ja katuse kandekonstruktsioonid ehitatakse kas puidust, metallist või raudbetoonist. Aknaraamid koos piitadega valmistatakse samadest materjalidest ja monteeritakse sageli kohale blokkidena. Sealjuures kasutatakse raudbetoonist kandekonstruktsioonide puhul tihti metallkonstruktsiooniga aknaid.

Katus klaasitakse kas puit-, metall- või raudbetoonprossidel. Erilise hoolega tuleb ehitada katuses asuvad õhustusaknad, et nad oleksid tihedad ning ei laseks läbi vett ega tuult.

Kui kasvuhoonesse on vaja vankriga sisse sõita, siis peab uste laius olema vähemalt 1,5 ja kõrgus 2,0 m.

Kasvuhoonete ja ühenduskäikude põrandad kaetakse kruusaga ja tambitakse tasaseks.

Kui käigutee alla paigutatakse õhuküttе, küttetorustiku või muud kanalid, siis moodustavad kanali katteplaadid käigutee. Katlamajja ja sanitaarsõlmedesse ehitatakse tavaliselt betoonpõrandad, töötajate riietusruumidesse jms. aga puitpõrandad.

Kui kasvuhoonega on ühendatud veel teised ruumid, siis valitakse ehitusmaterjalid ja konstruktsioonid kohalike ehitusmaterjalide baasist lähtudes.

Lavatid, peenrad ja käiguteed

Lavatid valmistatakse kas betoonist, eterniidist või puidust. Uuemates projektides esineb monteeritavatest raudbetoondetailidest lavateid. Eesti NSV-s ehitatakse praegu enamik lavateid puidust, toetatult nurkrauast või torudest raamistikule. Raamistiku poste kasutatakse ühtlasi ka katuse toetamiseks. Puitmaterjali asemel võib lavatite ehitamiseks edukalt kasutada eterniiti, sest et ta ei kõdune. Laineline eterniit on nii tugev, et kannab inimest. Lainelisest eterniidist lavati põhja on soovitav betooniga tasandada. Betoonlavatite kasutamisel ei tohi unustada aukude tegemist lavati põhja.

Istikute kasvatamiseks ja roheliste kultuuride ajatamiseks kasutatavate lavatite laiuseks on 2 m (mõnes kohas kasutatakse ka kuni 2,2 m laiusi lavateid), kui lavatile pääseb juurde kahelt poolt. Sellise laiuse korral saab vabalt töötada kogu lavati ulatuses, kusjuures keskpaigale pääseb ligi mõlemalt poolt. Laiemate lavatite puhul on taimede hooldamine raskendatud.

I. I. Kitajev ja S. I. Kitajev soovitavad oma raamatus (25) kasutada 75—80 cm laiusi lavateid. Sel puhul täidetakse istikute kasvatamise perioodil iga kahe kõrvuti seisva lavati vaheline läbikäik pikeerimiskastidega, mille pikkus peab olema 2—3 cm väiksem läbikäigu laiusest. Pikeerimiskastidesse asetatakse toitekuubikud istikutega. Kastid toetuvad lavati servadesse jäetavatele väljaastetele. Pikeerimiskastide kasutamine võimaldab istikute individuaalset hooldamist, kusjuures kurgiistikute kärpimisel, mulla juurdepuistamisel või tomatite külgvõrsete kõrvaldamisel liigutakse mööda läbikäiku edasi, asetades pikeerimiskaste ükshaaval eest taha. Selliseid töid, nagu kastmine, on kerge teostada vabadelt käikudelt isegi siis, kui lavati laiuseks võtta 2,5—2,6 m.

Roheliste kultuuride ajatamisel tuleb käiguteed katta laudade või betoonplaatidega ja puistata neile mulda, moodustades seega laia lavati.

Vanades madalates kasvuhoonetes, kus taimed kasvavad kallakpinnalistel spaleeridel, kasutatakse 75 cm laiusi lavateid ja 60 cm laiusi käiguteid. Nendes kasvuhoonetes kujuneb paarislavati laiuseks 0,75+0,60+0,75=2,10 m.

Viimasel ajal ehitatavates külgvalgustusega kõrgetes kasvuhoonetes, kus on võimalik taimede kasvatamine spaleeridel, ehitatakse lavatid 80—90 cm ja käiguteed 70 cm laiused. Siis kujuneb paarislavati laiuseks 0,8—0,9 + 0,7 + 0,8—0,9 = 2,3—2,5 m.

Lavati kõrgus koos servaga maapinnalt ei tohi olla rohkem kui 80 cm, sest kõrge lavati puhul on taimede hooldamine raskendatud. Lavati alust ei saa kasutada sinna paigutatava küttetorustiku tõttu.

Niihästi lavatitega kui ka maapinna-kasvuhooned peavad võimaldama taimede õiget paigutust vastavalt agrotehnikale.

Kasvuhoonetes kasvatatavate köögiviljade hulgas on tomatid ja kurgid mitte ainult peamised, vaid ka keerukat hooldamist vajavad kultuurid. Seepärast arvestatakse maapinna-kasvuhoonetes peenarde ja nendevaheliste käikude moodustamisel esmajärjekorras nende kahe kultuuri nõudeid.

Meie kaasaegne kurkide kasvatamise agrotehnika on rajatud spaleerimeetodile. Spaleere on võimalik paigutada kas ühesuuruste vahedega ridadena või ribadena — kaks rida taimi igas ribas. Sel juhul teenindatakse ühelt teerajalt kahte taimede rida — ühte rida kummalgi pool teerada. Teeradade laius on 0,8 m.

Kõik tööprotsessid maapinna-kasvuhoonetes võib jaotada kahte liiki. Ühe neist moodustavad laiemaid teeradasid vajavad tööd, nagu kastmine, muldade juurdetoimetamine ja väetamine. Teise liigi moodustavad tööd, mida saab teostada kitsamalt teerajalt, nagu vilja koristamine ja taimede kujundamine. Et kasvuhoone pinda võimalikult paremini ära kasutada, võib käikude laius olla erinev: laiemad teed võivad olla 0,9—1,0 m ja kitsamad 0,6—0,7 m laiused. Sel juhul tuleb kitsamad ja laiemad teed tingimata paigutada vaheldumisi.

Laiad läbikäigud on alalised ja sageli ei kasutata neid isegi rohelise köögivilja ajatamiseks.

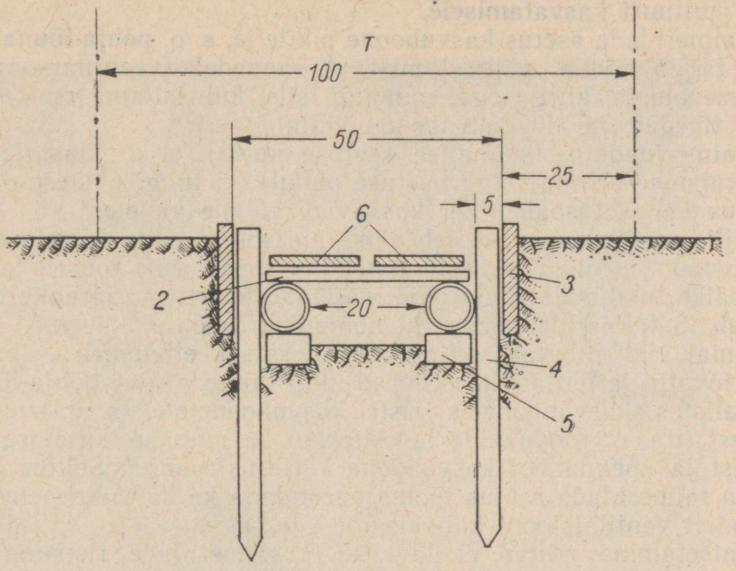
Alalised käiguteed piiratakse kasvuhoonetes maapinna parema ärakasutamise huvides äärisega (joonised 89 ja 90). Kui küttetorustik paigutatakse teede äärde, siis äärised vähendavad mulla ülekuumenemist peenarde servades.

Maapinna-kasvuhoone kasulik pind jaotatakse kasvuhoone pikisuunas laiadeks peenardeks. Kui näiteks võtta taimeridade vahekauguseks ribas 0,6 m ja ribade vahel 0,8—1,0 m, kujuneb peenra laiuseks 2,6 m.

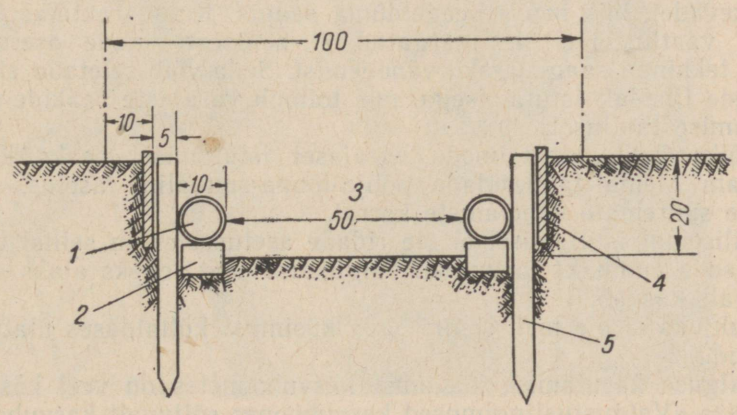
Antud vahekauguste muutmisel tuleb silmas pidada, et on soovitatav suurendada ridadevahelisi vahekaugusi, taimi ridades aga tihendada, millega paranevad taimede valgustustingimused.

Arvestades seda, et maapinna-kasvuhoonetes kasvatatakse mitmesuguseid kultuure, mis nõuavad erinevaid taimede paigutamise viise, on soovitatav maapinna-kasvuhoonetes üldse mitte rajada alalisi peenraid ääriste ja teedega.

Vajalikke läbikäiguteid on seesuguse lahenduse puhul kõige



Joonis 89. Maapinna-kasvuhoone alalise käigutee skeem:
1 — vahekaugus istutatud taimede vahel; 2 — torude peale iga 1 m tagant paigaldatav laud 2,5×10 cm); 3 — lauad (2,5×18—20 cm); 4 — latt (5×5 cm); 5 — toru tugi tellistest; 6 — laudadest (2,5 cm) tee.



Joonis 90. Maapinna-kasvuhoone käigutee äärise skeem:
1 — küttetorud (d = 10 cm); 2 — toru tugi tellistest; 3 — käigutee laiuse puhul torude vahel 50 cm ja enam, neile laudise paigaldamine pole vajalik; 4 — lauad (2,5×18—20 cm); 5 — latt (5 × 5 cm).

lihtsam kujundada niiviisi, et teede kohtades eemaldatakse mulda 6—8 cm sügavuselt ja visatakse kahele poole peenrale.

Teed likvideeritakse siis, kui mulda haritakse ja minnakse üle teise kultuuri kasvatamisele.

Taimeridade asetus kasvuhoone pikitelje, s. o. põhja-lõuna suunas tagab nende valgustamist varakevadel (veebruar—aprill) päikese otsese kiirgusega, muidugi siis, kui istikud reas ei ole liiga tihedalt ja ridade vahe on küllaldane.

Taimeridade ristsuunalise asetuse korral, s. o. idast läände (kasvuhoone eelnimetatud asetuse puhul), ei tungi päikese otsene kiirgus kevadel spaleeridel kasvavate ridade vahele.

Hilisematel kuudel tõuseb päike horisondil palju kõrgemale ja valgustab ka ridade vahesid paremini. Peale selle tõuseb ja loojub päike tunduvalt põhja pool ida-lääne joonest ja järelikult valgustab ta taimeridade vahesid hommikul ja õhtul kauem.

Omal ajal nihutati esile V. V. Adoratski ettepanek — paigutada lavatid ja ühtlasi ka peenrad ning taimede read põhja-lõuna-suunalistes kasvuhoonetes risti kasvuhoonetele, s. o. suunaga läänest itta, et soodustada lavatite kui ka pinnase küttetorustiku asetust ja ühendamist kasvuhoone küttesüsteemiga. Selline lavatite ja taimeridade asetus tõotas parandada ka kasvuhoonete ristsuunalist ventilatsiooni küljeakende kaudu.

Katsetamine näitas, et lavatite ja taimeridade ristsuunaline asetus muudab soodsamaks taimede hooldamise tingimused. Lühemate ridade tõttu kergenevad taimede kastmine, kasvuaegne väetamine ja mulla juurdepuistamine. Mis puutub ventilatsioonisse, siis ei parane see tihedalt istutatud ja kõrgete, spaleeridele tõstetud taimede tõttu kuigi suurel määral.

Taimeridade ristsuunalise asetuse puuduseks peetakse spaleeridel kasvatatavate kultuuride valgustustingimuste halvenemist varakevadel, mis peaks peegelduma saagis. Kuid praktikas teostatud vaatlustel ei ole märgatud, et sellisest ridade asetusest oleks tekkinud saagi järsku vähenemist. Seda võib seletada ainult taimede tihedalt istutamisega, mis toimub varajaste saakide suurendamise taotlusel.

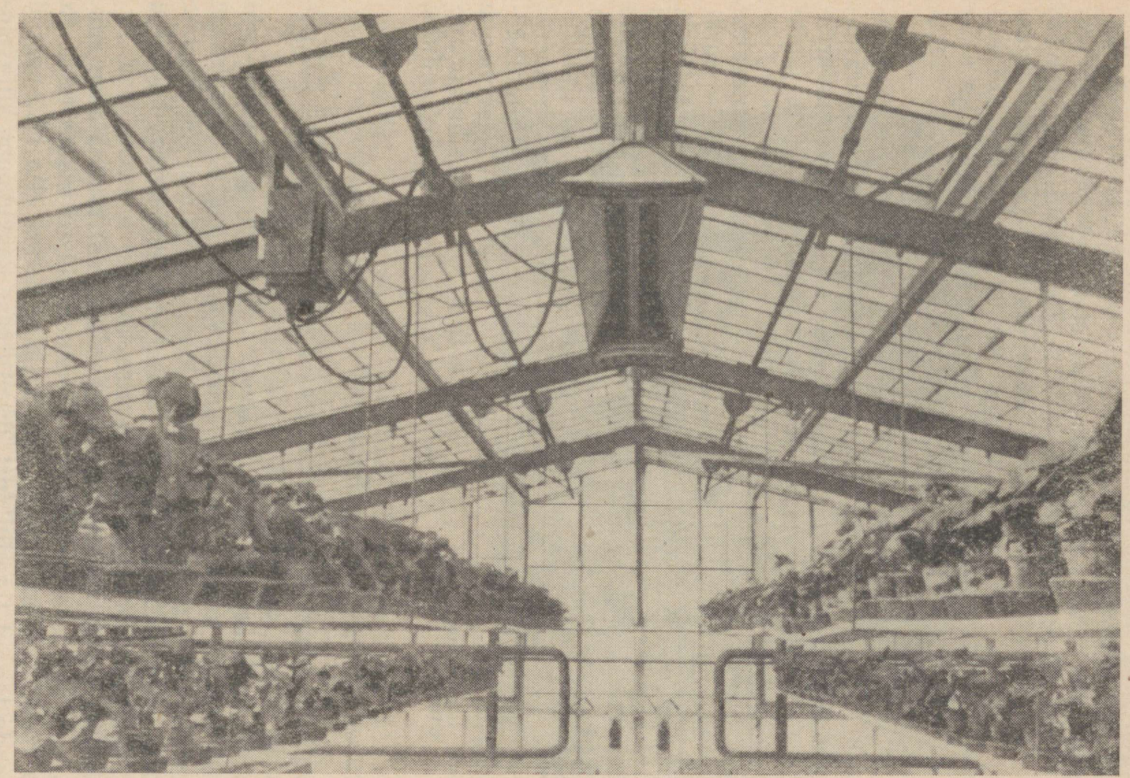
Võiks öelda, et taimede varajasel istutamisel peaks kõige sobivam olema taimeridade põhja-lõuna-suunaline asetus, eriti ridade suuremate vahelaiuste korral.

Hilisemal istutamisel ei ole ridade asetusel enam sellist tähtsust, seda enam, et loomuliku valgustuse aeg selleks ajaks märgatavalt kasvab.

Kahjuks ei ole meil senini seda küsimust küllaldases ulatuses uuritud.

Valguse kasutamise küsimust kasvuhoonetes on veel käsitletud osas «Valgustustingimused kasvuhoones sõltuvalt kasvuhoone asetusest ja kujust».

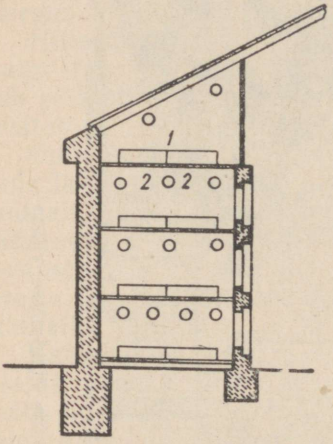
Mis puutub soodsamatesse töötingimustesse, mida loob lavatite ja taimede ristsuunaline asetus kasvuhoonetes, siis võib seda



Joonis 91. Riiulite riputamise viise.

saavutada ka nende pikisuunalise asetuse puhul. Selleks on vaja luua lavatitega kasvuhoonete keskele täiendav ristkäik, maapinnakasvuhoonetes aga jätta ajutised ristteed. Selle-eest aga jäävad ridade ristiasetuse puhul ära kasvuhoonetes piki külgseinu kulgevad käigud ning muutub võimatuks seinaäärsete küttekehade jälgimine ja teenindamine.

Kasvuhoone täielikumat ärakasutamist talvel võimaldab rippuvate riiulite kasutamine (joonis 91). Rippuvaid riiuleid võib teha nurkraudraami ja 5 mm klaaspõhjaga. Kui klaasi servad ära kittida, siis nad ei tilgu. Lavatite puitpõhjale tuleb eelistada kas klaas- või eterniitpõhja.



Joonis 92. Lillesibulate ajatamise seade.
1 — kastid lillesibulatega; 2 — küttetorud.

Kasvuhoones on võimalik ajatada ka lillesibulaid. Selleks eraldatakse see osa kasvuhoonest müüritise ja klaasvaheseinaga ning jaotatakse (kohastikku asetsevateks) riiuliteks. Küttetorustik riputatakse nurkrauast talakeste külge ja nurkraudadele pingutatakse traatvõrk, millele paigutatakse kastid istutatud sibulatega (joonis 92). Kui sibulad on küllaldaselt juurdunud, istutatakse nad ümber pottidesse. Sibulaid tuleb hoida pidevalt 20°-ses temperatuuris. Sibulate ajatamine toimub tavaliselt vaid talvel, kui kasvuhoone on vähe koormatud. Lillesibulate ajatamine on tasuv suurtes majandites.

Spaleerid

Tavaliselt seotakse kasvuhoonetes kasvavad peamised kultuurid (kurk, tomat) spaleeride (võrestiku) külge.

Spaleeride külge seotud ja täiesti väljaarenenud kurgi- või tomatitaimed on küllalt rasked, moodustades suure kasvuhoone kohta kokku mitu tonni haljasmassi. Seepärast tuleb kasvuhoone konstruktsiooni projekteerimisel arvestada spaleeride kaalu ja ette näha spaleeritraatide kinnitamise kohad.

Tavalise, ridade pikisuunalise asetuse korral tõmmatakse spaleeritraadid iga taimerea kohal kasvuhoone ühest otsast teise. Et vältida traatide allavajumist, tõmmatakse nende alla risti teatud vahemaade tagant traadid, mis kinnitatakse kasvuhoone külgseintele või katusekandjatele. Need risti tõmmatud traadid peavad olema märksa tugevamad kui pikitraadid, sest nendele langev koormus kujuneb suureks. Piki- ja risttraadid moodustavad sõres-

tiku, mis asetseb vähemalt 2 m kõrgusel peenardest. Pikitraate kasutatakse spaleeride kinnitamiseks.

Et taimeridade vahed sõltuvad kasvatatavatest kultuuridest ja isegi sortidest, peab olema võimalus pikitraatide kõrvalenihutamiseks. Piki- ja risttraadid on soovitatav ühendada väikeste rõngastega. Rõngaste arv peab vastama risttraatide arvule või olema pisut suurem (tagavara). Risttraadid tuleb siduda rõngaste külge umbselt. Võib toime tulla ka ilma rõngasteta. Sel juhul kinnitatakse pikitraadid risttraatide külge lülide kaupa, mis ühenda-

Joonis 93. Kurkide spaleer perloonist.

vad kahte kõrvuti seisvat risttraati. Seejuures keeratakse pikitraadi lüliotsad tagasi nii, et kummagi lüli ots moodustaks risttraadi ümber aasa. Traatsõrestik tuleb pingule tõmmata, et ta alla ei vajuks.

Saksa Demokraatlikus Vabariigis kasutatakse perloonspaleere. Need võimaldavad tööjõu ja traadi kokkuhoidu. Perloon ei roosteta ja on kestev, seega ökonoomne.

Joonisel 93 on toodud kurkide spaleer. Kurk vajab vaid üks kord spaleeri külge kinnitamist, sest võrgu ruudud on 15×15 cm.

50 m pikkuse perloonspaleeri kohaleasetamine vajab 60—70 minutit. Mahavõtmisel tuleb perloonspaleer hoolikalt rulli keerata, et seda järgmisel aastal uuesti kasutada.

VARJU ARVUTAMINE

Kasvuhoonete esimeseks ja peamiseks nõudeks on see, et nad oleksid maksimaalselt valgust läbilaskvad. Et sellelt seisukohalt ühte kasvuhoonet teisega võrrelda, on vaja aluseks võtta mingi

tinglik kriteerium, mis võimaldab määrata katuse konstruktsiooni ja seinte poolt heidetavat varju. Selleks kriteeriumiks on varjutamise koefitsient.

Varjutamise koefitsiendiks võetakse keskmine varju pind ühele katmikala ruutmeetrile kella 12.00 ajal.

Varjutamise koefitsiendi keskmine suurus määratakse oktoobris, novembris, detsembris, jaanuaris, veebruaris ja märtsis kella 12.00 ajal esineva varju aritmeetilise keskmisena. Tõelise varju suuruse arvutamine on küllalt keerukas ülesanne. Seepärast soovitab ins. J. H. Mailis (41) varjutamise koefitsiendi määramiseks kasutada järgmist empiirilist valemit:

$$W = \varphi F,$$

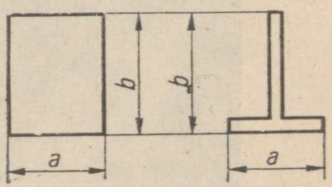
kus φ — koefitsient, mis sõltub kandekonstruktsioonide ristlõike mõõtmetest ja kujust;

F — vari, kõikide katmikala 1 m² peal olevate konstruktsioonide horisontaalprojektsioon.

Koefitsient φ võetakse ümmarguse ristlõike puhul võrdseks ühega. Varjutamise koefitsiendi seisukohalt on ümmargune ristlõige sobivaim konstruktsiooni ristlõike kuju.

Täisnurkse ja teistsuguse ristlõike puhul, millel on väljaastuvaid osi, võrdub koefitsient φ ühega, kui $a=b$; $\varphi=1{,}5$, kui $a>\frac{1}{2}b$; $\varphi=2$, kui $a>\frac{1}{3}b$ (joonis 94).

Kandekonstruktsioone, kus $a<\frac{1}{3}b$, tuleb pidada ebaratsionaalseks. Arvestades katuse väikest kaalu, kujunevad ristlõiked väikeseks ja klaaskatuse konstruktsioon ei rahulda jäikusnõudeid.



Joonis 94. Kasvuhoone kandekonstruktsiooni ristlõikeid.

Varju määramisel tuleb arvutada kogu varju pind (S) kasvuhoone laiuse (B) ja pikkuse (L) põhiliste kandekonstruktsioonide vahel. Jagades varju pinna (S) pinnaga $B \cdot L$, mille kohta varju pind on arvutatud, saame varju F.

Suuruse S arvutamisel võetakse arvesse kõik varju andvad konstruktsioonielemendid (prussid, talad, raamid jne.) ja nende koefitsiendid.

Kui kaks konstruktsioonielementi asuvad kohakuti, siis tuleb varju F arvutamisel arvesse võtta suuremat varju heitev konstruktsioon. Sõrestikkude kasutamisel arvutatakse samal põhimõttel.

Valgustuse suurest mõjust saakidele räägivad Kiievi kasvuhoonete kombinaadi tähelepanekud. Nende andmetel vähendab 1% enamvarju 2% saaki. Siit tuleneb ülesanne: ehitada kasvuhoonete seinte- ja katusekonstruktsioonid minimaalsete mõõtmetega ning paigutada kütte- ja kastmistorud nii, et nad võimalikult vähe varjutaksid. Sama eesmärki taotleb lahendus, kus kasvuhoone metalltorudest kandekonstruktsioone kasutatakse ühtlasi küttekehadena.

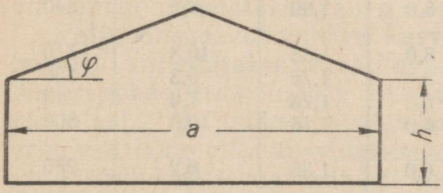
KASVUHOONETE PROJEKTEERIMISE SOOJUSTEHNILISED KAALUTLUSED

Et köögiviljade kasvatamisel katmikalal langeb ekspluatatsioonikuludest küttele 40—50%, tuleb kasvuhooned projekteerida niiviisi, et soojuse kadu kasvuhoone inventarpinna 1 m² kohta oleks minimaalne.

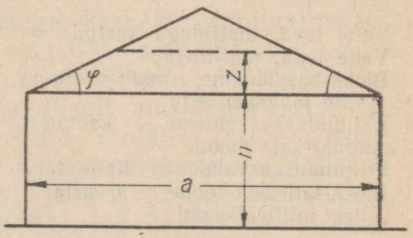
Soojuse kadu on seda väiksem, mida vähem tarindi pinda (katust ja seinu) tuleb kasvuhoone inventarpinna 1 m² kohta. Seda suhet käsitles esmakordselt insener V. V. Adoratski (41), nimetades seda tarinduskoefitsiendiks.

Vabalt asetseva, joonisel 95 kujutatud ristlõikega kasvuhoone puhul määratakse tarinduskoefitsient valemiga

$$\alpha = \frac{2h}{b} + \frac{2h}{a} + \frac{1}{\cos\varphi} + \frac{a\,\mathrm{tg}\varphi}{2b}.$$



Joonis 95. Kasvuhoone ristlõige (I variant).



Joonis 96. Kasvuhoone ristlõige (II variant).

Kui kasvuhooned on ühendatud koridoriga, siis viimaste kaudu kasvuhoonete jahutamist ei toimu ja valem kujuneb järgmiseks:

$$\alpha = \frac{h}{b} + \frac{2h}{a} + \frac{1}{\cos\varphi} + \frac{a\,\mathrm{tg}\varphi}{2b}.$$

Kui koridori kõrgus on madalam kasvuhoone harja kõrgusest, kuid kõrgem Z võrra kasvuhoone bloki kõrgusest (joonis 96), kujuneb valem järgmiseks:

$$\alpha = \frac{h}{b} + \frac{2h}{a} + \frac{1}{\cos\varphi} + \frac{a\,\mathrm{tg}\varphi}{4b} + \frac{\left(\frac{a}{2}\,\mathrm{tg}\varphi - Z\right)^2}{ab\,\mathrm{tg}\varphi}.$$

Valemitest nähtub, et tarinduskoefitsiendile avaldab mõju katuse kaldenurk φ.

Angaari tüüpi kasvuhoonetel kõigub koefitsient α 1,25—1,35 piirides.

Kasulikuma tarinduskoefitsiendi leidmiseks võib kasutada katsetamismeetodit. Arvutuste vähendamiseks võib kasvuhoone laiuseks võtta esialgu $^1/_4$b kuni $^1/_5$b, kus b on kasvuhoone pikkus.

Sõltuvalt kasvuhoone laiusest on 50 m pikkuse kasvuhoone tarinduskoefitsient järgmine:

kasvuhoone laius (a) meetrites	5,0	7,5	10,0	15,0	20,0
tarinduskoefitsient α	1,62	1,50	1,46	1,42	1,41

Lähtudes kütte kokkuhoiust on mitmesuguste konstruktsioonide võrdlus toodud tabelis 43.

Tabel 43

Katmikala nimetus	Soojuskadude koefitsient K	Tarinduskoefitsient α	K_1 — soojuskadude koefitsient inventarpinna 1 m² kohta	Protsentides
Vene lava, mattidega kaetud	3,5	1,00	3,5	100
Vene lava, mattideta	8,0	1,00	8,0	240
Blokk-kasvuhoone, mahavõetavate lavaakendega	8,0	1,35	10,8	310
Paljunduskasvuhoone, kaetud	3,0	1,76	5,3	150
Angaar-kasvuhoone	6,0	1,23	7,4	210
Paljunduskasvuhoone, katmata	6,0	1,76	10,6	300
Blokk-talikasvuhoone, arvestades infiltratsiooni	6,0	1,35	8,2	230

Projekteerija ülesandeks on optimaalsete mõõtmetega kasvuhoonetele projekteerida kerged, minimaalselt varjutavad ja minimaalselt ehitusmaterjale ning tööjõudu vajavad konstruktsioonid.

KASVUHOONETE TÜÜBID

Praegusel ajal jagunevad kasvuhooned paljundus- ehk istikute kasvuhooneteks ja köögivilja kasvatamise kasvuhooneteks. Esimesi kasutatakse peamiselt istikute kasvatamiseks, teisi selleks, et kasvatada köögivilja aasta läbi, sõltumata välisõhu temperatuurist. Kasvuhooned tuleb ehitada sellistena, et nad looksid kõik eeldused taimede jõudsaks arenemiseks. Selleks tuleb taimedele kasvuhoonetes luua optimaalne soojus-, niiskus- ja valgusrežiim.

Ehitustegevuse õige suunamise, ehitusmaterjalide otstarbeka kasutamise ja ajakohaste kasvuhoonete püstitamise eesmärgil on projekteerimisorganisatsioonides viimasel ajal koostatud rida tüüpprojekte, mille alusel kasvuhooneid kolhoosides ja sovhoosides ehitataksegi. Köögiviljakasvatuse ulatus laieneb pidevalt. Sellega tegeleb kutselise kaadri kõrval palju asjaarmastajaid. Seetõttu ehitatakse suurte kasvuhoonete kõrval ka väikesi individuaalkasvuhooneid koduste vahendite abil.

Kasvuhoonete ehitamiseks kulutatavate ehitusmaterjalide

kogust saab vähendada, kui vähendada kasvuhoonete seinte pinda kasvuhoone kasuliku pinna ühiku kohta. See toimub kasvuhoone laiuse ja pikkuse suurendamise teel. Kuid ka siin on piirid. Laiade kasvuhoonete katusekonstruktsioonid muutuvad raskeks. Pikkades kasvuhoonetes on raske hoida ühtlast temperatuuri ja neis väheneb ventilatsiooni efektiivsus.

Konstruktsioonilt jagunevad kasvuhooned kolme liiki: ühepoolseteks, kahepoolseteks ja blokk-kasvuhooneteks. Vastavalt taimede kasvatamise viisile on kasvuhooned kas lavatitega või ilma, nn. maapinna- ehk kruntkasvuhooned. Sõltuvalt kasutamisajast jagunevad kasvuhooned köetavateks ehk talikasvuhooneteks ja külm- ehk kevadkasvuhooneteks. Viimaste jaoks kasutatakse sageli lavaaknaid (lavaaknaid võib kasutada järgemööda teiste kultuuride katmiseks) või täiesti lahtikäivaid katuseid.

Üle 10 m laiuse kahepoolse katusega, keskelt toestamata kasvuhooneid nimetatakse angaarkasvuhooneteks.

Paljunduskasvuhoonetes kasvatatakse istikuid. Need kasvuhooned varustatakse lavatitega. Tavaliselt moodustab paljunduskasvuhoonete pindala 10—15% kogu majandi klaasialusest pindalast. Paljunduskasvuhoonete õhutemperatuur ja -niiskus erinevad köögivilja-kasvuhoonete õhu- ja niiskusrežiimist. Köögivilja võib kasvatada niihästi maapinnal kui ka lavatitel. Vahe seisab küttesüsteemis. Lavatitega kasvuhoonetes hoitakse temperatuur 2° võrra kõrgemal kui maapinna-kasvuhoonetes. Maapinna-kasvuhoonetes soojendatakse maapinda vee- või aurutorude abil. Neis kasvuhoonetes saab pinda paremini ära kasutada, sest käikudeks kulub vähem ruumi.

Lavatitega kasvuhooned on kallimad kui maapinna-kasvuhooned, sest lavatite ehitamine tõstab kasvuhoone hinda. Ka tuleb lavatitega kasvuhoonetes sokkel ehitada kõrgem — 70 cm kõrgune. Maapinna-kasvuhoonetes on sokli kõrgus 30—50 cm.

Köetavad ja külmkasvuhooned

Köetavates ehk talikasvuhoonetes hakatakse köögiviljataimi kasvatama talvel külmal ajal ja selleks peab kasvuhooneid kütma. Seepärast nimetataksegi talikasvuhooneid köetavateks kasvuhooneteks. Külm- ehk kevadkasvuhooned on peamiselt ilma küttesüsteemita ning nad võetakse kasutusele juba soojemal perioodil — kevadel — ja seepärast nimetataksegi neid ka kütteta kasvuhooneteks.

Köetavates kasvuhoonetes kasvatatakse istikuid külmkasvuhoonete jaoks ja köögivilja. Külmkasvuhoonetes kasvatatakse peamiselt varajast köögivilja (kurki, tomatit jt.), kuid mõningal määral ka istikuid avamaa jaoks.

Köetavaid kasvuhooneid kasutatakse pimedatel talvekuudel — detsembris ja jaanuaris — sibula, peterselli ja selleri ajatamiseks. Kurke ja tomateid kasvatatakse käesoleval ajal talvekuudel vähe, sest ilma kunstliku valgustuseta on nende saak väike ning kui ei ole odavat kütet ja elektrienergiat, kujuneb nende omahind kõrgeks.

Ajatamiskultuuridele järgnevad kasvuhoonetes seemnest külvatavad rohelised kultuurid — redis, salatid jt. Viimaseid kasvatatakse ka vahekultuuridena (tihendajaina) põhikultuuride (kurgi, tomati) reavahedes ja lavatite äärtel. Rohelised kultuurid külvatakse või istutatakse enne põhikultuuri. Roheliste vahekultuuride kasvuaeg on lühike ja nad koristatakse enne, kui põhikultuurid välja kasvavad ja kogu mullapinna katavad.

Külmkasvuhooneid saab kergesti üle viia tehnilisele küttele, sest katlamajadel on kevadel ja sügisel vaba võimsust. Kui külmkasvuhoonete pind on suur, võib suurendada katlamaja katelde küttepinda või täiendava küttena kasutada õhukütet, millele meie oludes on senini veel liiga vähe tähelepanu pööratud.

Kasvuhoonetes on suur tähtsus külmunud pinnase kiirel sulamisel. Peetakse soovitavaks, et bioküttega ja kütteta kasvuhooned omaksid avariikütet. See võimaldab neid 2—3 nädalat varem tööle rakendada ja külma vastu kaitsta.

Külmkasvuhoonete kütmisel osutub otstarbekaks õhu- või aurukütte kasutamine, mis on lihtsad, vajavad vähem küttepinda ning on ehituselt ja ekspluatatsioonilt odavamad vesiküttest.

Lavatitega ja maapinna-kasvuhooned

Varemalt kasvatati köögivilja köetavates kasvuhoonetes ainult lavatitel. Maapinnal kasvatamine ei andnud häid tulemusi. Külmas mullas kasvavad soojanõudlikud kultuurid (kurk, tomat) halvasti. Alles maapinna soojendamise kasutuselevõtmisega muutus olukord.

Mõlematel köögivilja kasvatamise moodustel — kasvatamisel lavatitel ja kasvatamisel maapinnal — on nii häid kui ka halbu külgi.

Lavatite ehitamine on kallis, nad nõuavad sagedasti remonti (puitlavatid) ja nendel töötamine on mõningal määral tülikas. Kuid lavatitel kasvavate taimede kasvu on kergem juhtida kütte ja niiskuse reguleerimisega, kasvuaegse väetamisega, mis mullakihi piiratud paksuse tõttu osutub väga efektiivseks, ning samuti juurestiku arengu piiramisega (mitmesuguse paksusega mullakihi moodustamise teel). Nende abinõudega saab kiirendada saagi valmimist, mis on üheks kasvuhoonete kasutamise peamiseks eesmärgiks.

Et lavatitel arenevad taimed mõnevõrra nõrgemini ja anna-

vad viljakandmise lõpp-perioodil väiksemat saaki kui maapinnal kasvades, ei ole sellel alati otsustavat tähtsust, sest hilisem köögivili on juba odavam.

Kui tehnilise küttega maapinna-kasvuhoonetes on võimalik mulla temperatuuri reguleerida, siis biokütte puhul on see peaaegu võimatu. Maapinnal kasvatamisel ei ole kuigi kerge kontrollida mulla niiskust ja taimede toitumistingimusi.

Köögivilja kasvatamise praktika nendes kasvuhoonetes võimaldab teha järgmised järeldused (25).

1. Kui maapinna-kasvuhoonetes mulda ei soojendata, siis köögivilja kasv varajasematel kuudel areneb aeglaselt ja seetõttu esimene saak hilineb. Halva soojusrežiimiga kasvuhoonetes esineb sagedamini taimehaigusi ja taimede hävimist.
2. Mulla soojendamine põhjustab maapinna-kasvuhoonetes taimede tugevamat kasvu, kõrgemat viljakust ja varajasemat saaki.
3. Maapinnal kasvavate taimede spaleeridele tõstmine nõuab nende harvemat asetust ja on seotud varajasema saagi vähenemisega.
4. Lavatitel arenevad taimed nõrgemini. Kuid spaleeridel taimede madalalt sidumine võimaldab taimi tihedamalt istutada, mis suurendab kõige varajasema saagi osatähtsust.

Peab ütlema, et köögiviljade maapinnal kasvatamise tehnika kui ka maapinna-kasvuhoonete ehitustehniline külg nõuab veel paljudes küsimustes täiendavat uurimist ja läbitöötamist.

Öeldut arvestades peaks edaspidine kasvuhoonete ehitamine arenema järgmiselt.

Väiksematele katmikmajanditele võib soovitada köögiviljade kasvatamist nii lavatitel kui ka maapinnal.

Suurtes katmikmajandites tuleb paljunduskasvuhooned ehitada lavatitega, sest need kergendavad tunduvalt kõiki töid kõrgekvaliteediliste istikute kasvatamisel.

Köetavates kasvuhoonetes tuleb köögivilja kasvatada maapinnal mulla soojendamisega.

Köögivilja kasvatamise puhul maapinnal külmkasvuhoonetes võib käike kasutada küttekehade paigutamiseks üheaegseks õhu ja mulla soojendamiseks, mis kiirendab selliste kasvuhoonete käikulaskmist.

Köögiviljade kasvatamine kasvuhoonetes maapinnal avab suured võimalused palju tööjõudu nõudvate tööprotsesside, nagu mullaharimise, külvitööde, kastmise, kasvuaegse väetamise jne. mehhaniseerimiseks.

Seoses tehnilise kütte laialdase rakendamisega mitte üksnes kasvuhoonetes, vaid ka lavades, kus biokütuse asemel kasutatakse kuuma vett, auru ja elektrienergiat, pakub suurt huvi selliste majandite rajamine, kus erinevat liiki katmikalade (köetavad ja külmkasvuhooned, lavad ja soojendatav avamaa) sooju-

sevajadus rahuldatakse ühise katlamaja baasil. Seejuures osutub võimalikuks ära kasutada erinevat tüüpi katmikalade kütmise iseärasusi ning tagada nende kütmist vähem võimsa katlamajaga kui kasvuhoonete ja lavade omaette kütmise korral.

Käesoleval ajal kasutatavaid katmikalasid võib küttevajaduse mõttes iseloomustada järgmiselt.

Kõetavad kasvuhooned nõuavad kütmist kogu külma aastaaja jooksul.

Külmkasvuhoonetes, mis lastakse käiku märtsi esimestel päevadel sisetemperatuuri puhul 12—15°, võib esimeses külvikorras kasvatada külmakindlat rohelist. Taimede normaalne kasv tagatakse mulla temperatuuri tõstmisega bioloogilise kütuse või tehnilise kütte abil. Märtsis võib arvestada päikese soojuskiirguse tunduvat akumuleerumist kasvuhoones. Selle tõttu langeb kasvuhoonete põhiline kütmine öisele ajale.

Ühepoolsed kasvuhooned

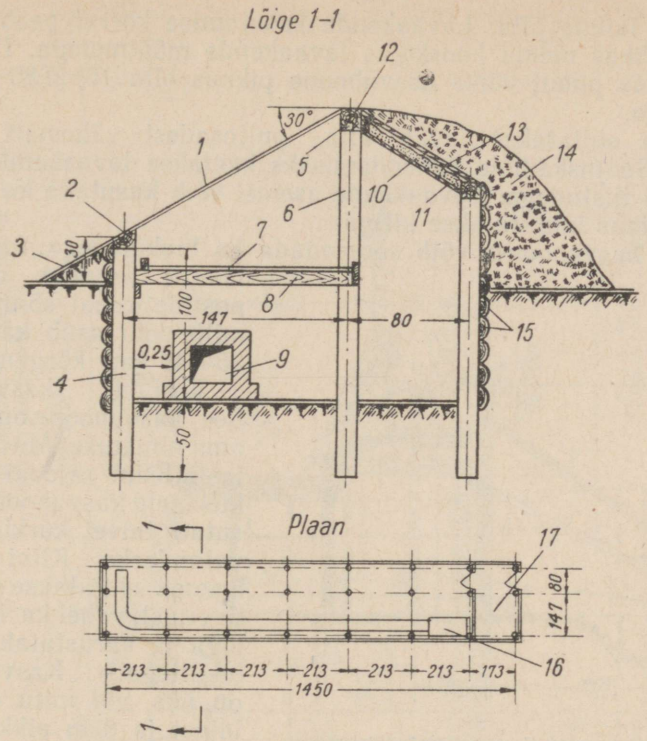
Ühepoolne truubiküttega kasvuhoone kujutab endast maasse kaevatud kultiveerimisruumi, mida kasutatakse köögivilja ja hiljem ka lavadesse istutatavate istikute kasvatamiseks (joonis 97).

Ühepoolsed kasvuhooned asetatakse klaasipinnaga vastu lõunat. Uurimiste põhjal on kindlaks tehtud, et päeva esimesel poolel on valguse intensiivsus 15—20% suurem kui päeva teisel poolel. Enne lõunat on õhk puhtam ning päikesekiirgus on violett- ja ultraviolettkiirte poolest rikkam. Et kasvuhoone saaks kogu päeva jooksul paremini valgust ja päikesekiirguse väärtuslikumat osa, on meie oludes otstarbekas ühepoolsed kasvuhooned pöörata 15—20° võrra ida poole.

Ühepoolset kasvuhoonet on otstarbekas kasutada väiksemates majandites paljunduskasvuhoonena, samuti individuaalehitajail, mispuhul kasvuhoone tuleb ehitada mõne teise majapidamishoone lõunapoolsele küljele. Sellise ehitusviisi korral on vaja silmas pidada, et kõrvaloleva hoone katuselt ei langeks lund ja jääd kasvuhoone klaasipinnale.

Ühepoolne kasvuhoone ehitatakse tavaliselt süvendisse. Katuse võib valmistada ka lavaakendest. Põhjapoolne külg (koridor) kaetakse mullaga, mida on soovitatav pealt mätastada.

Selle kasvuhoone seinad ehitatakse 15—18 cm läbimõõduga postidest, mis asetatakse vahekaugustega 2 m. Postide otsad kaevatakse 0,5—0,6 m sügavuselt maasse. Soovitatav on postide alla panna lapik kivi. Väljapoole poste tehakse lõhikutest või pindlaudadest vooder, mis tõrvatakse üle. Alumistele postidele tapitakse 15×15 cm jämedune pruss, millesse on raiutud valts lavaakende toetamiseks. Seinaesine täidetakse vee ärajuhtimiseks 25—30 cm kõrguselt mullaga. Keskmise posti kaugus sõltub lavaakna kaldest, mis võetakse 26—30°. Ka keskmise postide rea peal olevasse prussi tehakse valts lavaaknale pesa moodustamiseks. Põhja-



Joonis 97. Maasse kaevatud ühepoolne truubiküttega kasvuhoone:
1 — lavaaken; 2 — sideraami pruss 15×15 cm raamivaltsiga; 3 — nõlv; 4 — postid d = 15 cm; 5 — tapp; 6 — postid d = 15 cm; 7 — lavat; 8 — pruss 10×8 cm; 9 — truup; 10 — saepuru; 11 — laudis; 12 — sideraami pruss 15×15 cm, raamivaltsiga; 13 — laudis; 14 — muldkate; 15 — lõhikud; 16 — küttekolle; 17 — tuulekoda.

poolse seina postid on katusele kalde andmiseks keskmistest postidest 30—40 cm võrra madalamad. Katuslaele tehakse 15—20 cm paksune soe täidis, näiteks saepuru ja lubja segust 10 : 1. Katus kaetakse papiga ja tõrvatakse üle, kaetakse pealt mullakihiga ning mätastatakse.

Katuslaest niiskuse väljaauramise võimaldamiseks tuleb lae täidisekihi ja katuse vahele jätta kogu ulatuses õhkvahe. Õhkvahe alumine ja ülemine serv tuleb jätta lahti, et õhk saaks läbi õhkvahe tsirkuleerida.

Mullakihiga kaetud ja mätastatud katusel ei saa või on vähemalt väga raske alumist õhupilu jätta ja õhu tsirkulatsiooni korraldada.

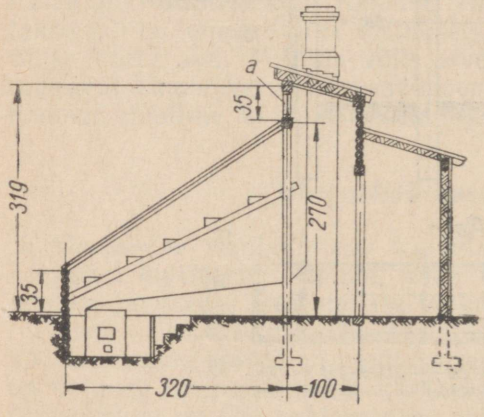
Lavatite ehitamiseks kinnitatakse postide külge 10×8 cm latid, millele tehakse 2 cm paksustest laudadest lavatid.

Õhu paremaks tsirkulatsiooniks jäetakse seina ja lavati vahele

6—8 cm laiune pilu. Lavaakende kasutamise korral peab kasvuhoone pikkus olema kooskõlas lavaakende mõõtmetega. Hollandi lavaakende puhul võiks kasvuhoone pikkus olla 15×0,80+0,05= =12,05 m.

Truup ehitatakse lavati alla, puitosadest vähemalt 25 cm eemale. Soojuskadude vähendamiseks kaetakse lavaakendevahelised pilud liistudega. Lavaakende asemel võib kasutada ka prosse, millele klaas kinnitatakse kitiga.

Seda kasvuhoonet võib soojendada ka biokütusega, kusjuures lavatit asendab alumiste postide kohal sõnnikukiht, mille põhi asub käiguteest 35—40 cm kõrgemal.



Joonis 98. Parandatud ventilatsiooniga klini kasvuhoone ristlõige. Tähega a on tähistatud õhustusaken.

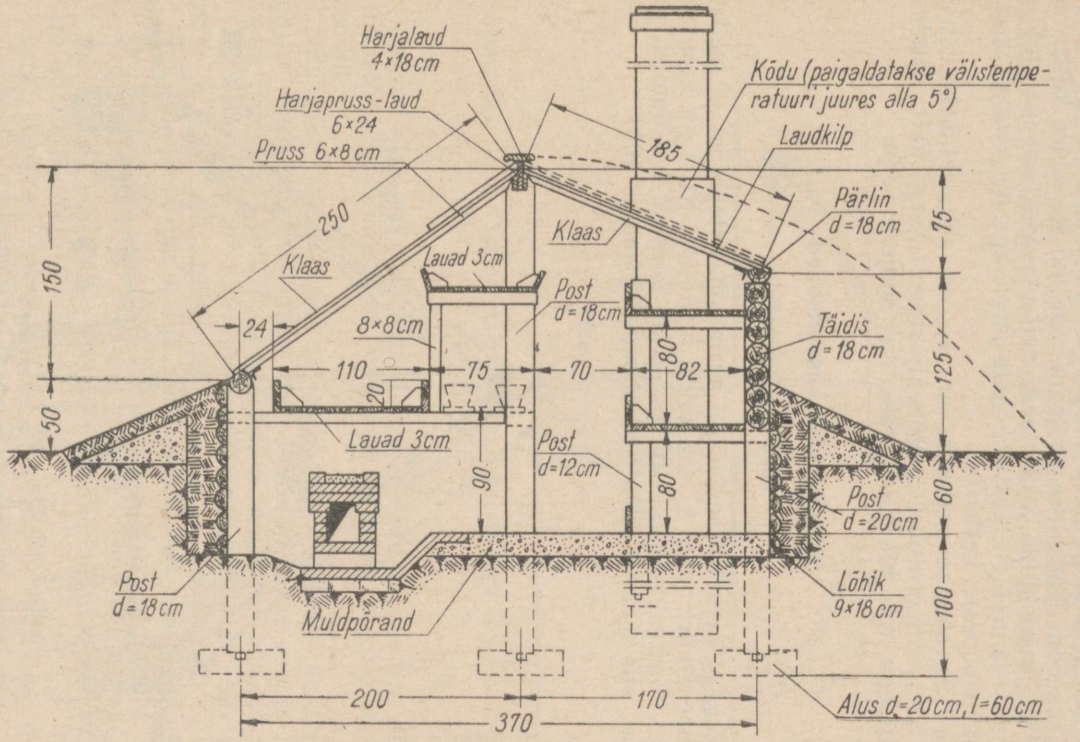
Klini kasvuhoone. See kasvuhoone on saanud oma nimetuse Moskva oblasti Klini rajooni nimest, kus neid kasvuhooneid kasutati talvel kurkide kasvatamiseks. Klini kasvuhooned ehitatakse enamasti puust, vahel ka kivisein tega ja varustatakse truubiküttega. Kasvuhoones on üks või mitu 4—5 m laiust ja 8 m pikkust järku. Iga järku köetakse omaette truubiga. Kurkide kasvatamiseks varustatakse kasvuhoone kitsaste lavatitega (künadega), mille põhja laius on 18—20 cm, laius pealt 30—35 cm, kõrgus 25 cm ja pikkus 4 m (joonis 98).

Katuse kalle on 33°. Klaas asetatakse prossidele. Prosside mõõtmed sõltuvad klaasi laiusest ja prossi kandekaugusest. Kasvuhoone paremaks valgustamiseks on otstarbekas valida laiemad klaasid (60—80 cm), paksusega 3—4 mm.

Igas pikkusjärgus paigutatakse ühte ritta 2 küna. Ridade arv sõltub kasvuhoone laiusest. Tavaliselt on künad kasvuhoones viies reas. Neid kandvate prusside kalle on selline, et alumise küna ja klaaskatuse vahe on 60 cm ning ülemise küna ja katuse vahe 90 cm.

Sibulapealsete ajatamiseks ehitatakse põhjapoolse seina äärde 2—3-astmelised lisariiulid. Muu köögivilja ja istikute kasvatamiseks ehitatakse klini kasvuhoonesse astmelised riiulid.

Tihti tehakse klini kasvuhoonetel õhustusaknad katusesse, kus nendele ligipääs on tülikas. Parem on ehitada lõunapoolsele küljele harja kohale madal vertikaalne sein, kuhu saab paigutada õhustusaknad.



Joonis. 99. M. Gorki nimelise sovhoosi kasvuhoone ristlõige.

Joonisel 99 on toodud Moskva M. Gorki nimelise sovhoosi kasvuhoone ristlõige.

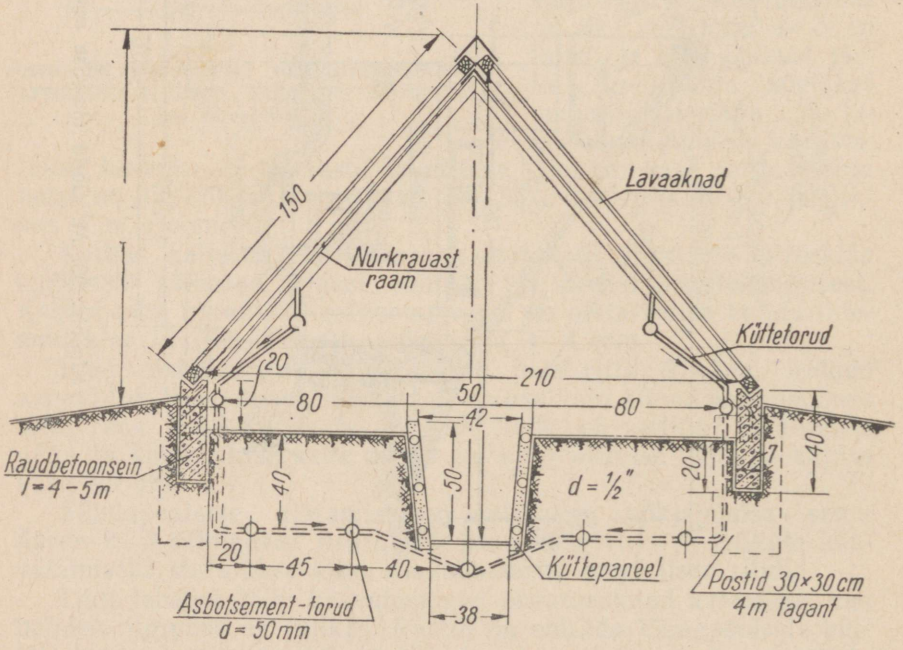
Esitatud joonised annavad ettekujutuse ühepoolsete kasvuhoonete ehitusviisidest. Laiemate ühepoolsete kasvuhoonete puhul kasutatakse astmeliselt tõusvaid lavateid kitsaste astmeliste käiguteedega nende vahel. Kasvuhoonete ehitamine truubiküttel ei ole otstarbekas õhu ebaühtlase soojendamise kui ka suure kütteainekulu tõttu. Truubikütet kasutatakse neil juhtudel, kui majandil ei ole vajadust suuremate kasvuhoonete järele ega ole võimalusi ehitada kasvuhoonesse keskkütet.

Kitsa kasvuhoone eeliseks on see, et selle klaaskatust on madala välistemperatuuri puhul väljastpoolt kerge katta laudade või mattidega, mis tunduvalt vähendab soojuse kadu.

Kahepoolsed kasvuhooned

Lava-kasvuhoone

Lavasid ei kasutata aasta läbi peamiselt sellepärast, et madala välistemperatuuri puhul ei saa taimi hooldada. Kui aga kasutada niisugust konstruktsiooni, mis võimaldab taimede hooldamist igal aastaajal, siis muutub lava kasvuhooneks (joonis 100).

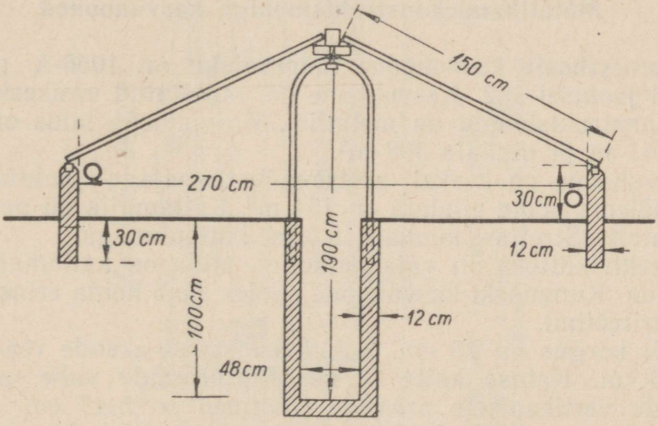


Joonis 100. Keskküttega lava-kasvuhoone ristlõige.

Lava-kasvuhoone gabariidid on valitud nii, et teda on võimalik katta lavaakendega. Soojal aastaajal võib lava-kasvuhoone õhustamiseks aknaid maha võtta, kuna külmal aastaajal tehakse selleks raamidesse õhustusaknad.

Lavaaknad toetuvad harja kohalt nurkrauast pärlinile. Lavaaknad kinnitatakse hingedega pärlini külge ja neid saab avada.

Konstruktsiooni jäigastamiseks keevitatakse nurkrauast harjapärlin painutatud nurkraua külge, mille alumised otsad on seintesse betoneeritud või müüritud.



Joonis 101. Kerge konstruktsiooniga ja lavaakendega kaetava lava-kasvuhoone ristlõige.

Seinad võib ehitada müüritisena või valmistada 5 m pikkustest raudbetoonplaatidest, mis toetuvad iga 5 m tagant postvundamendile.

Niisugust kasvuhoonet on soovitatav ehitada kaldega 0,003 põhjast lõunasse, mis võimaldab küttetorustikku sama kaldega kohale asetada. Läbikäik ehitatakse kasvuhoone keskele.

Kasvuhoone 1 m^2 kasuliku pinna ehitamiseks vajatakse 8,7 kg rauda ja 0,087 m^3 raudbetooni.

Kui soovitakse kasutada truubikütet, ehitatakse truubid lavatite alla. Truubile antakse tõus korstna suunas. Truubi alguses, kus selle temperatuur on kõrgem, on pinnasekihi paksus kuni 75 cm, korstna juures aga 40 cm. Kasvuhoone pikkus ei tohi truubi kütte puhul ületada 10—12 m.

Kerge konstruktsiooniga lava-kasvuhoone ristlõige on kujutatud joonisel 101. Lava kaetakse hollandi lavaakendega.

Süvendatud käiguteedega lava-kasvuhooneid on võimalik omavahel ühendada kas otstesse või keskele ehitatava koridoriga.

Kui neid lava-kasvuhooneid talveperioodil ei kõeta, siis võiks üksikute lava-kasvuhoonete vahele jätta kitsad, näiteks 0,8 m laiu-

sed vahed, kuhu valgub katuselt vihmavesi. Lava-kasvuhooned võib omavahel ühendada ka blokki. Siis tuleb lava-kasvuhoonete vahele ehitada puit- või betoonrennid nagu blokk-kasvuhoonete puhul, toetades neid postidele või vaheseinale. Tavalist tüüpi kasvuhoonetega võrreldes saavutatakse lava-kasvuhoonete puhul materjali, eriti aga küttetorustiku ja kütte kokkuhoidu, sest lava-kasvuhoone õhu maht ja välispind on kasvuhoone pinnaühiku kohta väiksemad.

Metallkandekonstruktsiooniga kasvuhooned

«Giproselhozi» kasvuhoone tüüpprojekti nr. 1056-A plaan on esitatud joonisel 102. Kasvuhoone on varustatud vesikeskküttega. Kandekonstruktsioonid on metallist. Kasvuhoone laius on 7,4 m, pikkus 41 m ja pindala 308 m^2.

Kasvuhoone on keskel asetseva katlamajaga jaotatud kahte ossa, mõlema poole pindala on 154 m^2. Katlamajja on paigutatud kaks katelt «Strelja», kumbki 15,5 m^2 küttepinnaga.

Põlevkivikütteks on vaja eeskollet, mida on katlamajja raske mahutada. Kummaski kasvuhoone pooles saab hoida erinevat temperatuurirežiimi.

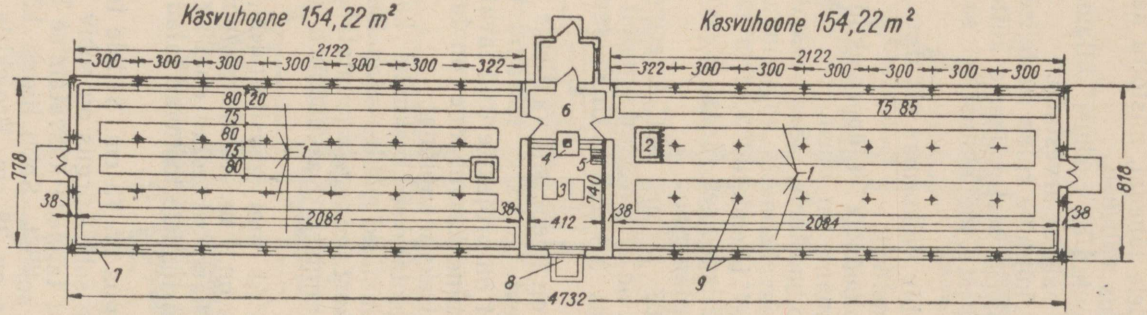
Sokli kõrgus on 75 cm. Soklil asetsevad akende read kõrgusega 85 cm. Katuse kalle on 26°. Puitprosside vahe on 50 cm. Otsseinte vertikaalsete prosside mõõtmed on 5×7 cm. Horisontaalseid prosse ei ole. Et klaasid jätkukohtadel katavad üksteist, ei ole kasvuhoone küllalt tihe ning külma ja tuulise ilmaga on klaasitud pindade läheduses temperatuur mõne kraadi võrra madalam kui kasvuhoone keskel. Seepärast soovitatakse katus ja otsseinad katta pikkade klaasidega ja otsseintes klaasi jätkukohtadesse ette näha ristprossid ning klaasid kittida kogu ulatuses.

Katus toetub neljale nurkrauast talale. Kahe äärmise nurkraua külge kinnitatakse külgseinte piidad. 53 mm gaasitorudest postid asuvad neljas reas. Ridades on postide vahekaugus üksteisest 3 m. Keskmiste ridade postid toetuvad looduslikust kivist või säästbetoonist vundamentidele. Välistes ridades ulatuvad postide otsad sokli alusmüürisse. Katuseprossid kinnitatakse talade külge kruvidega. Harjapruss valmistatakse 50×220 mm lauast.

Lavateid on kahte tüüpi: laiusega 170 cm ja 80 cm. Lavatid valmistatakse 4 cm laudadest ja nad toetuvad 2 m vahedega asetatud 53 mm gaasitorudest tugedele, mis on keevituse teel ühendatud. Lavatipostide vundamendid (ristlõikega 30×30 cm, kõrgusega 40 cm) valmistatakse betoonist.

Kastmisveepaake on kaks: üks mahuga 1,5 m^3 ja teine — 1 m^3. Paagid valmistatakse tellistest ja krohvitakse veekindlaks.

Vesikeskküte töötab raskusjõul. Katlamaja põrand asub 2 m võrra madalamal kasvuhoone põranda pinnast. Keskkütte küttetorustik monteeritakse 102×4 ja 89×3 mm siledatest raudtoru-



Joonis 102. Kasvuhoone (tüüpprojekt nr. 1056-A) plaan:
1 — lavatid; 2 — vee- või väetisepaagid; 3 — katlad; 4 — korsten; 5 — metalltrepp; 6 — katlamaja 29,14 m²; 7 — tellismüür; 8 — kütuseluuk; 9 — gaasitorudest postid d = 53 mm.

dest, kaldega 0,003. Ventilatsioon toimub külgseintes ja katuses olevate akende kaudu.

Projekti puuduseks on see, et kasvuhoone keskel asuv katlamaja ja korsten varjutavad põhjapoolset kasvuhoone osa. Korstna ots asub klaasitud pindadele lähedal, mistõttu katuseklaasid tahmuvad kiiresti ja valgustus väheneb.

Põhjavee kõrge seisu puhul on raskusi katlamaja ehitamisega, mida tuleb projekti tüübi valikul arvestada.

Väikeste kasvuhoonete kütmine tuleb suhteliselt kallim suuremate kasvuhoonete kütmisest, sest väikeste kütteseadmete kasutegur on madalam ja kütjate tööjõudlust ei saa kogu ulatuses ära kasutada.

See kasvuhoone on sobiv väiksemas ulatuses köögiviljakasvatusega tegelevatele kolhoosidele.

«Giproselhozi» kasvuhoonete tüüpprojektid nr. 1007 ja nr. 1007-A, milledest viimane on uuem, on mõeldud arenenud köögiviljakasvatusega kolhoosidele. See kasvuhoonete kombinaat koosneb kolmest kasvuhoonest, kogupindalaga 997,14 m². Kasvuhooned on omavahel ühendatud 3,12 m laiuse koridoriga, mis asub kasvuhoone põhjapoolses otsas. Kasvuhoone on koridori kaudu ühendatud katlamajaga.

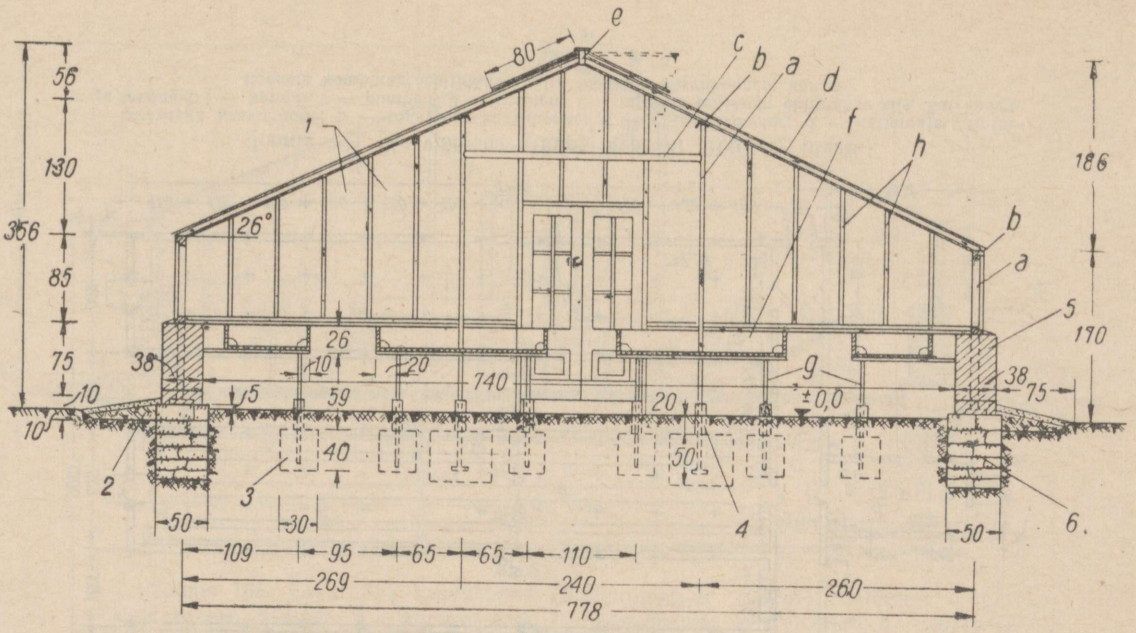
Tüüpprojektid nr. 1007 ja nr. 1007-A erinevad teineteisest katlamaja osas. Esimeses on ette nähtud 4 katelt «Strelja», küttepinnaga à 24,3 m², teises 3 katelt «Universaal», küttepinnaga à 30,0 m².

Et projekt nr. 1007-A on uuem, siis vaatleme ainult seda (joonised 104 ja 105). Projekt on välja töötatud kahes variandis: 1) kõik kolm kasvuhoonet on projekteeritud lavatitega paljunduskasvuhoonetena, 2) keskmine kasvuhoone on lavatitega, äärmised — taimede kasvatamiseks maapinnal.

Mõlemas variandis jaotatakse keskmine kasvuhoone klaasvaheseinaga pooleks. Kummaski pooles saab iseseisvalt reguleerida temperatuuri ja niiskust, millega saavutatakse suurem paindlikkus kasvuhoone kasutamisel. Kasvuhooned on seest 7,62 m laiused.

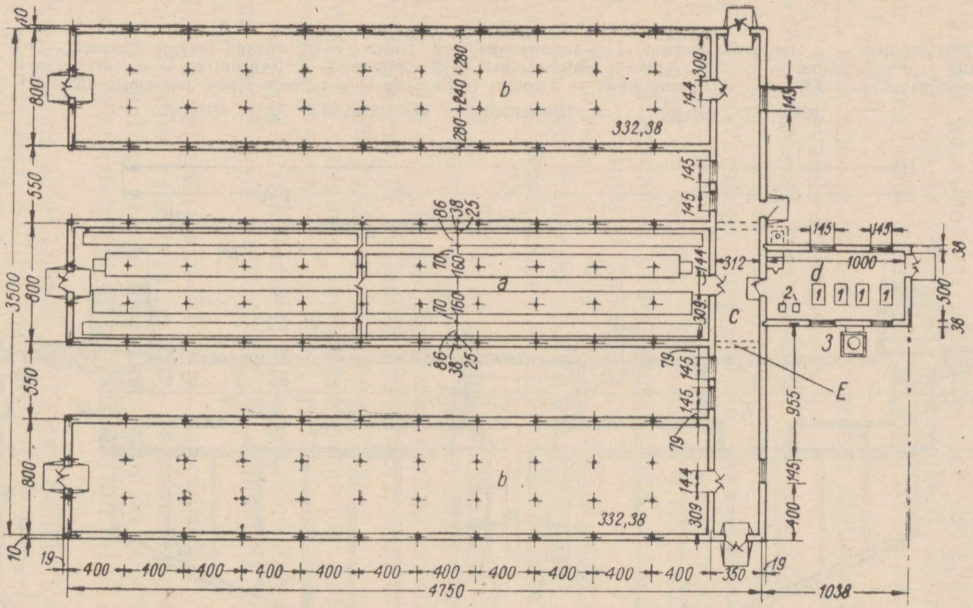
Postid valmistatakse 51 mm gaasitorudest, mis asetsevad 4 reas. Postide vahe reas on 4 m. Äärmistele postiridadele toetuvad, klaaskatuse prosse kandvad talad on 90×60×8 mm nurkrauast ja sisemistele postiridadele toetuvad talad 100×75×10 mm nurkrauast.

Kasvuhoone sokli kõrgus on 75 cm. Sellele toetub 91 cm kõrgune akende rida. Selline sokli kõrgus on sobiv taimede kasvatamise puhul lavatitel, kuid taimede kasvatamise korral maapinnal jätkub 30 cm kõrgusest soklist. Sokli liigne kõrgus on projekti puuduseks. Seinte paksus on 38 cm. Projektile on lisatud raudbetoonsokliga kasvuhoone variant. Viimase õhuke, 7 cm paksune sein suurendab soojuskadu. Seepärast on nii õhukese seina otstarbekus küsitav.



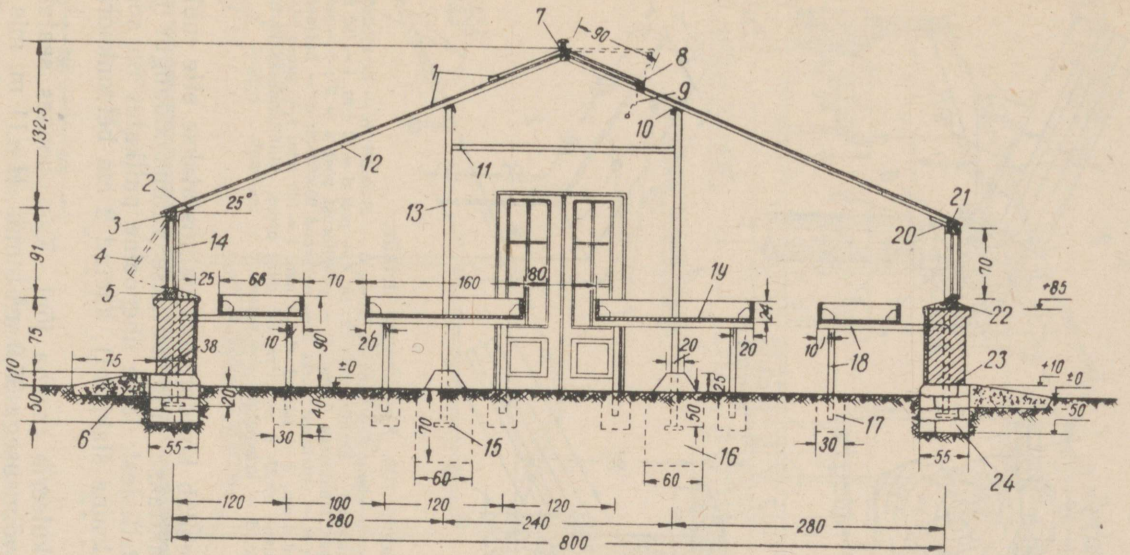
Joonis 103. Kasvuhoone (tüüpprojekt nr. 1056-A) ristlõige:

a — gaasitorudest postid d = 2″; b — nurkrauast talad; c — gaasitorust riiv d = 1½″; d — puitprossid 5,5×9 cm; e — harjapruss; f — lavatid; g — gaasitorudest lavatite toed; h — puitprossid 5×7 cm; 1 — otsasein (klaasi paksus 2,5—3,5 mm); 2 — savisillutis; 3 — postide alusmüür; 4 — asbotsementtorud; 5 — tellismüür; 6 — alusmüür.



Joonis 104. Kasvuhoone (tüüpprojekt nr. 1007-A) plaan:

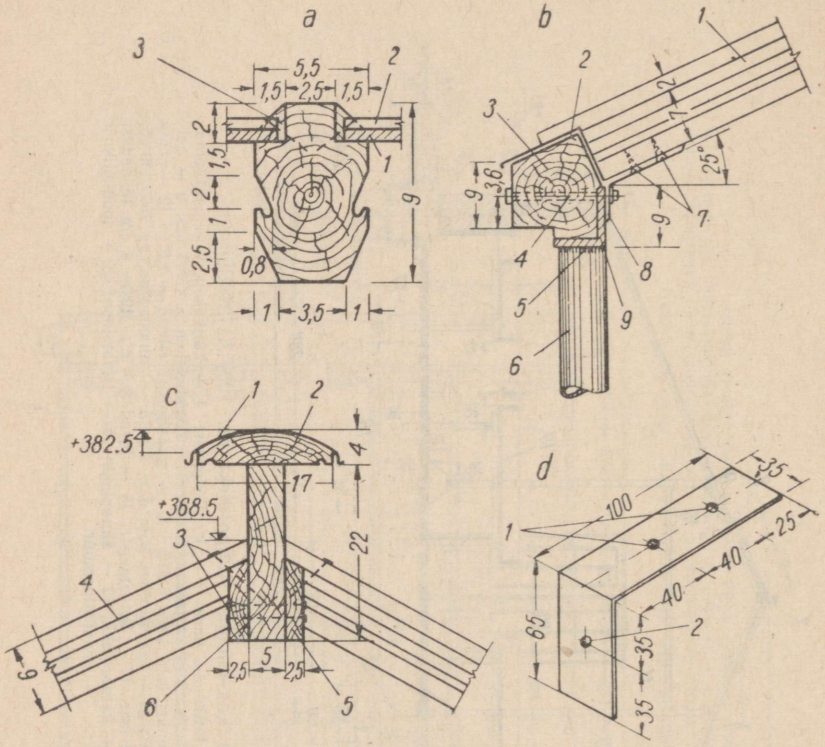
a — lavatitega kasvuhoone; b — maapinna-kasvuhoone; c — ühenduskoridor; d — katlamaja. Katlamaja seadmed: 1 — katlad; 2 — pumbad; 3 — korsten. E — ajutine tellissein ehitatakse siis, kui kasvuhoonete kombinaat ehitatakse välja üksikute kasvuhoonete kaupa.



Joonis 105. Lavatitega kasvuhoone (tüüpprojekt nr. 1007-A) ristlõige:

1 — klaas, paksus 3,5—4 mm; 2 — lattrauast nurk; 3 — karniisipruss; 4 — küljeaken; 5 — piidapruss 10×12; 6 — savist ja killustikust sillutis; 7 — harjalauad 6×22; 8 — õhustusaken 90×98,3 cm; 9 — astmeline õhustusvarras; 10 — nurkrauast tala 100×75×10; 11 — gaasitorust riiv d = 1,5″; 12 —pross 55×90; 13 — gaasitorust post d = 2″; 14 — gaasitorust post d = 2″; 15 — rauast aluslapp 150×150×6; 16 — paekivist post, ristlõige 60×60 cm; 17 — betoonpost; 18 — torud d = 2″; 19 — 4 cm laudadest lavat; 20 — nurkraud 90×60×8; 21 — katuseplekk; 22 — aknaplekk; 23 — isolatsioon; 24 — looduslikust kivist alusmüür.

Prossi ristlõige on esitatud joonisel 106. Samas on toodud ka katuseakna lõike joonised. 5,5×9 cm prossid on asetatud 50 cm vahedega.

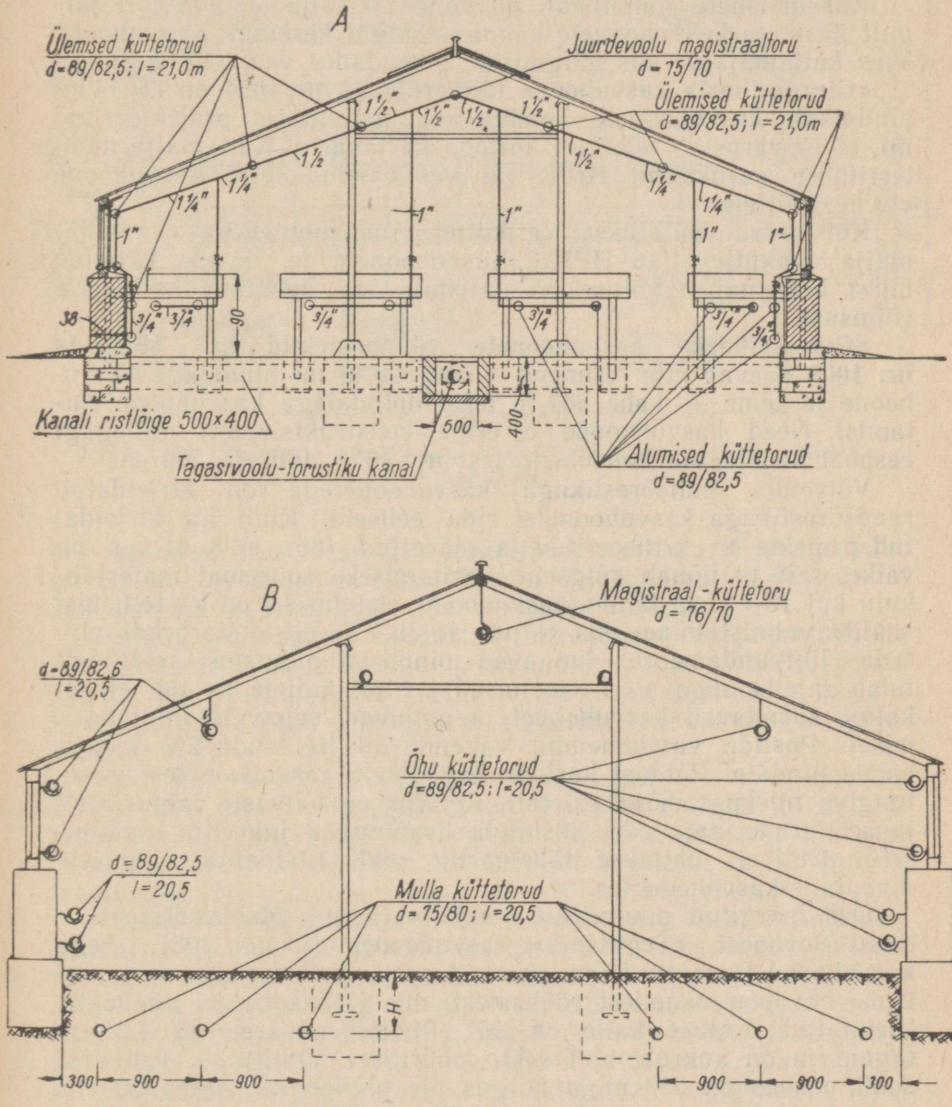


Joonis 106. Kasvuhoone detaile:

a — prossi ristlõige: 1 — alumine klaas; 2 — ülemine klaas; 3 — aknakitt; b — karniisisõlm: 1 — pross 5,5×9; 2 — katuseplekk; 3 — karniisipruss 12×15; 4 — polt d = 12 mm, l = 162 mm, vahedega 200 cm; 5 — keevitus, õmblusega 6 mm; 6 — gaasitorust post d = 2″; 7 —puidukruvid d = 6 mm, l = 60 mm; 8 — lattrauast nurk; 9 — nurkraud 90×60×8; c — harjasõlm: 1 — katuseplekk; 2 — veelaud 4 cm; 3 — naelad d = 4 mm, l = 100 mm; 4 — pross 55×90; 5 — laud 25×100; 6 — harjalaud 5×22; d — lattrauast nurk prossi kinnitamiseks karniisiprussi külge; 1 — kruviaugud d = 6 mm; 2 — poldiauk.

Kasvuhooneid ühendab koridor, kus valmistatakse ette mulda ja toitekuubikuid, pakitakse ning hoitakse valmistoodangut jne. Koridori seinad on tellistest; lame ühepoolne puitkatus on sooja täidisega (14 cm paksune šlakikiht), kaetud 2 cm betoonkooriku ja ruberoidiga.

Vesikeskküte tsirkuleerib pumba jõul. Kasvuhoones seatakse üles 2 pumpa 3K-6, võimsusega 35,0 m³ tunnis, H = 11 m, mis on kokku monteeritud 2,8 kW võimsusega elektrimootoriga. Üks pumpadest on tagavaraks. Küttekehadeks on siledad raudtorud. Nende mõõtmed ja asetus on näidatud joonisel 107.



Joonis 107. Küttetorustiku asetus kasvuhoonetes:
A — lavatitega kasvuhoones; B — maapinna-kasvuhoones.

Maapinna-kasvuhoonetes asetatakse küttetorustik 50 cm sügavusele mulda. Mulla soojendamiseks on ette nähtud torud 80×3 mm. Mõned autorid peavad neid torusid liiga jämedateks ja soovitavad pinnase kütmiseks kasutada 2—1,5- ja isegi 1-tolliseid torusid.

Kasvuhoonete kombinaati on võimalik välja ehitada järk-järgult üksikute kasvuhoonete kaupa — algul keskmine kasvuhoone koos katlamajaga, siis külgmised, pikendades vastavalt koridori.

«Giproselhozi» kasvuhoone tüüpprojektis nr. 1004 on 997,14 m² pindalaga kasvuhoonete kombinaadi katlamaja projekteeritud nii, et ta varustab tehnilise küttega ka lavasid. Katlamajja monteeritakse aurukatlad ВГД$_{28}$ ja vastuvooluboilerid kasvuhoone vesikeskküttele.

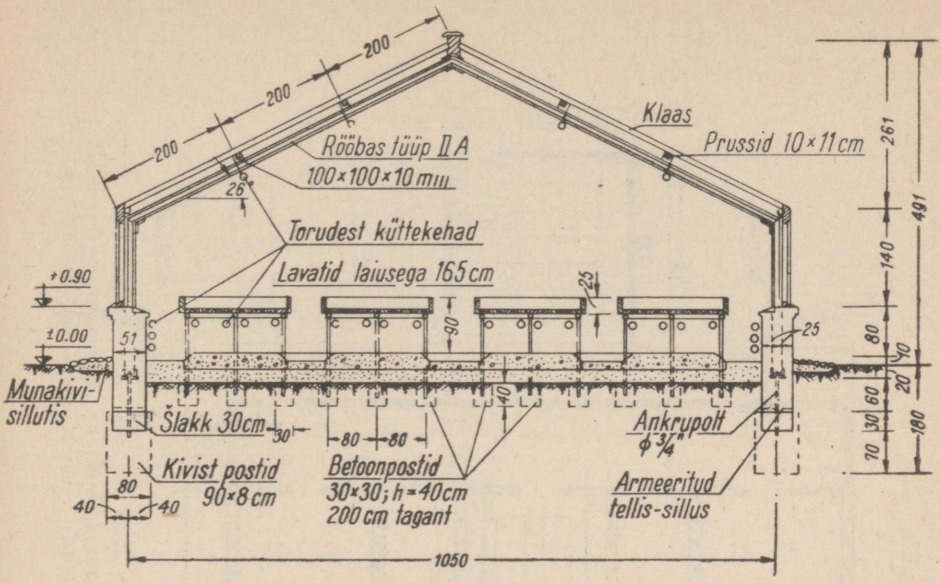
Kui lavad ehitatakse vesiküttel, siis monteeritakse katlamajja vesiküttekatlad НРЧ$_{43}$. Kasvuhoonete ja lavade kütmine ühest katlamajast võimaldab paremini ära kasutada katlamaja võimsust.

«Giproselhozi» kasvuhoonete tüüpprojektid nr. 1019 ja nr. 1009 näevad ette: esimene — ühe 332,38 m² pindalaga kasvuhoone ja teine — kahe 664,76 m² üldpindalaga kasvuhoone ehitamist. Need kasvuhooned ei erine konstruktsioonilt millegagi eespool kirjeldatud kasvuhoonetest nr. 1004, 1007 ja 1007-A.

Võrreldes puitsõrestikuga kasvuhoonetega on kirjeldatud raudsõrestikuga kasvuhoonetel rida eeliseid. Kuid ka kirjeldatud projekte on kritiseeritud ja märgitud (36), et 8 m ava on väike, sest ta nõuab külgseinte ehitamiseks suuremat materjalikulu kui 10—12 m laiune kasvuhoone. Puuduseks on ka tellistest soklite valmistamine, mis ei pea vastu. Ei ole otstarbekas ehitada lintvundamente, kui neid pinnasetingimustest sõltuvalt tuleb rajada sügavale. Keskmised postid, millele toetub klaaskatus, ahendavad kasvuhoonet ja mõjuvad segavalt mullaharimisel. Postide vundamendid vähendavad ligikaudu 2% kasvuhoone pindala. Puidust koridori lagi hävib kasvuhoonetest sissetungiva niiskuse mõjul kiiresti. Koridor on halvasti valgustatud ja seetõttu ei saa teda kasutada lisapinnana juurvilja ajatamiseks. Ühtlasi juhitakse tähelepanu sokli liialdatud kõrgusele maapinna-kasvuhoonetes.

Osa märgitud puudustest on kõrvaldatud Mosovoštšsovhoztresti **sovhoosi «Teplitšnõi» kasvuhoones** (joonis 108). Selle kasvuhoone laius on 10 m, poste ei esine ja kandjaks on raamkonstruktsioon vanadest rööbastest, mis jätkukohtadel on kokku keevitatud. Katuse kalle on 26°. Raamid on asetatud 4,21 m tagant ja on ankrute abil sokli müüritisse kinnitatud. Tellistest sokli paksus on 51 cm ja kõrgus üle planeeritud pinna 80 cm. Kasvuhoonel on postvundament, mille postid on asetatud 210 cm tagant.

Prosse kandvad talad on 100 · 100 · 10 mm nurkrauast. Nende peale on asetatud prussid mõõduga 10 · 11 cm. Puitpros-



Joonis 108. Raamkonstruktsiooniga kasvuhoone Moskva linna sovhoosis «Teplitšnõi».

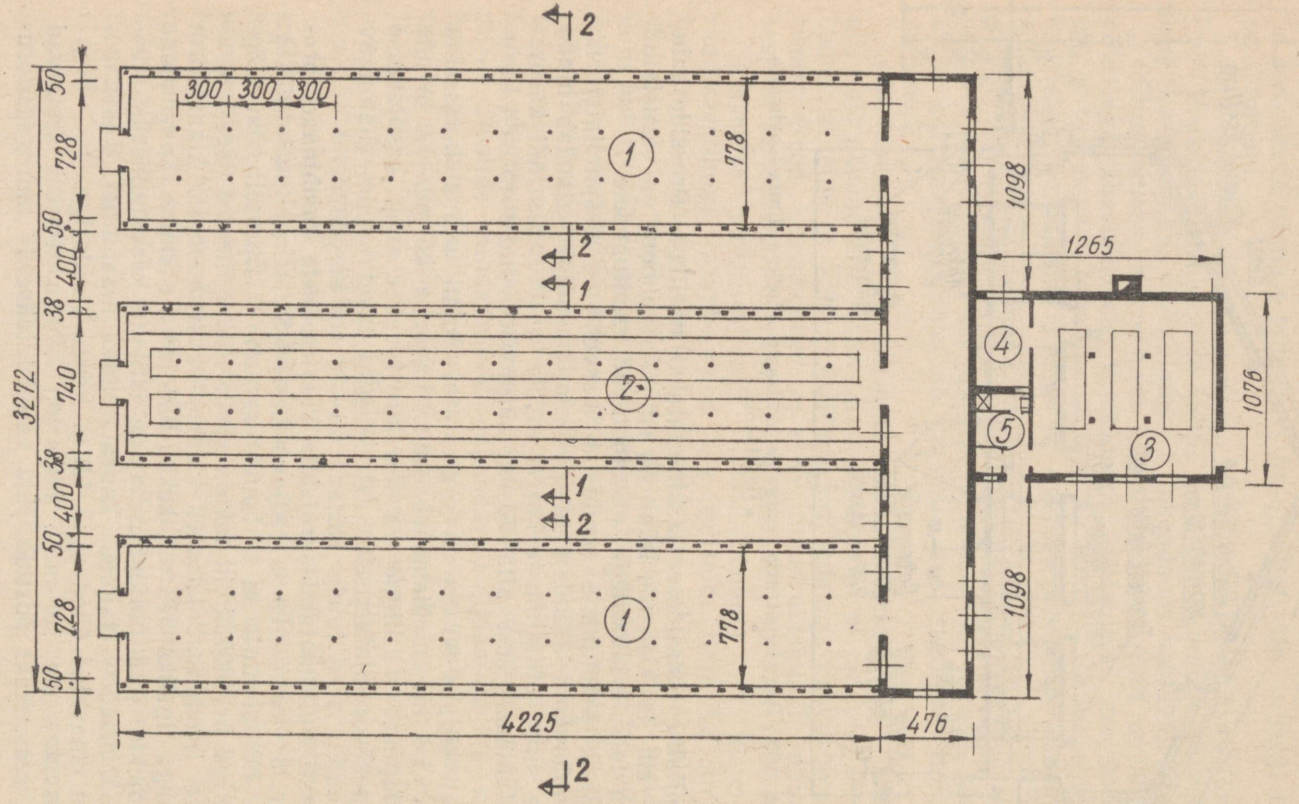
sid tapitakse prussidesse ja kinnitatakse naeltega. Prosside vahe on 54 cm ja klaaside laius 50 cm. Kasvuhoone on varustatud 165 cm laiuste lavatitega, mis toetuvad raudtugedele.

Postide puudumine soodustab kasvuhoone ekspluatatsiooni. Lintvundamendi asendamine postvundamendiga alandab hinda (heade pinnasetingimuste korral ei ole postvundamendi kasutamisel tähtsust, sest alla 50 cm sügavust vundamenti ei kasutata).

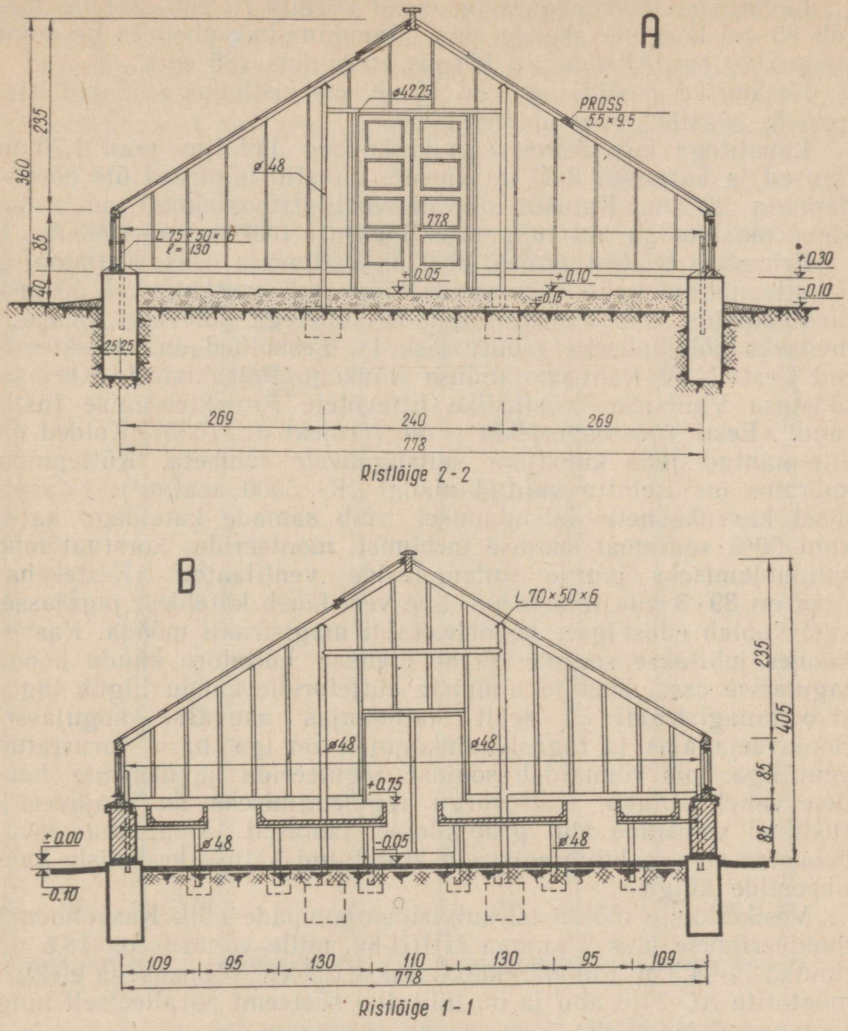
Sokli kõrgus 80 cm on suurevõitu. Soklil asuva klaasseina kõrgus 1,4 m on ülemäära suur. Lavatite kõrgus 1,0 m üle põrandapinna on liigne ka siis, kui lavatite alust kasutatakse sibulapealsete ajatamiseks. Nii kõrgeid lavateid on ebamugav teenindada. Need tuleks ehitada 60—70 cm kõrgused.

«Eesti Põllumajandusprojekti» kasvuhoonete kombinaadi projekt nr. 6 (joonis 109 ja 110) on Eesti NSV-s kasutusel 1953. a. alates. Põhiplaanilt on ta kaunis sarnane «Giproselhozi» tüüpprojektiga nr 1007, kuid tal on siiski rida erinevusi. See kasvuhoonete kombinaat koosneb kolmest kasvuhoonest, klaasialuse pindalaga igaüks 318 m², kokku 954 m². Keskmine kasvuhoone on projekteeritud paljundusmajana istikute kasvatamiseks lavatitel, äärmised — taimede kasvatamiseks maapinnal. Kasvuhooned on omavahel ühendatud 4,0 m laiuse koridoriga.

Kasvuhoonete seesmine laius on 7,28 m. Postid asetsevad neljas reas. Kaks postide rida valmistatakse 48 mm gaasitoru-



Joonis 109. «Eesti Põllumajandusprojekti» kasvuhoone (projekt nr. 6) plaan:
1 — maapinna-kasvuhoone; 2 — lavatitega kasvuhoone; 3 — katlamaja; 4 — pumbaruum; 5 — sanitaarsõlm.



Joonis 110. «Eesti Põllumajandusprojekti» kasvuhoone (projekt nr. 6) ristlõikeid:
A — maapinna-kasvuhoone; B — lavatitega kasvuhoone.

dest, äärmised puidust. Puitpostid on ühtlasi aknapiitadeks ning on ankurdatud sokli ja vundamendi sisse 75 · 50 · 6 mm nurkraua abil. Postide samm reas on 3,0 m. Katuseakende prossid on asetatud 60 cm vahekaugustega ja toetuvad keskmiste postide ridade kohal 75 · 50 · 6 mm nurkrauale, välisseinte kohal aga prussile (nurkrauata), mis on ühtlasi külgakende piidaks. Katuseakna prossid valmistatakse 6 · 10 cm lattidest.

Lavatitega kasvuhoones on sokli kõrgus 75 cm. Soklile toetub 85 cm kõrgune akende rida. Maapinna-kasvuhoones on sokli kõrgus 20 cm. Akende rea kõrgus on endine (85 cm).

Keskmised postid toetuvad 50 · 50 cm ristlõikega 45 cm kõrgustele säästbetoonvundamentidele.

Lavatitega kasvuhoones on keskmised lavatite read 1,70 m laiused ja äärmised 0,85 m laiused. Lavatid ulatuvad üle põrandapinna 80 cm. Katuses olevad ventilatsiooniaknad on sama konstruktsiooniga kui tüüpprojektides nr. 1007 ja nr. 1007-A.

Erinevusi teistest projektidest on katlamaja osas. Katlamajas on ette nähtud kahe «Armatuur»-tüüpi soojaveekatla (à 50 m^2) ülesseadmine, mis töötavad tüüp-eeskolletega põlevkivi kaheastmeliseks põletamiseks (suurusjärk I). Eeskolded on projekteeritud Eesti NSV Rahvamajanduse Nõukogu Põlevkivi- ja Keemiatööstuse Valitsuse Tööstuslike Ettevõtete Projekteerimise Instituudi «Eesti Tööstusprojekt» poolt (projekt nr. 1056). Kolded on ette nähtud ilma kunstliku suitsugaaside tõmbeta. Küttepinna koormus on seetõttu valitud madal ($K = 5500$ kcal/m^2). Edaspidisel kasvuhoonete laiendamisel võib samade kateldega katta kuni 50% suuremat soojuse tarbimist, monteerides korstnatõmbe suurendamiseks juurde suitsugaaside ventilaatori. Küttekehadeks on 89 · 3 mm terastorud. Soe vesi läheb kateldest jagajasse, kust voolab edasi igale hoonele eraldi magistraali mööda. Kasvuhoones juhitakse soe vesi kahe ülemise küttetoru kaudu hoone tagumisse ossa, kust ta alumiste küttetorude kaudu liigub tagasivoolumagistraali ja sealt katlamajas asuvasse kogujasse. Soojaveejagajas ja tagasivoolukogujas on iga haru varustatud ventiiliga, mis võimaldab soojust reguleerida ja üksikute hoonete vahel jaotada. Küttevõrgu reguleerimiseks on soojaveetorustikud ventiilide abil gruppidesse jaotatud. Maapinna-kasvuhoonetes on osa kütteregistreid kinnitatud katuse keskmiste kandepostide külge.

Vesikeskküte töötab tsirkulatsioonipumpade abil. Kasvuhoones monteeritakse üles 2 pumpa ЦНШ-80, mille võimsus on 18,5 m^3 tunnis, $H = 4{,}3$ m. Pumbad käivitatakse 2,8 kW võimsusega elektrimootorite AO-51-6 abil ja on lülitatud süsteemi paralleelselt ning töötavad vaheldumisi. Üks pump on tagavaraks.

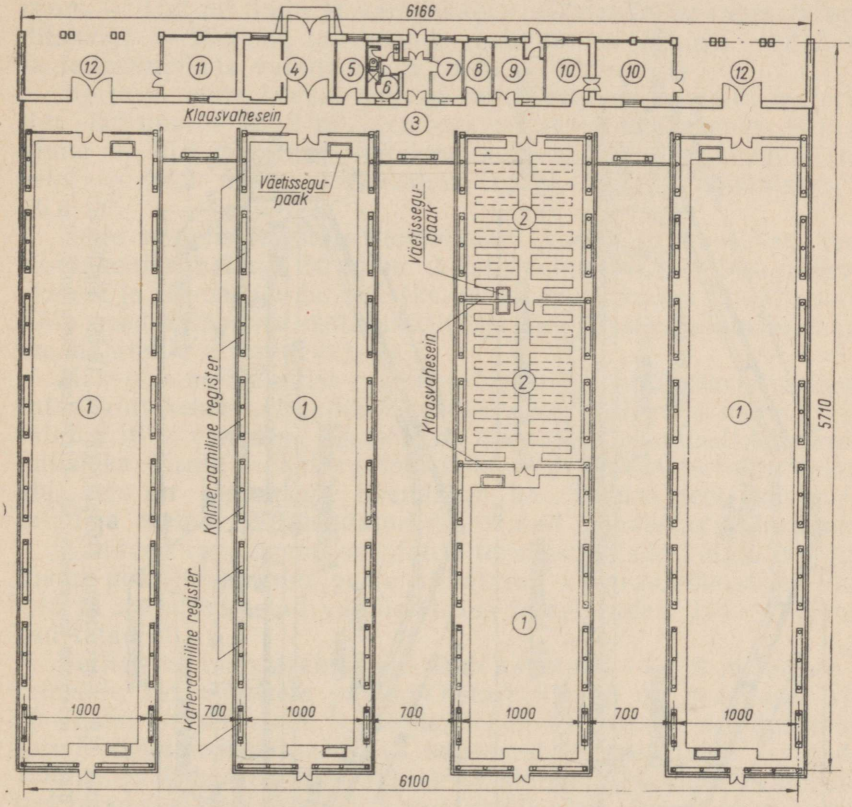
Kolde II astme põletamiseks vajaliku õhu juurdevool toimub kõrgsurveventilaatori ВНИИСТО seeria ВВД nr. 8 abil. Ventilaator käivitatakse 2,8 kW võimsusega elektrimootori AO-51-6 abil.

Lavade kütmiseks on ette nähtud «Armatuur»-tüüpi aurukatel 18 m^2 küttepinnaga ja eeskoldega (suurusjärk III). Katel töötab survega 0,6 atü. Lavade kütmise vaheaegadel soojendatakse kastmisvett auru spiraaltorustikuga varustatud 1200-liitrise mahuga paagis. Aurukatla toitmiseks on ette nähtud tsentrifugaalpump ЦНШ-40 koos elektrimootoriga AO-32-4, mille võimsus on 1,0 kW.

«Giprosovhozstroi» kasvuhoone tüüpprojekt nr. 16-09 kujutab

endast eespool kirjeldatuist suuremat kasvuhoonete kombinaati pindalaga 500—2000 m² ja 4500 lavaaknaga.

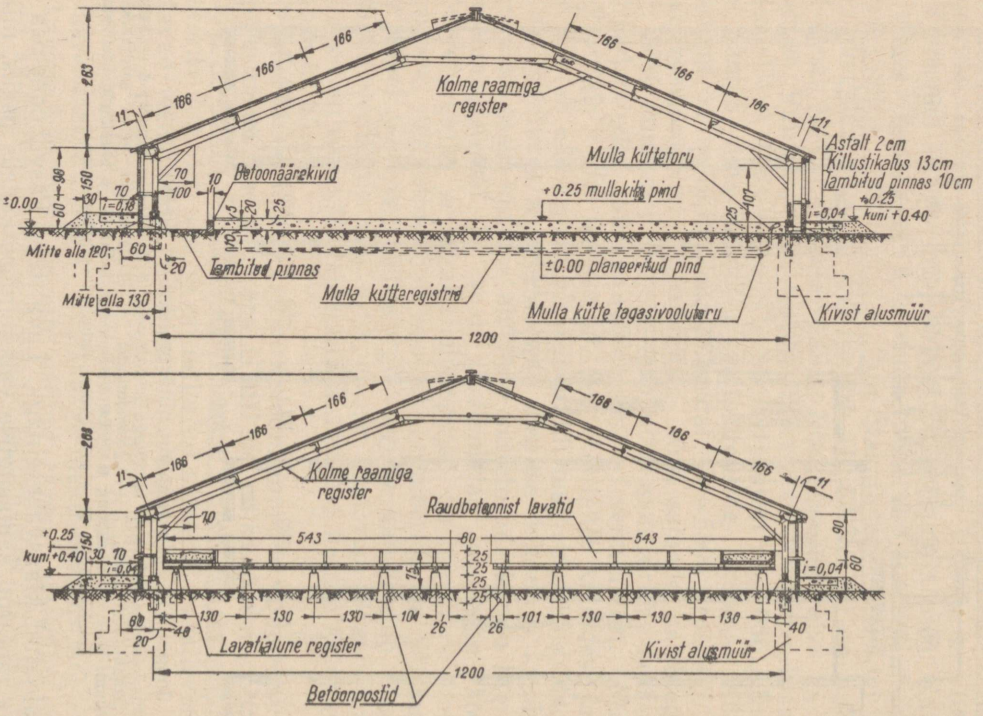
Kombinaadi koosseisu kuulub 4 kasvuhoonet, igaüks 500 m², milledest 3,5 kasvuhoonet on köögivilja kasvatamiseks maapinnal; 0,5 kasvuhoonet on lavatitega. Viimane on maapinna-kasvuhoone



Joonis 111. Kasvuhoone (tüüpprojekt nr. 16-09) plaan:
1 — maapinna-kasvuhooned; 2 — lavatitega kasvuhoone; 3 — ühenduskoridor; 4 — esik ja lavaakende remontimise ruum; 5 — agronoomituba ja laboratoorium; 6 — sanitaarsõlm; 7 — riietusruum; 8 — inventariladu; 9 — valmistoodangu ladu; 10 — toitekuubikute valmistamise ruum; 11 — materjalide ladu; 12 — katusealune.

osast eraldatud klaasvaheseinaga. Lavatitega kasvuhoone-osa on omakorda jaotatud samasuguse vaheseinaga kaheks osaks, milledest üks on määratud kurkide, teine tomatite kasvatamiseks (joonised 111 ja 112).

Kui vajatakse 1500 või 1000 m² klaasialust pinda, ehitatakse kas 3 või 2 kasvuhoonet à 500 m². Kuid 500 m² klaasialuse pinna vajamisel soovitatakse välja ehitada kaks keskmist kasvuhoonet, kumbki pooles pikkuses.



Joonis 112. Kasvuhoone (tüüpprojekt nr. 16-09) ristlõiked:
ülal — maapinna-kasvuhoone; all — lavatitega kasvuhoone.

Kasvuhoonete koridor on 2,10 m lai. Koridorist põhja poole on paigutatud tootmis- ja abiruumid. Neist on kombinaadi kahe keskmise kasvuhoone vastas asuvad ruumid köetavad ja nad kuuluvad kombinaadi koosseisu sõltumata sellest, kui suurena kombinaat välja ehitatakse. Mainitud ruumide hulka kuuluvad: tambur (tuulekoda) ja koridor — 8,8 m², riietusruumid — 11,2 m², sanitaarsõlm — 10,3 m², agronoomi ruum — 11,2 m², ladu ja valmiskauba väljaandmise ruum (ekspeditsioon) — 28,1 m², lavaakende remontimise töökoda — 31,1 m² ja toitekuubikute valmistamise ruum — 15,0 m².

Koridori otste kõrval asuvad mitteköetavad ruumid: materjalide laoruum — 28,2 m², remonti vajavate lavaakende katusealune — 46,6 m², ruum toitekuubikute muldade ettevalmistamiseks — 28,2 m² ja katusealune toitekuubikute hoidmiseks — 46,6 m².

Selle suhteliselt suure kombinaadi koosseisu kuuluvad veel: sibulahoidla mahuga 50 tonni, 2 katusealust — 8,0×56,0 m lavaakende ja õlgmattide hoidmiseks, lavad 4500 aknaga ja katlamaja. Kõik need abihooned ehitatakse välja ainult selles ulatuses, nagu on majandile otseselt vajalik.

Kasvuhoone metallist raamkonstruktsioon on ühtlasi ära kasutatud küttekehana. Raamide kandeava on 10,0 m ja nad on asetatud 2,16 m vahedega. Raamid on ühendatud peamiselt kolmeraamilisteks (osalt ka kaheraamilisteks) registriteks torudest talade abil, mis on raamidega ühendatud keevitamise teel, kusjuures talad ja raamid on ühendatud nii, et nad moodustavad torustiku.

Kandvad raamid on keevitatud torudest talade külge, mis toetuvad postvundamendi peale kinnitatud karpraualõikudele. Raamid ja alumised talad valmistatakse terastorudest 114×4, ülemised talad 60×3.

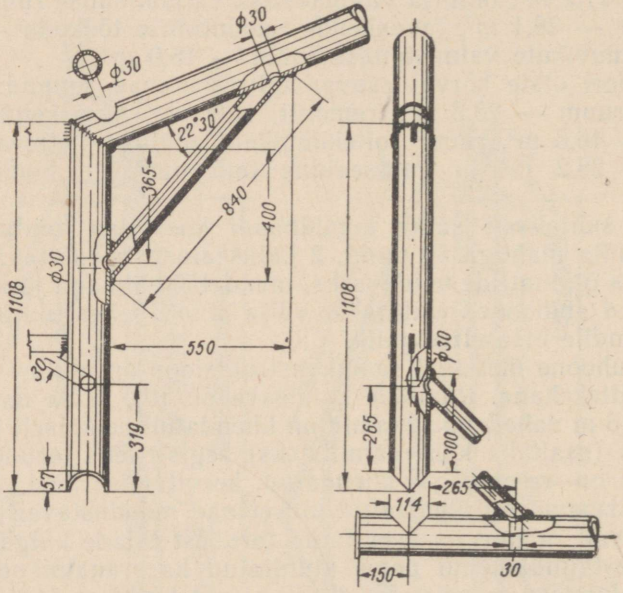
Sellist raamkonstruktsiooni saab kasutada 10—18 m laiuste ja laiemate kasvuhoonete puhul. Otstarbekamad on praegusel ajal 10—14 m laiused avad. Raam-kandekonstruktsioone moodustavate torude mõõtmed sõltuvad ava suurusest ja need tuleb arvutada. Kolme- ja kaheraamiliste registrite alumised, torudest valmistatud talad toetuvad lahtiselt karpraualõikudele. Ainult ühest kohast kinnitatakse register keevituse teel karpraua külge ja moodustatakse niiviisi mitteliikuv tugi. Kolmeraamilise registri puhul keevitatakse tala ühe keskmise toe kohal kinni. Teised toed peavad olema vabad (libisevad), et mitte takistada temperatuuri mõjul tekkivat talade lineaarset pikenemist. Libisevad toed tehakse piki telge pooleks saetud torulõikudest, mis keevitatakse tala (torudest) otste külge ja ulatuvad konsoolidena ü e raamide. Kõrvaloleva registri talad toetuvad otstega neile torulõikudele.

Et kompenseerida soojuse kadu lõunapoolse otsseina kaudu, suurendatakse kasvuhoonete otsmiste raamide kohal küttepinda.

Nurki, kus raamide vertikaalsed toed ühinevad raami riiviga, tugevdatakse lühikeste, 2—2½-tollistest torudest (projektis

60 mm) käppade asetamise teel. Ka postide alumised otsad tugevdatakse samal viisil, kusjuures käpad asetatakse 45° all posti ja alumise tala poolt moodustatavatesse nurkadesse (joonis 113).

Mõnedes konstruktsioonides ulatub raamide arv registris kuni viieni. Kahe kõrvuti asuva registri puhul jäetakse nii ülemiste kui ka alumiste talade vahele vähemalt 10—12-millimeetrised vahed.



Joonis 113. Torudest talade ühendus neid kandvate raamidega (registritega).

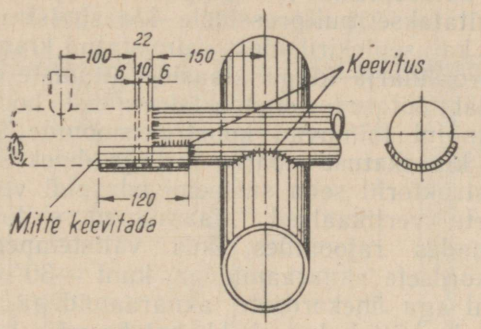
Nende ühendamine ja toetamine toimub joonise 114 kohaselt. Selline ühendusviis võimaldab taladel temperatuuri muutuste puhul vabalt pikeneda või lüheneda. Talade (torude) mõlemad otsad suletakse lehtrauast lappide külgekeevitamise teel. Registrid ühendatakse küttesüsteemi $^3/_4''$ läbimõõduga stutserite abil.

Alumise jaotuse puhul tungib kuum vesi registritesse sealtpoolt, kus asuvad ülemiste talade lühemad otsad, ja väljub ülemise tagasivoolumagistraali stutserite kaudu, mis on kinnitatud kõrgemasse punkti raamide keskele. Mõningatel juhtudel (mitte projektis nr. 16-09) ühendatakse raamid omavahel üleval keskmise talaga ja selle külge keevitatakse ainult üks stutser.

Ülemise jaotuse puhul, vastupidi, juhitakse kuum vesi raamide ülemistesse punktidesse ja ta väljub alumiste talade kaudu, millele toetuvad raamid. Selle skeemi rakendamisel on kergem keskküttesüsteemi reguleerida.

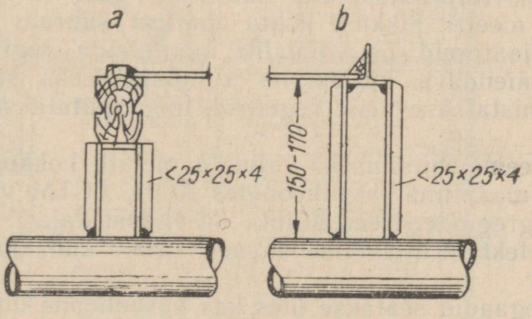
Prossid on kavatsetud puidust. Ühtlasi on antud ka variant raudprosside kasutamiseks.

Sokkel on raudbetoonplaatidest, 60 cm kõrge ja toetub postvundamendile. Teda võib ehitada ka tellistest.



Joonis 114. Talade toetamine.

Soojuskadude vähendamiseks tõstetakse soklit väljastpoolt ümbritsevat maapinda 25—40 cm võrra ja kaetakse sillutisega vee eemalejuhtimiseks. Maapinna tõstmise tõttu väheneb soojuskadu sokli kaudu.



Joonis 115. Prosside kinnitamine talade külge ja kompensaatorid:
a — toed puitprossi kinnitamiseks; b — toed metallprossi kinnitamiseks.

Katuse klaaskate valmistatakse 4 mm klaasist, mille ruudu laius on puitprosside puhul 50 cm ja raudprosside puhul 52,5 cm. Kasvuhoone külg- ja otsseinad klaasitakse 3 mm klaasiga. Eesti NSV kogemuste kohaselt kasutatakse 3 mm klaasi juhul, kui klaasi laius on 60 cm. Rida majandeid on aastaid hollandi lavaaknaid aasta läbi katusel hoidnud, ilma et klaasid oleksid purunenud, kuigi 3 mm paksuse klaasi laius hollandi lavaakendes on 73 cm.

Prossid kinnitatakse talade külge П-kujuliste käppade abil, mis valmistatakse 20×20×3 mm nurkrauast ja keevitatakse talade külge. Temperatuuri muutustest tingitud pikenemise ja lühenemise kompenseerimiseks tuleb prossidele talade jätkukohtades asetada katuseplekist kompensaatorid (joonis 115).

Klaas kinnitatakse puitprossidele klaasimistraadiga, metallprossidele aga katuseplekiribadest valmistatud klambrite abil, mis keevitatakse prossiharja külge klaaside alumiste servade kohal.

Hoolikalt läbitöötatud konstruktsioonidest hoolimata võivad temperatuuri mõjul toimuvad konstruktsioonide kuju muutused esile kutsuda klaaskatuse ebatihedusi ja defekte. Loodetavasti suudavad konstruktorid seda süsteemi edaspidi veelgi täiustada.

Kasvuhoonete vertikaalsed klaasseinad ehitatakse projekti kohaselt külmades rajoonides, kus välistemperatuur langeb —40°-ni, kahekordsete aknaraamidega, kuni —30°-ste välistemperatuuride puhul aga ühekordsete aknaraamidega. Soojuskadude vähendamiseks ja küttekulude kokkuhoiuks võib ka Eesti NSV-s soovitada kahekordseid aknaraame, mis viimasel ajal mitmes projektis ongi rakendamist leidnud.

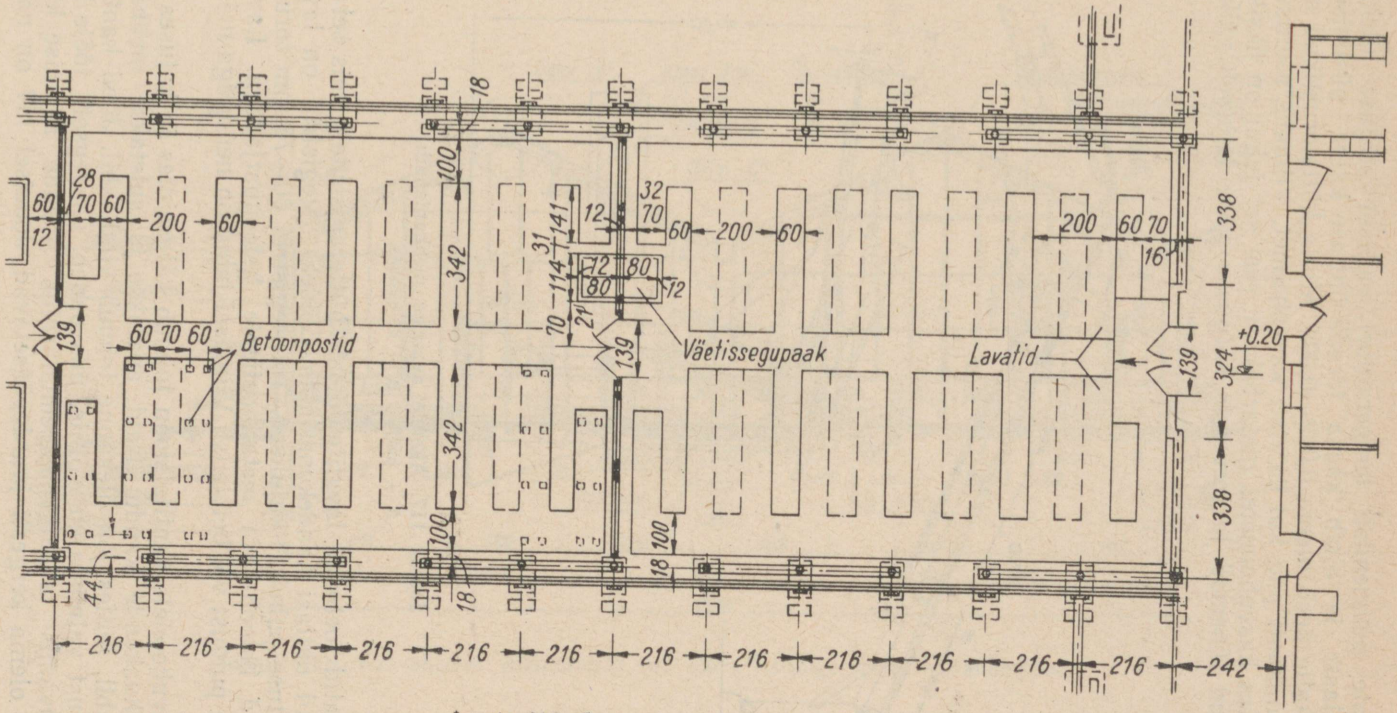
Süsteem, kus kandekonstruktsiooni üheaegselt kasutatakse küttekehadena, leiab käesoleval ajal rohket tähelepanu. NSV Liidu keskrajooni kliimatingimustes rahuldavad eespool kirjeldatud registrid umbes 60% maapinna-kasvuhoone soojusevajadusest. Ülejäänud osa kaetakse täiendavate küttekehade asetamise teel. Selleks on soovitatav kasutada ribitorusid, sest nende pindala on ühe jooksva meetri pikkuse kohta märksa suurem kui siledatel torudel. Radiaatoreid on võimalik monteerida registrite külge. Kasutades täiendava küttepinna valmistamiseks siledaid rauddtorusid, valmistatakse neist registrid, mis riputatakse raami postide külge.

Küttesüsteemi ehitamiseks vajaliku metalli kokkuhoiu huvides kasutatakse maapinna-kasvuhoonetes АОП, ГСТМ või СТД süsteemi kütteagregaate. Need kujutavad endast kalorifeeri ja ventilaatori komplekti. Küttevõime on neil 15 000 kuni 300 000 kalorit tunnis.

Kütteagregaadid seatakse üles kas kasvuhoone ühte (koridoripoolsesse) või mõlemasse otsa. Nende heaks omaduseks on see, et nad levitavad soojust ühtlaselt üle kogu kasvuhoone ja loovad taimedele väga soodsa temperatuurirežiimi.

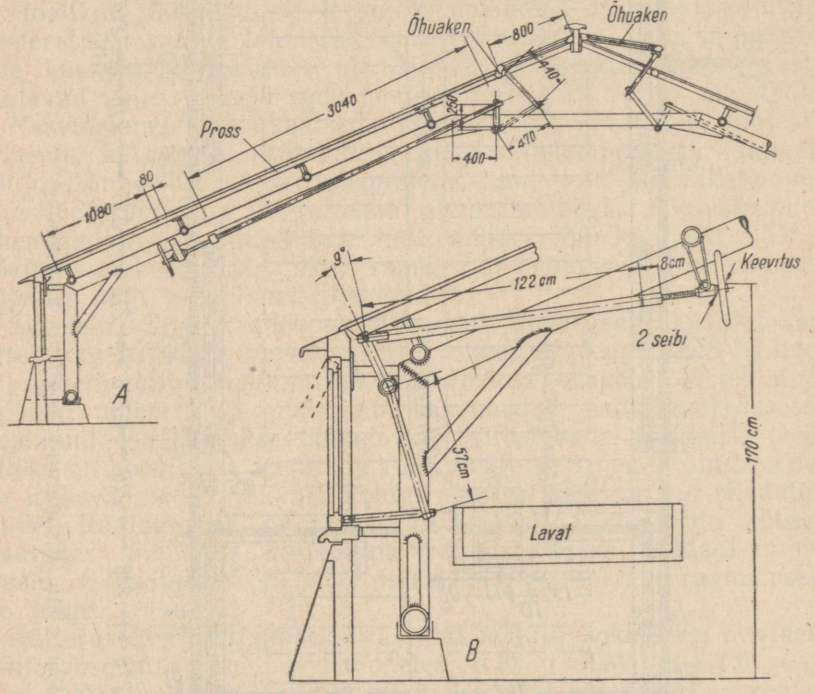
Toodetakse järgmisi agregaate: $АОП_{25}$, $АОП_{50}$, $АОП_{70}$, $АОП_{100}$, $ГСТМ_{70}$ ja $СТД_{300}$. Numbrid tähistavad agregaatide maksimaalset võimsust tuhandetes kalorites tunnis. Sõltuvalt margist on agregaadid varustatud elektrimootoritega, mille võimsus on 0,25 kuni 4,5 kilovatti.

Maapinna-kasvuhoonete mulla soojendamiseks asetatakse küttetorud 45—60 cm sügavusele mullapinnast. Selleks kasutatakse harilikult 1—$1^1/_2$-tolliseid torusid. Roostetamise vastu kaetakse nad betoonkestaga, mille ristlõige on 10×10 kuni 12×12 cm.



Joonis 116. Ristasetuses lavatitega kasvuhoone

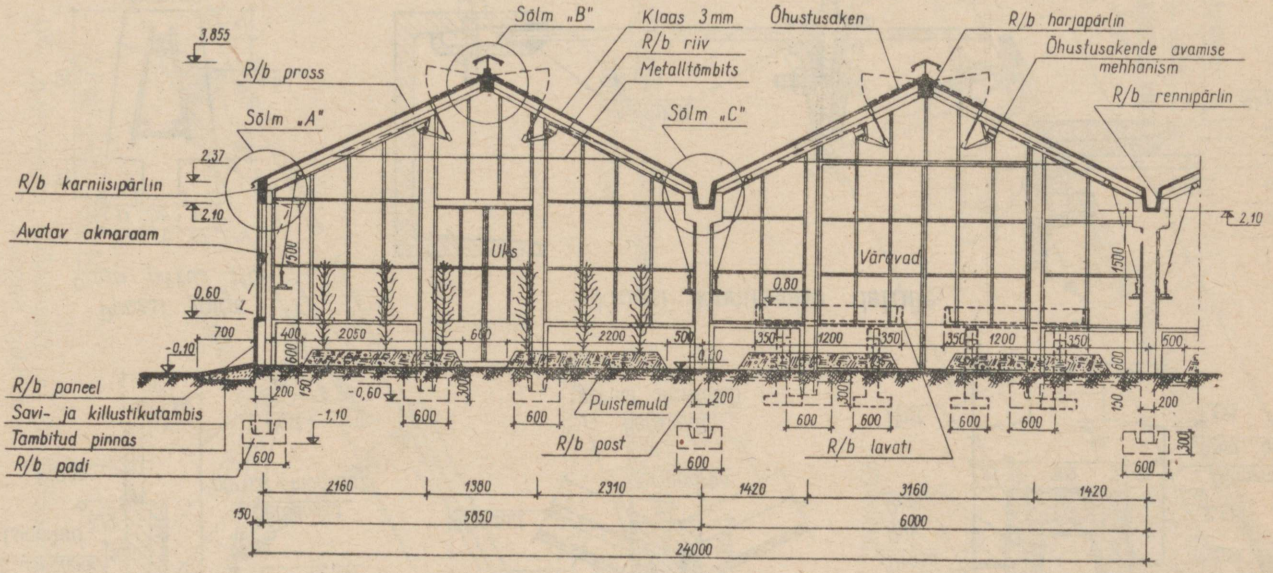
Betoonkate pehmendab temperatuuri vahesid soojuse ülekandel mullasse ja aitab kaasa torude ühtlase kalde püsimisele. Torude kalle peab olema 0,002—0,003. Mulla küttetorustikud asetatakse niihästi piki kui ka risti kasvuhoonet. Viimane asetusviis on suurtes kasvuhoonetes otstarbekam, sest sel juhul on üksikud torulõigud lühemad ja toruotste kõrguste vahe kujuneb väiksemaks.



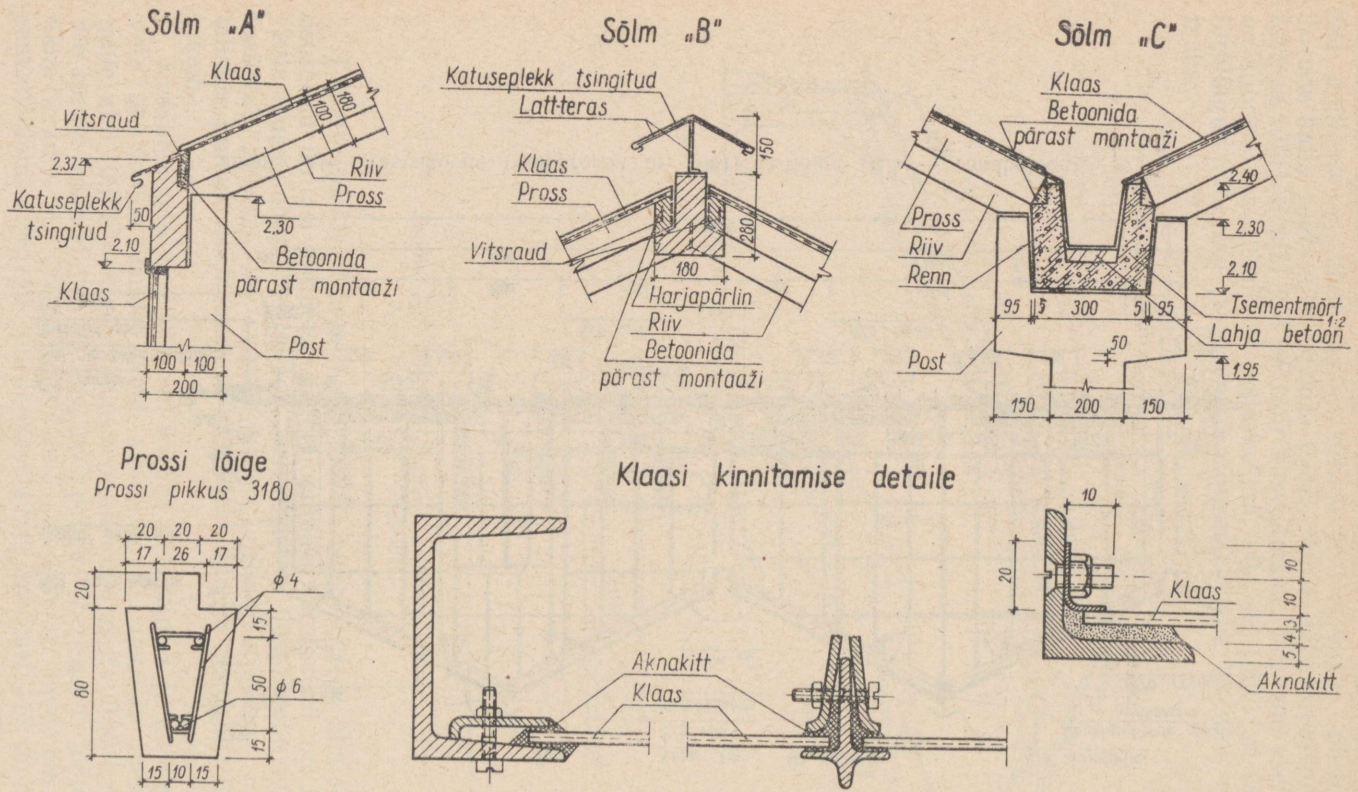
Joonis 117. Akende avamise mehhanismid:
A — harjas; B — külgseinas.

Lavatid toetuvad lavatitealustele kütteregistritele, mis sel teel osutuvad ühtlasi kandekonstruktsioonideks. Registrid on lavade ristiasetuse puhul П-kujulised. Toruregistrid 60—76 mm torudest toetuvad betoon- või metallpostidele betoonpatjadega. Lavatid tehakse puidust või betoonist. Viimasel juhul on nende iga märksa pikem.

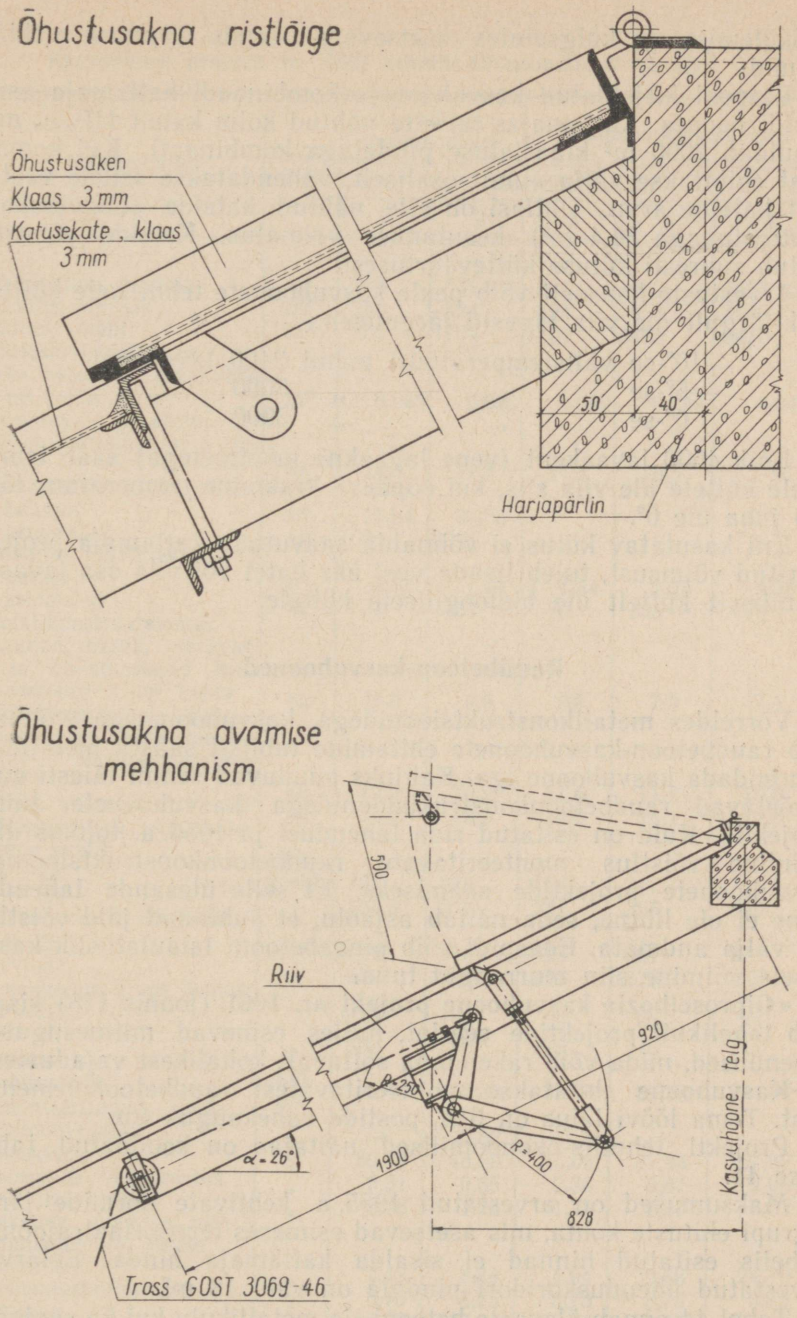
Kasvuhoonete ventilatsioon toimub külgseintes ja katuses olevate õhuakende kaudu. Neid avatakse ja suletakse mehhanismide abil, milles jõu ülekanne toimub vindi abil. Jõud kantakse üle torust valmistatud võllile, mis paneb üheaegselt tööle kuue akna avamis- ja sulgemismehhanismid. Akende avamise kohad peavad olema kergesti juurdepääsetavad. Joonisel 117 on näida-



Joonis. 118. Kasvuhoone (tüüpprojekt nr. 1061) ristlõige (R/b — raudbetoon).



Joonis 119. Kasvuhoone (tüüpprojekt nr. 1061) detaile.



Joonis 120. Kasvuhoone (tüüpprojekt nr. 1061) õhustusakna ristlõige ja avamise mehhanism.

tud ülemiste ja külgseintes asetsevate akende avamise mehhanismid.

Eespool kirjeldatud kasvuhoonete kombinaadi katlamaja asub eraldi hoones. Katlamajas on ette nähtud kolm katelt HP_{4-43}, mis rahuldab 2000 m² klaasialuse pindalaga kombinaati. Kui kombinaat ehitatakse välja ainult osaliselt, vähendatakse sellele vastavalt katelde arvu. Ühtlasi on ette nähtud katelde «Universaal» (küttepinnaga 34,4 m²) kasutamise võimalus. Katelde võimsus sõltub suuresti kütuse kütteväärtusest.

Arvestuste kohaselt võib peale kasvuhoonete tehnilisele küttele järk-järgult üle viia lavasid järgmiselt:

—10°-se	välistemperatuuri	puhul	2400 lavaakent
—5°-se	„	„	3000 „
0°-se	„	„	3900 „

Kõik 4500 lavaakent (vene lavaakna mõõtmetega) saab tehnilisele küttele üle viia siis, kui ööpäeva keskmine temperatuur tõuseb juba üle 0°.

Kui kasutatav kütus ei võimalda saavutada katlamaja projekteeritud võimsust, tuleb lisada veel üks katel või viia osa lavasid tehniliselt küttelt üle bioloogilisele küttele.

Raudbetoon-kasvuhooned

Võrreldes metallkonstruktsioonidega kasvuhoonetega võimaldab raudbetoon-kasvuhoonete ehitamine tublisti säästa metalli ja suurendada kasvuhoone iga. Kahjuks puuduvad senini täiesti vastuvõetavad raudbetoonkonstruktsioonidega kasvuhoonete tüüpprojektid. Kuid on esitatud rida lahendusi ja 1956. a. toimus üleliiduline võistlus monteeritavate raudbetoonkonstruktsiooniga kasvuhoonete projektide saamiseks. Et selle ülesande lahendamine ei ole lihtne, seda näitab asjaolu, et auhinnad jäid võistlusel välja andmata. Edaspidi võib pingebetooni laiaulatuslik kasutusele võtmine siin murrangut tuua.

«Giproselhozi» kasvuhoone projekt nr. 1061 (joonis 118) sisaldab tegelikult projektide seeriat, milles esinevad mitmesugused lahendused, mida võib rakendada sõltuvalt kohalikest vajadustest.

Kasvuhoone ehitatakse monteeritavatest raudbetoonelementidest. Tema lööv laius on 6 m, postide vahekaugus 4 m.

Projekti tehnilis-ökonoomilised näitajad on koondatud tabelisse 44.

Maksumused on arvestatud 1955. a. kehtivate normide järgi I grupi ehituste kohta, mis asetsevad esimeses territoriaalrajoonis. Tabelis esitatud hinnad ei sisalda katlamaja hinda. Eelarves arvestatud ühenduskoridori pindala on vaid 18 m².

Tabel 44 annab ülevaate betooni- ja metallikulu kui ka soojusevajaduse kohta kasvuhoonetes. Ühtlasi nähtub tabelist, et suuremad kasvuhooned on ökonoomsemad. See ei tähenda aga seda, et

Tabel 44

Kasvuhoone projekti nr. 1061 tehnilis-ökonoomilised näitajad

Jrk. nr.	Nimetus	Mõõtühik	Lavatitega kasvuhooned		Maapinna-kasvuhooned		
			Kasvuhoone nr.				
			1	2	2	3	4
1.	Ehitusalune pindala	m^2	265	531	531	1062	2651
2.	Kasulik pindala	m^2	259	524	524	1053	2640
3.	Ehituse maht	m^3	851	1704	1704	3409	8475
4.	Ehituskonstruktsioonideks betooni kasvuhoone 1 m^2 kohta	m^3	0,065	0,052	0,052	0,045	0,042
5.	Armatuuri- ja ehitusterast kasvuhoone 1 m^2 kohta	kg	14,3	11,7	11,7	10,5	9,6
	Lavatiteks:						
6.	betooni	m^3	16,94	38,88			
7.	armatuuri	kg	1023	2046			
	Kanalite plaatideks:						
8.	betooni	m^3	0,83	1,24	1,34	2,25	4,98
9.	armatuuri	kg	21	31	83	153	364
	Metallkonstruktsioone:						
10.	aknad, uksed, väravad ja õhustusaknad kasvuhoone 1 m^2 kohta	kg	18,9	9,6	9,6	7,9	7,1
11.	Küttetorustikuks kasvuhoone 1 m^2 kohta (arvestatav välistemperatuur —20°)	kg	12,6	10,9	11,6	11,2	10,6
12.	Sama, arvestatav t^0—30°	kg	17,5	13,3	14,0	13,1	12,8
	Küttetorustiku soojusülekanne kcal/h	tuh. kcal/h					
13.	t^0—20°		122	218	169	317	716
14.	t^0—30°	„	163,9	272	221	395	949
	Kasvuhoone 1 m^2 kohta:						
15.	t^0—20°	kcal/h	472	416	323	301	271
16.	t^0—30°	„	634	520	421	376	359
	Kasvuhoone 1 m^3 kohta:						
17.	t^0—20°	„	143	128	99	93	85
18.	t^0—30°	„	193	160	129	116	112
	Maksumus:	tuh. rbl.					
19.	ehitustööd		46,45	52,34	52,34	89,50	204,80
20.	monteeritavad raudbetoonlavatid	„	—	25,82	—	—	—
21.	keskküte	„	30,29	48,69	47,09	82,84	197,99
22.	sisemine veevarustus	„	0,31	0,65	0,38	0,81	2,08
23.	elektrivalgustus	„	0,78	1,25	1,25	2,27	5,62
24.	akende avamise mehhanismid ja nende montaaž	„	2,42	4,84	4,84	9,68	24,19
25.	ühenduskoridor	„	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75
26.	Kokku	„	84,00	137,34	109,65	188,85	438,43
27.	Kasvuhoone inventarpind	m^2	250	500	500	1000	2500
28.	Inventarpinna 1 m^2 maksumus	rbl.	336,00	274,68	219,30	188,85	175,37

ei tule arvestada kohalikke vajadusi ja võimalusi ning igal juhul orienteeruda suurte kasvuhoonete ehitamisele.

Projekti nr. 1061 põhiliseks üksuseks on 6 m laiune ja 44 m pikkune kasvuhoone. Selle võib välja ehitada üksikult ja istikute paljundamise korral varustada lavatitega.

Järgmine võimalus on ehitada kasvuhoonete kombinaat kahest, kolmest või enamast kasvuhoonest, ühendades need omavahel koridoriga ja jättes kasvuhoonete vahele 4,2 m laiused vahed. Põhiliselt ja põhjalikult on projektis läbi töötatud mitmes variandis blokk-kasvuhooned, mille kohta käivad ka tabelis toodud arvud.

Projektile on eri lahendustena lisatud ajatusmaja elektrifitseerimise projekt (üldvalgustus ja taimede kiiritamine) ning kasvuhoonete vihmutusseadme projekt.

Monteeritavate elementide nimestikku kuuluvad: üks tüüp postide patju, neli tüüpi poste (välised ja sisemised nurga- ja vahepealsed postid), kaks tüüpi riive (äärmised ja sisemised), kaks tüüpi talasid (harja- ja karniisi-), kaks tüüpi renne (äärmised ja keskmised), neli tüüpi seinapaneele, üks tüüp prosse, kaks tüüpi lavateid, kaks tüüpi lavatite talasid ja üks tüüp lavatite kandeposte.

Monteeritavad elemendid ühendatakse keevitamise teel. Riivides tekkiv horisontaaljõud võetakse vastu tõmbitsatega. Katuse raudbetoonprossid asetsevad 50 cm vahedega. Katus klaasitakse 3 mm paksuse klaasiga bituumenkitil. Ehituskonstruktsioonide lumekoormuseks on võetud 25 kg/m² (horisontaalprojektsiooni kohta), arvestades lume sulamist kasvuhoone ekspluatatsioonil. Kui talvel kütmine pikemaks ajaks katkestatakse, soovitatakse katust perioodiliselt lumest puhastada, et teda ei koormataks üle arvutuse aluseks võetud piiri.

Kasvuhoone külg- ja otsseinte aknaraamid ning ülemised õhustusaknad valmistatakse metallist. Metallraamides olevad klaasid kititakse rauamenniku ja naturaalvärnitsa kitil.

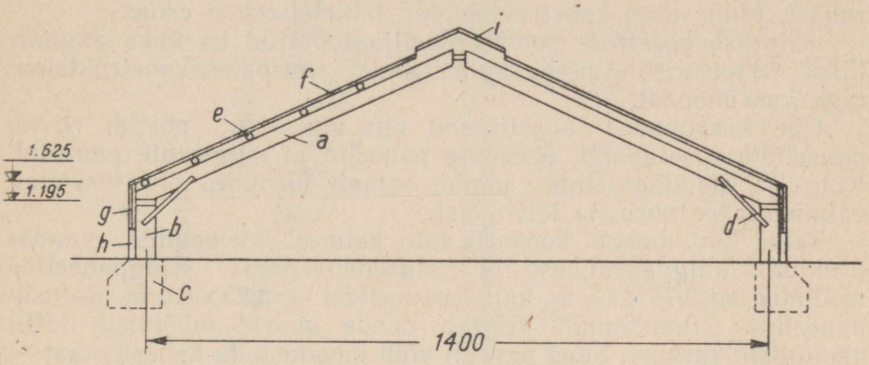
Sokkel ulatub 60 cm üle kasvuhoone põranda ja käiguteede pinna. Lavatite kõrgus on 80 cm. Peenrad on maapinna-kasvuhoonetes 20 cm kõrgemad käiguteede pinnast.

Küttetorustik valmistatakse 76×2 ja 89×2,5 mm torudest. Torud asetsevad välisseinte ääres, olles riputatud katuse alla ja renni toetavate postide külge. Lavatitega kasvuhoonetes on osa torustikku asetatud lavatite alla, maapinna-kasvuhoonetes aga pinnasesse. Õhu paremaks eraldamiseks on vee liikumine vastassuunaline torustiku kaldele.

Maapinna-kasvuhoonete mulla soojendamine toimub 2-tolliste torude abil, mis asetatakse 1 m vahekaugustega 50 cm sügavusele. Torustiku kalle on 0,005. Pinnase kütet, s. o. mulla soojendamist on võimalik eraldi välja lülitada. Kõik mitteisoleeritavad torud kaetakse korrosioonivastase lakiga nr. 177 (GOST 5631-51) või õlivärviga. Torud tuleb enne värvimist hoolikalt roostest puhastada.

Angaarkasvuhooned

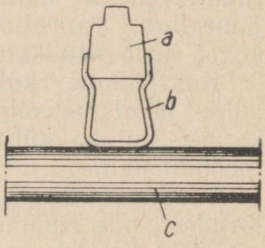
Angaari tüüpi monteeritavast raudbetoonist kasvuhoone on projekteeritud «Rosgiprosovhozstroi» poolt kasvuhoonete kombinaadile «Belaja datša».



Joonis 121. Angaarkasvuhoone ristlõige (ava 14 m):
a — raudbetoonriiv; b — raudbetoonpost; c — betoonalusmüürid; d — kahest nurkrauast koosnev kaldtugi; e — raudtorudest talad; f — raudbetoonprossid; g — küljeaknad; h — raudbetoonsokkel; i — harjaaknad.

Angaarkasvuhoone kandekonstruktsiooni moodustavad 14-meetrise avaga raamid, mis toetuvad betoonvundamendile (joonis 121). Raamid koosnevad kahest postist ja kahest riivist, mis on karniisi kohal kokku keevitatud. Sõlme on väljastpoolt nurkraudadega tugevdatud. Harja kohal on mõlemad raamipooled šarniirina ühendatud. Raamid asetatakse 4-meetriste vahedega. Raame ühendavad ja katuseprosse kannavad 89×3,5 mm torud. Neid torusid kasutatakse ühtlasi kasvuhoone kütmiseks.

Kummalgi katuseküljel on kuus riivi külge kinnitatud nurkraualõikudele toetuvat tala. Alumised kolm rida talasid toetub lahtiselt nurkraudadele. Ülemised kolm rida keevitatakse nurkraudade külge. Et kinnikeevitamise tagajärjel ei tekiks temperatuuri mõjul suuri lisapingeid, varustatakse talad (torustik) iga 16 m tagant kompensaatoritega.



Joonis 122. Prossi kinnitamise viis:
a — pross; b — lattrauast jalg; c — tala (torust).

Prossid valmistatakse raudbetoonist, joonisel 122 kujutatud ristlõikega. Samal joonisel on näidatud, kuidas prossid talade külge kinnitatakse. Toed valmistatakse lattrauast ja keevitatakse talade külge. Külg- ja ots-klaasseinte raamid kui ka ülemised õhustusaknad valmistatakse nurk- ja lattrauast.

Kasvuhoone ühe m^2 pindala kohta vajatakse 0,0614 m^3 betooni. Sama pinnaühiku kohta on metallikulutus ilma talade ja raamideta 7,5 kg ja koos raamidega 12 kg ruutmeetrile.

Samas sovhoosis on kasutatud ka teist tüüpi kandekonstruktsiooni. Selles on raam asendatud Polonso tüüpi 14-meetrise avaga fermidega, mille ülemine vöö on raudbetoonist, muu osa aga rauast. Muus osas konstruktsioonid teineteisest ei erine.

«Giprosovhozstroi» poolt on välja töötatud ka kaks angaari tüüpi 12-meetrise avaga raudbetoonist suurpaneelkonstruktsiooniga kasvuhoonet.

Ühe kasvuhoone koostisosad on: alusmüür, postid, riivid, paneelid-katuseraamid, otsseinte paneelid ja külgseinte paneelid. Külg- ja ots-klaasseinte raamid, samuti ülemised õhustusaknad valmistatakse nurk- ja lattrauast.

Teine kasvuhoone koosneb vaid kolmest elemendist: vundamendist, külgpaneelidest ja katusepaneelidest. Külgpaneelide mõõtmed on 2,76×1,5 m, katusepaneelidel — 2,23×6,5 m. Katusepaneelide valmistamine tekitab nende suurte mõõtmete tõttu mõningaid raskusi. Seda paneeli võib moodustada kahest osast — alumisest ja ülemisest, ühendades need enne kohalemonteerimist sidelappide pealekeevitamise teel. Sel juhul tuleb küll valmistada neli tüüpi detaile, kuid nende valmistamine lihtsustub.

«Giprosovhozstroi» kasvuhoone projekt nr. 16—12 (joonis 123) on uus monteeritavatest elementidest angaaritüüpi raamkonstruktsiooniga kasvuhoone. See näeb ette järgmiste elementide kasutamist; alusmüüri padi, post, riiv, katusepaneel, karniisipaneel, külgseina paneel ja otsseina paneel.

Kolme šarniiriga raamide vahe on 6 m. Raami kandekaugus on 12 m. Raam monteeritakse kokku 2 postist ja 2 riivist. Kahe raami vaheline katuselõik kaetakse 2 karniisipaneeli ja 8 katusepaneeliga. Paneelide pikkus on 5,97 m, laius 1,20 m. Harja kohal asub raudkonstruktsiooniga õhustusaken.

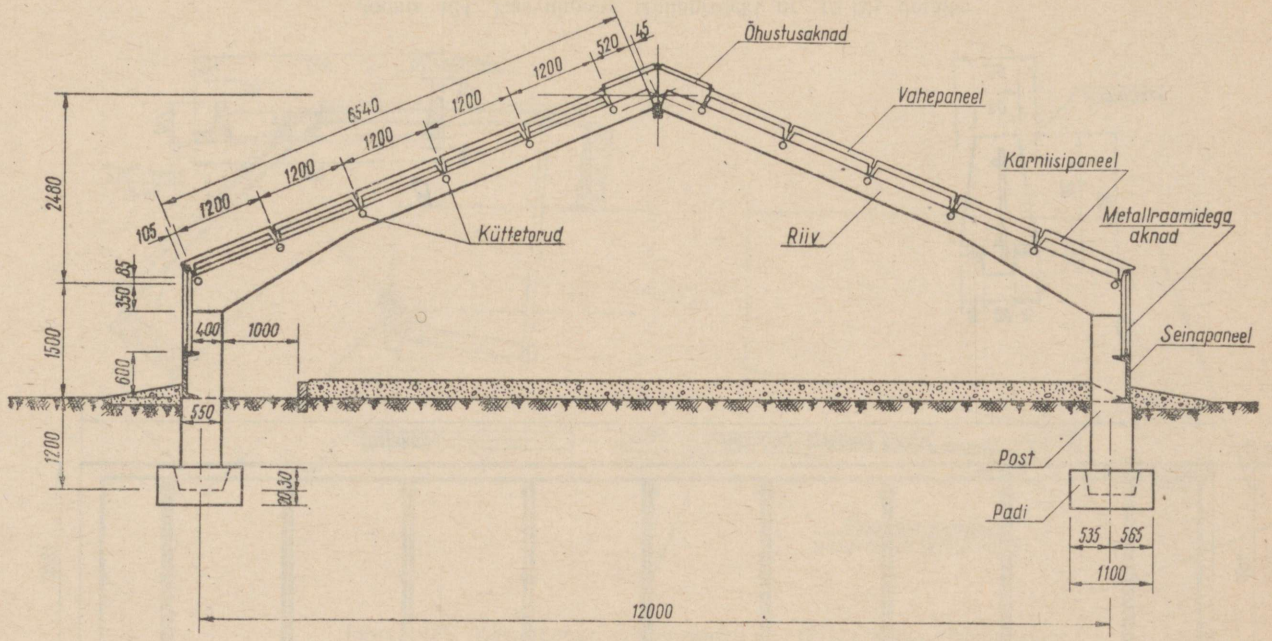
Kasvuhoone külgseinad moodustatakse 60 cm kõrgustest külje- ja otspaneelidest. Küljeaknad on raudraamidega. Niihästi katuse- kui ka küljeaknad avatakse vindi põhimõttel töötavate mehhanismidega.

Vesikeskkütte П-kujulised registrid valmistatakse 76 x 3 mm torudest, mis riputatakse katusepaneelide alla. Samuti asetatakse registrid kasvuhoone külg- ja otsseinte äärde. Otsseinte äärde asetatakse ka radiaatoreid.

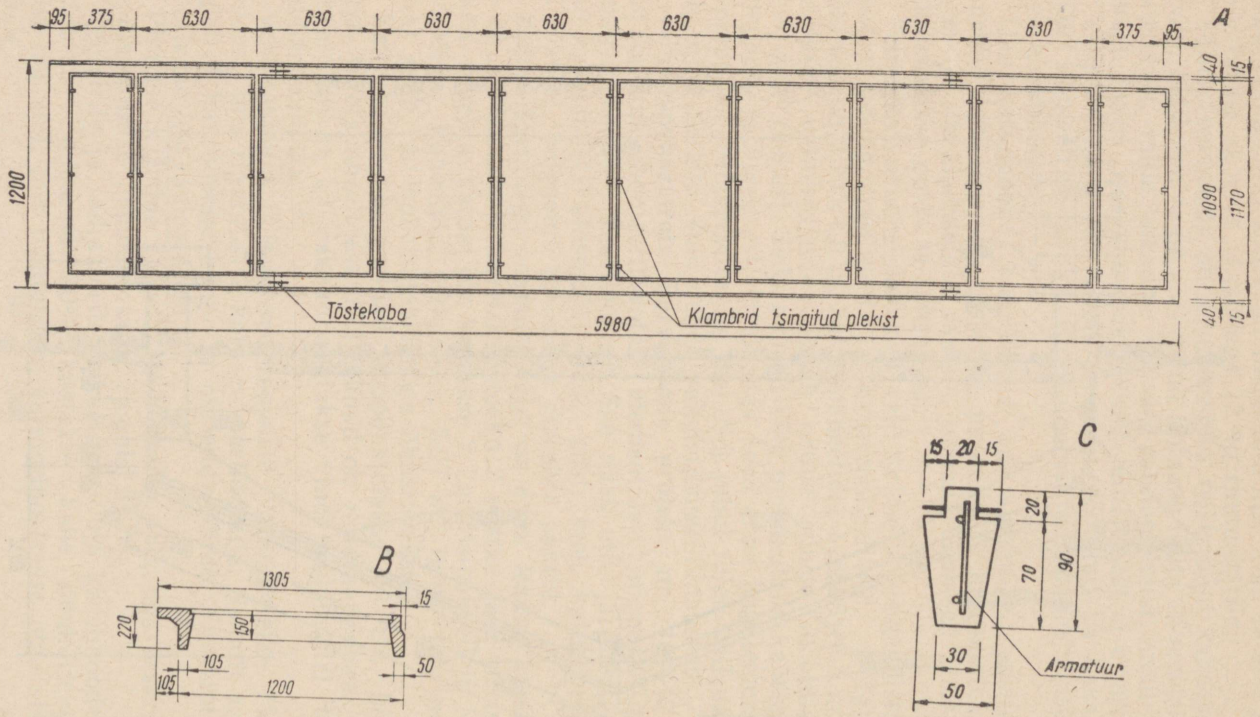
Pinnase kütmine toimub $1\frac{1}{2}$" torude abil, mis ümbritsetakse trapetsikujulise betoonkestaga (joonis 34,B).

Registrite ja radiaatoritega kaetakse 70% kasvuhoone soojuskadudest. Ülejäänud 30% kaetakse kahe õhukütteagregaadi АОП-100 abil, mis riputatakse koridoripoolsesse otsa sissepääsu kohale.

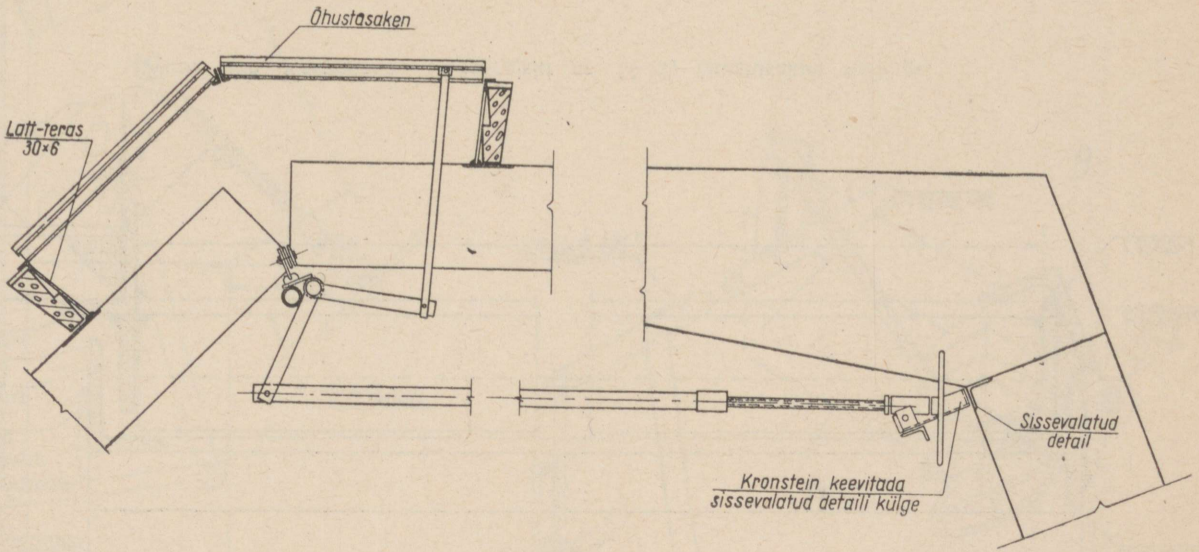
Peale nende on olemas veel teisi raudbetoonkonstruktsiooniga kasvuhooneid.



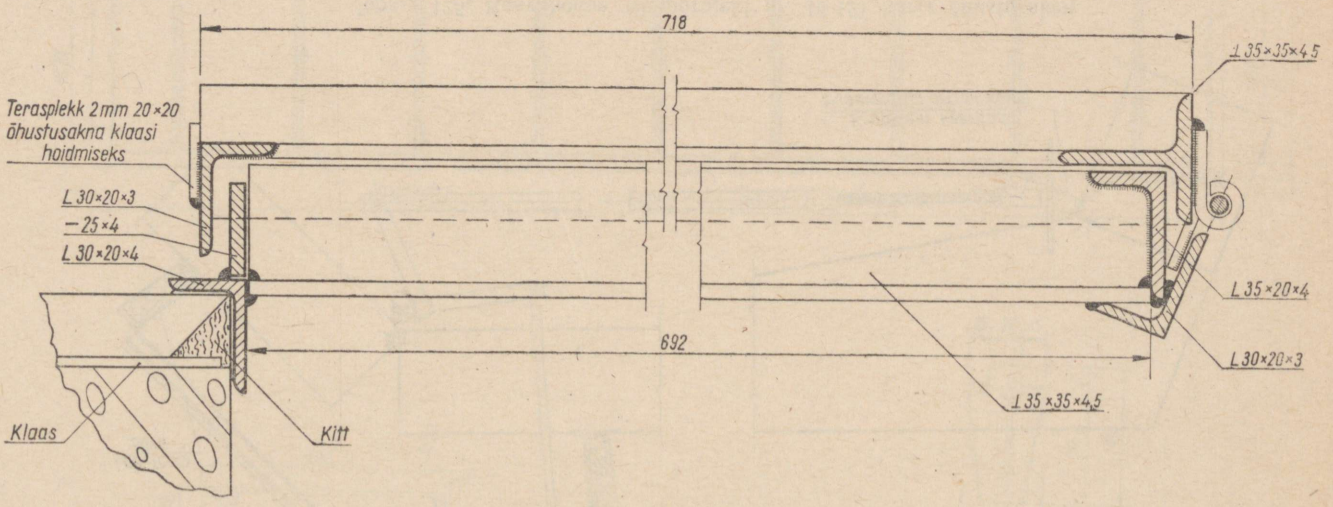
Joonis 123. Kasvuhoone (tüüpprojekt nr. 16-12) ristlõige.



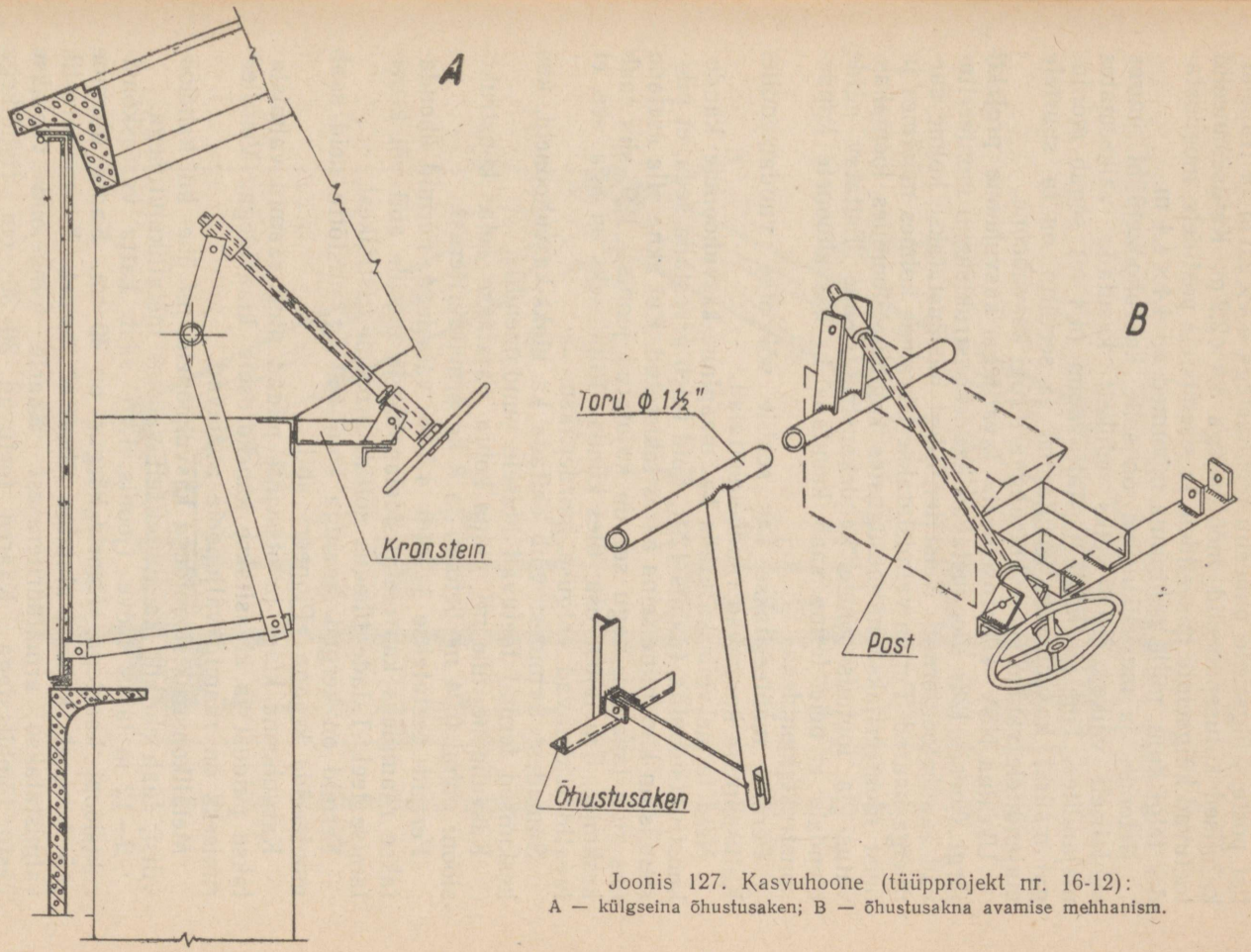
Joonis 124. Kasvuhoone (tüüpprojekt nr. 16-12) detaile:
A — aken (vahepaneel); B — äärepaneeli ristlõige; C — prossi ristlõige.



Joonis 125. Kasvuhoone (tüüpprojekt nr. 16-12) harja õhustusaken.



Joonis 126. Kasvuhoone (tüüpprojekt nr. 16-12) õhustusakna ristlõige.



Joonis 127. Kasvuhoone (tüüpprojekt nr. 16-12):
A — külgseina õhustusaken; B — õhustusakna avamise mehhanism.

Insener Ljudkovski raudbetoonkasvuhoone projekti järgi koosneb kasvuhoone viiest põhielemendist: kolm tüüpi rööpkülikukujulisi poste, külgseinte paneelid mõõtmetega 4,4×2,5 m ja trapetsikujulised katusepaneelid mõõtmetega 4,4×2,2 m. Katusepaneelid toetuvad külgseinte paneelidele ja sisemistele postidele, moodustades telgi kuju, mille põhipinna mõõtmed on 4,4×4,4 m.

Betooni- ja metallikulutus on selle kasvuhoonetüübi juures suhteliselt väike; teda võiks edukalt kasutada väiksemates majandites. Tihe sisemiste postide samm (4,4 m) segab mõningal määral kasvuhoone kasutamist ja seetõttu on ta suurtele majanditele vähem sobiv kui angaaritüüpi kasvuhoone.

Ukraina NSV **«Giproselhozi» lavatitega kasvuhoone projekti** järgi (joonis 128) moodustavad kandekonstruktsiooni monteeritavad raudbetoonfermid. Neist fermidest moodustatakse kolme šarniiriga kaared. Ferme valmistatakse Ukrainas kolmes mõõtmes ja neist monteeritakse mitmesugustes kombinatsioonides loomakasvatus- ja tootmishoonete kandekonstruktsioone. Esitatav näide tõendab, et neid ferme saab kasutada ka kasvuhoonete kandekonstruktsioonidena.

Fermid monteeritakse kas soklile või otse vundamendile. Katuseprosse kannavad raudbetoontalad.

Neid ferme võib kasutada ka **maapinna-kasvuhoonete** kandekonstruktsioonina (joonis 129), kuid tuleb arvestada seda, et pikisuunas on kündmine seina ääres takistatud. Kui akna alla asetada üks rida lavateid, nagu see on kujutatud joonisel 129, siis saab keskmise, 5 m laiuse osa üles künda. Puuduseks on aga see, et lavatid takistavad valguse juurdepääsu.

Samadest fermidest võib ehitada ka **blokk-kasvuhooneid,** kus keskmised fermid toetuvad ühisele vundamendile.

Kasvuhoone ühe m^2 pinna kohta vajatakse selle konstruktsiooni puhul 0,04 m^3 betooni ja 8 kg armatuuriterast.

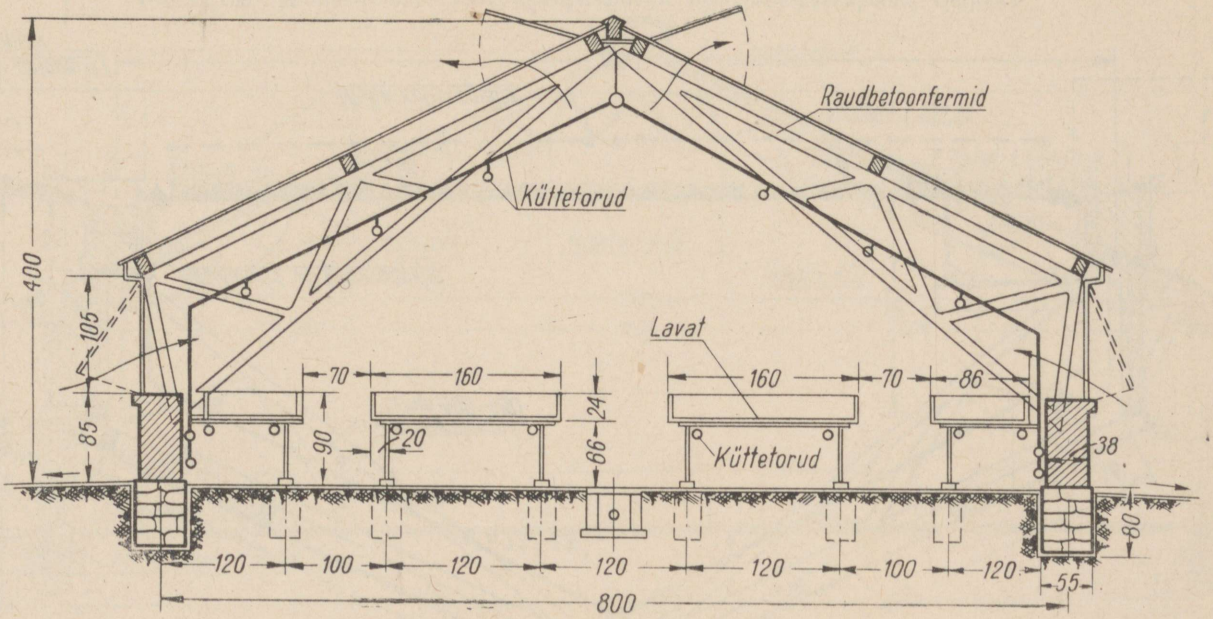
Fermid asetatakse 4 kuni 4,8 m vahedega. Fermid ühendatakse raamideks kas metallsidelappide ja poltide abil või keevitamise teel. Talade tihedus sõltub prosside ristlõikest.

Fermid on kerged, kaaluga kuni 450 kg, mistõttu neid saab monteerida kraana «Pioneer» abil.

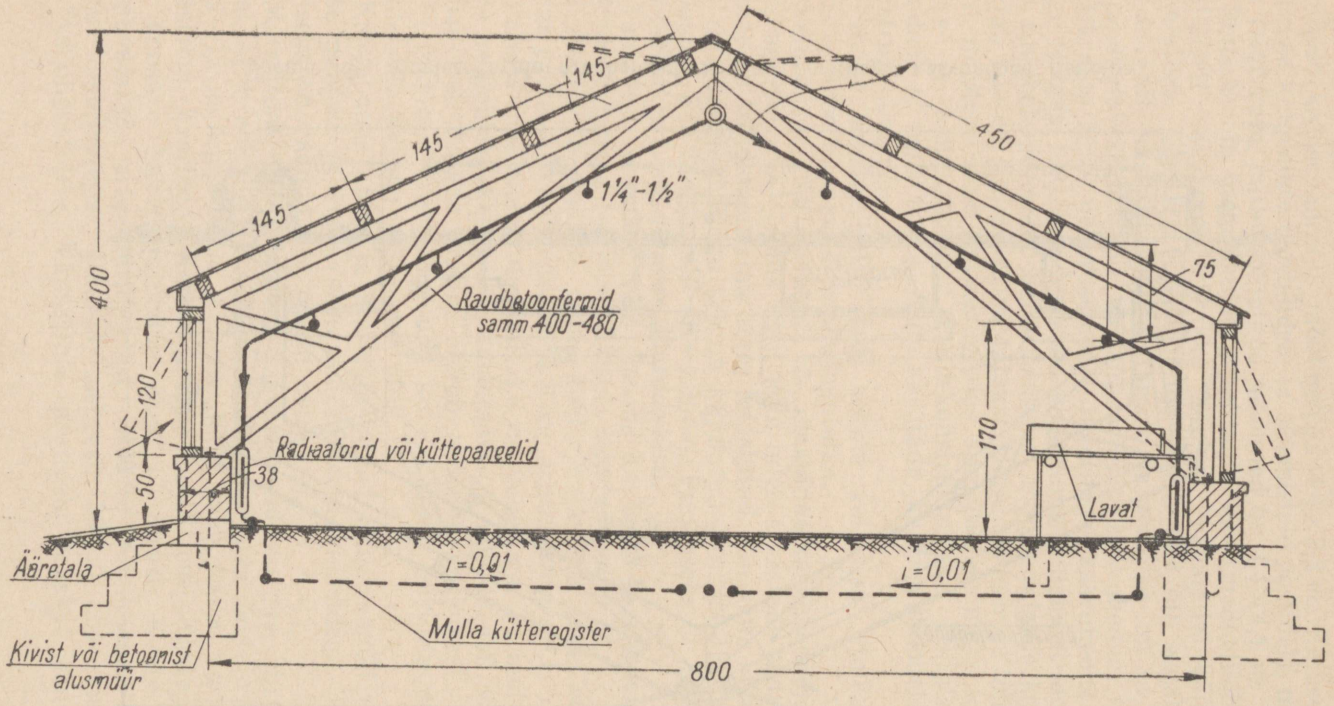
Kasvuhoone külg- ja otsseinte piidad ning raamid valmistatakse puidust ja klaasitakse kahekordsete klaasidega. Ventileerimiseks on raamid väljapoole avatavad.

Metallkonstruktsioonidega kasvuhooneid, nii ühe- kui kahelöövilisi, saab ehitada ka suhteliselt väikese metallikulutusega.

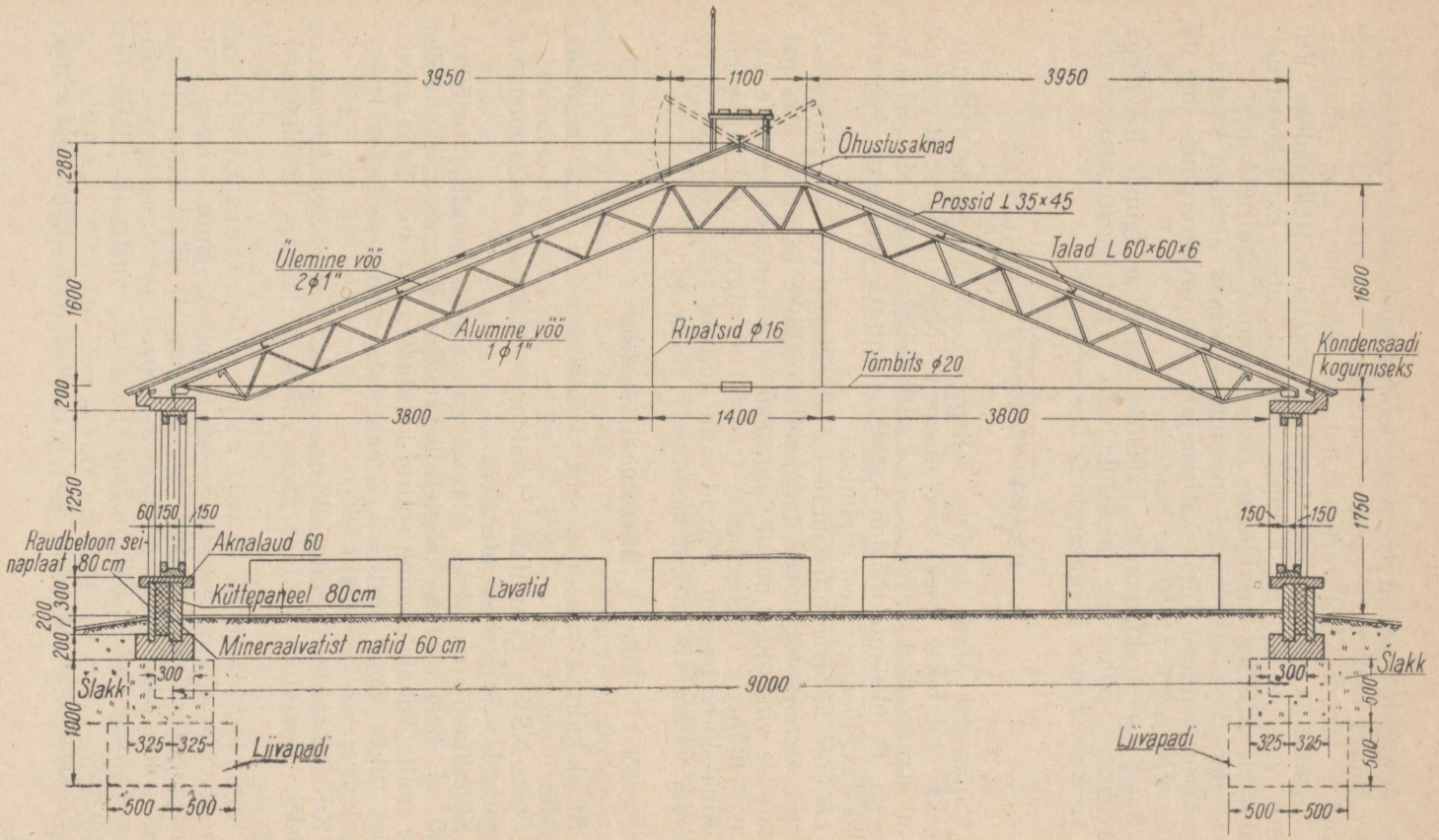
9—12 m laiusi lööve (joonis 130) saab katta varraskonstruktsiooni kaartega. Kaarte kõrgus on 30 cm. Kaare ülemine vöö koosneb kahest, alumine ühest 1″ torust. Kaare sõrestik valmistatakse armatuuriterasest. Kaarte tõmbejõud võetakse vastu tõmbitsatega. Kaared toetuvad 30·30 cm ristlõikega raudbetoonpostidele. Välisseinte postidele tehakse raudbetoon-



Joonis 128. Monteeritavate raudbetoonfermidega lavatitega kasvuhoone ristlõige.



Joonis 129. Monteeritavate raudbetoonfermidega maapinna-kasvuhoone ristlõige.



Joonis 130. Varraskonstruktsiooni kaartega kaetud kasvuhoone ristlõige.

vöö. Raudbetoonpostid toetuvad looduslikust kivist vundamentidele. Näites toodud lahenduses on sokkel tellistest. Kaartele toetuvad 2″ torudest või nurkrauast talad, asetatult 1,2 m vahedega. Ülemise ja alumise vöö torud on ühtlasi küttekehadeks. Kui kaarte vahe on 2,5 m, kujuneb metallikulutus kandekonstruktsioonidele 32,8 kg kasvuhoone inventarpinna ühe m² kohta.

Ühelöövilise kasvuhoone maksumus, kaasa arvatud sanitaartehnilised seadmed (ilma katlamajata), on inventarpinna ühe m² kohta 210 rubla (1950. a. hindades).

Sama konstruktsiooniga kahelöövilise 12 m laiuste löövidega kasvuhoone puhul on metallikulutus kandekonstruktsioonidele 23 kg kasvuhoone inventarpinna ühe m² kohta.

Blokk-kasvuhooned

Välisseinte pinna ja ühes sellega ka soojuskadude vähendamiseks ehitatakse blokk-kasvuhooneid. Need kujutavad endast mitut kahepoolset kasvuhoonet, millede pikiküljed liituvad üksteisega. Et üksikute löövide vahele ei ehitata vaheseinu, koosneb blokk-kasvuhoone ühest ruumist.

Löövide katuste liitekohtadesse ehitatakse vee ärajuhtimiseks rennid. Rennid tuginevad tavaliselt postidele ja nende alla paigutatakse võimaluse puhul käiguteed, et vähendada rennide varjutavat mõju ja et ebatihedast rennist ei tilguks vesi taimedele.

Blokk-kasvuhooned võivad olla külmad või köetavad, s. o. kevadel varem või hiljem kasutusele võetavad.

Blokk-külmkasvuhooned

Blokk-külmkasvuhooned ehk külmblokid on ilma küttesüsteemita.

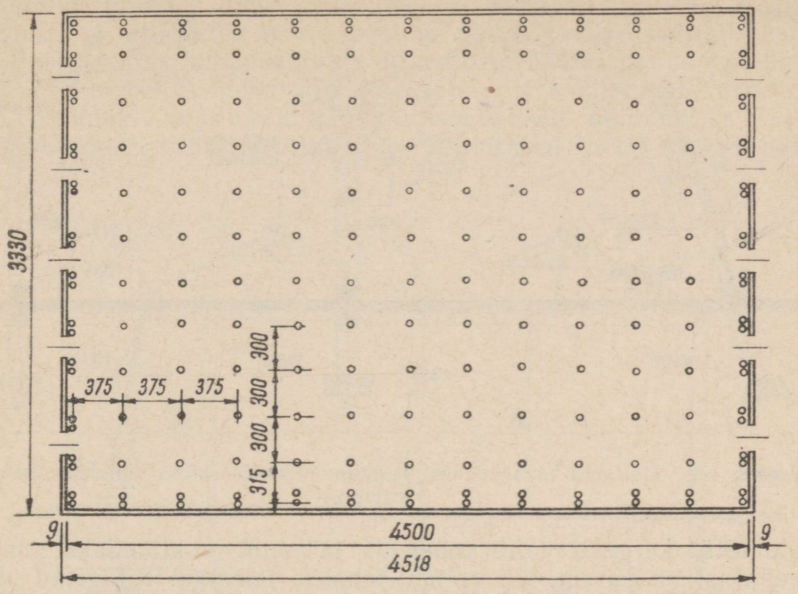
Eesti NSV-s kasutatakse laialdaselt blokk-külmkasvuhooneid, mispärast vaatleme nende skeeme.

Külmblokil on suur klaasialune pind, tavaliselt 1500—1600 m². Seetõttu on köögiviljakultuuride kasvatamiseks kõlbliku mulla kohaletoomine suurte kulutustega seotud. Seda arvestades tuleb hoone püstitada kohale, kus pinnas on sobiv köögiviljakultuuride kasvatamiseks.

Külmblokkide sisemine kõrgus ei tohi olla alla 2,0 m, et poleks takistatud mullaharimine hobuse jõul ja mehhanismidega.

Külmblokkide ehitus ei vaja palju rohkem ehitusmaterjali kui vene lavade ehitus. Näiteks vajab külmbloki ehitus «Eesti Põllumajandusprojekti» projekti nr. 15 kohaselt klaasialuse pinna 1 m² kohta palke 0,038 m³ ja prusse 0,041 m³, vene lavade ehitus «Giproselhozi» tüüpprojekti kohaselt vastavalt 0,029 ja 0,020 m³.

Viimasel ajal on Eesti NSV-s levinud kaks külmbloki ehita-



Joonis 131. «Eesti Põllumajandusprojekti» blokk-külmkasvuhoone (projekt nr. 15) plaan.

mise viisi, millede puhul katus ja külgseinad ehitatakse: 1) hollandi lavaakendest ja 2) prossidel.

Esimese ehitusviisi puhul sõltuvad külmbloki gabariidi mõõtmed lavaakende mõõtmetest, teise ehitusviisi puhul aga toodetava klaasi mõõtmetest.

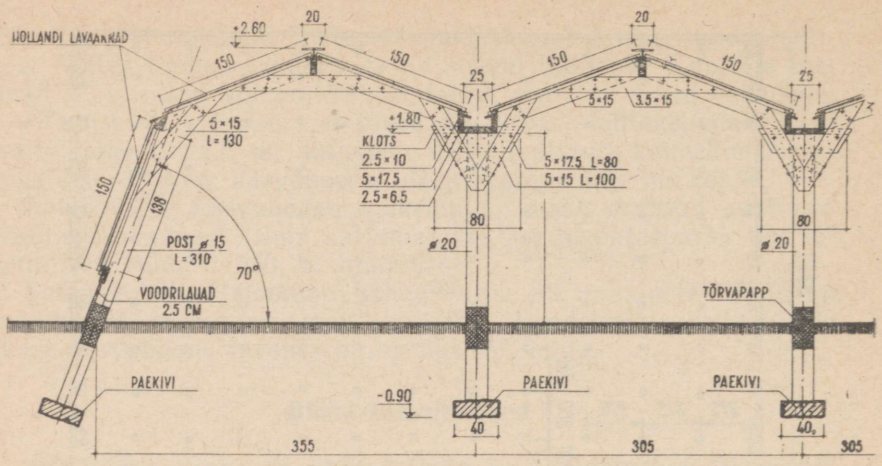
Hollandi lavaakendest kokkumonteeritava külmbloki ristlõige on toodud joonisel 132.

Külmbloki kere moodustavad 14 cm läbimõõduga postid, mis asetsevad pikitelje suunas üksteisest 4 m kaugusel, vastates 5 hollandi lavaakna laiusele. Ristsuunas on keskmiste postide vahe 3,05 m.

Horisontaaljõudude vastuvõtmiseks asetatakse äärmised postide read 70—80°-se kaldega ja postid ühendatakse renni alt omavahel renni suhtes risti olevate jäigastuslaudadega.

Vahel ehitatakse äärmised postide read pukkidena. Surve ülekandmiseks maapinnale asetatakse postide alla looduslikud kivid.

Postide keskmisele reale toetub laudadest kokkulöödud renn. Rennile tuleb anda kalle vähemalt 0,5 cm ühe jooksva meetri kohta. Otstarbekas on kogu külmbloki katustele anda pikikalle keskelt kahele poole, milleks kasvuhoone keskmised postid tuleb teha vastavalt pikemad. Soovitatav on renn katta tsingitud plekiga. Valtse ei tule kokku joota, sest nad võivad tekkivate pin-



Joonis 132. Hollandi lavaakendest kokkumonteeritud blokk-külmkasvuhoone ristlõige.

gete tõttu kergesti lahti rebeneda ja renni ebatihedaks muuta. Seepärast on parem, kui valtsid tehakse laiemad. Tsingitud pleki puudumisel tihendatakse laudadest renn takkudega ja tõrvatakse üle või kaetakse bituumeniga.

Lavaaknad toetuvad ühe otsaga harjaprussile ja teise otsaga renni servale. Harjapruss toetub sarikatele, mis tugikäppade abil on kinnitatud postide külge ja annavad konstruktsioonile ühtlase jäikuse. Ühendamine toimub naelte abil. Harjaprussi katab profileeritud kattelaud.

Postide asetuse sügavus sõltub pinnasest. Levitatavates külmbloki projektides on posti maasse ulatuva osa pikkuseks ette nähtud 80—100 cm, mis tavaliselt rahuldab.

Rapla rajooni «Vambola» kolhoosis ulatusid 1954. a. ehitatud blokk-kasvuhoone postid maasse vaid paarkümmend sentimeetrit. Seda lahendust aga ei või võtta eeskujuks. Nimetatud kasvuhoone oli kõrge kivitaraga piiratud ja tuulte vastu hästi kaitstud, kuid vajus 1959. a. suvel siiski kokku.

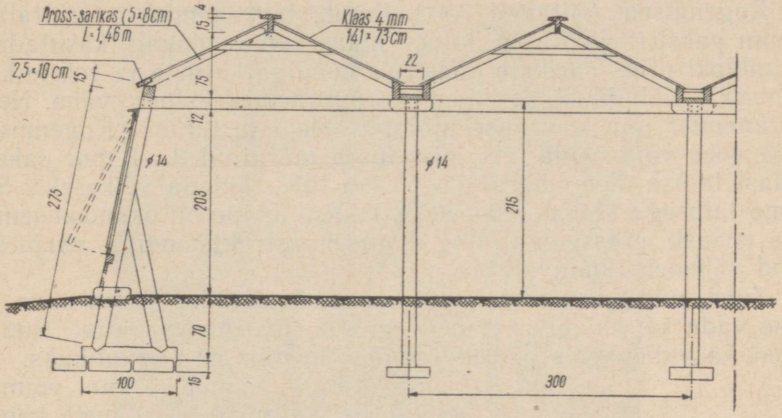
Pinnasetingimused võivad külmbloki postide seisu mõjutada, eriti kui on tegemist märgade savikate, vesiliivaste või teiste külma mõjul paisuvate pinnastega. Näiteks kannatasid pinnase paisumise ja ristsuunaliste horisontaalsidemete puudumise tagajärjel Tallinnas Kadaka teel ehitatud Tallinna Toitlustrusti külmblokid.

Nimetatud maa-alal oli ette nähtud kuivendussüsteemi väljaehitamine enne ehituste püstitamist. Tegelikult aga püstitati külmblokid enne kuivendussüsteemi rajamist. Kevadel pärast maapinna sulamist esines kahel kasvuhoonel postide kerkimisi isegi kuni 20 cm piirides ja postide kõrvalekaldumisi vertikaalasendist.

Halva pinnase puhul tuleb postid asetada allapoole külmumispiiri ja alla lüüa ristid postide üleskerkimise vältimiseks.

Postide maa sisse asetatavaid otsi tuleb antiseptida või põletada. Otstarbekas oleks postidele betoonist soklite valmistamine.

Külmbloki ventileerimiseks on tavaliselt iga neljas lavaaken hingedega harjaprussi külge kinnitatud ja on avatav ham-



Joonis 133. «Eesti Põllumajandusprojekti» blokk-külmkasvuhoone (projekt nr. 15) ristlõige.

bulise avajaga, prossidega külmblokil aga on igasse neljandasse vahesse ehitatud õhustusaken. Külgseintes asetsevad õhustusaknad kinnitatakse avamisel tormihaakidega. Kasvuhoone väliskülgede ja otste klaaspinnast madalamal asetsev osa kaetakse voodrilaudadega.

Lavaakendega kaetud blokk-külmkasvuhoones võib algul kasvatada varajasemaid, külmakindlamaid kultuure ja kui nende kaitsmise vajadus kaob, võib lavaaknad üle kanda hilisemate kultuuridega (teise ja kolmanda) külmbloki sõrestikule.

Elva metsamajand turustas 1958. a. hollandi lavaaknaraame (klaasita) hinnaga 14,15 rbl. tükk. Klaasi hind on ligikaudu 10 rubla akna kohta.

«Eesti Põllumajandusprojekt» koostas külmbloki projekti nr. 15 klaasialuse pinnaga 1500 m², milles lavaakende asemel on kasutatud pross-sarikaid ja millele paigaldatakse samade mõõtmetega klaas kui hollandi lavaaknale, s. o. 73 · 141 cm (joonis 133).

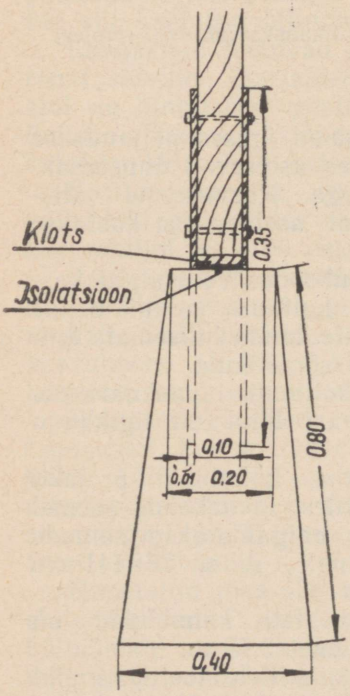
Postide vahekaugused teljest teljeni risti külmblokki on 3,02 m, äärmised 3,17 m (all) ja piki hoonet 3,75 m.

Postide peale paigaldatakse «padjad», millele toetuvad piki hoonet kulgevad rennid. Renni külgedele ja harjalauale toetuvad pross-sarikad, mis on hööveldatud materjalist 5 · 8 cm.

Pross-sarikate vahe on 75 cm. Klaas kinnitatakse pross-sarikate külge puidust liistude abil. Iga kandeposti kohal on pross-sarikate paar omavahel seotud penniga. Postide read tuleb renni alt omavahel rennile risti ühendada jäigastuslaudadega. Külmbloki kerge konstruktsioon õigustab end ehitustehniliselt heade pinnasetingimuste ja korraliku töö puhul. Selle konstruktsiooniga külmblokke on ehitatud mitmes kohas.

Kogemused näitavad, et hollandi lavaakendeks tarvitatavat 3 mm paksust ja 73 cm laiust klaasi võib edukalt kasutada ka külmbloki pross-sarikate konstruktsiooniga katuste ja seinte klaasimiseks. Külmblokkide klaaside purunemist esineb vähe. Nende purunemist lumekoormuse mõjul ei ole ette tulnud. Kogemustele tuginedes võib öelda, et kirjanduses märgitud 3—4 mm paksuse klaasi laiuse ülemmäära 40—50 cm tuleb pidada väikeseks. Suurema laiusega klaasi (60—70 cm) kasutamine on ökonoomsem ja, mis peaasi, prossidega ning katusekonstruktsiooniga varjutatav pind väheneb tunduvalt.

Tuleb märkida, et blokk-kasvuhoonete puuduseks on suur soojuse kadu ja asjaolu, et neid ei saa mattidega katta. Suurtes blokk-kasvuhoonetes jääb külgmine õhustamine puudulikuks.



Joonis 134. Posti kinnitamine betoonsokli külge.

Blokk-kasvuhoonetes on võimalik rennidesse valguvat vihmavett koguda vastavatesse paakidesse kastmisveeks või immutada kasvuhoone mulda. Neil juhtudel antakse rennidele kalle kasvuhoone keskele.

Väiksemate avadega puidust blokk-kasvuhoonete puuduseks on nende suhteliselt lühike iga — 8—10 aastat. Kasvuhoonete iga saab tunduvalt suurendada, kaitstes puit- ja metallosi värvimisega. Metallosi on soovitav tsinkida.

Puitpostide iga saab suuresti tõsta, kasutades betoonsokleid, millele monteeritakse postid. Maa sees asuva sokli kõrguseks on 70—80 cm, tema ülemine ots on ruudukujuline, pinnaga 20×20 cm, alumise otsa pindala on 20×40 cm. Postid võib valmistada ristlõikega 20×20 cm ja lüüa alla väikese padja, mis on nõrga pinnase puhul soovitatav.

Soklisse betoneeritakse kaks lattrauda pikkusega 75 cm ja ristlõikega 50×6 mm. Lattraudadesse tehakse augud poltide või kruvide jaoks. Raudosad puhastatakse roostest ja soklist väljaulatuvad osad kaetakse mennikuga ning värvitakse või kaetakse bituumeniga.

Postid tuleb enne kohalemonteerimist antiseptida, soklile teha hüdroisolatsioon ning posti ja sokli vahele asetada antiseptitud klots (joonis 134).

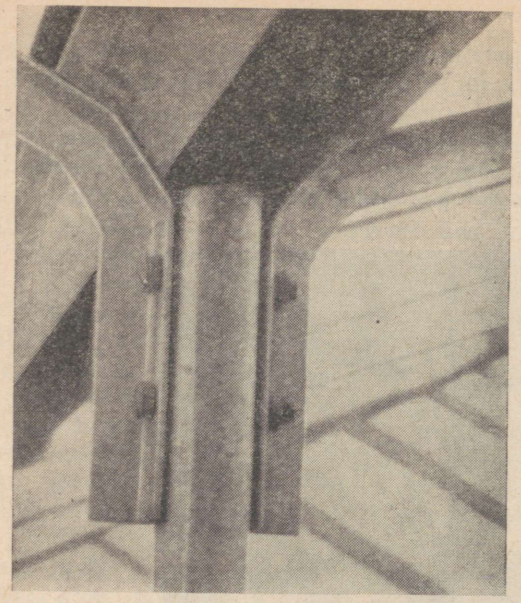
Rohkesti kasutatakse kasvuhoonetes puitpostide asemel 2″ gaasitorusid, mille alumisse ossa valatakse 25×25 cm ristlõikega 40—60 cm kõrgune betoonsokkel (joonis 135).

Joonis 135. Betoonsoklitega postid.

Sokli valamiseks valmistatakse lihtsad puitraketised, mis betoneerimisel asetatakse horisontaalselt. Algul täidetakse vorm poolest saadik, siis pannakse kohale raudtoru, mille teine ots toetatakse niisama kõrgelt kui raketises asuv ots, siis kaetakse raketises olev toru kohalepaigutamise pilu ning lõpetatakse betoneerimine. Betooni tuleb hoolikalt tampida. Roostetamise vältimiseks täidetakse toru seest betooniga, väljastpoolt aga kaetakse mennikuga ja värvitakse.

Renne võib valmistada ka 6 mm paksusest raudplekist. Et raudpleki kulu vähendada, valmistatakse need kaunis kitsad: alt 6 cm, pealt 12 cm laiused. Seda laiust peetakse küllaldaseks, kuna rennides tuleb käia harva.

Kui rennis käimine osutub siiski vajalikuks, asetatakse renni



Joonis 136. Metallrenni kinnitamine posti külge.

Joonis 137. Blokk-kasvuhoone sõrestik.

kohale 20 cm laiune laud. Metallrenni puuduseks on see, et ta suvel aitab kaasa kasvuhoone ülemäärasele kuumenemisele ja talvel jahenemisele.

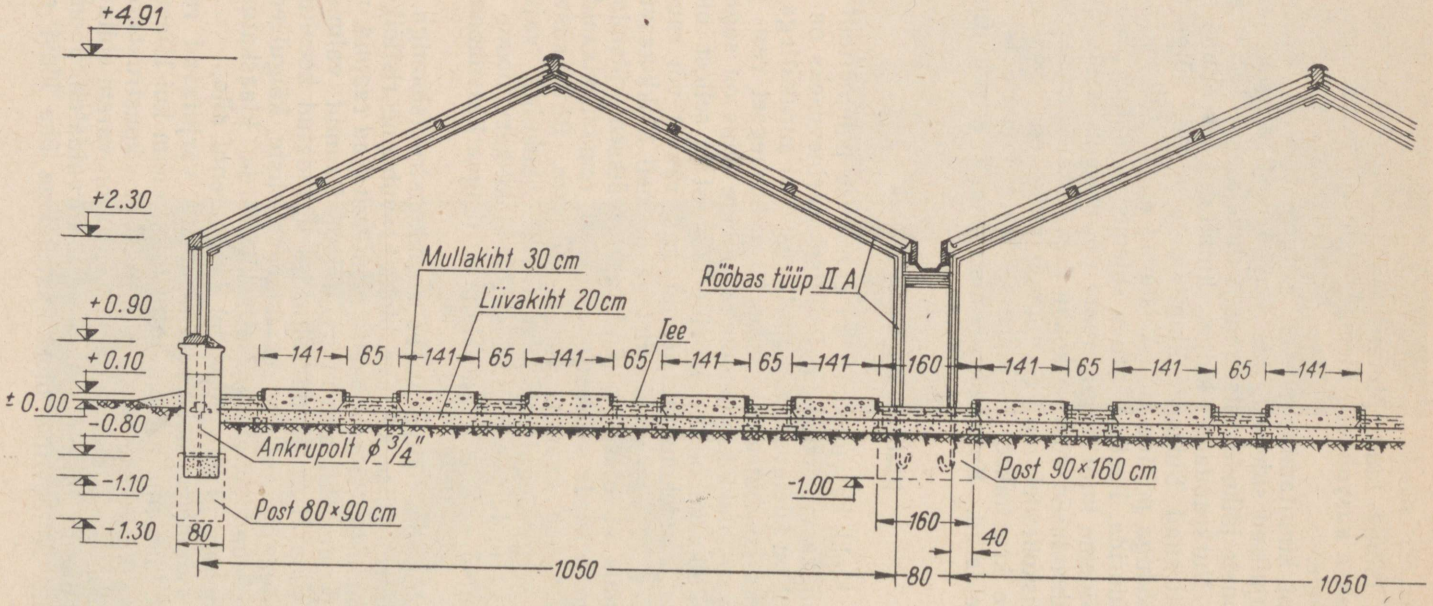
Metallrenni kinnitamine postide külge on kujutatud joonisel 136. Sarikakujulised sidemed, mis asuvad postide kohal ja annavad kasvuhoonele jäikuse ristsuunas, valmistatakse 40×40×5 mm nurkrauast. Nurkraudade külge kinnitatakse renni suunas 30×5 mm lattrauad. Sidemete kinnitamine postide külge toimub 7 mm läbimõõduga poltide abil. Vastavad augud tuleb konstruktsioonidesse puurida. Postiga liituva sidemeosa pikkus peab olema 20—25 cm. Sideme kuju järgib renni nii, et renn asub sidemete vahel. Kõik ühendused võib ka kokku keevitada. Sideraua ühendamine painutuskohtadel renniga toimub tavaliselt keevituse teel. Sideraudadele kruvitakse harjapruss. Muid konstruktsioone on eespool kirjeldatud. Konstruktsioonist annab ettekujutuse joonis 137.

Kõetavad blokk-kasvuhooned

Kõetavad blokk-kasvuhooned on ehitamise põhimõtteilt sarnased blokk-külmkasvuhoonetega. Põhiliseks erinevuseks on see, et nad eranditult on kõetavad, tavaliselt vesi- või auruküttega. Kasutatakse aga ka kombineeritud kütet, s. o. üheaegset vesi- ja õhukütet. Kõetavate blokk-kasvuhoonete löövide laius on sageli suurem blokk-külmkasvuhoonete löövide laiusest ja sellest olenevalt valmistatakse kandekonstruktsioonid kas rauast või raudbetoonist. Võrreldes angaarkasvuhoonetega on neil blokk-kasvuhoonetel see paremus, et otsseinte pindala on väiksem, ülemiste õhuakende arv mitu korda suurem ning katuse remont, klaaside pesemine ja õhuakende avamine palju hõlpsam. Blokk-kasvuhoone kõrgust on kerge reguleerida vastavalt õhuhulga vajadusele. Näiteks on 24 m laiuse neljalöövilise blokk-kasvuhoone kõrgus katuseharjani 3—3,5 m, samalaiusel angaarkasvuhoonel aga 7,5 m.

Joonisel 138 on näidisena ka raamkonstruktsiooniga, suurte avadega kolmelöövilise kõetava blokk-kasvuhoone ristlõikest osa. Selles kannavad iga löövi omaette monteeritavad raamid, mis kinnitatakse ankrute abil alusmüüri külge. Raamid valmistatakse rööbastest (tüüp II-A) ja on sõlmedes ühendatud keevituse teel. Peenarde laius on 141 cm ja nendevaheliste käiguteede laius 65 cm. Küttekehad paigutatakse sokli äärde, klaaskatuse alla, käiguteede kohale ja löövide vahel asuva renni alla.

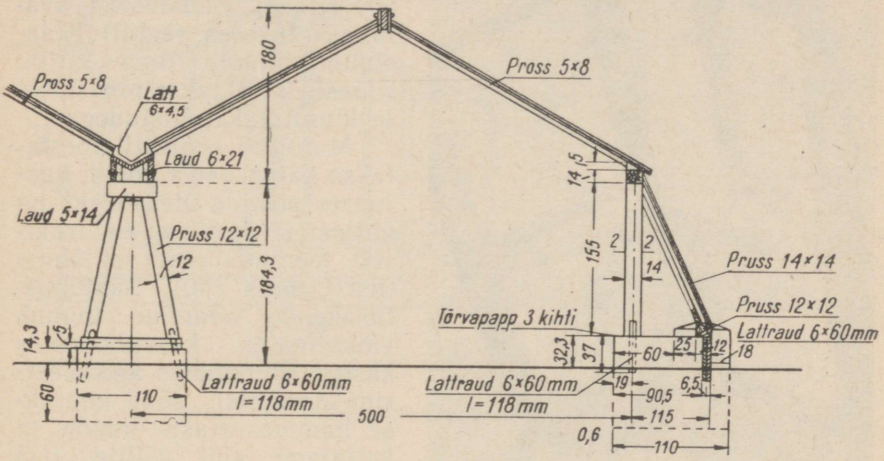
Kitsaste löövidega blokk-kasvuhoonetes varjutavad rennid ja harjaprussid tihedama asetuse tõttu taimi enam kui laiemate löövidega blokk-kasvuhoonetes. Parandatud konstruktsioonidega blokk-kasvuhoonete projektide koostamisel on varem ehitatud kasvuhoonete puudusi arvestatud ja need kõrvaldatud. Joonisel 139 ongi esitatud 20-löövilise blokk-kasvuhoone ühe löövi ristlõige.



Joonis 138. Osa kolmelöövilise köetava blokk-kasvuhoone ristlõikest.

Löövi pikkus on 47,3 m, laius 5 m. Äärmiste löövide laius on 5,96 m.

Keskküttega blokk-kasvuhooneid ei peetud talvel ekspluateerimiskõlblikuks, sest oli oht rohke lume kuhjumiseks rennide kohale. Kuid üleliidulisel põllumajandusnäitusel püstitatud blokk-kasvuhoone ekspluatatsioon näitas, et kasvuhoone õige konstruktsiooni ja küttetorustiku õige asetuse korral seda ei toimu. Isegi kõige halvemate ilmastikuolude puhul ei tulnud renne puhastada. Lumi sulas rennis pidevalt ja sulamisvesi voolas ära. Temperatuur püsis kasvuhoones rahuldaval kõrgusel. Nimetatud blokk-



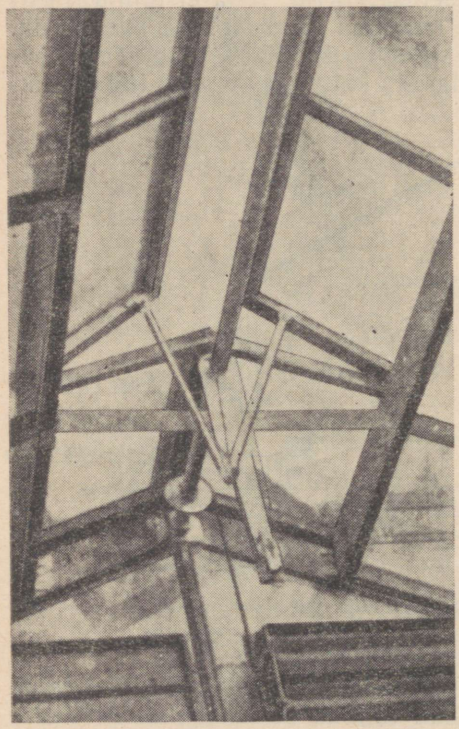
Joonis 139. Kõetava blokk-kasvuhoone ühe löövi ristlõige.

kasvuhoone koosneb 4 löövist, üldpindalaga 1100 m². Löövi laius on 7 ja pikkus 39 m. Ventilatsioon toimub seintes ja katuses olevate akende kaudu. Prossi telgede vahe on 55 cm. Küte toimub radiaatorite «BOKO» ja siledate torude abil, mis on asetatud kasvuhoone külg- ja otsseintele.

Saksamaal kasutatavatest konstruktsioonidest tuleks mainida patenditud ehitusviisi «Thermosbau». Selle ehitusviisi puhul on raudtorudest valmistatud kandekonstruktsioonid ühtlasi küttekehadeks. Et ehituskonstruktsioone ja kütteseadmeid moodustavad üned ja samad torud, siis on ka kasvuhoone varjutamine väiksem.

Metallkonstruktsioonide kasutamisel moodustavad õhustamiseks kogu katust avatavate konstruktsioonide valmistamise lisakulutused 20—25% kasvuhoone maksumusest.

Tõsist huvi pakub Saksa Demokraatlikus Vabariigis koostatud mitmeotstarbelise blokk-kasvuhoonete projekt, mille täiustamise kallal alles töötatakse. Projekti praeguses lahenduses kasutatakse kasvuhoone külgseintes 200×60 cm klaasi. Katuse jaoks lõigatakse see klaas kaheks. 150×60 cm moodustavad katuse kinnise osa ja 50×60 cm õhustuseks avatava katuseosa (šahti). Klaasimine toimub ilma kitita. Klaasid asetatakse prossidele ja kinnitatakse liistudega.



Joonis 140. Elektrimootori abil avatavad õhustusaknad šaht-õhustussüsteemil.

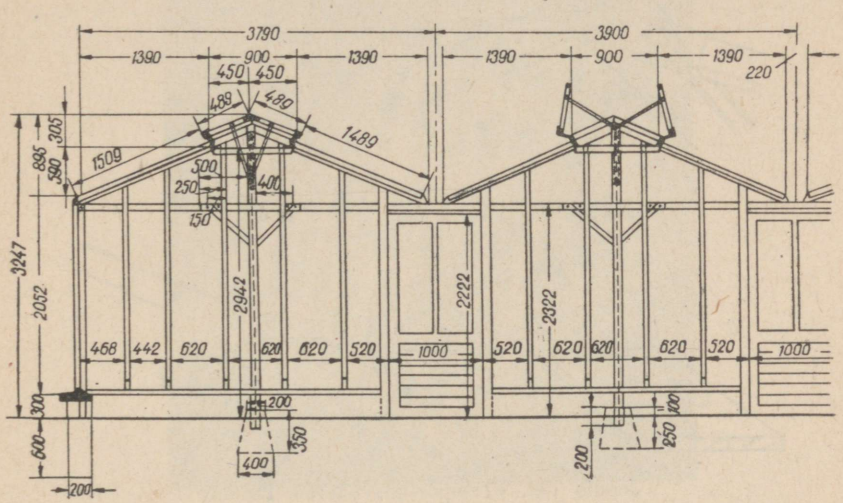
Mainitud projektil toestatakse katus harja kohal, kusjuures postide ülesandeks on ühtlasi jäigastada tsentraalselt teenindatavat šahtõhustust (joonis 140). Šahtõhustusakende avamine toimub väiksemates kasvuhoonetes käsitsi, suuremates aga elektrimootori abil. Jõud kantakse hammasrataste kaudu ja kettajami abil võllile, mis läbib kogu kasvuhoonet ja millele on kinnitatud akende tõukeraudade trossid.

Mitmeotstarbelise kasvuhoone kõrgus renni all on 2,2 m ja harja kohal 3,2 m, löövi laius renni keskelt renni keskele 3,9 m. Väikseim kasvuhoone saab konstruktsioonist sõltuvalt olla kahelööviline. Käigutee asub paremate valgustustingimuste loomiseks renni all (joonis 141). Valgustustingimusi soodustab ühtlasi see, et külgseinte sokliosa on madal, ulatudes ainult 30 cm üle maapinna, ja külgseinte klaasid on kõrged.

Šahtõhustus, vihmutusseade ja õhuküte, mida saab suvel kasutada jahutusseadmena, võimaldavad ulatuslikult temperatuuri reguleerida.

Senised kogemused näitavad, et mitmeotstarbeliste kasvuhoonete kasutamine on otstarbekas. Kavas on lahendust veelgi lihtsustada, asetades tugiposte üle ühe löövi, millega väheneb materjalikulu ja paranevad valgustustingimused.

Neis kasvuhoonetes on kerge rakendada kõiki tehnilisi seadmeid, nagu lisavalgustust, niisutamist, süsihappegaasi ja perloonvõrke ning Saksamaal kasutatavat BEDU-süsteemi. Viimane kujutab endast mulla soojendamise, aurutamise ja niisutamise ning vee soojendamise kombineeritud süsteemi.



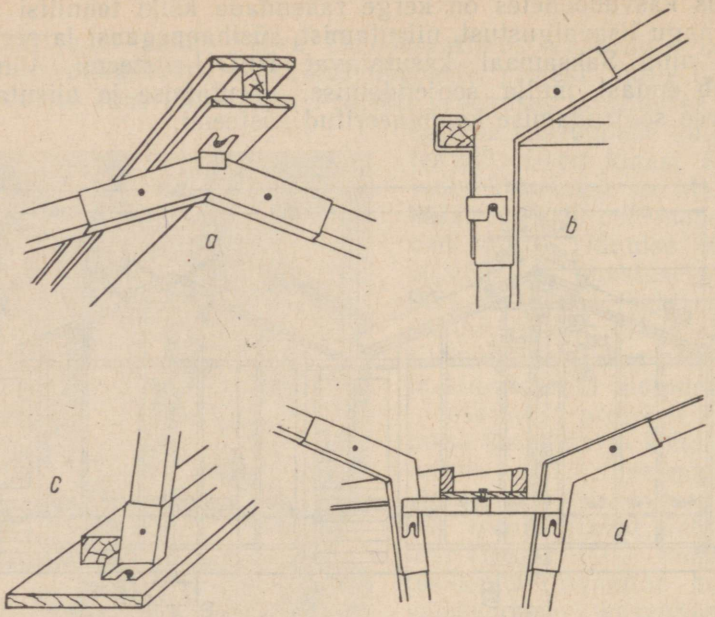
Joonis 141. Mitmeotstarbelise kasvuhoone ristlõige.

Viimati kirjeldatud abinõude rakendamisel on kerge blokk-külmkasvuhooneid kohandada köetavateks blokk-kasvuhooneteks või vähemalt külmblokkide kasutamise võimalusi märgatavalt laiendada.

Kerget tüüpi monteeritavad blokk-kasvuhooned

Tööjõu kokkuhoidmiseks rakendatakse ehitustegevuses laialdaselt monteeritavuse printsiipi. Monteeritavaid blokk-kasvuhooneid on hõlbus üles ehitada ja vajaduse korral, teise asukohta ümberpaigutamisel, ka kerge lahti monteerida. Saksamaal väljatöötatud «Tempo»-kasvuhoone konstruktsioon on üheks näidiseks, mille eeskujul ja põhimõttel võib kiiresti püstitada kasvuhooneid (joonis 142).

Kasvuhoone monteeritakse sideraudadest, mida toodab tehas, ja lattidest ning laudadest, mida võib valmistada kohapeal. Konstruktsioon kinnitatakse kruvipoltide abil, mis on metallosadega kaasas. Montaaži ja demontaaži hõlbustavad metallkonstruktsioonides olevad pilud. Demonteerimisel tarvitseb vaid mutreid pisut lahti keerata ja konstruktsioonid üksteisest eraldada, monteerimisel aga konstruktsioonid kokku sobitada ja mutrid kinni kruvida. Metallosad tavaliselt tsingitakse. Võib välja ehitada kas



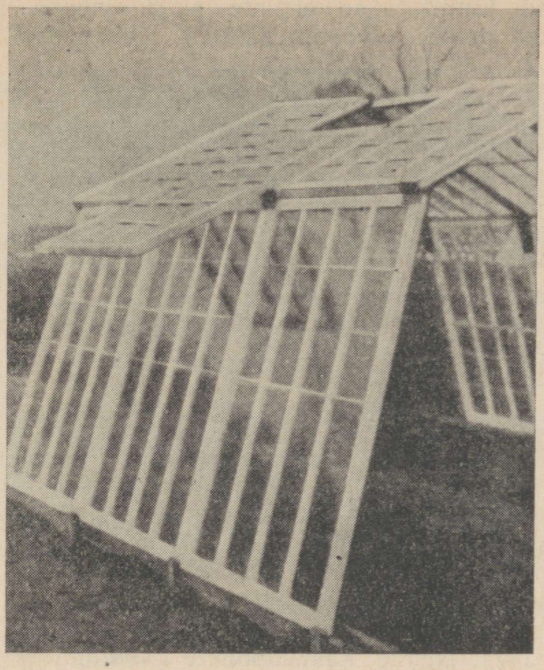
Joonis 142. «Tempo»-kasvuhoone detaile:
a — hari; b — räästas; c — jalg; d — renn.

ühe löövi või terve blokk-kasvuhoone. Ainult ühe löövi ehitamine kujuneb kallimaks, sest külgseinte osatähtsus tõuseb. Puitosad antiseptitakse. Katuses asetsevate õhustusakende avamine on tsentraliseeritud. Kasvuhoone katus ja seinad monteeritakse hollandi lavaakendest. Suurema tiheduse saavutamiseks kinnitatakse raamidevaheliste pilude kohta 25×50 mm liistud. Liistud tuleb kinnitada ainult ühe raami külge.

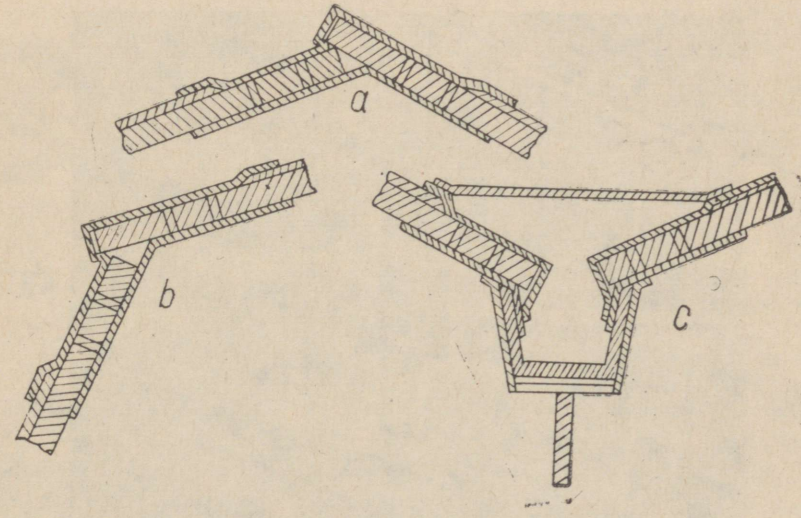
Hollandi lavaaknaid võib valmistada kohapeal ja tavaliselt siis, kui tööpinge on väiksem. Kui ei ole kasutada tappimismasinat ega kvalifitseeritud puuseppi, võib lavaakende tappimisest loobuda ning raampuud ühendada 14—16 cm pikkuste ja 8 mm jämeduste puitkruvide abil. Iga lavaraami jaoks vajatakse 4 kruvi. Kruvide jaoks puuritakse augud, mille läbimõõt on 1 mm väiksem kruvi läbimõõdust. Enne raamide kokkukruvimist, kuid pärast aukude puurimist tuleb raami detailid antiseptida, näiteks 5%-lisse vasevitrioli lahusesse kastmise teel. Vasevitriol valatakse puunõusse; raud- või betoonnõud ei ole selleks kõlblikud, sest vasevitriol mõjub neisse lahustavalt. Antiseptida võib ka puutõrvaga.

Kruvid kastetakse enne raamide kinnikruvimist värnitsasse või puutõrvasse. Kruvi pea lastakse raami sisse.

Lavaakendest kokkupandav kerge kasvuhoone on kujutatud joonisel 143.



Joonis 143. Lavaakendest kokkupandav kasvuhoone.



Joonis 144. Lavaakende sideklambritega ühendamise detailid:
a — hari; b — räästas; c — renn.

Lavaaknad kinnitatakse eriliste sideklambrite abil (nende konstruktsiooni peale on võetud patent). Klambrite kuju on näha joonisel 144.

Kasvuhoone laiuseks kujuneb 100×150 cm mõõtmetega lavaakende kasutamisel 3,75 m ja harja kõrguseks 2,15 m. Kui kasvuhoone valmistatakse pikuti asetatud lavaakendest, kujuneb ta laiuseks 2,20 m ja kõrguseks 1,35 m. Kasvuhoone monteerimiseks ei vajata kruvisid, naelu ega traati, sest klambrid hoiavad lavaaknad ilma täiendavate abinõudeta tormikindlalt koos.

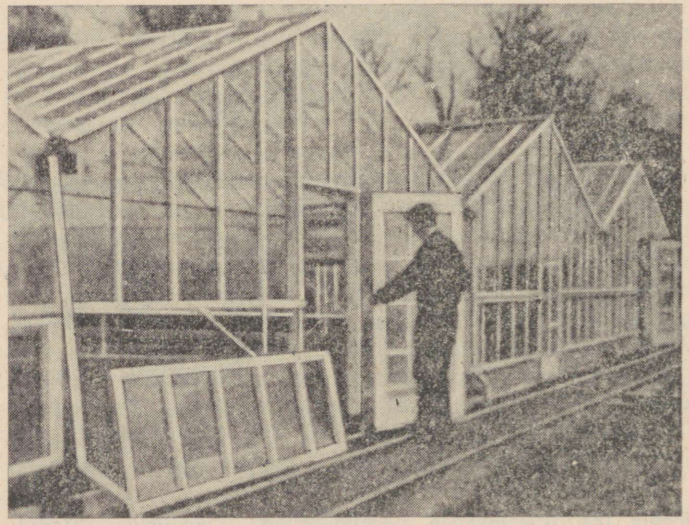
Kasvuhoone otsi (viile) võib valmistada kohapeal, sest nende konstruktsioon on lihtne.

Ventilatsioon toimub erikonstruktsiooniga akende abil, mille avamise viis on näha joonisel 139.

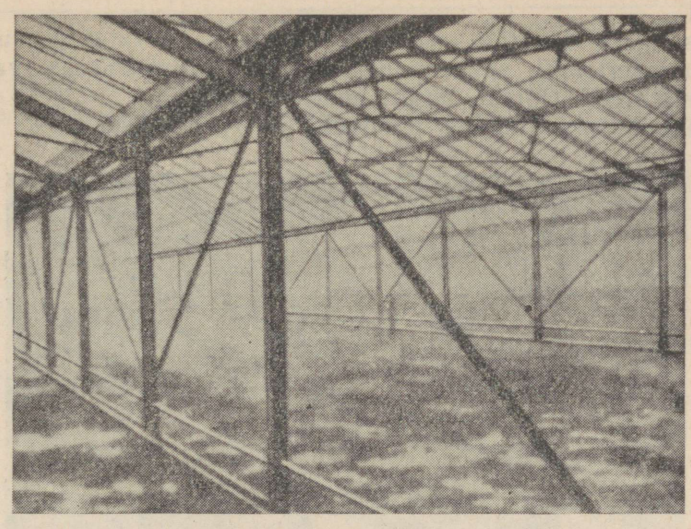
Edasinihutatavad kasvuhooned

Hollandi köögiviljamajandites kasutatakse juba aastaid edasinihutatavaid kasvuhooneid, mille paremused on nii suured, et võib ette näha seda tüüpi kasvuhoonete ehitamise laienemist. 1950. a. ehitati 700 m^2 pindalaga 24 m laiad ja 29 m pikad blokk-kasvuhooned, mis koosnevad neljast löövist (joonis 145).

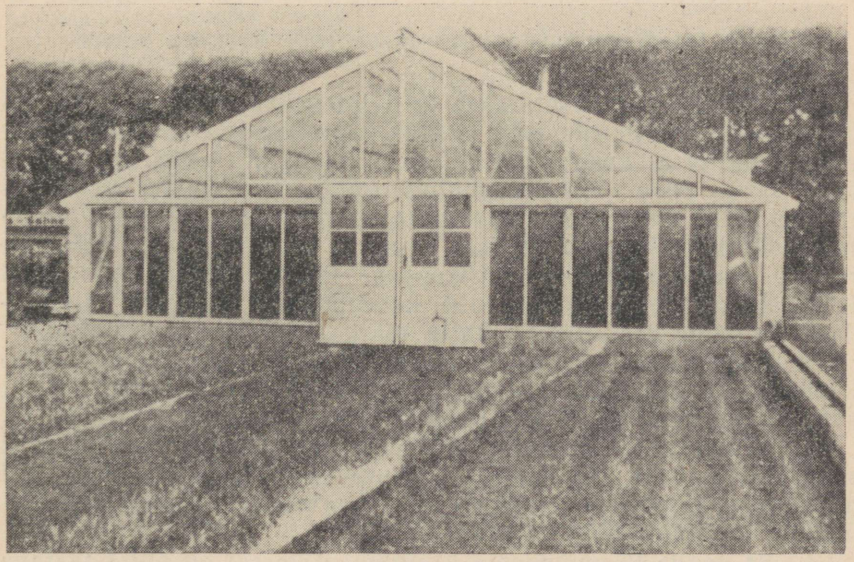
Edasinihutatavate kasvuhoonete raamistikuks on raudkonstruktsioon, muu osa on puidust. Rööpad kinnitatakse betoonalustele (joonis 147). Nende kasvuhoonete kasutamisel väheneb või langeb täiesti ära mulla desinfitseerimise ja uuendamise vajadus, millega hoitakse kokku rohkesti tööjõudu.



Joonis 145. Edasinihutatav neljalööviline blokk-kasvuhoone.
Nihutamise ajaks võetakse uksed ja alumised küljeaknad eest ära. Nihutamine toimub vintside abil.



Joonis 146. Edasinihutatava kasvuhoone sisevaade.
Postide rea all on rööpad. Postid toetuvad ratastele. Kastmine toimub vihmutamisega.

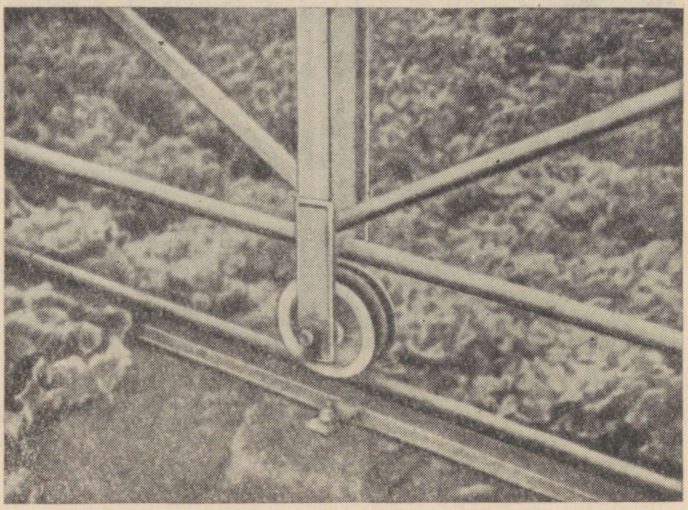


Joonis 147. Edasinihutatav kasvuhoone.

Edasinihutatavates kasvuhoonetes kasvatatakse kultuure seni, kuni neid võib vabalt kasvatada lahtise taeva all. Seda võtet kasutatakse Hollandis lillkapsa, salati, juurvilja ja aedoa kasvatamisel.

Neis kasvuhoonetes kaitstakse avamaal kasvatatud kultuure koristamisperioodil, suurendades sellega koristamiseks valmiva saagi kvaliteeti (tomat, sigur, aeduba, lilled).

Edasinihutatavatel kasvuhoonetel on rida eeliseid.



Joonis 148. Edasinihutatava kasvuhoone posti toetamine rööpale.

1. Kasvuhoonet kasutatakse eriti intensiivselt ja sel ajal, kui ta on antud kultuurile eriti vajalik. Seetõttu ei teki kasvuhoone ebaproduktiivset kasutamist nende tööde ajal, mida saab teostada vabas õhus (näiteks mullaharimine, väetamine, steriliseerimine jne.). Peale selle saavutatakse tunduvat aja kokkuhoidu nende kultuuride kasvatamisel, mida ei ole vaja kogu kasvuperioodil klaasiga kaitsta (lillkapsas, salat, mõned lillesordid jne.). Kasutades nihutatavaid kasvuhooneid, saame külvikordade valikuga otstarbekalt katta märgatavalt suuremat pindala.

2. Katmikalalt koristatud saak, eriti sügisene, on tervikuna kvaliteetsem kui saak avamaalt, sest ebasoodne ilmastik ei saa katmikala puhul saagi kvaliteedile mõju avaldada.

3. Nihutatavate kasvuhoonete õigel kasutamisel on võimalik saagi koristamist reguleerida, nihutades seda varasemale või hilisemale, tavalisest koristamisajast erinevale ajale. See võimaldab paremini tööd jaotada.

4. Et nende kasvuhoonete kasutamise korral on muld teatava osa ajast väliskliima mõju all ja et kasvatatavaid kultuure

Kasvuhoonete võrdlev maksumus ja põhimaterjalide kulu nende ehitamiseks (projektide andmeil 1 m² kohta)

Kasvuhoonete tüübid	Kasvuhoone 1 m² maksumus[1] (rbl.)	Põhimaterjalide kulu					
		Metallkonstruktsiooni-deks (kg)	Metalltoru d (kg)	Tsement (kg)	Tellised (tuh. tk.)	Tahvelklaas (m²)	Raudbetoon (m³)
Lavatitega kasvuhoone (vesikeskkütte ja klaasseintega), põranda pindala 308 m², lavatite pindala 173 m² («Giproselhozi» projekt nr. 1056-A)	451,1	18,02	24,16	35,7	0,114	1,42	—
Lavatitega kasvuhoone (vesikeskkütte ja klaasseintega), põranda pindala 332 m², lavatite pindala 203 m² («Giproselhozi» projekt nr. 1019)	358,5	15,04	25,71	13,73	0,87	1,39	0,004
Kombinaat kahest kasvuhoonest — taimede kasvatamiseks lavatitel ja maapinnal, kumbki põranda pindalaga 332 m² («Giproselhozi» projekt nr. 1009)	318,6	13,11	25,74	8,5	0,86	1,38	0,002
Kombinaat kolmest kasvuhoonest — ühest lavatitega, põranda pindalaga 332 m², ja kahest taimede kasvatamiseks maapinnal, põranda pindalaga à 332 m² («Giproselhozi» projekt nr. 1004)	310,4	12,76	27,93	10,46	0,85	1,38	0,001
Kombinaat kolmest kasvuhoonest — kahest lavatitega, põranda pindalaga á 332 m², ja ühest taimede kasvatamiseks maapinnal, põranda pindalaga 332 m² («Giproselhozi» projekt nr. 1007)	388,1	17,46	29,83	17,42	0,125	1,39	0,005
Kombinaat kolmest kasvuhoonest — ühest lavatitega, põranda pindalaga 318 m², ja kahest taimede kasvatamiseks maapinnal, põranda pindalaga 636 m² («Eesti Põllumajandusprojekti» projekt nr. 6)	399,2	6,29	21,18	23,30	0,073	1,42	—
Sellest eeskolded	20,6						
Kombinaat neljast angaarkasvuhoonest, pindalaga à 500 m² («Giprosovhozstroi» projekt nr. 16—09)	288,0	6,3	29,3	26,2	0,045	1,35	0,015

[1] 1955. a. hindades.

Kasvuhoonete tüübid	Kasvuhoone 1 m² maksumus (rbl.)	Põhimaterjalide kulu					
		Metallkonstruktsioonideks (kg)	Metalltorud (kg)	Tsement (kg)	Tellised (tuh. tk.)	Tahvelklaas (m²)	Raudbetoon (m³)
Neljalööviline raudbetoonist blokk-kasvuhoone põranda pindalaga 1000 m² («Giproselhozi» projekt nr. 1061)	179,0	18,4	13,1	—	—	1,27	4,59
Blokk-külmkasvuhoone klaasialuse pindalaga 1504 m² («Eesti Põllumajandusprojekti» projekt nr. 15)	54,4	—	(ilma pindade soojenduseta) 0,2	—	—	1,05	—
Angaarkasvuhoone laiusega 12,0 m, põranda pindalaga 700 m² («Giprosovhozstroi» projekt nr. 16—12)	270,0	13,92	19,0	—	—	1,19	5,24

sageli vahetatakse, pidurdatakse mullas patogeensete organismide arenemist ning mulla steriliseerimine auru või kemikaalidega ei osutu tavaliselt vajalikuks.

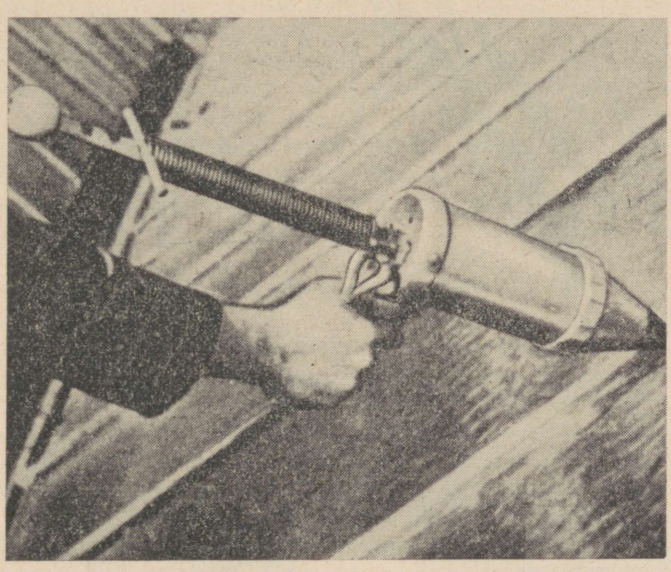
Kasvuhoonete klaasimine

Tähelepanu tuleb osutada klaaside kinnitamise viisile. Ebakvaliteetse kiti kasutamine põhjustab klaaside purunemist. Kitt, mis valtsides kuivab, praguneb ja maha langeb, ei ole kasutamiskõlblik, sest kasvuhoone ei pea sooja ja tuule mõju kasvuhoone soojusrežiimile muutub ohtlikuks. Seepärast tuleb olla ettevaatlik värnitsakiti aseainete kasutamisel, kuigi nende retsepte hädaabinõuna anname ka käesolevas raamatus.

Otsides teid klaasimise lihtsustamiseks ja kiti kvaliteedi tõstmiseks kui ka värnitsakiti asendamiseks, on näiteks Saksamaal tehtud ja rakendatud mitmeid ettepanekuid, mida siin lühidalt kirjeldame.

Üle 20 aasta on kasutatud klaaside kittimist pritsimise teel, mida algul rakendati peamiselt tehasehoonete valgustuslaternate ja akende klaasimisel. Pritsidega pealekantavat spetsiaalkitti toodetakse bituumeni või orgaaniliste õlide baasil. Kvaliteedilt ületab ta tavalise värnitsakiti. Tema eeliseks on see, et kitt kattub õhu mõjul pealt õhukese nahaga, kuna nahaalune osa jääb pehmeks ja elastseks ning seetõttu ei teki kasvuhoone katuses konstruktsioonide deformatsioonidest pragusid ja katus jääb tihedaks.

Kiti pealekandmiseks kasutatakse suruõhu- või vedrude survel töötavaid pritse (joonis 149). On loodud pritsi konstruktsioon, kus surve tõstmise abinõuna kasutatakse tavalist jalgrattapumpa. Sõltuvalt konstruktsioonist laetakse kitiprits kas kitipadruniga või kitt imetakse kitipritsi vaakuumi abil.



Joonis 149. Kittimine vedru survel töötava kitipritsiga.

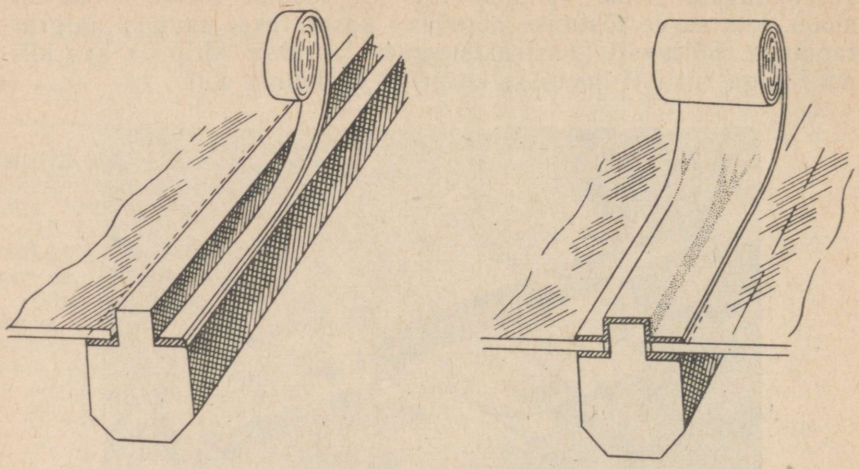
Kasutamist leiab ka «Denso-süsteem», kus klaasi ja prossi ühendajana ning tihendajana esineb protoparafiiniühendus «densolint» (joonis 150).

Alumine, kitsas riba asetatakse prossi valtsi, kuna pealmise, laiema ribaga kaetakse pross ja mõlemal pool prossi asuvate klaaside servad. Selle meetodi kasutamisel ei asetata klaasi jätkamisel selle servi ülestikku, vaid nad pannakse serv serva vastu, kusjuures vuuk kleebitakse üle.

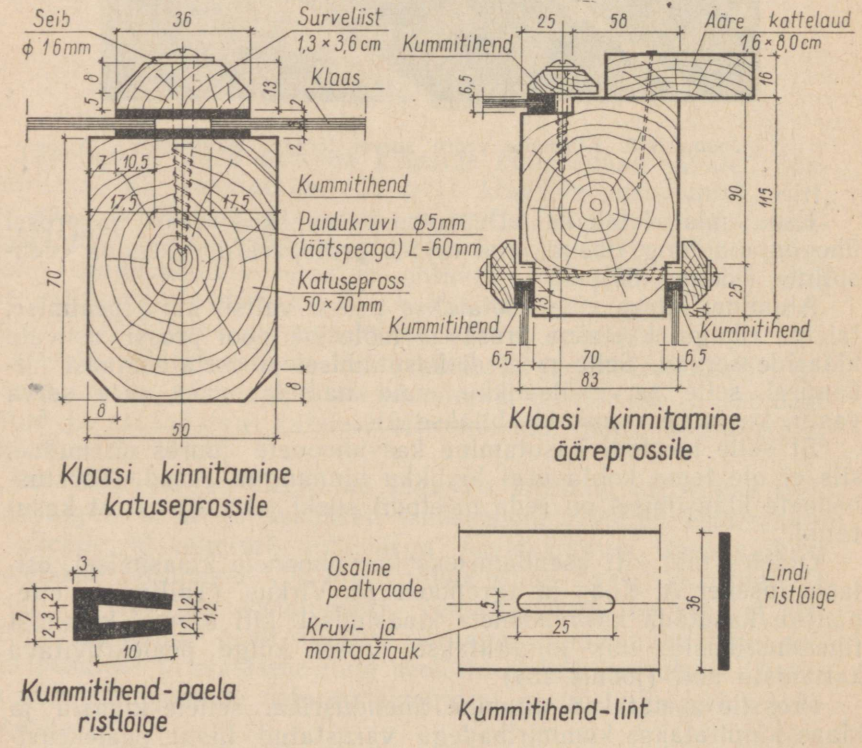
Et selle meetodi kasutamine kasvuhoonete juures on uudne, siis ei ole tema kohta veel lõplikku hinnangut antud. Tööstushoonete klaasimisel on seda meetodit siiski juba 25 aastat kasutatud.

Otsides teid kiti asendamiseks kasvuhoonete klaasimisel, esitasid insener A. Koop ja agronoom M. Virkus (Tallinnas) ettepaneku kasutada kasvuhoonete klaasimisel kiti asemel kummist tihendusribasid, mis kinnitatakse prossi külge pealekruvitava katteliistu abil (joonis 151).

Prossile asetatakse alumine tihendusriba, sellele klaasid ja klaas kinnitatakse kummiribadega varustatud liistu pealekruvi-



Joonis 150. Klaasimine denso-lintide abil.



Joonis 151. Klaasimine kummist tihendusribade abil.

mise teel. Pross ei vaja sel juhul valtse ja sellega võib vähendada tema kõrgust. Prossid võib jätta ilma veesoonteta. Kogemuste kohaselt ei põhjusta puitpross niiskuse kondenseerumist ja vee kogunemist. Aknaklaasidele kogunev kondensatsioonivesi jookseb tavaliselt klaasi mööda alla. Seepärast on soovitatav, et ka klaaskatusel oleks selline kalle, mille puhul kondensatsioonivesi mööda klaasi pinda kuni katuse servani alla jookseks. See toimub siis, kui klaaskatuse kalle on vähemalt 26°.

Joonisel 151 kujutatud soonega kummitihend asetatakse klaasiservade ümber enne klaasi kohalepanekut. Klaasid kaetakse ja kinnitatakse pealekruvitava katteliistu abil. Kirjeldatud kummitihendid on 1957. a. alates kasutusel Tallinna Toitlustrusti kasvuhoonetes. Klaasid on jätkatud serv serva vastu.

Kasvuhoonete korrashoid

Kasvuhoonete iga sõltub nende ekspluatatsioonist ja korrashoiust. Kasvuhoonete halb seisund põhjustab kasvatatavate kultuuride puudulikku kasvurežiimi ja saagi vähenemist.

Üheks tähtsamaks faktoriks taimede elus on valgus. Seepärast tuleb kasutada kõiki abinõusid valgustustingimuste parandamiseks. Eelkõige peavad klaaskatus ja -seinad olema puhtad. Klaasi tuleb süstemaatiliselt mõlemalt poolt veega pesta, tarvitades vahetevahel vedelat tehnilist seepi, soodat, tuhka jne. Seestpoolt pestakse tavaliselt enne peamiste kultuuride istutamist, väljastpoolt aga vajadust mööda. Pesemisel juhitakse vesi klaaspindadele vooliku abil.

Soojuse hoidmiseks tuleb klaaskatus korras pidada ja teda on vaja hoolikalt remontida. Talveperioodil asendatakse katkised klaasid uutega, mis jäetakse vahel kittimata. Kevadel tuleb neid kittida ja kogu katus korrastada.

Tavaliselt arvestatakse seda, et katusel sulab lumi ja valgub veena maha. Kui aga madala temperatuuri korral on tugev lumesadu, siis ei jõua lumi sulada, vaid külmub prosside ning klaasi külge, moodustades klaasi pinnal kooriku. Selle vältimiseks tuleb kasvuhoones temperatuuri tõsta, kuid mitte nii kõrgeks, et see kahjustaks kasvatatavaid kultuure.

Et vihma- või lume sulamise veed kasvuhoonesse ei tungiks, tõstetakse kasvuhoone väline seinteäärne maapind 1 m laiuses kõrgemale ja sillutatakse. See sillutatud osa tuleb korras hoida.

Blokk-kasvuhoonete rennid on vaja ehitada nii, et vesi ei jääks neisse seisma ega tilguks läbi renni kasvuhoonesse.

Karniisidele, rennidesse ja soklile kogunev jääkiht eemaldatakse ettevaatlikult. Jää eemaldamine on kergem siis, kui temperatuur järsku tõuseb ja jää hõlpsasti eraldub.

Õhustusaknad ja uksed tuleb korras hoida. Otsmisi uksi

kasutatakse vaid muldade vahetamise ajal. Muul ajal peetakse nad hästi suletult ja topitult.

Kõiki õhustusaknaid ei kasutata aasta ringi. Üheaegselt avatakse katuse- ja küljeaknad ainult soojal aastaajal. Külmade ilmadega õhustatakse kasvuhoonet ainult katuseakende kaudu, sest värske külm õhk seguneb alla langedes sooja õhuga ega kahjusta taimi. Talveks tuleb küljeaknad sulgeda ja hoolikalt toppida.

Sageli esinevaks puuduseks on see, et katuseaknad lasevad sisse vihma- ja lume sulamise vett, mis taimi kahjustab. Selle ärahoidmiseks peavad aknad olema tihedad ja seejuures kergesti lahtikäivad.

Kütmist tuleb alustada siis, kui kasvuhoone tempertuur langeb alla taimede kasvuks vajaliku optimaalse temperatuuri. Selgete ilmadega köetakse tavaliselt öösiti, kui aga ilmastik nõuab, siis kogu ööpäeva jooksul. Suurte külmade ja tuuliste ilmade puhul köetakse kasvuhooneid täie võimsusega. Kui köetakse ainult öösiti ja päeval peetakse vahet, siis tuleb kütmist alustada 2—3 tundi enne temperatuuri järsku langust, et päeva jooksul jahtunud vett ette soojendada.

Kui katlamaja täie võimsusega töötamisel soojust ei jätku, tuleb katelde küttepinda või arvu suurendada.

Kui küttesüsteem ei ole otstarbekalt projekteeritud, võib kasvuhoone pikkuse või laiuse ulatuses esineda suuri temperatuuri kõikumisi. See võib olla tingitud mitteküllaldasest küttekehade arvust ja nende ebaõigest asetusest. Küttesüsteemi ebarahuldavat töötamist põhjustab ka selle puudulik korrashoid, mistõttu tekib ummistusi, torude ja küttekehade roostetamist, katlakivi jne., mille tagajärjel väheneb soojuse ülekanne.

Küttesüsteemi ekspluatatsioon ja jooksev remont peavad käima käsikäes ning seda peavad teostama kvalifitseeritud töötajad. Suured majandid vajavad valvelukkseppa.

Valvelukksepa ülesannete hulka kuuluvad:

1) korralduste andmine katla veetemperatuuri muutmiseks;
2) kuuma vee jaotuse reguleerimine kasvuhoonete vahel (päeval teevad seda kasvuhoone töölised);
3) üksikute küttekehade kütte reguleerimine;
4) küttesüsteemi kiireloomuliste remontide teostamine;
5) küttesüsteemi perioodiline kontrollimine ja esinevate puuduste kõrvaldamine;
6) katlamaja ja küttesüsteemi remontimine koos katlamaja koosseisuga kütteperioodi lõppemisel. Küttesüsteemi remont teostatakse kultuuride vahetamise perioodil, kui toimub kasvuhoone üldine remont.

Tähtis on ka truubikütte korrashoid ja õige ekspluatatsioon. Kevadel ja sügisel köetakse ööpäevas üks kord, nimelt öösel, külmade ilmade puhul ja talvel aga kaks korda — hommikul ja õhtul.

Et taimed vajavad päevaajal kõrgemat temperatuuri kui öösel, tuleb kütta võimalikult vara (enne valgenemist), et taimede assimilatsiooniprotsessi ei pidurdaks soojusepuudus. Teistkordset kütmist alustatagu päeva teisel poolel, niipea kui kasvuhoone temperatuur langeb optimaalsest madalamale.

Küttepuud ja turvas tuleb varuda õigeaegselt, et nad jõuaksid ära kuivada. Märja kütuse puhul on raskusi nõuetekohase temperatuuri hoidmisega kasvuhoonetes, vaatamata kütteaine suurele ülekulutusele.

Truubikütte efektiivsus sõltub seadmete seisundist. Küttekollet, truupi ja korstnat tuleb perioodiliselt puhastada, praod määrida saviga ja kogu kütteseade valgendada, et tahmajälgede abil oleks kergem pragusid üles leida. Sügisel on vaja kütte-süsteem üle vaadata ja remontida.

VIII. LAVAD, NENDE TÜÜBID, KONSTRUKTSIOONID JA KASUTAMINE

Lavadele kuulub köögivilja kasvatamisel suur osatähtsus. Nende ehitamine on kasvuhoonete ehitamisest lihtsam ja märksa odavam. Sama võib öelda ka lavade ekspluatatsiooni kohta. Selle tagajärjel on köögivilja kasvatamine lavades nende õige konstruktsiooni ja küttesüsteemi korral tunduvalt odavam kui kasvuhoonetes.

Et lavades teatavas ulatuses saab reguleerida ka soojus-, valgus- ja niiskusrežiimi, võib lavasid kasutada mitmeks otstarbeks ja erinevate kasvunõuetega köögiviljakultuuride kasvatamiseks. Eelkõige kasvatatakse lavades istikuid avamaa jaoks ja vitamiinirikast varajast rohelist köögivilja (sibulapealsed, salat, spinat, till, redis). Edasi kasvatatakse lavades kasvuhoone istikutest varajast köögivilja (kurk, tomat). Hilissügisel toimub lavades pikema kasvuperioodiga köögiviljakultuuride järelkasvatamine (lillkapsas) ja järelvalmimine (tomat).

Võib veel mainida, et lavades ärakasutatud ja lagunenud bioloogiline kütus on heaks orgaaniliseks väetiseks.

Lavade tüübid

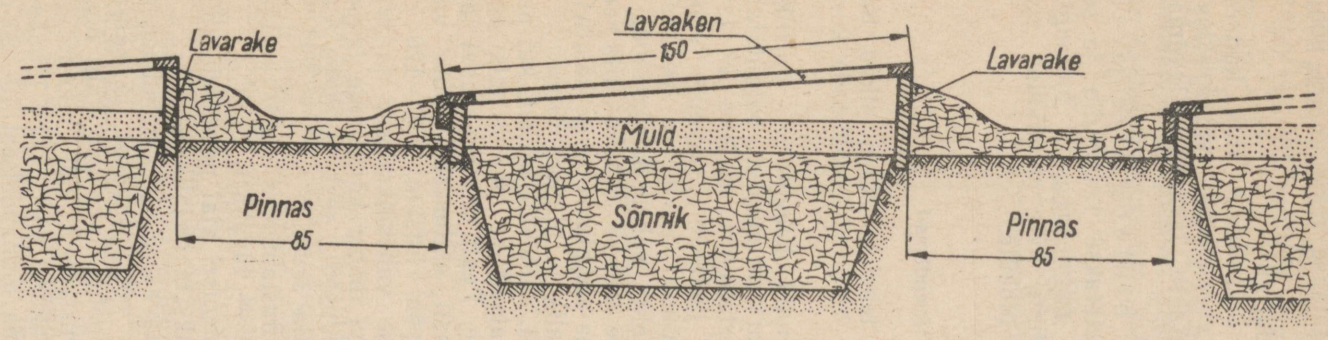
Ehitusviisilt jagunevad lavad süvendlavadeks ja maapealseteks ehk liikuvateks (edasitõstetavateks) lavadeks.

S ü v e n d l a v a peamisteks osadeks on lavakraav (süvend) bioloogilise kütuse või tehnilise kütte seadmete ning lavamulla jaoks, lavakast (lavarake) ja lavaaknad (joonised 152 ja 156).

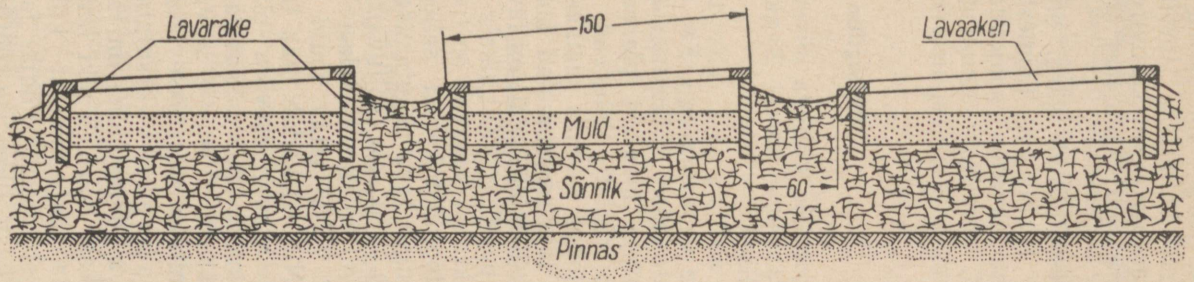
M a a p e a l s e lava osadeks on lavakast ja lavaaknad. Lavakastid asetatakse maapinnale laotud bioloogilise kütuse kihi peale, lavamuld aga lavakastidesse (joonis 153).

Tavaliselt on lavad ü h e p o o l s e d. Kõrgemakasvuliste taimede (tomat, lillkapsas) jaoks on kohased k a h e p o o l s e d lavad.

Ühepoolsed lavad paigutatakse ida—lääne suunas, akende kaldega lõunasse. Niiviisi saab lava rohkem päikesesoojust ja -valgust.



Joonis 152. Ühepoolse süvendlava ristlõige.



Joonis 153. Ühepoolse maapealse soojalava ristlõige.

Kahepoolsed lavad seevastu asetatakse pikisuunaga põhjast lõunasse, s. o. akende kaldega ida ja lääne poole, mis tagab mõlemale küljele ühtlasema päikesekiirguse.

Lavade katmiseks tarvitatakse lavaaknaid, mis kaitsevad lavas kasvatatavaid kultuure neile ebasobivate väliskeskkonna mõjutuste eest. Külmadel öödel kaetakse lavaaknad lavamattidega.

Küttesüsteemide järgi on lavad *bioloogilise* ja *tehnilise küttega*. Esimestes kasutatakse lavamulla ja selle kaudu ka lavaõhu soojendamiseks mitmesuguseid bioloogilisi kütuseid, peamiselt sõnnikut. Tehniline küte võimaldab paremini temperatuuri reguleerimist kui bioküte.

Bioloogilise küttega süvendlavad

Bioloogilise küttega süvendlavad tehakse 20 m pikad, harilike lavaakende korral 20-aknalised, hollandi lavaakende korral 25-aknalised.

Lavakraavid ehk lavasüvendid kaevatakse harilikult meetriste vahemaadega. Kui lavade arv on suurem, paigutatakse nad hooldamise hõlbustamiseks kvartalitena, igaühes 25 lava. Lavadealuse maa-ala planeerimisel jäetakse kvartalite vahele lavadega rööbiti kulgevad 5 m laiused sõiduteed vedudeks. Põhja—lõuna suunas jäetakse kvartalite vahele kordamööda 10 ja 15 m laiused maa-alad bioloogilise kütuse ja lavamulla panekuks. Üksikasjalisemalt on lavade maa-ala planeerimist käsitletud eespool peatükis «Katmikala koha valik ja planeerimine».

Lavakraavi sügavus on 0,6—0,8 m, olenevalt sellest, kui paks kiht bioloogilist kütust sellesse kavatsetakse panna, mis omakorda tingib lava kasutamise kestuse. Pealt on lavakraavi laiuseks 120—130 cm, sõltuvalt lavakasti ehitusest. Seinte varisemise vältimiseks tehakse kraavi põhi kitsam, 110—120 cm. Kraavist väljavisatav muld pannakse vahekäikudesse ja otste kohale. Niiviisi kerkib maa lavakraavi ümber kõrgemale ja pole vajadust kraavi kaevata täie sügavuseni, sest peaaegu pool tema seintest tekib väljavisatud mulla arvel.

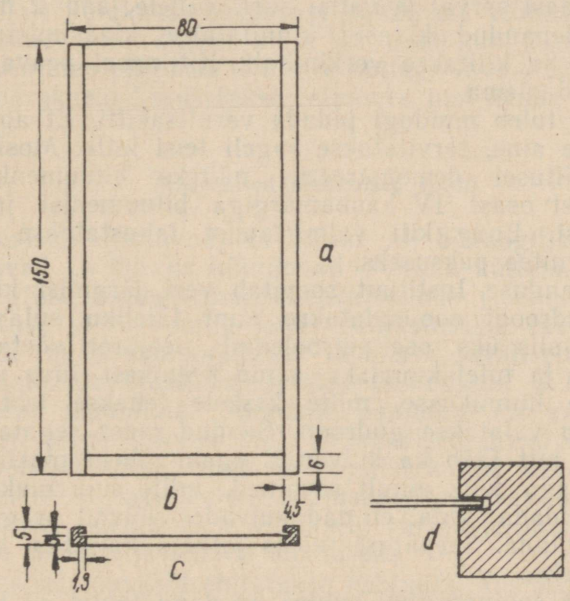
Lavakraavi ülemiste servade kindlustamiseks ja lavaakende paigutamiseks ehitatakse lavale rake — lavakast.

Lavakastiks kasutatakse praegusel ajal peamiselt puitu, sest halva soojusjuhina on ta parimaks materjaliks.

Lavakast koosneb piki lava asetatavast 5—10 cm jämedusest lõuna- ja põhjapoolsest külglauast või -plangust ja samast materjalist otstest. Põhja- ja lõunapoolne lavakasti külg ühendatakse kasti tugevuse mõttes ristprussidega, mis kinnitatakse risti lavakasti 3—5 m järel. Et lavaaknail oleks kalle lõunasse, peab lavakasti põhjapoolne külg olema lõunapoolsest 15—20 cm võrra kõrgem.

Lavakasti mõõtmed olenevad kasutatavate lavaakende mõõtmeist. Eesti NSV-s on peale hollandi lavaakende, mõõtmetega 150 · 80 cm, ja harilike lavaakende, mõõtmetega 150 · 100 cm, vähesel määral kasutusel ka vene lavaaknad, mõõtmetega 160 · 106 cm.

Hollandi lavaakna (joonis 154) raamil puuduvad vahepealsed ristprossid, sest aken kaetakse üheainsa 3 mm paksuse klaastahvliga, nn. kahekordse klaasiga, mille pikkus on



Joonis 154. Hollandi lavaaken:
a — külgpross; b — otsapross; (pealtvaates); c — otsa- ja külgprosside ristlõige; d — klaasi asetus külgprossi soones.

141 ja laius 73 cm. Klaas lükatakse üle otsmise prossi külgprosside soontesse. Soonte sügavus on 13 mm. Et klaas saaks neis vabalt liikuda ja raami paisumisel niiskuse mõjul ei puruneks, jäetakse klaasi serva ja soonte põhja vahele paarimillimeetrine vahe. Klaasi ei kitita. Nende ilma vaheprossideta lavaakende paremuseks on see, et nad vähem takistavad valguskiirte lavasse tungimist kui vaheprossidega lavaaknad. Peale selle on hollandi lavaakende valmistamine ja remont odavam ja nende käsitsemine hõlpsam, sest nad on teistest lavaakendest tunduvalt kergemad. Ka ei karda hollandi lavaaknad kergemate põrutuste korral purunemist, sest nende klaasid pole tihedalt kinni kititud.

Vene lavaaknad tehakse kahe või kolme ristprossiga, millele asetatakse klaasid. Lavaakende valmistamiseks kasuta-

takse 5 · 4,5 cm prosse. Keskprosside mõõtmed on 4 · 3,5 cm, et nad vähem varjutaksid valgust. Lavaakna ülemisse ja külgmistesse prossidesse tehakse klaaside jaoks valtsid. Valtside sügavus on selline, et ristprossid ei takistaks vihmavee valgumist kallakut mööda alla. Alumisel aknaraami prossil valtsi ei tehta, vaid klaasi alumine äär ulatub prossi servani.

Väga suur tähtsus on harilike ja vene lavaakende õigel klaasimisel, sest sellest oleneb lava soojapidavus. Prossidesse lõigatud valtsid kaetakse kitiga ja siis asetatakse neile klaasid, kusjuures klaasi serva ja valtsi ääre vahele jääb 2 mm laiune vahe. Kohalepandud klaasid kinnitatakse klaasimistraadi või naelakestega ja kititakse veekindlalt. Kittimisel peavad raamid täiesti kuivad olema.

Parimaks tuleb muidugi pidada värnitsakitti. Et aga värnits on defitsiitne aine, tarvitatakse sageli teisi kitte. Moskva alalisel ehitusnäitusel demonstreeriti näiteks bituumenkitti, mis koosneb ühest osast IV kaubamärgiga bituumenist ja kolmest osast kriidist. Enne kiti valmistamist lahustatakse bituumen bensiinis värnitsa paksuseks.

Köögiviljanduse Instituut soovitab veel järgmist kitti. Kaks kaaluosa gudrooni soojendatakse kuni täieliku sulamiseni ja lisandatakse siis üks osa petrooleumi. Seejärel võetakse kolm osa sõelutud ja tulel kuumaks aetud peenikest liiva ning pannakse lauale, hunnikusse, mille keskele tehakse lehtrikujuline süvend, kuhu valatakse gudroon. Saadud mass segatakse hästi läbi. Selline kitt jääb ka kuivanult enam-vähem plastiliseks.

Need on aga kõik ainult aseained, mille suuremaks puuduseks tuleb pidada seda, et nad kuivades võivad praguneda ja elastsuse kaotada. Seepärast tuleks jätkata katsetusi kiti aseainete leidmiseks.

Lava õige soojusrežiimi suhtes on väga tähtis, et lavaaknad asetseksid lava raketel või lavakastil tihedalt, mispärast mõlemate kokkupuutepinnad peavad olema tasased ja siledad. Samuti peavad lavaakende külgprossid olema sirgjoonelised ja hästi hööveldatud, et nad oleksid tihedalt üksteise vastu.

Lavakastide ja aknaraamide vastupidavust välisilmastiku ning lavas valitseva mikrokliima mõjutustele saab tõsta antiseptimise ja värvimise teel.

Kahjuks ei saa aknaraamide ja lava teiste puitosade antiseptimiseks kasutada fenoole sisaldavaid immutusaineid, sest fenooliaurud mõjuvad taimedele hävitavalt juba väikestes kogustes ja neid aure eritab immutatud puit pikema aja vältel. Antiseptimiseks kasutatakse veel lahustuvaid soolasid, tavaliselt v a s k s u l f a a t i, mille vesilahust (4—5%-list) määritakse puitosadele pintsliga kaks korda. Veel paremini mõjub puitosade immutamine lahuses 24 tunni vältel. Et immutussoolad pole puidus kuigi püsivad ja uhutakse sealt niiskusega välja, kaetakse antiseptitud raamid pärast kuivamist värviga. Hästi mõjub juba kruntimine,

s. o. ühekordne värvimine. Seda tuleb teha otsekohe pärast raamide kokkulöömist, kastes seejuures raami tapid ja prosside otsad paksemasse värvi. See muudab lavaakna nurgad ja tappimiskohad palju kindlamaks niiskuse sissetungimise vastu ning teeb nad vastupidavamaks mädanemisele. Pärast akende klaasimist järgneb kruntimisele veel värvimine, mille puhul tõmmatakse harilikel lavaakendel värviga üle ka kiti pind valtsides.

Et lavakastide iga ka antiseptitult on võrdlemisi väike, tuleb igal aastal asendada uutega ligikaudu 25% nende üldarvust, mis läheb küllalt kulukaks. Seepärast hakatakse viimasel ajal kasutama ka raudbetoonrakkeid, mille iga on 20 kuni 25 aastat. Nende ehitusel peatume pikemalt tehnilise küttega lavade käsitluses, sest raudbetoonrakkeid kasutatakse esijoones just nende lavade ehitamisel.

Maapealsed ühepoolsed lavad

Maapealsed (liikuvad) lavad on nii bioloogilise küttega — soojad lavad — kui ka külmlavad — ilma kütteta.

Bioloogilise küttega maapealsete lavade (joonis 153) bioloogilise kütuse ja lavamulla jaoks valmistatakse laudadest, plankudest või raudbetoonplaatidest lavakast, tavaliselt neljale või viiele aknale. Lavakastid asetatakse tasandatud ja kuuma sõnnikuga kaetud maa-alale. Sõnnikut pannakse ka vahekäikudesse vastu kasti seinu (joonis 153). Maapealsed lavad nõuavad ligikaudu poolteist korda enam bioloogilist kütust kui süvendlavad. Et maapealsetes lavades on soojuskaod märksa suuremad kui süvendlavades, kasutatakse viimaseid varajaste, maapealseid aga hilisemate köögiviljasaakide saamiseks.

Maapealseid lavasid ehitatakse kohtades, kus kõrge põhjavesi raskendab süvendlavade rajamist ja kus süvendi kaevamine on seotud raskustega, näiteks paese põhjaga paikades, või kus on ohtralt bioloogilist kütust. Nad on süvendlavadest kuivemad, kuid külmemad. Et maapealsed lavad rajatakse tihti igal aastal eri kohale, mis tingib lavakasti ümbertõstmist, nimetatakse neid ka liikuvateks lavadeks.

Maapealne lavakast tehakse $1^1/_2$—2 tolli (4—5 cm) paksustest laudadest. Külglaudade pikkus on tavaliselt 4 m, vastavalt viiele hollandi või neljale harilikule lavaaknale. Lavakasti ümbertõstmisega tulevad hõlpsasti toime kaks inimest.

Edukalt on kasutatud liikuvaid lavasid Jõhvi köögiviljamajandis. Aprilli algul 1956 istutati seal maapealsetesse lavadesse esimese kultuurina kasvuhoones kasvatatud varajase kapsa istikud. Mai keskpaiku oli kapsas juba tugev, «lõi pead» ega vajanud enam katet. Nüüd viidi lavad edasi toitekuubikutes kasvatatud kurgitaimedele, mille jaoks maa oli juba ette valmistatud. Sel teel kiirendati ilma suuremate kuludeta mõlema kultuuri valmimist ligikaudu ühe kuu võrra.

Liikuvate lavade asukoha muutmisel jääb ära, võrreldes süvendlavadega, igal aastal palju tööjõudu ja aega nõudev lavakraavide tühjendamine.

Saksa Demokraatlikus Vabariigis kasutatakse üksikuist detailidest kokkumonteeritavaid liikuvaid lavakaste, mida saab talveks demonteerida ja varju alla panna ning vajaduse korral parandada või uuesti antiseptida (9), mistõttu nende iga tunduvalt pikeneb.

Kahepoolsed lavad

Kahepoolne lava võib olla nii süvendiline (soelava) kui ka maapealne (külmlava). Ta paigutatakse pikiteljega põhjast lõunasse. Sellise asetuse tagajärjel saab tema idakülg enam päikest enne lõunat, läänekülg aga pärast lõunat. Hommikupäikese paremaks ärakasutamiseks soovitatakse harjajoont suunata kuni 15° võrra kirde-edela poole.

Kahepoolse süvendlava süvendi laius on 3 m, sügavus tavaliselt 70 cm. Aknad asetatakse külgpuudele ja keskel olevale harjaprussile, mida kannavad maasse löödud tugipostid. Et kahepoolse lava õhumaht on suurem kui ühepoolsel, saab temas kasvatada kõrgemaid taimi (tomat, lillkapsas).

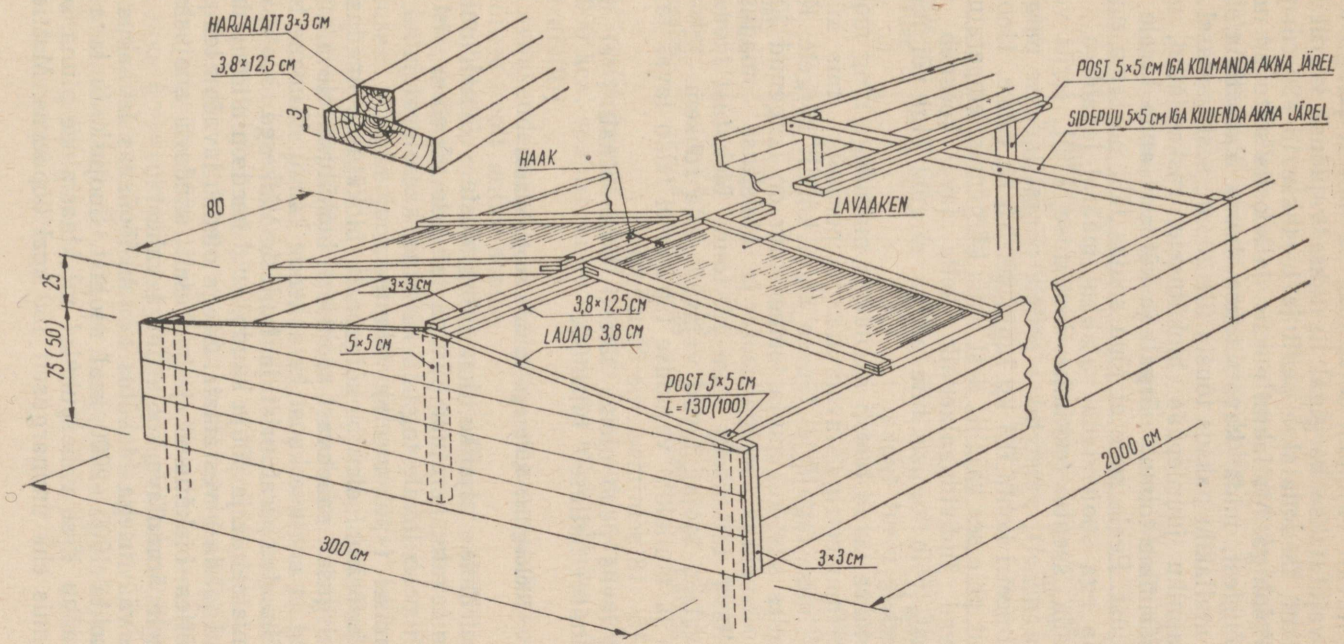
Kahepoolsed lavad on ühepoolsetest odavamad, sest nende ehitamiseks kulub vähem materjali, kuna jääb ära kaks külgraket. Samuti on kahepoolsete lavade korral vahekäikude arv väiksem, mille tagajärjel samale maa-alale saab paigutada rohkem lavasid.

Kahepoolseid maapealseid lavasid (joonis 155) kasutatakse edukalt Tallinna Toitlustrusti Kadaka teel asuvas katmikmajandis ja mujal.

Pikemaajaliseks kasutamiseks määratud lavale on otstarbekohane ehitada betoonalus rakke puitosade jaoks, mille iga seega tunduvalt pikeneb, sest nad pole otseses kokkupuutes mullaga.

Süvendlavade täitmine bioloogilise kütuse ja mullaga

Süvendlavade täitmiseks vajalik bioloogiline kütus (biokütus) ja muld veetakse juba sügisel kvartalitevahelistele maa-aladele ning asetatakse kuni 4 m laiustesse ja $1^1/_2$—2 m kõrgustesse hunnikutesse. Enneaegse kuumenemise vältimiseks tallatakse biokütus tihedalt kinni, et takistada hapniku juurdepääsu. 10—15 päeva enne lavasüvendi täitmist tuleb biokütus segades kohevaks teha, et võimaldada õhu juurdepääsu, mille tagajärjel algab kuumenemine. Kui käärimine pärast segamist ei alga, tuleb biokütust soojendada. Selleks kasutatakse kuuma sõnnikut, kuuma vett või kustutamata lupja. Lava täitmisele tohib asuda alles siis, kui biokütus kogu hunnikus on kuumenenud. Süvend täidetakse kuni raketeni, biokütust ühtlaselt puistates ja hargiga kinni vajutades. Täidetud lava kaetakse akende ja mattidega ning jäetakse nii 3—5 päevaks, et biokütus täiesti kuumeneks ja lava seinad ning



Joonis 155. Kahepoolse maapealse lava ristlõige.

Lavakasti külje kõrgus tomatite kasvatamiseks on 75 cm, kurkide kasvatamiseks — 50 cm.

põhi soojeneksid. Pärast seda kui biokütus on hästi käärima hakanud ja märgatavalt vajunud, sõtkutakse ta äärtelt jalaga kinni, keskelt aga vajutatakse hargiga, lisatakse vajaduse korral veel kuuma sõnnikut, tasandatakse pealt ja kaetakse 18—20 cm paksuse lavamullakihiga. Mullakihi paksus ja koostis sõltuvad nende kultuuride nõuetest, mida kavatsetakse lavas kasvatada. Igal juhul ei tohi mullakihi paksus tõusta üle 20 cm, sest vastasel korral on õhuhapniku juurdepääs biokütusele raskendatud, mille tagajärjel käärimine toimub nõrgalt ja kütus ei anna lavale küllaldaselt soojust. Peale selle ei jõua soojus läbi paksema mullakorra tungida ega soojendada vajalikul määral lavaõhku.

Et takistada seente tekkimist biokütuse kihil (eriti veisesõnniku kasutamisel), puistatakse sellele pärast lavasse paigutamist iga ruutmeetri kohta 0,3 kg lupja või 0,5 kg tuhka. Hobusesõnniku puhul pole see vajalik, sest tema kõrgemas temperatuuris seened hävivad. Individuaalaednik, kelle lava koosneb vaid mõnest aknast, võib kütusekihile panna sirgeid õlgi või roogu, puistates nendele pisut tuhka.

Nüüd kaetakse lavad uuesti akende ja mattidega ning mõõdetakse mullatermomeetriga lavamulla temperatuuri, mis kütuse tormilise käärimise tagajärjel tõuseb algul küllalt kõrgele. Külvi alustatakse alles siis, kui mulla temperatuur on langenud 30°-ni.

Olenevalt lavakraavi sügavusest ja biokütuse omadustest kulub süvendlava täitmiseks kuni 1,2 tonni biokütust lavaakna kohta. Maapealsed soojad lavad vajavad seda rohkem.

Biokütuse ja mullakihi vajumise tagajärjel tekib lavas taimedele vajalik 15—18 sentimeetrine õhuruum.

Mullakiht lavas peab olema täiesti horisontaalne, et muld taimede kastmisel ühtlaselt niiskuks.

Bioloogilise kütusega lavade soojusbilanss

Lavakultuuridele vajalike kasvutingimuste võimaldamiseks peab eelkõige lavatemperatuur püsima taimede nõuetele vastaval tasemel. Seda peab lavale tagama kütmine, käesoleval juhul biokütuse käärimisel («põlemisel») vabanev soojus.

Lava soojusrežiim oleneb kõigepealt biokütuse omadustest, siis päikesekiirguselt saadavast soojusest, biokütusel oleva mullakihi paksusest ja soojuse kaost lavaakende kaudu. Viimane tegur sõltub välisõhu temperatuurist ja tuulest. Väikesed soojuskaod tekivad ka lava seinte ja põhja kaudu, kuid need on nii minimaalsed, et võivad jääda arvestamata. Seega oleneb lavaõhu temperatuur kokkuvõttes biokütuselt ja päikeselt saadava soojushulga ning ümbrusele äraantava soojushulga vahest.

Keskmise väärtusega biokütus annab ööpäevas lavaakna ühe ruutmeetri kohta 1000—2000 kcal soojust. Soojuskadu lavas on välis- ja lavaõhu 1°-se vahe puhul 1 m^2 klaasialuse pinna kohta 5—7 kcal tunnis ehk ümmarguselt 150 kcal ööpäevas. Mattidega

katmine vähendab seda kuni 3 kcal tunnis, tuulise ilmaga tõuseb aga soojuskadu kuni 10 kcal-ni tunnis.

Esitame tabelis 46 prof. J. D. Korolkovi (30) andmed, mis võimaldavad arvutada lavakultuuridele ühel või teisel kuul vajalikku soojushulka. Tabeli 46 andmed on kohaldatavad ka meie oludele. Andmed käivad vene lava kohta.

Tabel 46

Soojusbilanss ühe lavaakna kohta Moskva oblasti tingimustes

Kuud	Välisõhu keskmine ööpäevane t°	Päevane soojusekulutus, arvestades päikesekiirgust	Ööpäevane soojusekulutus	Soojusekulutus kuus kcal	Kütusekulu kuus antratsiiti kg
Jaanuar	—9,4	500	4700	145 000	41
Veebruar	—9,3	2900	4740	137 000	39
Märts	—5,0	2600	3900	120 000	34
Aprill	+5,0	950	1540	46 000	13
Mai	+11,7	—	150	4600	1,3
Juuni	+16,4	—	50	1500	0,45
Juuli	+18,0	—	—	—	—
August	+15,0	—	110	3400	1,0
September	+10,8	350	720	21 500	6,0
Oktoober	+3,0	1260	2210	69 000	20,0
November	—3,0	2110	3610	109 000	31
Detsember	—7,8	2220	4220	130 000	37

Märtsist juunini (incl.) kulub lava soojendamiseks akna kohta 170 000 kcal soojust, mille saamiseks tuleb põletada 50 kg kivisütt (antratsiiti).

Lavaakende kaudu äraantava soojuse peab kompenseerima biokütuse poolt antav soojus.

Soojushulk, mida biokütus mulla kaudu annab lavaõhule, oleneb kütuse temperatuurist ja mullakihi paksusest ning mulla soojusjuhtivusest, mis õige suures ulatuses sõltub mulla niiskusesisaldusest. Katsed ja arvutused näitavad, et 1°-se temperatuuride vahe puhul annab 1 m^2 mulda tunni jooksul lavaõhule 7 kcal soojust. Arvestades seda asjaolu ja kasutades tabeli andmeid, katsume selgusele jõuda, millal võib meie kohalikes tingimustes alustada bioküttega lavade ekspluatatsiooni. Juba pealiskaudne pilk tabelile näitab, et märtsi algul ei saa biokütusega lava õhule taimede kasvuks vajalikku soojust anda. On ju ööpäevane soojusekulutus siis üle 3000 kcal. Peale selle ei tohi unustada, et olenevalt lava konstruktsioonist viibib köögiviljakasvataja töötamisel väljaspool lava, mispärast töid lavades saab alustada alles ilmade pehmenemisel kevadel. On ju kange külmaga või tuisuse ilmaga töötamine väljaspool lava raske ja lavaakna avamine ohustab lavas kasvavaid kultuure.

Nüüd vaatame, kuidas on olukord aprillis. Selleks tuletame meelde biokütuse soojenemise käiku lavas. Tavaliselt võetakse biokütuse hindamisel aluseks hobusesõnniku kuumenemise käik, mida kujutab joonis 26.

Nagu jooniselt 26 näeme, tõuseb biokütuse temperatuur kaetud lavas seitsmendaks päevaks üle 70°. See tõstab lavamulla temperatuuri üle 40°. Järgneva nädala jooksul langeb temperatuur kiiresti, jõudes 16. päevaks 25°-ni. Edasi langeb temperatuur aeglaselt ja on kuu aja pärast 20° ümber, püsides pikemat aega 15—20° vahel.

Edasi vaatame, kuidas soojeneb lavaõhk biokütuse mõjul. Selleks kasutame järgmist valemit:

$$T_1 = \frac{K_1 T_b + K_2 T_v}{K_1 + K_2},$$

kus: K_1 — soojushulk kcal, mida biokütus tunni jooksul annab 1°-se temperatuuride vahe puhul 1 m² mulla ülemisele kihile; 15 cm paksuse mullakihi puhul on see 3,4 kcal tunnis;

K_2 — 1 m² mullalt lavaõhule tunni jooksul antav soojushulk 1°-se temperatuuride vahe puhul; tavaliselt on see 7 kcal/h;

T_1 — lavaõhu temperatuur;

T_v — välisõhu temperatuur;

T_b — bioloogilise kütuse temperatuur.

Välisõhu temperatuuriks võtame aprilli miinimum-arvestustemperatuuri, mis meie kliimas on —3°; biokütuse temperatuur märtsi viimasel dekaadil täidetud lavas on aprilli algul +40°.

Asendanud tähed vastavate arvudega, saame:

$$T_1 = \frac{3{,}4 \cdot 40 + 7(-3)}{3{,}4 + 7} = \frac{115}{10{,}4} = 11{,}5°,$$

mattidega katmise puhul aga:

$$T_1 = \frac{3{,}4 \cdot 40 + 3(-3)}{3{,}4 + 3} = \frac{127}{6{,}4} = 19{,}9°.$$

Saadud tulemuste põhjal võib kindlasti öelda, et aprilli esimesel (varajase kevade puhul ka märtsi viimasel) dekaadil saab asuda lavade kasutamisele, seda enam, et valemis on jäetud arvestamata päikesekiirgus, mis tunduvalt tõstab lavaõhu temperatuuri. Ettevalmistustöid tuleb muidugi alustada juba märtsis, sest selleks kulub peaaegu kaks nädalat.

Et aprilli teisest dekaadist alates soojusekulutus kiiresti väheneb, saab hobusesõnniku või mõne muu samaväärse biokütusega hoida lavaõhu temperatuuri ka soojanõudlikele taimedele vastuvõetaval tasemel vähemalt kahe kuu vältel pärast lavasüvendi täitmist märtsi lõpul või aprilli algul. Nagu tabelist näeme, ei vaja lava mais enam lisasoojendust päeval, öist soojuse kadu saab aga vähendada mattide abil ja mulda soojendab veel biokütus.

Kõõgijäätmete ja majapühkmete kütteväärtus võrdub ligikaudu hobusesõnniku omaga, kusjuures nad kuumenevad ja jahenevad pisut aeglasemalt. Veisesõnniku kütteväärtus seevastu on märksa väiksem. Seepärast kasutatakse varajastes lavades hobusesõnnikut või mõnda muud temaga kütteväärtuselt võrdset biokütust, veisesõnnikut tarvitatakse aga hilisemates lavades või siis segatult hobusesõnniku või pühkmetega.

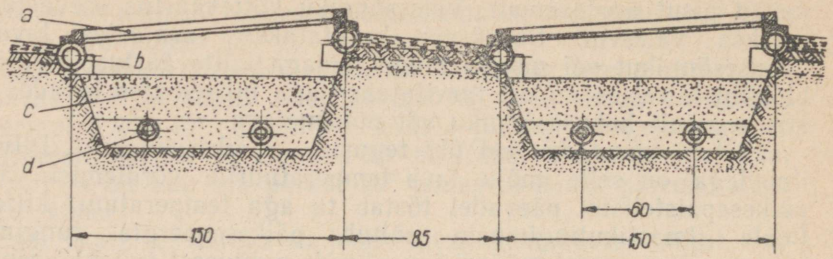
Ei tohi unustada veel üht tegurit — päikesekiirgust. Pilviste ilmadega on selle mõju lava temperatuurile võrdlemisi väike, päikesepaistelistel päevadel tõstab ta aga temperatuuri kiiresti. Peale ilmastikutingimuste sõltub päikeseenergia tungimine lavasse väga suurel määral lavaakende puhtusest ja lava asendist (varjutavad ehitused ja puud). Päikesepaistelistel märtsi- ja aprillipäevadel võib lava meie kohalikes tingimustes keskpäeval saada kuni 100 kcal tunnis 1 m^2 klaasialuse pinna kohta. Seda tuleb arvestada lava soojusrežiimi reguleerimisel, mis toimub õhustamise teel. Mida kõrgemale tõuseb lavaõhu temperatuur, seda kauemaks tuleb aknad üles tõsta.

Suurimat mõju avaldab muidugi välisõhu temperatuuri muutumine, sest sellest oleneb soojuse kadu lavaakende kaudu. Temperatuuri tõustes üle 0° väheneb soojuse kadu märgatavalt.

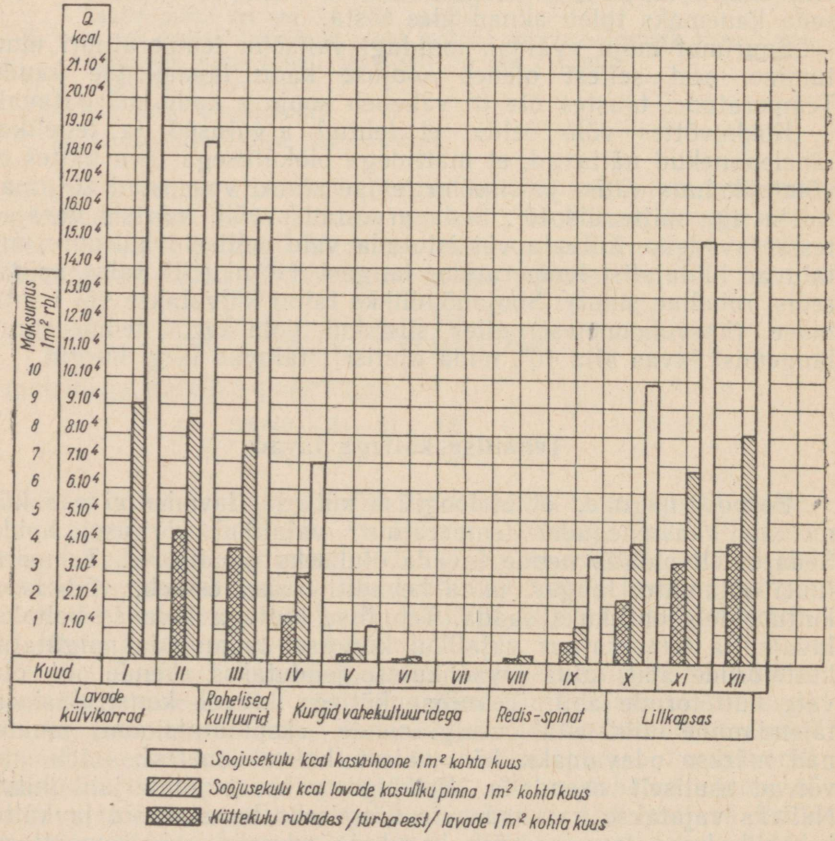
Kokkuvõttes võib öelda, et tehtud arvutused ja tegelikud tähelepanekud näitavad, et mattidega biokütusega lava kattes on võimalik luua välis- ja siseõhu temperatuuri vahe kuni 20°, mattideta aga mitte üle 10°. Seda arvestades võib märtsis varajastesse lavadesse külvata või istutada vaid selliseid kultuure, mis taluvad lühiajalist temperatuuri langust +6°-ni (till, salat, spinat, redis, roheline sibul). Soojanõudlikke taimi külvatakse või istutatakse (kasvuhoonetest) alles siis, kui pole karta temperatuuri langemist lavas alla 10°, mida ajutiselt taluvad isegi kurgid.

Tehnilise küttega lavad

Eespool nägime, et bioloogilise küttega lavades ei saa külmematel aastaaegadel temperatuuri vajalikul kõrgusel hoida. Seda tuleb pidada nende lavade oluliseks puuduseks. Temperatuuri ootamatu langus, mida kevaditi vahel esineb, võib lavakultuuridele ohtlikuks saada. Tehnilise küttega lavades hoitakse lavamulla temperatuur vajalikul kõrgusel lavamulda paigutatud küttetorude abil, kuna lavaõhku soojendatakse akende all olevate küttetorude abil. Tehnilise küttega lavade konstruktsiooni täiendamine lihtsustab veelgi nende ekspluatatsiooni, muutes nad märksa odavamaks köetavatest kasvuhoonetest, mida nad võivad osaliselt asendada. Eelkõige väheneb materjalikulutus. Näiteks vajatakse kasvuhoonete kütmiseks terastorusid ja küttekehasid, kuna lavades võib kasutada odavaid asbotsementtorusid või teisi asematerjale; klaasi vajatakse kasuliku pinna 1 m^2



Joonis 156. Tehnilise küttega lavade ristlõige:
a — lavaaken; b — asbotsementtoru lavaõhu soojendamiseks ja lavaakende toetuseks; c — lavamuld; d — lavamulla soojendamise torud.



Joonis 157. Soojusekulutus varajaste lavade ja köetavate kasvuhoonete ruutmeetrile.

kohta ümmarguselt $1^1/_2$ korda vähem kui kasvuhoonete katmiseks. Muud ehituskulud on kasvuhoonetega võrreldes minimaalsed.

Kõetavate kasvuhoonete ja tehnilise küttega varajaste lavade küttekulutust ning maksumust on näidatud prof. Šeremetevski andmeil (48) koostatud diagrammil (joonis 157).

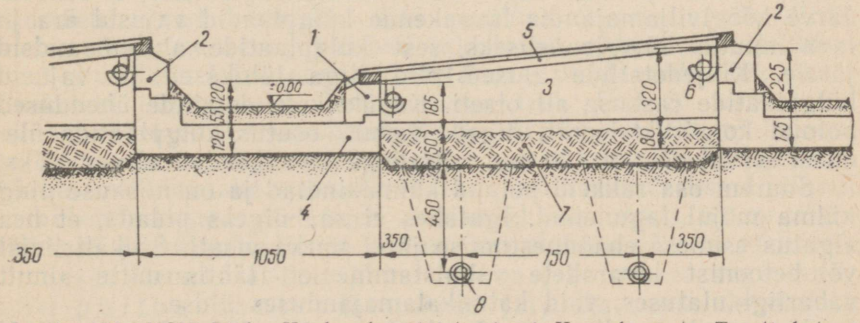
Prof. P. V. Šeremetevski soovitatud neljast külvikorrast saab kolme esimest Eesti NSV tingimustes ilma suuremate raskusteta kasutada, kuigi soodsate välistingimuste korral pole päris võimatu koguni neljandas ettenähtud lillkapsa kasvatamine. Ent kui piirduda isegi kolme külvikorraga, jääb lavadele siiski suur eelis, sest neis on soojusekulutus üle kahe korra väiksem, rääkimata ehituskuludest. See näitab, et tehnilise küttega lavad võivad teatavas ulatuses asendada kasvuhooneid, andes suurel hulgal varajast rohelist köögivilja, mis oma hinnalt on vastuvõetav.

Tehnilise küttega lavade konstruktsioonid

Moskva Timirjazevi-nimelise Põllumajanduse Akadeemia köögiviljanduse katsejaama töötajate poolt on lavade konstruktsioonide ja kasutamise kohta pikema aja vältel tehtud rida uurimisi ja katseid, mille tulemusi ulatuslikult kasutatakse nii kolhoosides kui ka sovhoosides.

Käesolevas püüame teha mõningaid kokkuvõtteid vastavasisulises kirjanduses avaldatud materjalide ja tegelike tähelepanekute ning kogemuste põhjal, osutades seejuures erilist tähelepanu lavade soojuseküsimustele, millel on esmajärguline tähtsus katmikala organiseerimisel.

Kõigepealt peatume l a v a r a k e t e l. Need võivad olla puust nagu bioküttega lavadeski, kuid NSV Liidu teistes vabariikides on leidnud kasutamist ka raudbetoonrakked.

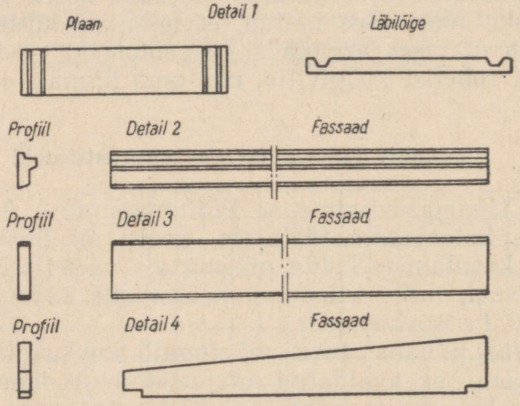


Joonis 158. NSV Liidu Kaubandusministeeriumi Kasvuhoonete Trusti betoonraketega ja vesiküttega lava ristlõige.

1 — lõunapoolse külje plaat; 2 — põhjapoolse külje plaat; 3 — otsplaat; 4 — lavarakete tugiplaat; — 5 — lavaaken; 6 — lavaõhu soojendamise toru; 7 — lavamuld; 8 — lavamulla soojendamise toru.

Tavaliselt koostatakse need rakked raudbetoondetailidest, kusjuures põhjapoolsete küljedetailide kõrgus on harilikult 25 cm, lõunapoolsed aga on neist 5—10 cm madalamad. Otsadetailide kõrgus vastab ühes otsas lõunapoolse, teises — põhjapoolse külgplaadi kõrgusele. Peale külje- ja otsadetailide kuuluvad rakete juurde veel raudbetoonist alused külg- ja otsplaatide jaoks.

1954. a. alustati ka Eesti NSV-s katseliselt silikaltsiidist lavarakete valmistamist, kuid seejuures esines konstruktsioonis tehnilisi puudusi, mille tagajärjel rakked osutusid tarvitamisel ebasobivaks ja nende tootmisest loobuti.



Joonis 159. Betoonkonstruktsiooniga lavarakke detailid («Giproselhozi» projekt nr. 1023):
1 — lavarakete tugiplaat; 2 — lõunapoolse külje plaat; 3 — põhjapoolse külje plaat; 4 — otsplaat.

Suur viga tehti sellega, et ei kontrollitud rakete külmakindlust, kvaliteeti ja vastavust nõuetele. Niiviisi juhtuski, et Kohtla-Järve köögiviljamajandis lavaakende külgplaadid vajusid ära ja lava muutus kõverjooneliseks, sest külgplaatide alused andsid järele. Küljedetailide alused olid liiga lühikesed ja vajusid külgplaatide raskuse all otseti. Ka üksikute detailide ühendused polnud konstruktsioonilt õiged. Samuti osutus külgplaatide ülemisel serval olev 30 · 30 mm väljalõige lavaakendele ebasobivaks.

Suurem osa rakkeid polnud külmakindlad ja on niiskuse ning külma mõjul lagunenud. Igatahes ei saa õigeks pidada, et hea algatus esimese ebaõnnestumise järel nurka visati. Silikaltsiidist või betoonist lavarakete valmistamine on tähtis mitte ainult vabariigi ulatuses, vaid katmikalamajanduses üldse.

Järgnevalt esitame mõned betoonist lavarakete näited (39 ja 40) (joonised 158, 159 ja 160).

«Giproselhozi» projekti nr. 1023 järgi valmistatud lavarakked on konstruktsioonilt kergemad (joonis 159).

Raudbetoonist lavarakete valmistamise kohta annab S. D. Ogluzdin üksikasjalisi juhendeid oma raamatus (39).

Toome veel ühe näite, kus lavaraketeks kasutatakse raudbetoonist alustele asetatud asbotsementtorusid, mis soojendavad lavaõhku (joonis 156). Lavaakende toetuseks kinnitatakse asbotsementtorudele klambritega puitprussid.

Raudbetoonrakete paigaldamine

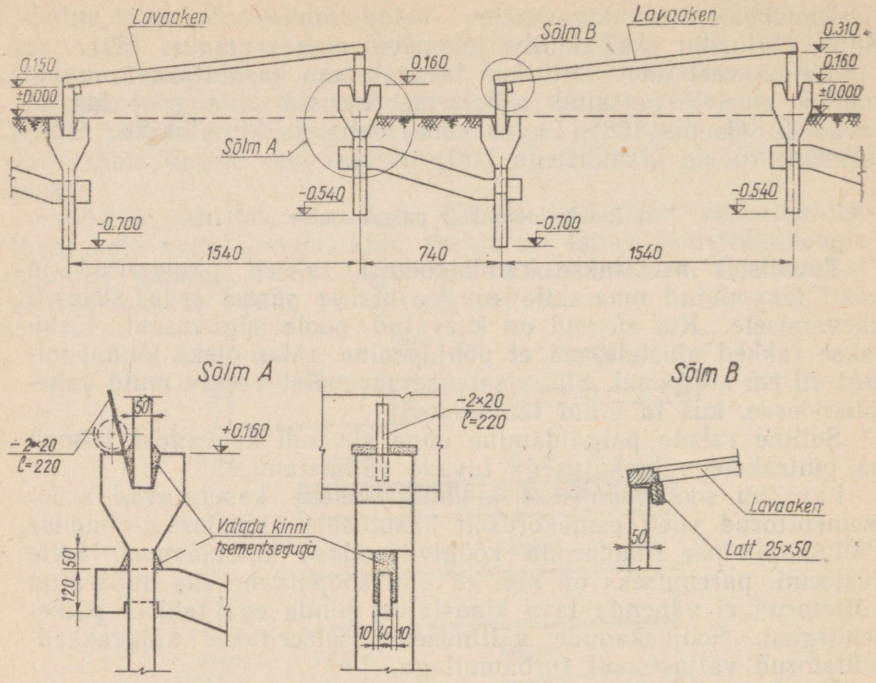
Tavaliselt asetatakse raudbetoonist rakked planeeritud ja hästi tasandatud maa-alale ning asutakse pärast seda süvendi kaevamisele. Kui süvend on kaevatud poole sügavuseni, tõstetakse rakked alustele, nii et põhjapoolne rake oleks lõunapoolsest 10 cm kõrgemal. Siis visatakse süvendist võetav muld vahekäikudesse, kus ta kinni tambitakse.

Selline rakete paigaldamine enne süvendi kaevamist toimub ka puitraketega biokütusega lavade valmistamisel.

Lavaõhu soojendamiseks ja külgraketeks kasutatavad asbotsementtorud võeti esmakordselt kasutusele Timirjazevi-nimelise Põllumajanduse Akadeemia köögiviljanduse katsejaamas. Selle süsteemi paremuseks on see, et õhu soojendamiseks määratud küttetorud ei vähenda lava klaasialust pinda ega takista päikesekiirgust. Soojuskadude vältimiseks isoleeritakse külgrakkedküttetorud väljastpoolt turbamullaga.

Lõpuks veel «Giproselhozi» tüüpprojekt nr. 1067. Selle projekti kohaselt kasutatakse ühepoolsete õhu ja auru seguga köetavate lavade ehitamiseks 4 tüüpi raudbetoondetaile: poste, poste ühendavaid sidemeid, külgplaate ja otsplaate (joonis 160). 70 cm pikkused postid asetatakse 212 cm kaugusele üksteisest (otsmised 194 cm). Et külgplaate on ainult üks tüüp, kõrgusega 25 cm, siis asetatakse lava põhjapoolsed postid 16 cm kõrgemale lõunapoolsetest külgplaatidest. Kahe rööbiti asetseva lava postid ühendatakse omavahel käigutee alt läbiminevate sidemetega. Sidemete otsad pistetakse läbi postides olevate avade. Sidemete otstes asetsevad hambad takistavad sidemete väljalibisemist postidest. Lava otstesse asetatakse otsplaadid. Kõik ühenduskohad jäigastatakse betoneerimise teel. Ühe 20 vene lavaaknaga kaetava lava valmistamiseks vajatakse 0,90 m^3 betooni ja 73 kg rauda. Ligikaudu niisama palju kulub materjale ühe 25 hollandi lavaaknaga kaetava lava valmistamiseks. Hollandi lavaakende kasutamisel tuleb otsplaadid valmistada 10 cm võrra lühemad ja külgplaadid on otstarbekas ehitada 239 cm pikkused.

Saksa Demokraatlikus Vabariigis on juba mõnda aega tarvitusel p u i t b e t o o n i s t lavarakked (11). Ka nende detailideks on külg- ja otsplaadid ning kandepostid. Viimased sarnanevad konstruktsioonilt eespool kirjeldatutega, ainult selle erinevusega, et nende alumistes otstes on padjad, mis takistavad postide sügavamale vajumist.



Joonis 160. Raudbetoonist lavarakked («Giproselhozi» tüüpprojekt nr. 1067).

Et aknaraamide värv vastu betooni maha ei hõõrduks ja ka tihendamise otstarbel pannakse külgplaatide peale lauast liistud, mille jaoks postide ülemistesse otstesse tehakse vastava sügavusega sisselõiked.

Puitbetooni valmistamiseks lisatakse saepurule tsementi. Kõige sobivamaks peetakse vaigurikaste okaspuude saepuru, mida võetakse kolm osa ühe osa tsemendi kohta. Et saepuru võib niiskuse mõjul mädanema minna, tõstetakse tema vastupidavust lubjapiimas leotamise teel. Selleks pannakse ta enne betoneerimist 20—30 tunniks lubjapiimasse ja segatakse, et lubjapiim hästi imenduks ja saepuru tükki ei jääks. Samuti on betooni valmistamisel väga tähtis, et tsement lisanditega hästi seguneks ja üksikud koostisosad kogu massis ühtlaselt jaotuksid. Puhast jämedat liiva võetakse neli osa ühe osa tsemendi kohta. Edasi toimub betooni valmistamine samuti nagu tavalise betooni puhul, kusjuures vajaduse korral kasutatakse armatuuri, eeskätt liikuvate lavakastide detailide tegemisel.

Kui soovitakse detaile kaalult vähendada, tehakse neisse õõnsused. Selleks pannakse vormide täitmise ajal segusse raudtorud, mis enne lõplikku kivinemist välja tõmmatakse.

Lavade kütmisel võivad soojusallikateks olla:
1) kõrg- (0,8—4 atm.) või madalrõhuga (0,2—0,7 atm.) veeaur;
2) 50—90°-ne kuum vesi;
3) 50—100-voldilise pingega elektrivool.

Kõigi nende soojusallikate kasutamisel tekib mõningaid raskusi, mis küttesüsteemi oskamatul valikul ja rakendamisel võivad tehnilise küttega lavade paremused küsitavaks teha või nende tähtsust märgatavalt vähendada.

Nagu eespool nägime, seisab lavade kütmise iseärasus selles, et soojust antakse nii taimede juurtele kui ka lavaõhule tavaliselt läbi mullakihi altpoolt üles. See asjaolu seob lava kütmise mulla soojusjuhtivusega, mis peale mulla teiste omaduste oleneb suurel määral mulla kuivuse astmest, olles sellega vastuvõrdelises vahekorras: mida kuivem on muld, seda madalam on tema soojusjuhtivus. Biokütusega lavades soodustab see mulla füüsikaline omadus lava soojendamist, sest biokütuses sisalduv niiskus aurub tekkiva soojuse mõjul ja tungib ülespoole, soojendades lavamulda ning ühtlasi suurendades selle niiskust. Tehnilise kütte puhul hermeetiliste küttetorudega ilmneb aga vastupidine nähtus. Kütmisel muld soojeneb ja muutub ühtlasi kuivemaks, mille tagajärjel torusid ümbritseva mulla soojusjuhtivus väheneb. Samasugune on lugu elektrikütte puhul: mida niiskem on elektroode ümbritsev lavamuld, seda paremini juhib ta elektrit ja ka elektrivoolu mõjul tekkivat soojust. Pikemaajalisel elektrikütel annab muld oma niiskuse ära, mille tagajärjel väheneb tema elektrivoolu- ja soojusjuhtivus. Et külmunud maa juhib elektrit halvasti, on elektroodidega köetavate lavade tegevusse rakendamine talvel raskendatud.

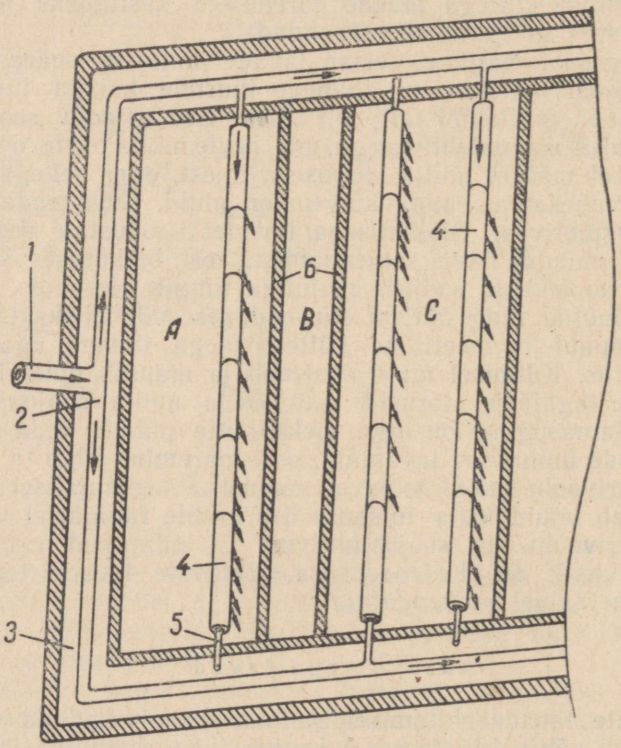
Auruküttega lavad

Köetavate lavade ehitamisel pannakse soojuskadude vältimiseks süvendi põhja 10—15 cm paksune kiht turbamulda ja sellele niisama palju liiva. Enne lavamullaga katmist asetatakse liiva sisse kogu lava pikkuses kaks rida perforeeritud küttetorusid. Torude paigutus piki lava on kõigil küttesüsteemidel ühesugune, sõltumata sellest, kas on tegemist kõrg- või madalrõhuauruga.

Aurukütte puhul koosneb soojendavate torude süsteem odavatest asbotsement- või keraamilistest torudest. Asbotsementtorud on metalltorudest mitte ainult odavamad, vaid maa sees ka kestvamad, sest nad ei kannata korrosiooni all. Peale selle võivad metalltorud talvel kannatada neisse jäänud vee külmumise tagajärjel.

Mullas olevatesse küttetorudesse tehtud 5 mm läbimõõduga avade kaudu tungib aur välja, soojendab liiva ja, läbides lavamulda, ei lase seda kuivada.

Et auruküttega lavades saab kasutada odavaid keraamilisi või asbotsementtorusid, tuleb auruküttega lavasid eelistada vesiküttega lavadele, mida köetakse kalliste metalltorudega. Asbotsementtorusid on katsetatud ka vesiküttega lavades, kuid kindlad andmed nende sobivuse kohta puuduvad. Klaastorude valmistamine Järvakandi Tehastes avab võimalused ka nende kasutamiseks lavade kütmisel.



Joonis 161. Lavamulla küttetorude paigutus prof. Korolkovi süsteemi järgi:
1 — magistraaltoru; 2 — toitetoru; 3 — kanal; 4 — asbotsemendist küttetoru (d = 100 mm); 5 — õhutoru; 6 — lavarake; A — esimene lava; B — käigutee; C — teine lava. Nooled torudel näitavad auru liikumise suunda, noolekesed asbotsemendist küttetorude kõrval avade kohti, kust aur mulda tungib.

Madalrõhuauruga köetavate lavade katelde ja kütteseadmete ekspluatatsioon on lihtne ning ei nõua alalist järelevalvet, seepärast tulekski praktilistel kaalutlustel pidada kolhoosidele sobivamaks nende kasutamist. Nende küttesüsteem on peajoontes järgmine.

Katlamajast lavakvartali juurde tulev $1^1/_2$—2-tolline metallist magistraaltoru (joonis 161, 1) hargneb kaheks toitetoruks (2), milledest üks kulgeb lavade lääne- ja teine idapoolseid otsi

mööda. Toitetoru asetatakse tavaliselt kanalisse (3), isoleeritakse kuiva turbamullaga ja ümbritsetakse tellistest või puidust kattega. Lavade lõunapoolsete asbotsemendist küttetorude (4) otsad ühendatakse toitetoruga; nende teised otsad lõpevad peenikeste metallist õhutorudega (5), mille kaudu õhk küttetorudest välja surutakse. Põhjapoolsed küttetorud saavad auru toitetoru teise haru kaudu ja annavad õhu ära vastaspoolses otsas oleva õhutoru kaudu. Nii liigub aur lõunapoolses küttetorus idast läände, põhjapoolses aga vastassuunas. Et aur küttetorus jaheneb ja tema küteväärtus toru lõpul väheneb, saavutatakse sellise kahesuunalise liikumise tagajärjel lavamulla ühtlasem soojenemine.

Selle küttesüsteemi puhul peab aururõhk küttetorus nii kõrge olema, et aur õhu torust välja suruks ning soojendaks toru seinu ja nende kaudu lavamulda. Küttetorude avade kaudu tungib aur mulda, soojendab seda ja muudab niiskemaks, suurendades niiviisi mulla soojusjuhtivust. Kui aururõhk katla kauemal kütmisel kõrgemale tõuseb, tungib palju auru välisõhku ja soojust läheb kasutult kaduma.

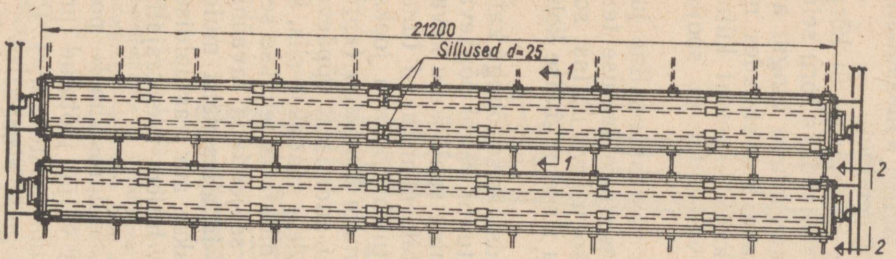
Pikemaajalised katsed näitavad, et auru vastassuunaline juhtimine lavasse osalt aitab küll leevendada soojuse jaotuse teravaid erinevusi, kuid siiski ei suuda tagada kogu lava ühtlast soojendamist, sest liiv ja muld soojenevad auru sissetungimise kohal rohkem kui väljumise kohal.

Sellist küttesüsteemi toidab 0,1—0,2-atmosfäärise rõhuga katel. Külma ilmaga antakse lavadele auru 5—6 tunni vältel ööpäevas. Seda tehakse järgmistel kaalutlustel. Keskmine soojuskulu kevadperioodil on 1800 kcal ööpäevas. Kaks küttetoru annavad tunnis kokku 300 kcal. Soojusekulutuse katteks tuleb ööpäeva jooksul auru anda (1800 : 300) 6 tunni vältel. Soojemate ilmadega (aprilli lõpp, mai) jätkub aga 2—4-tunnilisest auru andmisest ööpäevas.

Kõige sobivam temperatuur lavakultuuridele saadakse siis, kui soojendatakse niihästi lavaõhku kui ka lavamulda ja tehakse seda vaheldumisi. Kui tekib vajadus paremini soojendada lavaõhku, juhitakse aur esmalt ülemistesse torudesse ja alles neist mulda; vajab aga lavamuld rohkem soojust, juhitakse aur vastupidiselt. Vastavatel lavakonstruktsioonidel peatume hiljem üksikasjalisemalt.

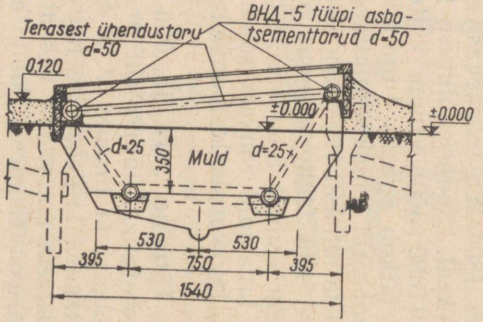
Lavade kütmine auru ja õhu seguga. «Giproselhozi» poolt 1957. a. koostatud tüüpprojekt nr. 1067 on välja töötatud prof. J. D. Korolkovi ja insener V. J. Sidorovi uurimuste alusel. Projektis on lavade kütteks ette nähtud auru ja õhu segu.

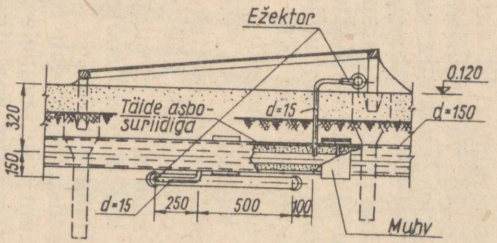
Küttesüsteem ehitatakse kas ainult lavamulla või ka lavaõhu soojendamiseks. Esimesel juhul asetatakse piki lava kaks rida 109/93 mm läbimõõduga asbotsementtorusid, millede mõlemad otsad ühendatakse omavahel 108/100 mm läbimõõduga metalltorudega. Torud asetatakse killustikust, kruusast või šlakist alusele. Projekti kohaselt ehitatakse lava raudbetoonraketega (joonised 160 ja 162). Teisel juhul, kui köetakse ka lava õhuruumi, kinni-



Lõige 1-1

Lõige 2-2





Joonis 162. Lavamulla ja lava õhuruumi küttega lavade plaan ning lõiked («Giproselhozi» tüüpprojekt nr. 1067). Punktiiriga on plaanile kantud mulla küttetorustik.

tatakse lavarakete külge 68/50 mm läbimõõduga asbotsementtorud.

Lavade kütteks kasutatakse 0,4—0,7-atmosfäärise survega auru. Kui saadava auru surve on üle 0,7 at, siis kasutatakse surve vähendamiseks reduktorit.

Aur juhitakse rõngakujulisse asbotsementtorudest küttekehasse kahest otsast (joonis 162) diagonaalselt ežektorite abil. Küttekehas aur paisub ja seguneb seal asuva õhuga, moodustades auru ja õhu segu. Viimane, liikudes torustikus, kondenseerub ühtlaselt ja annab soojuse torustiku seinte kaudu üle lavamullale. Kondensaadi juhtimiseks mulda on mullas asuvate asbotsementtorude alumisse külge puuritud üks rida 5 mm läbimõõduga auke, aukude vahekaugusega 30 cm. Auke ei puurita ežektorist arvates esimesse asbotsementtorusse. Asbotsementtorude pikkus on 3 m ja need ühendatakse muhvide abil. Mullas asuvate torude muhvid tihendatakse takkude ja savîga, õhuküttetorud aga kummist rõngastihenditega. Õhuküttetorudesse ei tehta avasid.

Projektis nr. 1067 on arvutuste aluseks võetud katseandmed, mille kohaselt ühe ežektori kaudu juhitakse küttetorustikku 7,6 kg auru tunnis.

Auru temperatuur 25 cm kaugusel ežektorist on 73°; õhu ja auru segu temperatuur 25 cm kaugusel teisel pool ežektorit on 62°. Auru surve ežektori ees on 1,4 atü ja segunemise koefitsient 5,6. Ežektori suulise läbimõõt on 3,6 mm. Õhu ja auru segu liikumise kiirus asbotsementtorudes on 1,67 m/sek.

Arvestatavaks välisõhu temperatuuriks on võetud —18° ja klaasialuse õhu temperatuuriks +10°.

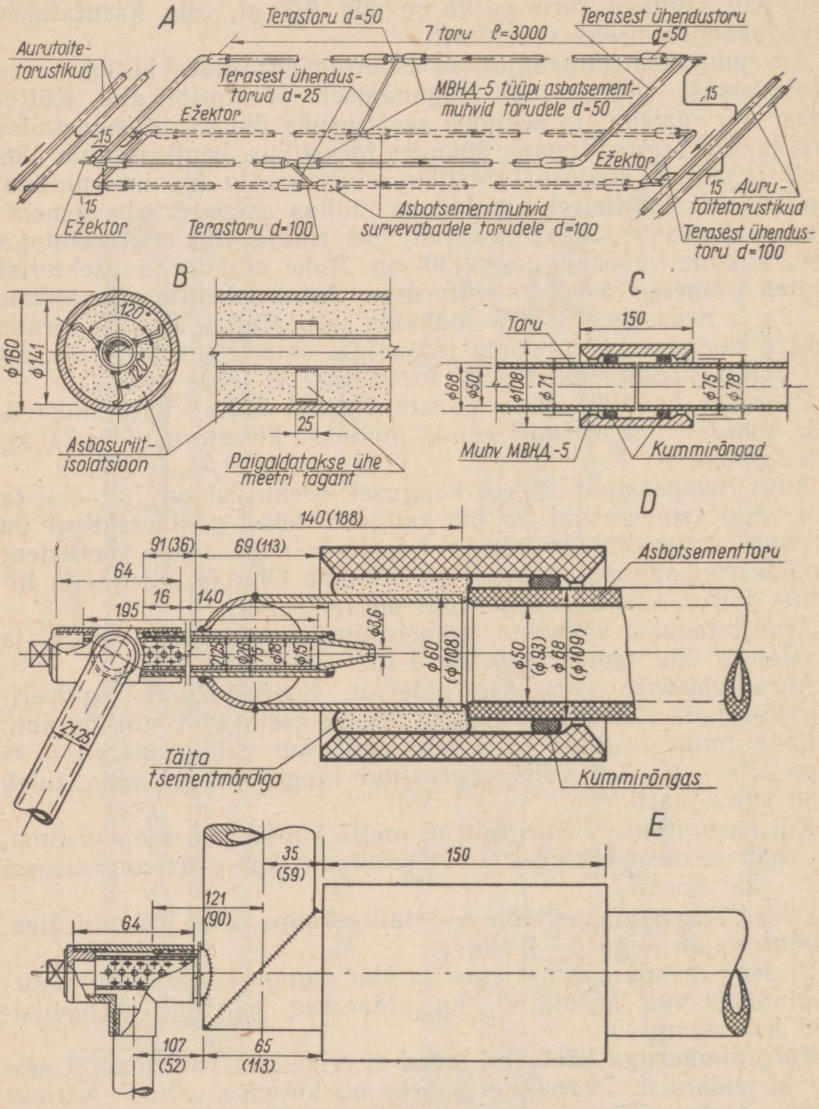
Auru juhitakse lavadesse pidevalt. Soojusrežiimi reguleerimine kvartalis toimub vaatluskaevudesse asetatud ventiilide abil. Mulla kütmine üksinda rahuldab juhul, kui välistemperatuur ei lange alla —6°. Kui välistemperatuur langeb madalamale, tuleb lavad katta mattidega.

Kui kasutatakse üheaegselt nii mulla kui ka õhu soojendamist, siis saab sisetemperatuuri +10° säilitada ka välistemperatuuri kuni —25° korral.

Lavad rakendatakse tööle kvartalite kaupa. Ühe kvartali üleskütmine vajab aega 3—4 päeva.

Et seda lavade kütmist auru ja õhu seguga ei ole senini suurtel pindadel veel kasutatud, korraldatakse sel alal ulatuslikumaid katsetamisi.

Kõrgrõhuauruga köetavad lavad ei erine konstruktsioonilt eespool kirjeldatuist. Peamiseks vaheks on kütmise vältus. Näiteks antakse 4-atmosfäärise rõhu puhul auru kõigest 10—20 minutit korraga, tehes seda 2—3 korda päevas. Auru andmise aja lühenemine on tingitud auru parameetrite suurest vahest (0,2 at ja 4 atü). Tabeli 46 järgi on ööpäevane soojusekulutus lavaakna kohta märtsis 3900 kcal, 20-aknalisele lavale seega 78 000 kcal. Madalrõhuauru kulub selle soojushulga saamiseks 177 m^3, kõrg-



Joonis 163.

A — mulla (märgitud punktiiriga) ja lava õhuruumi kütte skeem. B — küttetorustiku kinnitamine asbotsementtorudes (kui küttetorustikku ei asetata kanalitesse). C — lava õhuruumi asbotsemendist küttetorude ühendamine. D — ežektori lõige. E — ežektori plaan (sulgudes asuvad arvud käivad mulla soojenduse kohta).

rõhuauru aga 56 m³, mahult seega ligikaudu 3 korda vähem. Kõrgrõhuauru lühiajaline ja sagedasem juhtimine lavadesse on tingitud sellest, et aurujoad tungivad suurema jõuga läbi torusid ümbritseva liiva ja soojendavad seda kiiremini. Soojus antakse edasi liival olevale mullale ja selle kaudu ka õhule. Kõrgrõhuauru pooldajad peavadki seda lavamulla ühtlasema soojendamise tähtsamaks teguriks. Selle kohta ütleb prof. Korolkov (31): «Suurem ühtlus, võrreldes madalrõhuauruga, saavutatakse sel teel, et kõrgrõhu all antav aur tungib läbi asbotsementtorude avade liivakihti ja soojendab seda. Järelikult saab lavamuld soojust mitte ainult torudelt, vaid ka liivakihilt, mis asetseb ühtlaselt kogu lavas. Teiste sõnadega, kõrgrõhuauruga soojendamisel levib soojus kogu lavapinnale.»

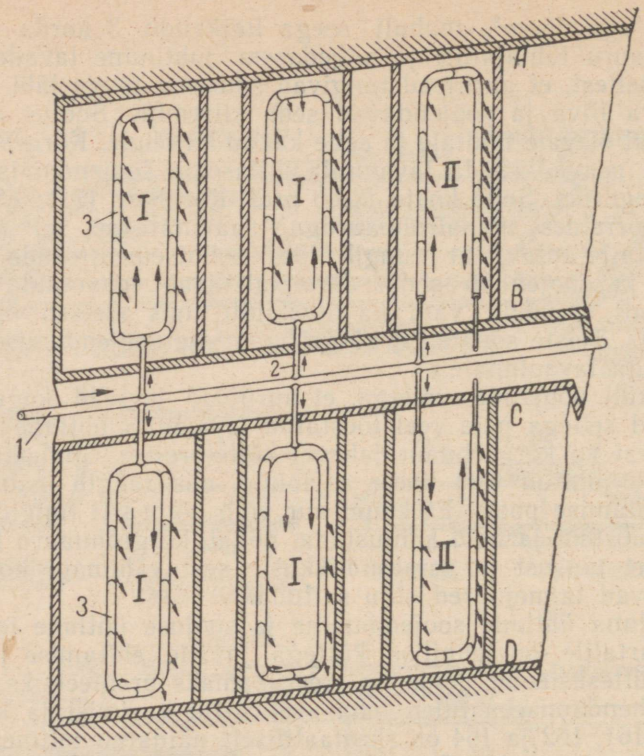
Võib küll nõustuda väitega, et aurujoad levivad kogu liivakihis, kuid sellega pole veel tõestatud lavamulla ühtlane soojendamine, sest ka kõrgrõhuaur jaheneb küttetorudes. Siinkohal olgu tähelepanu juhitud veel ühele asjaolule, mis räägib madalrõhuauru kasutamise poolt. Et kuum aur võib hõlpsasti tungida kuni taimede juurteni ja neid kahjustada, nõuab kõrgrõhuauru kasutamine suurt täpsust ja asjatundlikkust, sest vähimagi hooletuse puhul võivad taimejuured ohtu sattuda.

Lavapinna ühtlane soojendamine ja soojuse ühtlane levimine kogu kvartalile on tehnilise küttega lavade ehitamise ja neile sobiva küttesüsteemi leidmise keerukamaks probleemiks. Selle õigeks lahendamiseks tuleb teha veel palju uurimisi ja katseid. Joonistel 161, 162 ja 164 on skemaatiliselt näidatud mitmesugune küttetorude asetus lavades ja neisse auru juhtimine. Joonistest nähtub, et aur tuleb küttetorudesse juhtida niiviisi, et oleks tagatud ühtlane jaotus. Joonistel on ka näidatud, kui palju tuleks teha torudesse avasid auru ja kondensaadi juhtimiseks liivasse ning kuidas neid avasid asetada.

Moskva Timirjazevi-nimelise Põllumajanduse Akadeemia köögiviljanduse katsejaamas kasutatakse lavamulla soojendamiseks ka prof. Kitajevi küttesüsteemi (joonis 164).

Selle küttesüsteemi järgi jaotatakse lavad keskelt risti pooleks toitetoruga (1). Küttetorude (3) pikkus lüheneb, mis omakorda vähendab auru jahenemist torude lõpposas. Auru juhtimiseks on kaks võimalust: esimese variandi (I) järgi on küttesüsteem kinnine ja tal puudub ühendus välisõhuga; teises variandis (II) lõpeb hobuserauakujuline küttetoru peenikese metalltoruga, mille kaudu aur tungib välisõhku nagu madalsurveauru kasutamiselgi. Teoreetiliselt peaks ühtlane soojendus olema tagatud, kuid katsed näitavad, et ka see süsteem pole täiesti rahuldav.

Aurukütte puudusi, millele tegelikud töötajad on tähelepanu juhtinud, on ebaühtlane lavamulla ja -õhu soojenemine ning ebavõrdne lavade soojenemine kvartalis. Raskusi tekitavad kvartalite järjestatud kütmisel ümberlülitamise keerukus ja katlamaja töö organiseerimine kõrgrõhuauru kasutamisel. Üle 0,7 at rõhuga kat-



Joonis 164. Lavamulla küttetorude paigutus prof. Kitajevi süsteemi järgi:
1 — magistraaltoru; 2 — toitetoru; 3 — küttetoru; I — esimene variant; II — teine variant.

lad vajavad kvalifitseeritud töötajaid, alludes järelvalveinspektsiooni kontrollile.

Tähtsamaks probleemiks jääb siiski soojuse ühtlane jaotus lavas, mida seni pole suudetud täiesti rahuldavalt lahendada. Mõnede uurijate arvates sõltub see ainult küttetorudes olevate avade läbimõõdust, paigutusest ja arvust, teised arvestavad nende avade järgi lava soojendamiseks kuluvat auru hulka, näiteks V. I. Dubnitski (18). Analüüsides auru lavamulda juhtimise erinevaid süsteeme, jõudis ta otsusele, et asbotsemendist küttetorude suured avad tõstavad aurukulu, ja näitas, kui suuri auru ülekulutusi võib põhjustada suure läbimõõduga avade suur arv. Arvutuseks kasutab ta gaaside voolamise kiiruse valemit

$$W = \varphi \sqrt{\frac{2q \triangle P}{\gamma}}$$

kus koef. $\varphi = 0{,}8$;
$\triangle P$ — aururõhk veesammast millimeetrites;
γ — auru erikaal;
q — 9,81 — raskustungi kiirendus.

Arvutamisel võetakse aluseks 1,35 atü või 0,35 ata rõhuga aur.

Lavale vajalikuks aurukuluks loetakse 0,25 t/h (tinglik arv). Avade arv ühe lava torudes:

$\Sigma n = 2 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 20 = 800$ ava; ava d=7 mm;

pindala — 0,0000385 m².

Kasutades neid andmeid, saame auru voolamise kiiruse:

$$W = 0{,}8 \sqrt{\frac{2 \cdot 9{,}81 \cdot 3500}{0{,}6}} = \sim 270 \text{ m/sec.}$$

Edasi arvutame aurukulu V:

$V = W\,3600\,\Sigma nf = 270 \cdot 3600 \cdot 0{,}385 \cdot 10^{-4} \cdot 800 = 30\,000$ m³/h,

või kaalu järgi: $G = V \cdot \gamma = 30\,000 \cdot 0{,}6 = 18\,000$ kg/h

ehk 18 tonni tunnis lavale.

Seega on 800 seitsmemillimeetrise läbimõõduga ava puhul aurukulutus 20-aknalisele lavale 18 t/h. Tegelik vajadus on aga ainult 0,25 t/h. Siit näeme, et sellise suure läbilõikega avade suur arv pole otstarbekohane, sest nende kaudu tungib lavasse liiga palju auru, mis peale materiaalsete kulutuste suurendamise võib otseselt kahjustada lavakultuure.

Eelnevas arvutuses on jäetud arvesse võtmata, et pole tegemist auru tungimisega välisõhku, vaid selle voolamisega takistusega keskkonda (pinnasesse). Et puuduvad andmed takistuse vasturõhu suuruse kohta, tuleb leppida oletusega, et väljavoolamise kiirus ja auru kaaluline kogus on kaugelt väiksemad, kui näitasid toodud arvutused, kuid auru suured kaod on vaieldamatult olemas.

Sellistele tulemustele jõudsime V. I. Dubnitski kalkulatsioonide järgi, kes leidis, et auru suurte ülekulutuste vältimiseks tuleb vähendada küttetorude avade diameetrit ja nende arvu. Tema arvates jätkub isegi 2-st 3 mm avast küttetoru jooksva meetri kohta. Seda tuleb siiski väheseks pidada.

Tegelikult ei sõltu aga aurukulutus siiski täies ulatuses ainult küttetorude avadest, vaid oleneb suurel määral toitetorudest küttetorudesse viivate avade läbilõike pinnast.

Siinkohal tuleb tähendada, et pikas, maasse kaevatud magistraaltorus toimub auru jahenemine, kui hästi see ka isoleeritud poleks. See vähendab soojuse jaotumise ühtlust lavade vahel, sest need ei asu katlamajast võrdsel kaugusel, ja kaugemal asuvad lavad saavad paratamatult vähem soojust kui katlamajale lähemal olevad lavad. Eriti märgatavaks muutub see veel siis, kui esimestes lavades on auru ülekulutusi.

Täienduseks olgu veel öeldud, et projekteerijad lähtuvad teistest seisukohtadest. Näiteks võetakse «Giproselhozi» tüüpprojektis nr. 1021 varajase lava soojusekulutuseks akna kohta kuni 1. aprillini 350 kcal/h. Pole raske märgata, et see arv suuresti erineb tegelikust soojusevajadusest. Prof. Korolkovi järgi (tabel 46) on aga soojusekulutus lavaakna kohta märtsis 162 kcal/h. Seega projekteeritakse vahest enam kui kahekordne

soojusekulutus (350 : 162). Järelikult on neis lavades auru ülekulutus paratamatu, kui ei leita teid selle vältimiseks. Siin toodud kaalutlused peaksid tähelepanu leidma lavade projekteerimisel ja ehitamisel.

Mulla desinfitseerimine. Kuna lavades on soodsad tingimused taimehaiguste ja -kahjurite levimiseks, tuleb osutada erilist tähelepanu sellele, et lavamullas ei leiduks nende idusid või mune. Seepärast võetakse lavade jaoks mulda maa-aladelt, kus pole esinenud lavakultuuride haigusi ega kahjureid. Ja kui lavamulla uuendamiseks tarvitatakse varem lavast võetud mulda, siis tuleb seda enne kasutamisele võtmist desinfitseerida, kui lavades esines taimehaigusi või kahjureid.

Mulda desinfitseeritakse keemiliste vahenditega, näiteks 2% formaliinilahusega, DDT-ga või gaasitamise teel kloorpikriiniga. Seda tuleb teha juba sügisel, et mulda viidud kemikaalid ei kahjustaks kevadel taimi.

Viimasel ajal on hakatud mulda desinfitseerima kuuma auruga, mida juhitakse mullasse erilise seadeldise abil. See on kergesti teostatav seal, kus lavade soojendamine toimub auruga.

Vesiküttega lavad

Vesiküttesüsteemi kuuluvad küttetorud nii lavamulla kui ka lavaõhu soojendamiseks. Viimased asetatakse vastavatele alustele lava lõuna- ja põhjapoolsete rakete äärde. Mõlemad torude süsteemid on toitetoruga iseseisvalt ühendatud, mis võimaldab nii lavamulla kui ka lavaõhu eraldi soojendamist. Torud asetatakse kaldega, et vältida õhukorke, mis võiksid katkestada vee tsirkulatsiooni küttesüsteemis. Ühtlasi on torude kalle vajalik neist vee väljajuhtimiseks talveperioodiks.

Vesikütte heaks küljeks tuleb pidada seda, et ta võimaldab lavades hoida temperatuuri kultuuride nõuetele vastaval ühtlasel tasemel, mida auruküte seni veel täies ulatuses ei võimalda. See-eest nõuab aga vesiküte suurt metallikulu ja tema seadmed on lühema eaga, sest terastorud kannatavad mullas korrosiooni all. Peale selle võib tekkida raskusi ekspluatatsiooni alustamisel kevadel, sest külmanud maa sees asuvatesse torudesse juhitav vesi võib seal külmuda.

Elektriküttega lavad

Kui on saadaval odavat elektrienergiat, võib seda kasutada lavade soojendamiseks. Seda tehakse kahel viisil: kas lavamullasse asetatavate elektroodide või küttekaablite abil. Et peatükis «Küte» on toodud selle küttesüsteemi üksikasjaline kirjeldus, peatume siin vaid mõnel tähtsamal küsimusel.

Kõigepealt olgu märgitud, et lavasüvend tehakse madalam kui biokütuse puhul, arvestades 25 cm liiva- ja mullakihile, õhuruumi vastavalt lavas kasvatatavate kultuuride kõrgusele ja

peale selle soojuskadude vältimiseks kuni 10 cm süvendi põhja pandava šlakist isolatsiooni jaoks. Lava küljed kaetakse šlakkbetooniga.

Tuleb meeles pidada, et elektriküttega lavasid teenindav personal peab olema kodus elektrotehnilistes küsimustes ning hästi tundma ohutustehnika nõudeid ja neist täpselt kinni pidama.

Bioküttel töötavate lavadega võrreldes on elektrienergiat kasutatavatel lavadel kõik samad eelised mis auru- või vesiküttega lavadelgi. Seejuures on seadmed märksa odavamad ja amortisatsioonikulud väiksemad kui teiste küttesüsteemide kasutamisel. Ekspluatatsioonikulud olenevad elektrienergia hinnast. Elektriküttega lavades on hõlpsam reguleerida soojusrežiimi, eriti veel siis, kui see toimub automatiseeritult. Tähtis on vaid see, et oleks tagatud voolu katkestamatu saamine, sest vastasel korral võivad kultuurid lavades sattuda külmumisohtu.

Elektrienergia kulutus vene lavaaknale on kütteperioodil 50—70 kWh (19).

Tabel 47

Ekspluatatsioonikulud ühe lavaakna kohta kütteperioodil

Kululiik	Bioloogiline küte	Elektriküte
Tööjõud (normipäev 10 rubla)	11.65	1.60
Veokulud (hobusepäev 24.50)	4.90	0.98
Elektrienergia (kWh 21.4 kop.)	—	14.98
Elektriseadmete amortisatsioon (10%)	—	2.48
Kokku	16.55	20.04

Kui elektrienergiat saadakse madalama hinnaga, võib elektriküte osutuda odavamaks bioloogilisest küttest.

Erinevate küttesüsteemide maksumus

Eelnevas nägime, millised paremused on tehnilise küttega lavadel, võrreldes bioloogilise soojendusega lavadega. Siin peatume lühidalt küsimuse majanduslikul küljel.

Kõigepealt olgu märgitud, et tehnilise küttega lavad nõuavad märksa vähem tööjõudu, kui seda vajavad bioloogilise küttega lavad.

I. I. Kitajevi andmeil jäävad auruküttega lavades ära tabelis 48 loetletud tööd (24).

Üldine tööjõukulu 500 aknaga lavas on keskmiselt 650 normipäeva. Seega moodustab kokkuhoid tehnilise küttega lavades 34%. Meie kohalikes oludes on sel väga suur tähtsus, sest enamikus kolhoosides valitseb tööjõupuudus. Kui arvestada kulusid

Tabel 48

Bioloogilise küttega lavades tehtavate tööde loetelu, mis jäävad tegemata tehnilise küttega lavades

Töö nimetus	Töö maht	Töö norm	Tasu normi täitmise eest	Normipäevade arv
Süvendi külmunud põhja lahtiraiumine	500 akent	40 akent	1,0	12,5
Süvendi puhastamine enne täitmist	500 akent	100 akent	1,0	5
Külmunud lavamulla lahtiraiumine	125 m^3	6 m^3	1,5	31,2
Bioloogilise kütuse segamine	500 akent	20 akent	1,5	37,5
Lavade täitmine bioloogilise kütusega	500 akent	16 akent	1,5	47
Lavade täitmine lavamullaga ja selle tasandamine	500 akent	30 akent	1,5	25
Bioloogilise kütuse segamine enne teist kultuuri	500 akent	30 akent	1,5	25
Lavade tühjendamine	500 akent	20 akent	1,5	37,5
	Kokku	—	—	220,7

bioloogilise kütuse veoks, siis suureneb normipäevade kokkuhoid veel enam.

Edasi toome IV peatükis «Küte» tehtud analüüsi põhjal mõningaid võrdlevaid andmeid tehnilise küttega lavade kohta.

Nagu nägime, on auruküttе amortisatsiooni- ja ekspluatatsioonikulud lava ühe ruutmeetri kohta 21 rubla 33 kop. Lavade soojendamine toimub seejuures metallist küttetorudega. Keraamiliste või asbotsemendist küttetorude kasutamisel vähenevad amortisatsioonikulud tunduvalt, sest nende torude hind on märksa odavam ja iga metalltorude omast pikem.

Vesiküttе amortisatsiooni- ja ekspluatatsioonikulud lava ühe ruutmeetri kohta on 22 rubla 22 kop.

Elektriküte elektroodidega läheb ühe ruutmeetri kohta maksma 25 rubla 82 kop., kaabli abil — 22 rubla 74 kop.

Toodud andmed näitavad, et mitmesugused küttesüsteemid erinevad maksumuselt võrdlemisi vähe. Seejuures on elektrienergia hinnaks võetud 21,4 kop. kWh. Kui aga elektrivoolu saadakse odavama tariifiga, muutub olukord elektriküttе kasuks, eriti veel siis, kui arvestada selle küttesüsteemi muid eeliseid. Et aga odavat elektrienergiat pole kaugeltki kõikjal saadaval, tuleb tavaliselt valida auru- või vesiküttе vahel, arvestades igal üksikul juhul kohalikke tingimusi ja võimalusi, kusjuures eespooltoodud kaalutlustel võib vahel auruküte osutuda kasulikumaks, eriti veel siis, kui pole vaja kondensaati katlamajasse või tööstusse tagasi saata ja kui suudetakse hästi lahendada lavade ning lavakvartalite ühtlase soojendamise küsimus või

korraldatakse lavade ekspluatatsiooni nii, et soojanõudlikud kultuurid paigutatakse soojusallikale lähemal asuvatesse lavadesse, külmakindlamad aga kaugematesse kvartaliosadesse.

Eespool toodud ekspluatatsioonikulud kehtivad oma katlamajaga köetavate lavade kohta. Tööstuste soojusjääkide kasutamisel on nad märksa madalamad ja küttesüsteemi valiku otsustab see, millisel kujul soojusjääke saadakse.

Lavade osatähtsus kolhoosi köögiviljamajandis

Köögivilja kasvatavates Nõukogude Eesti kolhoosides on köögivilja all tavaliselt 10—12 ha avamaad. Vastavalt sellele vajaks niisugune kolhoos istikute kasvatamiseks ja varajase köögivilja kasvatamiseks 200—300 m² köetavaid kasvuhooneid ning 2400—3000 m² lavasid. Osa lavadest võiks asendada kerge konstruktsiooniga odavate külmkasvuhoonetega, kuid tingimusel, et neis oleks sisse seatud mulla soojendamine.

Eelnevat arvestades võiks kolhoosi katmikmajandi rajamisel aluseks võtta projekt, milles on 20 ha avamaa kohta ette nähtud umbes 300 m² köetavaid kasvuhooneid ja 3000 m² lavasid. Need tegelikkuses kontrollitud arvud näitavad veel kord, milline osatähtsus on lavadel köögiviljanduses.

Võimsama köögiviljamajandi jaoks võiks küsimusse tulla «Giproselhozi» projekt nr. 1007-A või «Eesti Põllumajandusprojekti» projekt nr. 6, mille järgi kasvuhooneid ehitatakse 664—997 m² ja lavasid umbes 10 000 m².

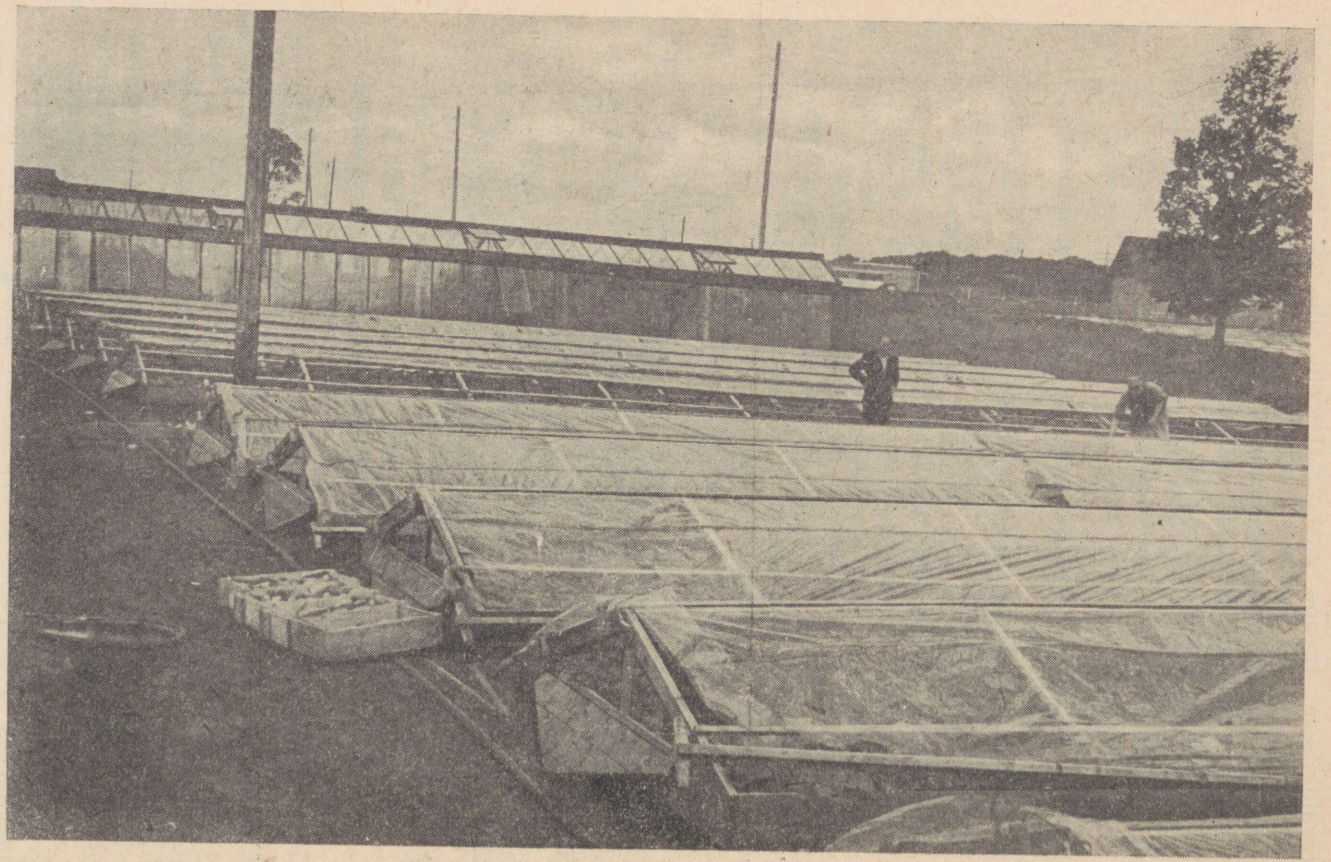
Esitatud on keskmised andmed. Kasvuhoonete lavade pind sõltub muidugi sellest, kui palju kasvatatakse avamaal selliseid kultuure, mille istikud kasvatatakse ette. Selle tõttu tuleb kasvuhoone tüübi valikuks ning kasvuhoone ja lavade pinna määramiseks teostada kontrollarvutusi.

Plastiliste linikute kasutamine köögivilja kasvatamisel

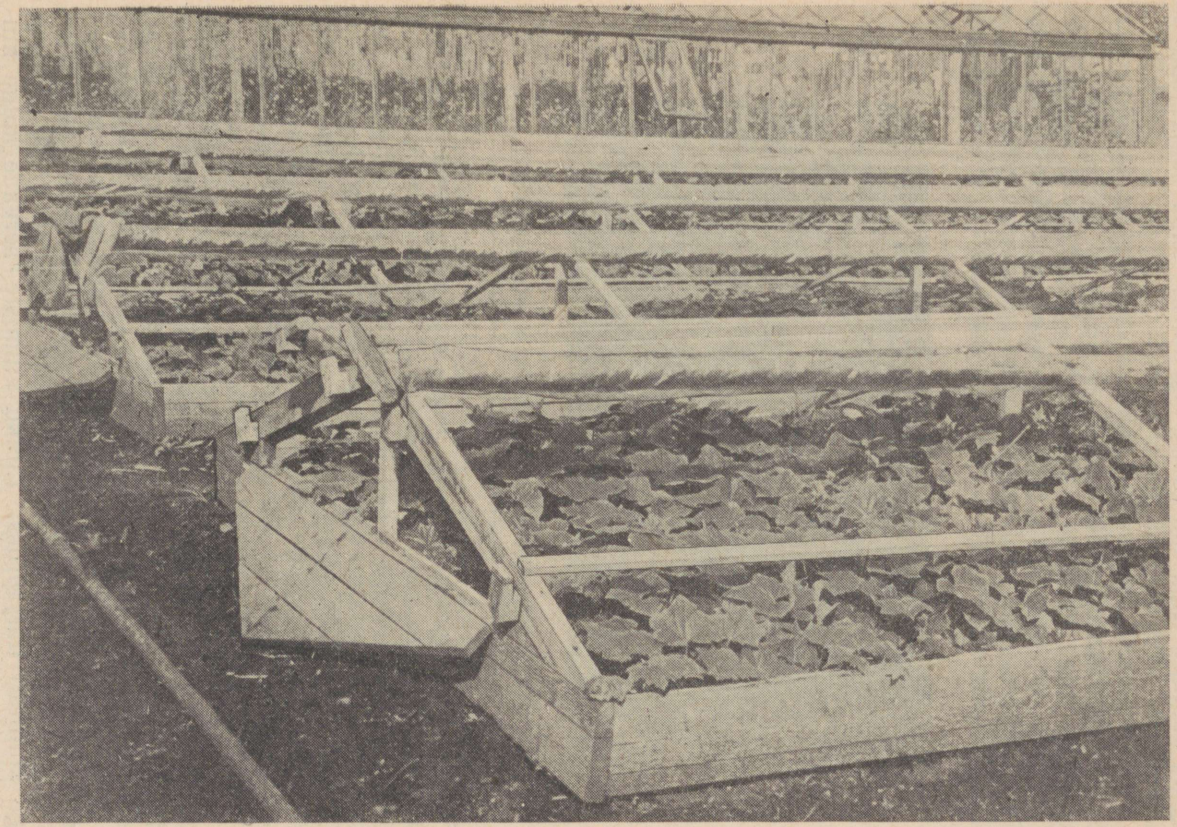
Viimastel aastatel on Nõukogude Liidus edukalt katsetatud polüamiidkile — perfooli — kasutamist lavade katmiseks.

Perfooli kasutamise alal on Eesti NSV-s kogemusi Tallinna Sööklate, Restoranide ja Kohvikute Trustil, kes 1957. a. Tallinnas Kadaka teel asuvas köögiviljamajandis kattis sellega 500 m² tomati- ja 500 m² kurgilavasid.

Perfool sarnaneb välimuselt tsellofaaniga. Teda turustatakse 200—300 m pikkuste ja 1,2—1,3 m laiuste kangastena. Perfooli paksus on 0,05—0,1 mm. 1 m² perfooli kaalub ligikaudu 100 grammi. Perfoolikangas on väga tugev. Ta tõmbetugevus on pikisuunas 1300 kg/cm² ja ristsuunas 350 kg/cm². Perfool ei ime vett sisse ega mädane. Ta säilitab oma elastsuse kuni —55°-se



Joonis. 165. Perfoolkattega kahepoolsed lavad Tallinnas Kadaka teel asuvas köögiviljamajandis.

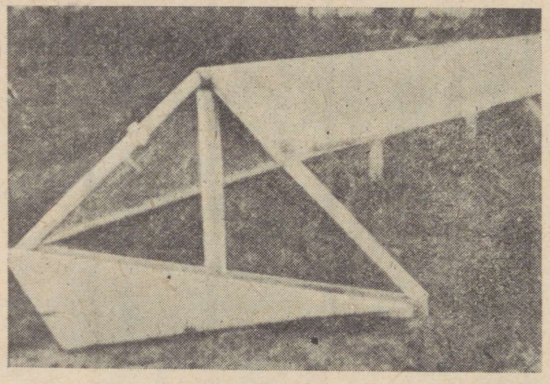


Joonis 166. Perfoolkate ülesrullituna.

temperatuurini. Perfool laseb läbi ultraviolettkiiri, mis klaasiga võrreldes on tema oluliseks paremuseks. Üldse laseb perfool valgust paremini läbi kui klaas, kusjuures tema soojusjuhtivus on 30 korda väiksem kui klaasil.

Perfool paisub külmas ja tõmbub soojas kokku — pikisuunas 11% ja ristsuunas 7—8%.

Perfooli saab stabiliseerida, hoides teda 1,5—2 tundi 60—70° soojas vees või õhus. Seejuures kaob perfoolliniku omadus paisuda pikisuunas, kuid ristsuunaline paisumine jääb püsima. Kolhoosioludes on perfooli stabiliseeritud Läti NSV-s söötade



Joonis 167. Perfoolkatte kasutamise viis Läti NSV Ogre rajooni kolhoosis «Lāčplēsis».

aurutamise kastides. Perfool peab stabiliseerimisel asetsema nõus vabalt, kusjuures tuleb hoidüda liniku järsust murdmisest.

Perfooli kasutamise juhendis soovitatakse perfooliga katmiseks ehitada 2 m laiused ja 20 m pikkused kahepoolsed lavad. Et linikule ei tekiks vihmaveeloike, tõstetakse lava harja kõrgust, võrreldes akendega kaetavate lavadega. Harjalatt asetatakse lava välisseintest 45—50 cm võrra kõrgemale. Sarikad asetatakse iga paari meetri tagant.

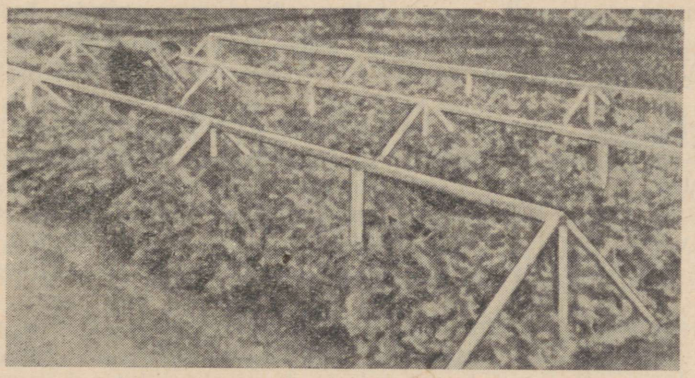
Lava kaetakse kahe perfoolikangaga, mille ühed servad naelutatakse harjalati külge ja kaetakse liistuga. Alumiste äärte külge kinnitatakse umbes 6 cm läbimõõduga latt, mis on lavast ca 50 cm pikem. Lava avamisel rullitakse perfool läti ümber.

Läti NSV Ogre rajooni kolhoosis «Lāčplēsis» kasutati 1957. aastal 1,5 m laiusi ja 12 m pikkusi peenraid, mille keskele iga 4 m tagant löödi 60 cm üle maapinna ulatuvad vaiad. Vaiade külge kinnitati harjapruss. Liniku alumiste servade külge kinnitati kuuekandilised latid. Sarikad asetsesid vaiade kohal.

Käesoleval ajal toodetav perfool peab vastu ühe, harvemini kaks suve, kuid odava hinna tõttu ei ole perfooli kasutamine hollandi akende kasutamisest kallim.

Agronoom R. Leetoja andmetel maksis perfooliga kaetud lavapinna üks ruutmeeter 1957 a. suvel Tallinnas Kadaka tee köögiviljamajandis koos kõigi kuludega, sõltuvalt perfooli paksusest, 3,5—4 rbl., mis tema arvestuse kohaselt vastab hollandi lavaakna amortisatsiooni maksumusele, kui selle akna hinnaks võtta 20—30 rbl. ja keskmiseks eaks 5—7 aastat.

Perfooliga kaetud lavade käsitsemine on hõlpus. Agronoom R. Leetoja andmetel nõuab perfoollavade avamine 6 korda ja katmine 12 korda vähem aega kui hollandi akende puhul (10). Lava on avatav kogu ulatuses, mille tõttu kastmine ja hooldamine on hõlpsamad. Üldine töökulu on perfoollavade kasutamisel umbes 30% väiksem kui akendega lavade puhul.



Joonis 168. Perfoolkatte toestamise raamistik.

Perfoollavades on temperatuur 6—9° võrra kõrgem kui akendega lavades. See soodustab kurkide kasvu, sest perfoollavades on ka õhuniiskus suurem. Tuleb silmas pidada seda, et tomatitaimedel liigse niiskuse tõttu ei tekiks haigusi.

Plastilistest linikutest kasutatakse Ameerika Ühendriikides polüetüleen- ja kloorvinüüllinikuid (44). Et neid linikuid valmistatakse keemiliselt orgaanilistest ühenditest, lagunevad nad valguse ja oksüdeerumise mõjul. Vinüülliniku omadusi saab muuta, muutes plastifikaatorit ja tema kogust. Polüetüleenlinikute omadusi on raskem muuta, sest vaikudele lisatakse teisi aineid vaid väheses koguses.

Õige koostise korral peavad linikud ilmastiku mõjudele vastu mitu aastat.

Ameerika Ühendriikides kaetakse plastiliste linikutega isegi niisutuskanalite ja tiikide põhi, et vältida filtratsioonikadusid, kusjuures kasutatakse 1,5—2 mm paksusi linikuid. Kanalite kindlustamisel peab linik vastu ühe aasta. Odava hinna ja pinnase suure filtratsiooni puhul tasub linik end ära.

Mainitud linikud sobivad hästi altniisutamisega lavatite ja veereservuaaride isoleerimiseks. Puitlavat kaetakse linikuga ja servad keeratakse üles. Niisutatava lavati pikkus on tavaliselt 10—12 m, kuid on ehitatud ka 15—18 m pikkusi lavateid. Linik kaetakse 5 cm paksuse kruusakihiga, terade läbimõõduga mitte alla 2 mm. Vesi juhitakse läbi ujukventiili täitepaaki. Vee ühtlaseks jaotamiseks võib näiteks kasutada piki lavatit kruusa sisse asetatavat klaastoru, mille alumisse külge on iga 40—50 cm järel puuritud 2—3 mm läbimõõduga augud. Täitepaagi veepind hoitakse soovitava niisutusveepinna kõrgusel. Kui veepind langeb, avaneb ventiil ja torustikust voolab vesi täitepaaki. Kogemuste kohaselt soovitatakse niisutusvee pinda hoida 1—2 cm allpool kruusakihi pealispinda. Kruus kaetakse lavamullakihiga. Sama moodust võib kasutada ka maapinna-kasvuhoonetes.

Linikud on tarvitusel ka multšina (mullapinna kattena). Selleks kasutatakse peamiselt 1,5 mm paksusi polüetüleenlinikuid. Käesoleval ajal katsetatakse läbipaistvaid, musti, valgeid ja alumiiniumvärviga töödeldud linikuid, et selgitada nende suhtelist efektiivsust. Esialgsed tulemused näitavad, et optimaalne värvus sõltub istutamisajast ja võib-olla ka asukoha geograafilisest laiusest.

Kasvuhoonete katmiseks kasutatakse enamasti 2 mm paksusi polüetüleenlinikuid, kusjuures mõnikord asetatakse linik kahes kihis. Viimasel juhul kasutatakse alumiseks kihiks 1,5 mm paksust linikut. Linikuid tuleb igal aastal uuendada. Kahekordsete linikute kasutamine osutub ökonoomsemaks, sest linikutevaheline õhukiht on heaks isolatsiooniks, mille tulemusena kasvuhoone soojuskaod vähenevad 50% ja enam. Küttekulude kokkuhoid on küllaldane linikute iga-aastaseks uuendamiseks. Linikud kinnitatakse sarikatele lattide ja naelte abil.

Mõnel pool Ameerikas tõmmatakse kasvuhoonete sarikatele traatvõrk ja kaetakse linikuga. Kui kasvuhoone kaetakse kahe linikukihiga, siis asetatakse ka teise linikukihi alla võrk. Selline ehitusviis võimaldab sarikaid asetada suuremate vahedega ja suurendada kasvuhoone valgustust.

Meil võiks katsetada klaaskatusega kasvuhoonete katmist linikutega varakevadel. Ilmade soojenedes võib liniku ümber paigutada lavatitele.

Linikutega kaetavates kasvuhoonetes tuleb tugevdada ventilatsiooni, sest kogemuste kohaselt on neis õhu infiltratsioon palju väiksem kui klaasiga kaetud kasvuhoonetes.

IX. SOOJENDATAV AVAMAA

Nagu eespool nägime, läheb varajase köögivilja kasvatamine kasvuhoonetes ja lavades küllaltki kalliks maksma. Peale selle ei jõua kasvuhoone- ja lavamajandid teda anda nõutaval hulgal. See sundis köögiviljakasvatajaid otsima teid toodangu suurendamiseks ja omahinna alandamiseks. Selle üheks võimaluseks on soojendatava avamaa kasutuselevõtmine. Eesti NSV tingimustes võiks sellel olla küllalt tähtis koht ja avamaalt võiks saada rohkem varajast köögivilja. Meie vabariigis pole selline köögivilja kasvatamise viis täiesti tuttav, rääkimata tema kasutamisest. Avamaa soojendamise võtteid on aednikud kasutanud juba ammu ja mõningaid neist kasutatakse praegugi. Näiteks tunti juba ammu viise, kuidas kurkide kasvatamisel avamaal soojendada nende juuri ja kaitsta lehti öökülmade eest. Selleks näiteks tehti taimede kõrvale augud, kuhu valati kuuma vett, ja kaeti peenrad soojuskadude vältimiseks öösel mattide või riietega. Niiviisi saadigi primitiivne soojendatav avamaa ja tulemusena varajasem saak.

Leningradis kasutati 1940.—1941. aastal küllalt suurel maa-alal paremaks mulla soojendamiseks päikesekiirgusega, päeva jooksul akumuleeritud soojuse säilitamiseks ja soojuskadude vähendamiseks öösel järgmist võtet. Enne kurkide ja tomatite väljaistutamist kaeti maa-ala naftajäätmetes immutatud paberiga, mis muutis ta niiskuskindlaks ja mustaks. Niiviisi ettevalmistatud paber (multš) laotati mullapinnale ja temasse tehti avad istikute jaoks. Tulemused olid head. Päeval neelas tumedavärviline paber hästi soojust, mis kandus edasi mulda, osalt kulus aga maapinnalähedaste õhukihtide soojendamiseks. Paber vähendas niiskuse aurumist ja öösel pidurdas päeval soojenenud mulla jahenemist. Peale selle takistas paber umbrohu kasvamist taimede vahel. Sellised köögiviljapeenrad ei kannatanud nii tunduvalt öökülmade all ja andsid varajast saaki.

Vaatamata leningradlaste algatuse headele tulemustele avamaa soojendamisel jääb mainitud viis siiski nii öelda ainult hädaabinõuks, millega saab esijoones vähendada öökülmade ohtu. Suuremas ulatuses varajase köögivilja saamiseks sellest siiski ei piisa, sest päikesepaistelised ilmad vahelduvad pilvis-

tega, millal mapind ja õhk ka päeval jahenevad. Siit järeldub mulla täiendava soojendamise vajalikkus, seda enam, et varakevadel ei jätku päikeselt saadavast soojusest taimede õise jahenemise vältimiseks.

Palju katseid avamaa soojendamise alal on korraldanud Moskva Timirjazevi-nimelise Põllumajanduse Akadeemia köögiviljanduse katsejaam. Nende katsete tulemused näitavad, et mulla täiendav soojendamine aitab ühtlasi tõsta ka madalamate õhukihtide temperatuuri, soodustades sellega taimede kiiremat arenemist.

Soojendatava avamaa laiaulatuslikuma kasutuselevõtmise poolt räägib veel vajadus tunduvalt suurendada varajase köögivilja tootmist, milleks on vaja anda rohkem istikuid avamaa jaoks. Prof. V. I. Edelšteini (50) järgi näiteks on üheks põhjuseks, mis pidurdab tomati kasvatamist keskvööndis, klaasialuse pinna vähesus istikute kasvatamiseks. See on eriti tähtis meie vabariigis, kus kogu avamaa vajab ettekasvatatud tomatiistikuid.

Peale tegelike köögiviljakasvatajate kogemuste on Moskva Timirjazevi-nimelise Põllumajanduse Akadeemia köögiviljanduse katsejaama töödega tõestatud võimalus kasvatada soojendataval avamaal istikuid, samuti ka varajasi rohelisi kultuure (salatit, spinatit, sibulapealseid, redist).

Avamaa soojendamise viise

Soojendatava avamaa jaoks valitakse lõunapoolse kaldega maa-ala, peamiselt hoonete või elustara varjus. Lõunapoolse kaldega ja lõuna poole avatud ning teistest ilmakaartest kaitstud maa-ala saab päikeselt enam soojust ja vabaneb varem lumikattest, mille tagajärjel pinnas on märksa soojem kui teiste ilmakaarte suunas olevatel kallakutel.

Orud ja sügavamad lohud soojendatavale avamaale ei sobi, sest öökülmade puhul vajub külmem ja raskem õhk madalamatesse kohtadesse.

Mida tugevam on tuul, seda enam kandub ära soojust ja seda kiiremini jahtub pinnas, mis on eriti tunduv külmade tuulte puhul. Seepärast on soojendatava avamaa korraldamisel erilise tähtsusega tuulekaitse. Kui valitud maa-alal tuulekaitse puudub, siis rajatakse see sel teel, et istutatakse puudest-põõsastest elustara või ehitatakse laudadest plank.

Köögiviljataimede arenemise ja kasvu kiirendamiseks on vaja soojendada avamaa mulda ja maapinnalähedast õhku eriti varakevadel, kui päikesekiirgus pole veel küllaldane. Selleks kasutatakse bioloogilist või tehnilist kütet.

Bioloogilise kütuse jaoks kaevatakse madalad, 20—25 cm sügavused tasase põhjaga 50 cm laiused kraavid, mille pikkus sõltub soojendatava avamaa mõõtmetest. Kraavid

täidetakse 25—30 cm paksuselt soojendatud sõnnikuga ja visatakse peale 15—18 cm paksune kiht mulda. Niiviisi saadud peenardele antakse päikesekiirguse paremaks ärakasutamiseks lõunapoolne kalle. Peenarde äärde asetatakse lauad või peenardele pannakse ristpuud, millele vajaduse korral saab paigutada matte taimede kaitseks öökülmade eest.

Peenrad tehakse samuti kvartalitena nagu lavadki, jättes nende vahele käigud ja laiemad vahemaad sõnniku jaoks ning sõiduteedeks. Tööde hõlbustamiseks on soovitav, et soojendatav avamaa asuks lavade ja kasvuhoonete läheduses.

Moskva oblastis rajatakse selline bioloogilise soojendusega avamaa külmakindlate kultuuride jaoks aprilli esimesel poolel, soojalembestele taimedele aprilli lõpus. Üldiselt saab köögiviljakultuuride külvi või istutamist soojendatavale avamaale alustada 20—30 päeva võrra varem kui tavalisele pinnasele, eeldusel, et öökülmade puhul kaetakse taimed mattidega.

Erilist tähelepanu vääriks bioloogilise soojendusega avamaa linnalähedastes rajoonides, kus on biokütuseks küllaldaselt saadaval majapidamisjäätmeid, pühkmeid jms. Siin annaks soojendatav avamaa kombinatsioonis kasvuhoonete ja lavadega, kust saadakse ettekasvatatud istikuid, suurel hulgal varajast köögivilja kättesaadava hinnaga, võimaldades ühtlasi kõdusõnniku saamist ja köögivilja kasvatamiseks määratud maa-alade laiendamist.

Tehnilise küttena kasutatakse mulla soojendamiseks kuuma vett või auru, mida magistraaltorude kaudu juhitakse maasse kaevatud küttetorudesse. Viimastena kasutatakse peale metall- ja asbotsementtorude veel keraamilisi drenaažitorusid ja betoontorusid.

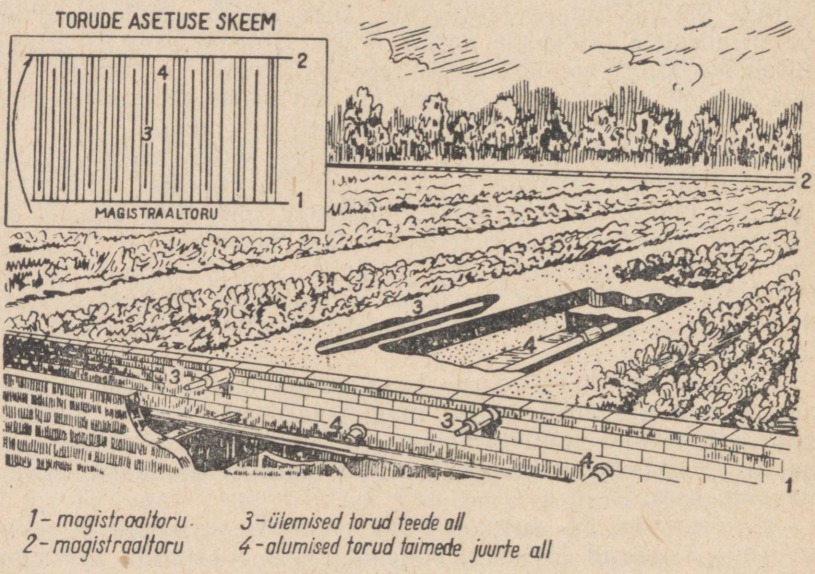
Nii vesi- kui ka auruküttel on samad head küljed ja puudused, mis esinevad lavadegi soojendamisel. Vesikütte kasutamist raskendab see, et õhukottide vältimiseks ja torude tühjendamise hõlbustamiseks talveperioodiks tuleb kõik torud asetada kaldu, mida laiematel maa-aladel pole kaugeltki nii hõlpus teostada. Peale selle läheb vesikütte korral torustik märksa kallimaks kui aurukütte puhul. Küttesüsteemi valikul ei tohiks need kaalutlused siiski olla otsustavaks teguriks, vaid eeskätt tuleb arvestada tegelikke võimalusi.

Et soojendatava avamaa ekspluatatsiooni alustatakse siis, kui kasvuhoonete ja lavade kütmiseks ei kasutata enam ära katlamaja ja teiste seadmete kogu võimsust, tarvitatakse soojendatava avamaa kütmiseks nende soojusekandjat. Kui aga soojendataval avamaal kasutatakse tööstuse soojusjääke, otsustab küttesüsteemi see, millist soojusekandjat on võimalik saada.

Valiku võimalusel eelistatakse praktilistel kaalutlustel siiski aurukütet, kusjuures kvartalite ebaühtlasest soojendusest leitakse väljapääs sel teel, et soojalembesed kultuurid paigutatakse soojusallikale lähemale, külmakindlad aga kaugemale.

Eelnevat arvestades peatumegi auruküttel, sest torude paigutus on mõlema küttesüsteemi puhul üldjoontes sarnane.

Kvartalite mõõtmed on tavaliselt 60 · 40 m. Magistraal- ja küttetorud paigutatakse selleks kaevatud kraavidesse, kusjuures küttetorud asetatakse 50 cm sügavusse, 1,5 m kaugusele üksteisest. Sügavamale paigutatud ja lühemate vahemaadega küttetorude puhul on mulla temperatuur ühtlasem, kuid küttekulud suuremad. Torude kohal on temperatuur kõrgem, vahemaades madalam. Seoses auru temperatuuri langemisega piki torusid muutub ka soojusallikast kaugemal olev maa-ala jahedamaks.



1 - magistraaltoru *3 - ülemised torud teede all*
2 - magistraaltoru *4 - alumised torud taimede juurte all*

Joonis 169. Küttetorude asetus soojendataval avamaal.

Küttetorude alumistel külgedel on peenikesed avad, mille kaudu aur ja selle kondensaat tungivad pinnasesse, soojendades ja niisutades seda.

Soojenenud muld tõstab ka õhu temperatuuri, kuid jahedate ilmade puhul siiski mitte piisavalt soojalembeste kultuuride jaoks. Seepärast paigutatakse neile määratud maa-alale peenarde vahedesse 5—10 cm sügavusse täiendavad küttetorud. Asetsedes maapinna lähedal, soojendavad need seda tugevasti. Pinnase soojus kandub edasi madalamatele õhukihtidele, luues taimedele soodsa miljöö. Vahekäikude küttetorud asetatakse üksteisest 1,5 m kaugusele.

Kui avamaa soojendamine toimub kombinatsioonis kasvuhoonete ja lavade kütmisega, siis alustatakse tema ekspluatatsiooni alles siis, kui viimaste vajadus soojuse järele kevadel

väheneb. Niiviisi saavutatakse keskkatlamaja võimsuse täielik ärakasutamine.

Kiirgumise teel tekkivate soojuskadude vähendamiseks ja osaliseks kompenseerimiseks luuakse taimede kohal pihustamise teel sooja vee uduna niiske õhu kate. Torud vee pihustamiseks asetatakse 50 cm kõrgusele maapinnast. Vee pihustamine toimub torudes olevate peenikeste avade kaudu või pihustite abil, mis asetsevad torudel 2-meetriste vahedega. Peale taimede kaitsmise külmadel aegadel saab sellist torustikku kasutada ka nende kastmiseks vihmutamise teel.

Seda süsteemi kasutatakse Moskva Naftautmistehase katmikala-kombinaadis. Seal on soojendatava avamaana kasutusel kasvuhoonetevaheline maa-ala, kus tehakse varajasi külve. Taimede kaitseks liigse jahenemise eest külmade ilmadega ja kaitseks öökülmade vastu on piki kasvuhoonete seinu paigutatud kahetollise läbimõõduga torud, milles on väga peenikesed avad. Kui katlamajast neisse torudesse auru juhtida, tungib see läbi avade välisõhku, tekitades kultuuride kohal püsiva aurupilve. Auru antakse torudesse vajadust mööda ja tema kulu on minimaalne.

Tehnilise küttega soojendatava avamaa maksumus

Tähtis on selgusele jõuda, kui palju läheb maksma tehnilise soojendusega avamaa rajamine ja ekspluatatsioon. Seda aitavad selgitada prof. J. D. Korolkovilt võetud võrdlusandmed ehitus- ja amortisatsioonikulude kohta ning Timirjazevi-nimelise Põllumajanduse Akadeemia kalkulatsioonid kõigi kulude kohta.

Tabel 49

Soojendatava avamaa ehitus- ja amortisatsioonikulud
(prof. J. D. Korolkovi järgi)

Nimetus	Kulud ühe ruutmeetri kohta rublades	
	Ehitus	Amortisatsioon (aastas)
Kasvuhooned	300.—	15.—
Lavad	180.—	5.—
Asbotsementtorudega avamaa	20.—	1.—
Muttdrenaažiga avamaa	2.—	0.10

Seega on soojendatava avamaa ehituskulud 15 korda odavamad kui kulud kasvuhoone ehitamiseks ja 9 korda odavamad lavade ehituskuludest.

Moskva Timirjazevi-nimelise Põllumajanduse Akadeemia soojendatava avamaa kalkulatsioonid, mis käivad nii ehitus- kui ka ekspluatatsioonikulude kohta, on arvestatud samuti ühele

ruutmeetrile. Keskmiste kokkuvõtete järgi läheb soojendataval avamaal maksma: ehitus — 18—20 rubla, amortisatsioon (10 aastaks) — 1,80 rubla, küte (100 000 kilokalorit, 36 rubla megakalor) — 3,60 rubla, tööjõukulu — 2 rubla. Seega võiks soojendatava avamaa aastast kulu ühe ruutmeetri kohta arvestada ümmarguselt 8 rubla.

Köögivilja kasvatamine soojendataval avamaal

Tehnilise küttega soojendatava avamaa kasutamisele asutakse tavaliselt siis, kui kasvuhooned ja lavad vajavad kevadel vähem kütet.

Külmakindlad kultuurid — spinat, salat, redis — külvatakse soojendatavale avamaale aprilli algul. Samal ajal istutatakse välja sibul rohelise saamiseks ja külvatakse sibulaseemet istikute saamiseks. Lillkapsa- ja peakapsaistikud istutatakse 5. ja 10. aprilli vahel. Tomatiseemneid istikute saamiseks külvatakse 5.—15. aprillini, olenevalt ilmadest. Tomat areneb soojendataval avamaal pisut aeglasemalt kui lavas, kuid istikud ei veni nii välja, nad on madalamad ja tugevamad ning nende õiepungad arenevad samaaegselt lavataimede omadega. Lavades ettekasvatatud tomatiistikud istutatakse soojendatavale avamaale mai algul. Enne nende väljaistutamist karastatakse istikuid lavades paari nädala vältel, tavaliselt aprilli keskelt kuni mai alguseni, olenevalt muidugi ilmastikust. Esimesi valminud tomativilju saadakse 20. juuni paiku.

Toodud kuupäevad on keskmised. Tegelikkuses tuleb arvestada kevadisi ilmu, millest tingitult muutuvad ka külvamise ja istutamise tähtajad. Seda näitavad ka tabelis 50 toodud Moskva Timirjazevi-nimelise Põllumajanduse Akadeemia köögiviljanduse katsejaama andmed.

Soojendataval avamaal kasvavad muidugi kõige paremini külmakindlad köögiviljakultuurid. Tabelis 51 on toodud eespool nimetatud katsejaama võrdlevaid kokkuvõtteid.

Tabeli andmed kõnelevad ise enda eest. Kolm viimast kultuuri valmivad soojendataval avamaal küll hiljem kui lavas, aga see-eest on nende saak suurem.

Köögiviljakultuuride kaitse öökülmade vastu

Nii tavalisel kui ka soojendataval avamaal kasvatatavaid köögiviljakultuure võivad kahjustada kevadised öökülmad. Tähelepanekud ja katsed on näidanud, et külmakindlad kultuurid, nagu pea- ja lillkapsas, salat, spinat, redis, ei vaja soojendataval avamaal kaitset öökülmade vastu. Soojanõudlikke taimi — kurki ja tomatit — tuleb seevastu kaitseks öökülmade vastu tin-

Tabel 50

Köögiviljakultuuride külvamise, istutamise ja saagi koristamise tähtajad

Kultuuri nimetus	Tööde nimetus	Tähtajad		
		1947	1948	1949
Tomat	Seemnete külv kasvuhoones	29. III	15. II	15. II
	Istutamine soojendatavale avamaale	10. V	1. V	25. IV
	Saagi koristamise algus	20. VI	15. IV	1. VII
	Saagi koristamise lõpetamine	15. VIII	1. IX	20. VIII
	Punaste tomatite üldsaak ruutmeetrilt	4,5 kg	7,3 kg	6,2 kg
Tomati-istikud avamaa jaoks	Seemnete külv soojendatavale avamaale	—	25. IV	25. IV
	Pungadega istikute realiseerimine	—	1.—10. VI	1.—5. VI
	Saadud istikuid ruutmeetrilt	—	120	180
Lillkapsas	Seemnete külv kasvuhoones	—	—	22. II
	Istutamine soojendatavale avamaale	—	—	20. IV
	Saagi realiseerimise algus	—	—	15. V
	Saak ruutmeetrilt	—	—	3,4 kg
Redis	Külv soojendatavale avamaale	—	—	20. IV
	Saagi realiseerimine	—	—	15. V
	Saak ruutmeetrilt lillkapsa vahekultuurina	—	—	22 kimpu

Tabel 51

Külmakindlate köögiviljakultuuride saagid lavas ja soojendataval avamaal

Kultuuri nimetus	Katmikala tüüp	Saak 1 m²-lt	Koristamise	
			algus	lõpp
Lillkapsas	Lava	8 pead	30. V	20. VI
	Soojendatav avamaa	8 „	31. V	20. VI
Valge peakapsas	Lava	8 kg	16. VI	30. VI
	Soojendatav avamaa	8 „	20. VI	30. VI
Redis	Lava	20 kimpu	15. IV	20. IV
	Soojendatav avamaa	30 „	10. V	20. V
Salat	Lava	3 kg	20. IV	30. IV
	Soojendatav avamaa	5 „	15. V	30. V
Spinat	Lava	3 „	25. IV	10. V
	Soojendatav avamaa	4,4 kg	15. V	30. V

gimata katta ööseks mattide või muude külmatõrjevahenditega. Et soojalembesed taimed on ohustatud juba 1—2°-se temperatuuri puhul üle nulli, siis on väga tähtis valmis pidada vahendid öökülmade tõrjeks. Koduaedades, kus on tegemist väiksema arvu taimedega, võib pidada otstarbekaks üksikute taimede katmist paberist kuplitega. Läbipaistvast parafiinpaberist kupleid saab soojanõudlikele taimedele jätta kogu ööpäevaks. Ainult öösel kasutatavaid kupleid valmistatakse mistahes paberist. Et tuul katteid ümber ei paiskaks või ära ei viiks, kaetakse nende ääred mullaga. Viimasel ajal on kasutamist leidnud päikesekiiri hästi läbilaskvad vinüülplastist kaitsekuplid, mida võib taimedele jätta pikemaks ajaks. Kuni neid pole veel küllaldasel arvul saadaval, võib kattena kasutada savipotte või puust kaste. Külmal ajal tarvitatakse pikemaajaliste katetena klaasiga kaetavaid kaste või savist silindreid. Need vahendid võimaldavad taimede istutamist avamaale paari nädala võrra varem tavalisest.

Küllaldase tööjõu olemasolu korral saab selliseid võtteid rakendada ka suurematel maa-aladel. Siin tuleb siiski eelistada mattidega katmist, mida loomulikult võib teha ka koduaedades.

Moskva Timirjazevi-nimelise Põllumajanduse Akadeemia köögiviljanduse katsejaamas kasutatakse soojendataval avamaal soojalembeste taimede kaitseks plastilisi katteid, mida külmade ilmade puhul võib peenardele jätta ka päevaks, sest nad lasevad hästi valgust läbi.

Suitsukatte tegemine. Selleks veetakse kaitstavale maa-alale juba varakult kuiva sõnnikut, prügi või niisket hagu, mis laotakse ühtlaste vahemaade tagant hunnikutesse ja pannakse öökülma-ohu puhul põlema. Tekkiv suitsukate vähendab soojuse kiirgumist maapinnalt, kaitstes seega taimi liigse jahenemise eest. Ühe hektari kohta tehakse tavaliselt kuni 50 suitseva materjali hunnikut, igaüks kuni 200 kg raskusega.

Teatavas ulatuses aitab külmaohtu pidurdada ka õhtune taimede kastmine leige veega. Vihmutamise mõjust samal otstarbel oli juttu eespool.

Soojendatava avamaa rajamise ja kasutamise võimalustest Nõukogude Eestis

Eesti NSV-s puuduvad ulatuslikumad katsed köögivilja kasvatamise kohta soojendataval avamaal. Arvestades aga Moskva oblastis tehtud katsete tulemusi, võib öelda, et see köögivilja kasvatamise viis on rakendatav ka Eestis, sest tabelis 54 toodud andmeil ei erine keskmised temperatuurid kuigi suures ulatuses. Pealegi on Eestis juba ammu kasvatatud kapsa- ja kaalikaistikuid ööseks kaetavatel peenardel või külmlavades, kusjuures külve on tehtud aprilli algul, vahel isegi märtsi lõpul.

Bioloogilise soojendusega avamaa rajamine peaks olema

võrdlemisi hõlpus arenenud loomakasvatusega või linnalähedastes kolhoosides, sest esimestes jätkub selleks sõnnikut, teistes ei peaks aga linnapühkmete ja -jäätmete hankimine erilisi raskusi valmistama.

Tehnilise kütte saamine on võimalik neis kohtades, kus avamaa soojendamiseks saab kasutada tööstusettevõtete soojusjääke. Vajaduse korral tuleks mõnes säärases kohas isegi kaaluda vajaliku mulla juurdevedamise küsimust. Kasvuhoone- ja lavamajandiga kolhoosides on võimalik avamaa soojendamiseks kasutada kevadel vabanevaid katlamajade soojusjääke.

Lõpuks peatume veel ühel küsimusel, millel võiks olla tähtsust ka Nõukogude Eesti oludes. Nimelt korraldatakse Timirjazevi-nimelise Põllumajanduse Akadeemia köögiviljanduse katsejaamas pikema aja jooksul katseid, et selgitada asbotsementtorude asendamise võimalust muttdrenaažiga. Katsete tulemused näitavad, et muttdrenaaži on võimalik rakendada. Selle kasutuselevõtmine muudaks soojendatava avamaa rajamise palju lihtsamaks ja märksa odavamaks. Muttdrenaaži ehitamine on väga lihtne. Üleliidulisel põllumajandusnäitusel oli välja pandud kaks selleks otstarbeks määratud masinat. Üks neist, ДКР-2, haagitakse traktori ДТ-54 külge ja ta ajab tunnis 2 kilomeetrit 130—200 mm läbilõikega muttdreeni 20—120 cm sügavusel.

Pehmetel või turvasmuldadel soovitatakse muttdrenaaži ajamiseks veel lihtsama konstruktsiooniga seadist. Traktori külge haagitava metallist kelgu külge on kinnitatud tugev nuga, mille alumises otsas terastrossi küljes on kaks koonilist terassilindrit, esimene väiksema, teine suurema läbimõõduga. Kelgu liikudes traktori järel rajab esimene silinder mullasse toru, mille seinad temale järgnev jämedam silinder nii tihedalt kokku pressib, et tekib püsiv muttdreen.

Muttdrenaaži kasutamist avamaa soojendamiseks tuleks sobivatel pinnastel katsetada ka Eesti NSV-s. Olgu märgitud, et avamaa soojendamine muttdrenaažiga on reas NSV Liidu kolhoosides ja sovhoosides rakendamist leidnud.

X. TÖÖSTUSETTEVÕTETE SOOJUSJÄÄKIDE KASUTAMISEST KÖÖGIVILJA KASVATAMISEL

Katmikalade laiendamine varajase köögivilja kasvatamiseks nõuab väga suurel hulgal nii bioloogilist kütust kui ka tehniliseks kütteks puitu, turvast, põlevkivi ja kivisütt. Samal ajal läheb aga kasutult kaduma määratu hulk tööstusettevõtete soojusjääke, mida saaks edukalt kasutada katmikalade soojendamiseks. Tööstusettevõtete soojusjääkide ärakasutamine aitaks säästa väga palju kütteaineid ja minimaalsete kuludega kasvatada talveperioodil suurel hulgal odavat köögivilja. Ühtlasi võimaldaks see kasvatada palju rohkem istikuid avamaa jaoks, mille tagajärjel suureneks köögiviljasaak üldse, eriti varasematel tähtaegadel. Seepärast pidaski NLKP Keskkomitee 1953. a. septembripleenum vajalikuks juhtida tähelepanu tööstusettevõtete soojusjääkide ärakasutamisele lavade, kasvuhoonete ja soojendatava avamaa kütmiseks.

Tööstusettevõtete soojusjääkide kasutamise võimaluste ja kütteainete säästmise majandusliku tähtsuse kohta leidub erialases kirjanduses palju materjale. Seda küsimust käsitleti küllalt laiaulatuslikult ka 1954. a. juulis Minskis peetud teaduslik-tehnilisel nõupidamisel soojusenergeetiliste seadmete kohta maal ja põllumajanduse varustamise kohta soojusega. Selle nõupidamise töö keskendus peamiselt Moskva Timirjazevi-nimelise Põllumajanduse Akadeemia professori, põllumajandusteaduste doktori J. D. Korolkovi ettekande ümber tööstusettevõtete soojusjääkide kasutamisest köögivilja kasvatamisel. Seda ettekannet täiendas F. E. Dzeržinski nimelise Soojustehnilise Instituudi teadusliku töötaja insener V. I. Dubnitski kaasaruanne.

Oma ettekandes Minskis ja Moskva Kesklektooriumis peetud loenguil illustreeris prof. Korolkov paljude kujukate näidetega, kui palju kütust tarvitab meie tööstus ja millisel hulgal jääb kasutamata energiat tööstusettevõtete soojusjääkidena. Teatavasti kuulub meil juhtivate tööstusharude seas esikoht mustale metallurgiale, mis tarvitab peaaegu neljandiku kogu kaevandatavast kivisöest ja enamiku masuudist. Malmi sulatamisel on aga soojusjäägiks kuum vesi, mida saadakse kõrgahjude jahutamisel. Edasi näitas teadlane, et meie maa küttebilansis kuulub esikoht tööstusele, kus tarvitatakse peaaegu pool kogu rahvamajanduses kulu-

tatavaist kütteaineist ja ligikaudu kaks kolmandikku elektrienergiast. Kõik tööstusprotsessid on aga seotud väga suurte soojuskadudega. Suurel hulgal sisaldavad soojust kuum vesi, aur ja kuum õhk, mis tekivad mitmesuguste agregaatide jahutamisel. Põletatavate kütteainete soojusenergiast läheb 40—70% õhku kuumade gaasidena. Palju soojust läheb kaduma ka soojuselektrijaamades ning mitmesuguste auru jõul töötavate masinate ja seadmete heitauruna. Võib öelda, et enamik masinaid ja seadmeid kasutab ära vaid ühe kolmandiku kütteainete põletamisel saadud energiast, kaks kolmandikku läheb aga kasutult kaduma. Et meie tööstus tarvitab ära ligi poole kõigist toodetavaist kütteaineist, siis on selge, millised ammendamatud soojusenergia reservid seisavad meie tööstusettevõtete käsutuses. Prof. Korolkovi (31) arvutuste järgi saaks ainult metallitööstuse ja soojuselektrijaamade soojusjääkide arvel anda soojust enam kui 15 000 hektarile kasvuhoonetele, lavadele ja soojendatavale avamaale.

Seepärast on ka meie teadlaste, tööstustegelaste ja köögiviljakasvatajate tähtsaks ülesandeks soojusjääkide ratsionaalse ärakasutamise küsimuse õige lahendamine. Ja üheks võimaluseks on just soojusjääkide kasutamine varajase köögivilja kasvatamiseks. Järgnevalt tutvume mõningate katsetega soojusjääkide kasutamise alal.

Juba 1949. aastal hakati Sverdlovski oblasti mõnede tehaste juures kasvuhoonete, lavade ja soojendatava avamaa kütmiseks kasutama tehase soojusjääke. Selleks juhitakse tehases ärakasutatud kuum vesi (70—90°) hästi isoleeritud 100 mm läbimõõduga 1000 m pikkuse torujuhtme kaudu katmikala küttekeskusse, kust ta läheb edasi kasvuhoonete õhu soojendamiseks ülesseatud küttetorudesse. Pärast kasvuhoonete kütmist kasutatakse 40—70°-st vett lavade soojendamiseks. Veel madalama temperatuuriga vesi läheb kasvuhoonete, lavade ja avamaa mulla soojendamiseks. Kasvuhoonete õhu küttesüsteem koosneb metalltorudest. Mulla soojendamine toimub asbotsementtorudega (28).

Selliselt soojendatavates kasvuhoonetes valmivad kurgid märtsis, tomatid aprillis. Lavades valmivad kurgid aprillis ja tomatid mai keskpaiku. Nende kultuuridega üheaegselt kasvatatakse ka istikuid soojendatava ja tavalise avamaa jaoks, kus saagi kogumist alustatakse juunis ja juulis.

Katmikala kõigi liikide olemasolu ja elektriga lisavalgustamine võimaldavad värske köögivilja saamist kogu aasta vältel.

Siinkohal olgu siiski tähendatud, et alla 40°-se vee kasutamist ei saa pidada küllalt ratsionaalseks, sest sellise vee soojendusvõime on liiga väike, mis ei tasu küttesüsteemi ehitamise kulusid.

Teine näide. Moskva oblasti Uhtomski rajooni Kolmanda Viisaastaku nimelises kolhoosis alustati 1952. aastal naabruses asuva Naftautmistehase soojusjääkide kasutamist kasvuhoonetes ja lavades. Kolhoosnikute ja tehase kollektiivi ühisel jõul paigaldati 480 m pikkune toru auru juhtimiseks, mis läks maksma 85 000

rubla. Selle toru kaudu saab anda auru 4000 m² kasvuhoonete ja 1500 lavaakna aluse mulla soojendamiseks. Seega läks aurutoru ehitamine katmikala ühe ruutmeetri kohta maksma 13 rubla.

Toru kaudu läheb aur ühisesse kollektorisse, kust ta 115—125°-sel temperatuuril juhitakse kasvuhoonetesse, kus ta läbib esmalt õhu- ja siis mullasoojendustorustiku. Mulda soojendavates torudes kondenseerub aur veeks. 70—75°-st kondensaati kasutatakse talvel kasvuhoonete täiendavaks kütmiseks. Varakevadel, kui kasvuhoonetes kulub soojust keskmiselt 30—40% vähem, tarvitatakse kuuma vett lavade soojendamiseks. Et lavades vesi jaheneb vaid 40°-ni, kasutatakse teda veel avamaa soojendamiseks. Jahenenud vesi läheb tagasi tööstusse, kus teda vajatakse tehnilistes protsessides.

Mainitud kolhoosis lasti esimeses järjekorras käiku 1000 m² pindalaga kasvuhoone ja 2000 lavaaknaga lavad. Et kütmiseks kasutati soojusjääke, langes saagi omahind tunduvalt. 1953. aasta saagi realiseerimisest saadud tulu ületas kasvuhoone ehitamiseks kulutatud summa. See tõestab tööstuse soojusjääkide kasutamise ökonoomsust köögivilja kasvatamisel.

Kuidas nimetatud kolhoosis jõuti läheduses asuva tehase soojusjääkide kasutamise küsimuse õigele lahendamisele, selle kohta kirjutab kolhoosi esimees K. A. Petrikov:

«Meie kolhoos asub Moskva külje all ning peab varustama pealinna kartuli ja köögiviljaga. Kuni viimase ajani täitsime seda ülesannet halvasti. Eriti vähe tootsime köögivilja talvel ja kevadel. Peale selle läks ta kalliks, sest kasvuhoone kütteks tuli tarvitada puid või sütt. Samal ajal laskis meie naabruses asuv tehas osa äratarvitatud kuumast veest kanalisse. Otsustasime kasutada seda kasvuhoone kütmiseks ja pöördusime sellekohase ettepanekuga tehase juhatuse poole. Direktsioon tuli meile vastu, soovitades kasutada tehase heitauru, mille temperatuur on üle 120°. Tehtud arvutused näitasid, et juba ühe kasvuhoone ehitamisega, mida köetakse tehaselt saadava auruga, hoiab kolhoos kokku 300 000 rubla, sest langeb ära vajadus katlamaja ehitamiseks.

Uue, 1000 m² pindalaga kasvuhoone projekteerimisest ja ehitamisest võtsid osa mitte ainult kolhoosnikud, vaid ka tehase töölised ja insener-tehnilised töötajad.

Pärast ehituse lõpetamist ja kasvuhoone ekspluateerimisele võtmist jätkavad tehase töötajad meie abistamist ka praegu. Nad tutvustavad kolhoosnikuid soojendusseadmete kasutamisega, jälgivad nende seisundit ja hoolitsevad auru ühtlase andmise eest.»

Et kolhoosi katmikmajand töötas tulutoovalt, jätkati ühisel jõul selle laiendamist ning praegu on kolhoosil kasvuhooneid 10 000 m² ja lavaaknaid 5000.

Eespool öeldust nähtub, kuidas kolhoosnikute ja tehase töötajate koostööl saab otstarbekalt lahendada küsimust, kuidas soojusjääke kasutada katmikala soojendamiseks. Siinkohal peab märkima, millise tähelepanuga suhtub tehase direktsioon kolhoosi

algatusse. Nende ridade kirjutajal oli võimalus tehtud töödega kohapeal tutvuda ja leida tehase direktori M. U. Buzovkini vastutulelikkust, kes andis seletusi kõigis küsimustes. Kommunismiehitaja uhkusega seletas direktor:

«Võite tutvuda ka naabruses asuvas Dzeržinski-nimelises kolhoosis tehtavate töödega, kus meie soojusjääkide baasil rajatakse 10 000 m² kasvuhooneid ja 3000 lavaakna ulatuses lavasid. Peale selle alustatakse sovhoosis «Belaja Datša» suure katmikala ehitamist, millesse kuulub 60 000 m² kasvuhooneid ja 30 000 m² lavasid ning 20 000 m² soojendatavat avamaad. Kui sovhoos tahaks katmikala kütta oma katlamajaga, mis läheks maksma ümmarguselt 5 miljonit rubla, tuleks tal aastas põletada üle 25 000 tonni kivisütt või 50 000 tonni pruunsütt. Meie soojusjääke kasutades ei ületa küttekulud aastas 500 000 rubla, vähenedes seega ligi 10-kordselt. Peale selle jäävad ära katlamaja ehitamise kulud.»

Kõnelus toimus 1956. aastal. 1958. aastal oli sovhoosil juba 10 000 m² kasvuhooneid ja 5000 m² lavasid.

Vahemärkusena olgu tähendatud, et siin näidatud kasvuhoonete ja lavade pindalade suhe on mõeldav vaid tööstuse soojusjääkide kasutamisel, mis teeb küttekulud odavaks.

Kolmas näide. Umbes 700 m kaugusel Žitomiri soojuselektrijaamast on kolm kasvuhoonet, mida köetakse 3-tollise läbimõõduga toru kaudu jaamast antava kuuma veega. Selleks kasutatakse aurukatelde «paneelvett», mille keskmine temperatuur on 50°. See vesi soojendatakse boileris kuni 100°-ni ja juhitakse tsentrifugaalpumba abil kasvuhoonetesse. Jahtunud vesi läheb tagasi jaama, kust ta pärast uut soojendamist suundub jälle kasvuhoonetesse, tsirkuleerides niiviisi kinnises süsteemis.

Oma ettekannetes näitas prof. Korolkov veel, et katmikalade kütmiseks saab peale suurte tehaste soojusjääkide kasutada ka väikeste soojuselektrijaamade ja auru jõul töötavate masinate heitauru. Nii näiteks ehitati Kirovi oblasti kolhoosis «Krasnaja Talitsa» kasvuhoone, mida köetakse 75-hobujõulise aurukatla heitauruga. Valgevene Logei rajooni kolhoosis «Peremõga» töötava elektrijaama П-75 HJ lokomobiil annab sooja vett ja auru kolhoosi soojusmajandile ning kütab peale selle veel 300 m² pindalaga kasvuhoonet. Selliseid näiteid võiks tuua veel palju ja kõik nad tõestavad, et tööstusettevõtete ning väiksemate aurukatelde soojusjääke on võimalik köögiviljanduses ära kasutada.

Millist majanduslikku efekti annab tööstusettevõtete soojusjääkide kasutamine, näitavad järgmised tegelikkusele rajatud kalkulatsioonid. Kõigepealt langeb ära vajadus katlamaja ehitamiseks, mis 1000 m² kasvuhoone ja 3000 m² lavade jaoks läheks maksma 370 000 rubla. Kokkuhoid küttekulude ärajäämise tagajärjel oleks ümmarguselt 50 000 rubla aastas (45).

Siin pole vajadust peatuda katmikala küttesüsteemide juures soojusjääkide kasutamisel, sest põhiliselt ei erine nad oma katlamajaga köetavate kasvuhoonete, lavade ja soojendatava avamaa

küttesüsteemidest. Täiendavaid ümberkorraldusi või juurdeehitusi tehakse vaid seal, kus soojusekandja vajab lisasoojendust või kus vesi tuleb tagasi saata tööstusettevõttesse osavõtuks selle tehnilistest protsessidest.

Küll ei saa mööduda mõningaist märkustest, mis puutuvad kulude vähendamisse köögiviljamajandite rajamisel üldse. Teatavasti läheb kasvuhoonete ja lavade ehitamisel suur protsent kapitaalmahutustest kütteseadmeteks tarvitatava metalli peale. Seepärast püütakse võimaluse piirides vähendada metallikulutust. Nagu eespool nägime, kasutatakse mulla soojendamiseks keraamilisi ja asbotsementtorusid. Katsed näitavad, et neid torusid saab kasutada ka kasvuhoonete ja lavade õhu soojendamiseks. Peale metalli kokkuhoiu ja küttesüsteemi odavamaks muutmise saavutatakse sel teel ka amortisatsioonikulude vähendamist, sest keraamiliste ja asbotsementtorude iga on ligi neli korda pikem metalltorude omast, ja nimelt selle tõttu, et viimased kannatavad korrosiooni all, eriti mullas ja niiskes õhus.

Millises ulatuses väheneb metalli tarvitamine ja seoses sellega muutub odavamaks küttesüsteem, seda näitavad andmed Sverdlovski oblasti Bogoslovski tehase katmikala kohta, kus kütteseadmetena on kasutusel asbotsementtorud. Katmikala pinna ühe ruutmeetri kohta väheneb metallikulutus selle tagajärjel kasvuhoonetes 35% võrra, lavades aga koguni 3-kordselt.

Kui võib tekkida kahtlus, kas asbotsementtorude kasutamine õhu soojendamiseks on otstarbekas nende soojusjuhtivuse madala koefitsiendi tõttu, siis teeb just see omadus neid eriti sobivaks magistraaltorudena, sest et väheneb isoleerimiseks tarvitatava materjali hulk.

Mõningaid raskusi tekib küll harutorude ühendamisel, eriti kõrge parameetriga soojusekandja puhul, aga needki on ületatavad, kui selleks hakatakse laiemas ulatuses tarvitama temperatuurikindlat kummit.

Eespool toodud soojustehnilíste ja majanduslike arvestuste põhjal võime öelda, et partei ja valitsuse otsuste täitmisel on üheks tähtsamaks ülesandeks leida teid tööstusettevõtete soojusjääkide kasutamiseks, mis annaks võimaluse pikema aja jooksul aastas kasvatada minimaalsete kulutustega suures ulatuses odavat varajast köögivilja.

Tööstusettevõtete soojusjääkide kasutamise võimalustest Nõukogude Eestis

Kuigi meie vabariigis pole suuri metallurgia- ja naftatöötlemistehaseid, ei puudu ka meil võimalused tööstusettevõtete soojusjääkide kasutamiseks varajase köögivilja kasvatamisel.

Nende võimaluste väljaselgitamine tehti Eestimaa Kommunistliku Partei Keskkomitee ja ENSV Ministrite Nõukogu otsu-

sega ülesandeks ENSV Teaduste Akadeemiale, kes oma instituutide kaudu asus seda küsimust selgitama. Peamise töö sel alal tegi Energeetika Instituut. Alljärgnevalt toome mõningaid andmeid selle instituudi teaduslike töötajate E. Künnapi ja A. Kimmi 1954. aastal tehtud uurimiste aruannetest, mis näitavad, kui palju seesmisi reserve peitub meie tööstusettevõtete soojusjääkides. Aruannetest selgub, et Tallinna silikaaditehaste autoklaavide tööprotsessis tekitatavat soojust läheb suurel hulgal lihtsalt drenaaži. Silikaaditehas «Kvarts» kaotas sel teel soojust $392 \cdot 10^3$ kcal/h ehk 14,8%. Tehases «Silikaat» olid soojuskaod veel suuremad. Seal juhiti soojust drenaaži $656 \cdot 10^3$ kcal/h ehk 24,6%. Pärast mõningaid muudatusi tehnoloogilistes protsessides annaks kumbki tehas ümmarguselt $400 \cdot 10^3$ kcal/h soojusjääki, mida saaks kasutada köögiviljanduses, kui läheduses leiduks sobiv maa-ala. «Silikaadi» ümbruses seda küll pole, kuid see ei muuda tehtud uurimisi väärtusetuks, sest nad näitavad, milliseid reserve leidub meie tööstusettevõtete soojusjääkides.

Harju rajoonis asuvas Kehra Tselluloositehases on võimalus soojusjäägina kasutada 80°-st vett, mille temperatuuri saab vajaduse korral väheste kuludega tõsta kuni 90—100°-ni. Talvekuudel annaks tehas $450 \cdot 10^3$ kcal/h, märtsis ja aprillis aga märksa rohkem, sest et siis kulub vähem soojust hoonete kütmiseks. Kuidas neid soojusjääke saaks kasutada katmikala soojendamiseks, seda näitavad järgmised lihtsad arvutused.

Soojusekulutus kasvuhoone ühe ruutmeetri kohta on jaanuaris 296 kcal/h, märtsis 212 kcal/h (tabel 56); lava ühele ruutmeetrile kulub soojust märtsis 162 kcal/h (tabel 55). Neid arvusid aluseks võttes näeme, et Kehra Tselluloositehase soojusjääkide baasil saaks rajada katmikala, milles on 1000 m^2 pindalaga talikasvuhoone ja kuni 2000 m^2 lavasid. Kasvuhoone soojusetarvidus on jaanuaris ja veebruaris $300 \cdot 10^3$ kcal/h. Reservi jääb seega kummaski kuus $150 \cdot 10^3$ kcal/h. Märtsis võib aga paralleelselt kasvuhoonega alustada lavade ekspluatatsiooni. Üldine soojusekulutus on siis küll $532 \cdot 10^3$ kcal/h, aga seda väikest ülekulutust katab täielikult töötajate elamute kütmiseks vajaliku soojuse vähenemine kevadperioodil.

Täienduseks eelnevale tuleb märkida, et köögivilja kasvatamisel saab ära kasutada ka madalama temperatuuriga soojusjääke. Selleks lülitatakse tehaselt saadava sooja vee kuumendamiseks katmikala küttesüsteemi madalrõhu-aurukatel, mis ei nõua kaugeltki selliseid kulutusi kui oma katlamaja ehitamine kõigi selle juurde kuuluvate seadmetega.

Vändra rajooni Järvakandi Tehaste klaasisulatusahjudel on palju sarnasust martäänahjudega ja nad võiksid anda suurel hulgal soojusjääke, mida saaks ära kasutada katmikala kütmiseks. Ometi lastakse kõik see soojus kasutult kaduma minna. Ühtlasi põlevad sulatusahjude seinad ruttu läbi ja neid

tuleb ümber laduda. Tehaste tööliste ja insener-tehniliste töötajate poolt on tehtud väärtuslikke ettepanekuid sulatusvannide jahutamiseks veega ja soojusjääkide ärakasutamiseks, mille kogusumma moodustab $1398 \cdot 10^6$ kcal/h. Nagu eespool nägime, kulub kasvuhoone ühe ruutmeetri kütmiseks jaanuaris 296 kcal/h. Seega jätkuks tehaste soojusjääkidest 4720 m^2 kasvuhoonete kütmiseks kõige külmemal ajal. Tehastes on uus võimas tsehh klaastorude tootmiseks. Ratsionaliseerimisettepanekute arvessevõtmisel suureneks soojusjääkide ärakasutamise võimalus kahekordselt ja tehased saaksid anda köögivilja kasvatamiseks üldse $2796 \cdot 10^6$ kcal/h. Nimelt tuleks ka torutsehhi klaasisulatusvannides sisse seada vesijahutus, mis ühtlasi muudaks torude tootmise odavamaks ega nõuaks vannide sagedast ümberladumist. Teine ratsionaliseerijate ettepanek seisneb regeneraatoritest lahkuvate kuumade gaaside osalises ärakasutamises ökonomaiserite abil, mis omakorda annaks $5{,}4 \cdot 10^5$ kcal/h. Siia lisandub veel gaasigeneraatorite jahutamisel auruna tekkiv 0,5 t/h suurune soojus.

Eeltoodust näeme, milliseid võimalusi leidub Järvakandi Tehastel soojusjääkide andmiseks katmikala jaoks. Tegelikult pole aga nende võimaluste ärakasutamisel kuigi kaugele jõutud. Tehaste 730-ruutmeetrise katmikala hulka kuuluvad kaks väikest köetavat kasvuhoonet. Üks, mille pindala on 160 m^2, töötab kogu aasta, teine, 120-ruutmeetrine, alustab tegevust varakevadel. Ja nendegi jaoks ei jätku alati küllaldaselt soojust, mida nad peaksid saama ja osaliselt saavadki tehaste jõujaama heitaurust. Seda on aga vähe ja seda auru kasutatakse kõigepealt aurukuivatis, seejärel saunas, kuna kasvuhoonetel tuleb leppida ülejäägiga, mida alati ei piisa, eriti saunapäevadel. Samal ajal läheb igas tunnis miljoneid kaloreid õhku, mida aga võiks hea tahtmise korral kasutada katmikala väljaarendamiseks. Veel enam, tehaste soojusjääkide baasil avaneks võimalus rajada naabruses asuvas sovhoosis ja kolhoosis küllalt võimsad kasvuhoone- ja lavamajandid. Selleks tuleks tehaste direktsioonil ja töötajatel eeskuju võtta Moskva Naftautmistehase jt. heast algatusest. Kuid samal määral sõltub edu ka sovhoosist ja kolhoosist endast, nende oskusest planeerida ja suunata köögiviljakasvatust ning tõmmata kaasa tehaste administratsiooni ja töötajaid.

Tähtsateks soojusjääkide andjateks võiksid olla meie vabariigi kaks võimsamat soojuselektritsentraali — I Ahtmel ja II Kohtla-Järvel. Nende baasil saaks Jõhvi rajoonis rajada vabariigi suurima köögiviljamajandi kuni 100-hektarilise katmikalaga. Küll ei annaks soojuselektritsentraalid oma soojusjääke täiesti tasuta, kuid siiski märksa odavamalt, kui läheks maksma katmikala kütmine oma katlamajaga, ja mis peaasi, soojusjääkide kasutamisel langeks ära vajadus kulutuste tegemiseks katlamaja ehitamisel. Peale selle saavutataks veel suur kütteainete

kokkuhoid ja väheneksid tunduvalt ekspluatatsioonikulud (katlamaja teenindamine, kütuse kohalevedu, tuha äravedu jne.).

Peale suuremate tööstusettevõtete soojusjääkide kasutamise katmikala kütmiseks võiksid kolhoosides tähtsaks soojusallikaks olla omad soojusjõujaamad ja soojuselektrijaamad.

Siin on toodud vaid üksikuid näiteid kohalike tööstusettevõtete soojusjääkide kasutamise võimalustest meie praegustes tingimustes. Aga juba nendegi põhjal võime öelda, et Nõukogude Eestis leidub küllaldaselt soojusjääke kasvuhoonete ja lavade kütmiseks. Nende osaliselgi ärakasutamisel avaneksid võimalused senisest palju suuremal hulgal rajada ning tegevusse rakendada nii kasvuhooneid ja lavasid kui ka soojendatavat avamaad. Sellega oleksid suures ulatuses lahendatud NLKP Keskkomitee ja NSV Liidu valitsuse otsused kolhooside ja sovhooside ette seatud ülesannete osas köögivilja kasvatamise alal, et töötajad saaksid vastuvõetava hinnaga vitamiinirikast varajast köögivilja.

Tööstusettevõtete soojusjääkide ärakasutamiseks pole seni märkimisväärseid samme astutud ja peaaegu üldiselt võib selles küsimuses näha ükskõikset suhtumist.

Esimesi katseid soojusjääkide kasutamiseks tegi Keila rajooni kolhoos «Suur Tõll», kes pidi soojusjääke saama Ellamaa soojuselektrijaamalt. Kuid vastavate torude puudusel tekkisid ürituse teostamisel raskused ja hiljem polnud elektrijaam asjast enam huvitatud.

Veel tuleb nimetada Vändra rajooni Tootsi Briketitööstust, kus soojusjõujaama baasil on rajatud kasvuhoone, mis annab töötajatele odavat varajast köögivilja.

See ongi kõik, mis seni on meil tehtud tööstusettevõtete soojusjääkide ärakasutamiseks katmikalade kütmiseks. Peatume veel mõnel soojusjääkide kasutamisega seotud küsimusel.

Meie kohalikes tingimustes on otstarbekohane korraldada katmikmajandi tegevus nii, et enamik kasvuhooneid ja lavasid rakendatakse tegevusse kevadperioodil. Aasta ringi töötavates kasvuhoonetes kasvatatakse sügistalvel rohelisi kultuure ning jaanuari lõpul alustatakse istikute kasvatamist kevadkasvuhoonete ja lavade jaoks. Need soojuselektritsentraalid, mis ühtlasi kütavad linnade ja asulate hooneid, saaksid kütteks antava auru vähenemise arvel kevadperioodil eraldada kuni $^1/_5$ heitauru katmik-köögiviljanduse tarveteks. Sel perioodil kulub ühe hektari katmikala soojendamiseks ümmarguselt 1000 tonni auru. Nagu näitavad vastavad soojusbilansid, on see arv võetud isegi kõrgena. Elementaarses arvestuses võib lugeda aurukulutust 1 kcal/h kohta 5 kg. Seega suudaks juba üksnes 1 soojuselektritsentraal anda kevadel soojust vähemalt 100 ha katmikalale, kahjustamata Jõhvi ja Ahtme linna kütmist. Ometi jääb see soojus praegu kasutamata. Samal ajal aga kulutavad kolhoosid ja sovhoosid suuri summasid oma katmikalade soo-

jendamiseks ehitatavatele katlamajadele ning kütuse ostmiseks. On selge, et nimetatud soojuselektritsentraali, samuti Järvakandi Tehaste, Kehra Tselluloositehaste ja tsemenditehase «Punane Kunda» soojusjääkide ratsionaalne ärakasutamine annaks suurt kokkuhoidu. Nii näiteks Jõhvi rajooni Kurtna sovhoosil oleks olnud palju otstarbekohasem rajada oma kasvuhoone- ja lavamajand Ahtme ümbrusse, selle asemel et ehitada see Kohtla-Järvele gaasiküttele ja raisata suuri summasid katlamaja ehitamiseks.

Siinkohal ei saa jätta tähelepanu juhtimata köögivilja kasvatamiseks sobiva pinnase loomise vajadusele seal, kus see puudub, kuid on saadaval odavaid soojusjääke. Seoses ulatusliku ehitustegevusega kaevatakse linnades vundamentide rajamisel välja palju tuhandeid kantmeetreid mulda, mis enamasti veetakse lihtsalt prügimägedele. Tuleks tõsiselt kaaluda viljakamate muldade ärakasutamist köögiviljamajandite rajamiseks suuri soojusjääke andvate tööstusettevõtete naabruses, kus puudub vastav looduslik pinnas.

Lähemas tulevikus muutuvad väljavaated tööstusettevõtete soojusjääkide ärakasutamiseks senisest palju avaramaks. Praegu on Tallinna lähedal Männikul lõpetamisel võimsa silikaattelliste ja ehitusblokkide tehase ehitamine. Ka seal peaks loodama võimalused soojusjääkide ärakasutamiseks varajase köögivilja kasvatamiseks ning tehase läheduses ehitatama selleks kasvuhooned ja lavad.

Balti soojuselektrijaama ehitamine Narvas peaks looma suuri võimalusi soojusjääkide kasutamiseks varajase köögivilja kasvatamisel. See elektrijaam hakkab töötama eriti kõrge rõhuga aurul ja võib ära anda palju kõrgema temperatuuriga heitauru kui senised soojuselektritsentraalid. Seejuures jääb ära kondensvee tagasisaatmise vajadus, sest vett saadakse Narva jõest kanali kaudu.

Ahtmes hakkab tulevikus töötama põlevkivigaasi- ja põlevkivi töötlemise tehas.

Tsemenditehase «Punane Kunda» rekonstrueerimine ja tema võimsuse suurendamine tõstab tunduvalt tehase soojusjääkide hulka, mida samuti võidakse kasutada katmik-köögiviljanduses.

Kui osatakse tööstusettevõtete soojusjääke ratsionaalselt ära kasutada katmikalade kütmiseks, siis avaneb võimalus küllaldaselt toota värsket varajast köögivilja elanikkonnale kättesaadava hinnaga.

XI. AASTA RINGI TÖÖTAVATE KASVUHOONETE ÖKONOOMIKA ANALÜÜS

Katmikala kasutamine köögivilja kasvatamisel on meie vabariigis lühikese aja jooksul läbi teinud küllalt keeruka arenemiskäigu nii kasvuhoonete tüübi, agrotehniliste võtete kui ka kasvatatavate kultuuride poolest. Viimasel ajal võib siiski märkida tungi üleminekuks võimsatele aasta ringi töötavatele «köögiviljavabrikutele», mis suudaksid kogu aasta jooksul varustada töötajaid vitamiinirikka köögiviljaga, eriti kurgi ja tomatiga. Eesmärk on iseenesest hea, kuid seda taotledes jäetakse vahel arvestamata, et meil puuduvad pikemaajalised ja suuremaulatuslikud praktilised kogemused sel alal ning puudub neile rajatud majanduslik analüüs. Isegi kogu nõukogude vastava-alases kirjanduses ei leidu konkreetseid vastuseid paljudele küsimustele, kuigi praktikas on tehtud hinnatavaid edusamme nii kasvuhoonete ehituse kui ka ekspluatatsiooni alal.

Selge on, et kasvuhoonete ehituse ja neis köögiviljakasvatuse agrotehniliste üldiste aluste kindlaksmääramisel oleneb iga võtte ja kogu kompleksi väärtus kõigepealt nende majanduslikust otstarbekohasusest.

Taimede elutegevusega seotud protsessid — assimilatsioon, aurumine, kasvamine jne. — on eelkõige seotud energiakuluga. Seepärast peatume taimede kasvutingimuste mõistmiseks kõigepealt nende elutegevuse energeetilisel küljel.

Enamik taimede kasvamiseks vajalikku energiat saadakse päikeselt. Meie vabariigi kliima- ja meteoroloogilistes tingimustes on suur vahe päikeselt saadava valgus- ja soojushulga vahel. Valgustustingimused lubaksid kasvatada köögivilja 9—10 kuu vältel, temperatuuritingimused piiravad aga külmakindlate taimede kultiveerimise aega 5—6 kuuga, kuna soojanõudlike taimede kasvatamine on võimalik vaid 3—$3^1/_2$ kuu vältel. Siin peituvadki põhjused, mis tingivad katmikalade kasutuselevõtmist.

Päikeseenergia. Enamik päikeseenergiast saadakse dispergeeritud valgusena. Prof. I. S. Savinkovi ja prof. I. A. Ivanovi andmeil on Leningradi oblasti laiuskraadil hajutatud valguse osa 40% kogu- ja 66% otsesest päikesekiirgusest. Seejuures on otsese ja hajutatud valguse vahekord aastate järgi väga erinev.

Moskva Timirjazevi-nimelise Põllumajanduse Akadeemia meteoroloogiajaama andmeil (32) oli aprillist oktoobrini (incl.) päikeselt saadava energia hulk kolme aasta jooksul järgmine.

Tabel 52

Päikese otsese kiirguse ja dispergeeritud radiatsiooni hulk aprillist oktoobrini
(väikestes kalorites 1 cm^2 kohta)

Aastad	Otsene kiirgus	Dispergeeritud valgus	Kogusumma
1928	40 571	21 558	62 159
1931	44 922	18 506	63 428
1932	36 711	35 782	72 493

Prof. V. I. Edelšteini (50) järgi moodustab dispergeeritud energia ligikaudu 66% otsesest kiirgusest ja aasta jooksul ühele ruutsentimeetrile langeva energia kogusumma oleks 87814 väikest kalorit, mis teeb välja 8781 megakalorit (megakalor= 1 miljon suurt ehk kilokalorit) hektarile.

Prof. V. I. Edelštein peatub pikemalt küsimusel, kui palju sellest energiast leiab kasutamist näiteks kurkide kasvatamisel. Tema järgi saavad köögiviljanduse eesrindlased lavatitega kasvuhoone ruutmeetrilt kevad- ja suveperioodil maksimaalselt 240 kurki, sügis- ja talveperioodil aga 80 kurki, kokku 320 kurki, mis teeb kasvuhoone põhipinna ühe ruutmeetri kohta 240 kurki ehk ümmarguselt 24 kg. Et kurk sisaldab kuivainet 4%, moodustab kuivaine saak hektarilt (pealseid arvestamata) 9,6 tonni, mis vastab 40 megakalorile. Kui arvestada, et päikesekiirtest tungib kasvuhoonesse 50—70%, siis kasutavad seal kasvatatavad kurgid 0,6—1% päikesekiirgusest. Üldse kulub aga ühe hektari kasvuhoone pinna kütmiseks aastas ligikaudu 8000 megakalorit. Seega kulub ühe kilogrammi kuivaine saamiseks kurkides 200 suurt kalorit kütteainet.

Lõpetanud selle arvutuse, kirjutab prof. V. I. Edelštein:

«Sügis- ja talveperioodil (oktoobrist jaanuarini (incl.)) kulub kasvuhoone soojendamiseks ligikaudu kaks kolmandikku aastasest kütusest, saak pinnaühikult on aga kolm korda väiksem ja kurkide poolt varutava päikesekiirguse energia ning kütusekulu vahekord muutub märksa ebasoodsamaks: lavatite ruutmeetrilt saadakse parimal juhul 80 kurki ehk 56 tükki kasvuhoone põhipinna ruutmeetrilt, seega 560 000 kurki hektarilt, mis teeb välja 56 tonni. See kurkide hulk sisaldab 2,24 tonni kuivainet, mis vastab 9,4 megakalorile. Kütusekulu samal ajal on aga ümmarguselt 8000 megakalorit. Seega kulub sügis- ja talveperioodil ühe kilokalori saamiseks kuivaines 500 kilokalorit kütust, mis on $2^1/_2$ korda rohkem kui kevad- ja suveperioodil.

Eelnevast näeme, et katmikalal köögivilja kasvatamisel kuulub juhtiv osa energeetikale.»

Tõime prof. Edelšteini kalkulatsiooni peaaegu tervikuna, et näidata, kui suur osatähtsus on energiavarudel katmikala ökonoomikas, sest see, mis siin oli öeldud kurkide kasvatamise kohta, jääb kehtima ka teiste köögiviljakultuuride kasvatamisel. Seejuures jätame arvestamata, et prof. Edelšteini poolt näidatud saak on liiga kõrge. Samuti pole oluline, et energiakulu (0,8 megakalorit 1 m² kohta) on võetud madalana. Allakriipsutamist väärib aga järeldus, et nelja sügis- ja talvekuu jooksul kulub aastasest kütusest 66%, kusjuures saak on kolm korda väiksem kui kevad- ja suveperioodil. Seega tõuseb energiakulu ühe kurgiüksuse saamiseks 5-kordselt, milline vahekord ei muutu ka meie vabariigi kliima tingimustes.

Niisamuti on prof. Edelšteini poolt näidatud üksikute kululiikide arvulised suhted kohaldatavad meie oludele. Toome need 1000 m² põhipinnaga kasvuhoone kohta, kus

küttekulu kasvuhoone 1 m² põhipinna kohta on					17—21	rubla,
amortisatsioon	„	„	„	„	15—18	„
töötasu	„	„	„	„	0,6	„
				Kokku (ümmarguselt)	33—40	„

Need arvud ei vasta küll kaugeltki meie tegelikkusele, mispärast hiljem nende juurde veel tagasi tuleme. Siin tõime nad vaid vahekordade näitamiseks.

Tõsist tähelepanu väärib see, et prof. Edelštein (50) näitab katmikalade arenemisele õige suuna, kirjutades:

«Nagu eespool näidatud, nõuab köögivilja kasvatamine katmikalal suuri kapitaalmahutusi ja ekspluatatsioonikulusid. Kuid oleks jäme viga alahinnata seepärast katmikala tähtsust. Esiteks pole meil seni ära kasutatud sotsialistliku majanduse suuri energiavarusid, mis lubavad järsult alla viia küttekulu osatähtsuse katmikalal kasvatatavate köögiviljakultuuride omahinnas. Teiseks pole meil kaugeltki veel ammendatud kõik võimalused odavate katmikala-konstruktsioonide loomisel. Lõpuks avab mitšuurinlik agrobioloogiateadus meile avarad võimalused köögiviljakultuuride omaduste muutmiseks ja uute sortide aretamiseks, mis on kohanenud kasvuhoone tingimustele.»

Eespool toodud kalkulatsioonid köögiviljakultuuride katmikalal kasvatamise ökonoomika kohta näitavad, kui tähtis on katmikala liigi valikul esijoones arvestada just energiakulu, mis moodustab lõviosa kõigist kuludest. Kahjuks astume aga just nende kulude kindlakstegemisel alles esimesi samme, mispärast tuleb ära kasutada kõik, mis sel alal seni on tehtud, arvestades looduslikke tingimusi, ehituskonstruktsioonide täiustamist, õige küttesüsteemi valikut jne.

Keskmine soojusekulutus. Soojusenergia puudujääk pindalaühiku kohta sõltub eelkõige päikeselt saadava energiahulga kõikumistest seoses aastaaegadega. Selle puudujäägi kindlaksmääramine võib toimuda kahel teel: matemaatilise arvutusega empiiriliste valemite abil või pikemaajalistele vaatlustele ja mõõtmistele rajatud keskmiste suuruste kasutamisega. Teise tee rakendamine on meie vabariigi tingimustes peaaegu võimatu, sest et meil suuremaid kasvuhooneid soojanõudlike köögiviljakultuuride aastaringseks kasvatamiseks peaaegu ei tarvitata, vaid neis kasvatatakse talvel vähem soojanõudlikke lilli, mis vajavad ligikaudu 50% vähem soojust.

Seepärast kasutame maksimaalse soojusekulutuse (Q_{max}) määramiseks ühe ruutmeetri kohta järgnevat üldtarvitatavat valemit:

$$Q_{max}=1\times1{,}23\times a\times b\times1{,}15 \text{ kcal/h},$$

kus 1,23 on piirdekoefitsient (Adoratski järgi);
a — soojuse äraandmise koefitsient pindala ühelt ruutmeetrilt tunnis välis- ja sisetemperatuuri ühekraadise vahe puhul; ühekordse klaaskatte puhul on see 5, tuulise ilmaga kuni 8;
b — ruumisisese ja välisõhu temperatuuri vahe; meie vabariigi miinimumarvestustemperatuuriks loetakse −21°; soojusnõudlikele taimedele vajalik sisetemperatuur on +20°; seega b=+20−/−21/=41°;
1,15 — lisand infiltratsiooniks.

Selle valemi järgi on meie vabariigis maksimaalne soojusekulutus ühe ruutmeetri klaasialuse pinna kohta:

$Q_{max}=1\times1{,}23\times5\times41\times1{,}15=290$ kcal/h, mis vastab tabelis nr. 56 toodud arvule.

Tuulise ilmaga on Q_{max} juba 462 kcal/h.

On selge, et soojusallika võimsus peab vastama maksimaalsele soojusekulutusele, sest vastasel korral võivad kasvuhoones kasvatatavad kultuurid ootamatute külmade puhul madala temperatuuri all kannatada.

Need teoreetilised arvutused vajavad kontrollimist praktikas, et vältida vigu, mis tõsiselt võivad kahjustada katmikala ökonoomikat. Et Nõukogude Eestis sellekohaseid vaatlusi ja uurimisi pole veel tehtud, toome mõningad näited teistest liiduvabariikidest.

Nagu tabelist 53 näeme, erinevad teadlaste poolt esitatud andmed õige suures ulatuses. Seejuures pole huvituseta märkida lahkuminekuid prof. Edelšteini ja prof. Korolkovi andmeis. Ja ometi töötavad mõlemad teadlased ühes ja samas Moskva Timirjazevi-nimelises Põllumajanduse Akadeemias, kusjuures esimene on bioloogiateaduste doktor ja agronoom, teine — tehniliste teaduste doktor energeetika alal.

Arvestades asjaolu, et prof. Edelšteini andmed on vananenud, kuigi neid esitatakse 1953. aastal ilmunud raamatus, ja arvestades seda, et prof. Korolkovi andmed on lähemal teiste praktikute poolt toodavatele arvudele, on väga oluline tutvuda tema kahe pikemaajaliste tähelepanekute põhjal koostatud tabeliga

Tabel 53

Aastane soojusekulutus katmikala ühe ruutmeetri pinna kohta suurtes kalorites

Katmikala nimetus	Geograafiline asend	Aastane soojuse puudujääk kcal	Kütuse-kulutus - kg	Teadlane
Kasvuhooned	Moskva ümbrus	770 000	158*	Prof. V. I. Edelštein (50)
„	Leningradi obl.	667 000	140*	(1914—1924. a. andmeil)
„	Moskva ümbrus	1 132 000	283*	Prof. J. D. Korolkov (29)
Lavad	„	520 000	150*	Prof. J. D. Korolkov (30)
Kasvuhooned	Vene NFSV	900 000	250**	N. M. Marenkov (40, 1956, Nr. 1)
„	„	1 080 000	300**	„
„	Minsk	1 050 000	500***	Eesti NSV TA teadusliku kaastöötaja kohapealsed uurimused

* Antratsiit.

** Kivisöe kütteväärtust pole näidatud. Arvutuse aluseks on võetud madalama väärtusega (6000 kcal) kivisüsi.

*** Kasvuhooneid köetakse kohaliku turbaga, mida kulub ligikaudu 10 000 tonni 20 000 m² kohta.

(tabelid 55 ja 56), millele teeme viiteid ka edaspidi. Tabelid rajanevad peamiselt Moskva Timirjazevi-nimelises Põllumajanduse Akadeemias tehtud uurimistel. Seega käivad neis toodud arvud Moskva oblasti kohta. Ometi võib neid kasutada orienteerivate näitajatena, sest et Eesti keskmised temperatuurid võrdlemisi vähe erinevad Moskva omadest, nagu nähtub tabelis 54 toodud andmeist.

Tabel 54

Moskva ja Tallinna keskmised temperatuurid kraadides (C)

	Kuud								
	I	II	III	IV	V	VI	X	XI	XII
Moskva	−9,4	−9,3	−5,0	+5,0	+11,7	+16,4	+3,8	−3,0	−7,8
Tallinn	−5,0	−5,8	−3,0	+2,6	+8,4	+13,1	+5,6	+0,8	−3,0

Nagu tabelist näeme, on külmemate kuude keskmised temperatuurid Tallinnas kõrgemad kui Moskvas, aprilli, mai ja juuni omad aga madalamad. Selles avaldub muidugi mere mõju. Mujal Nõukogude Eesti territooriumil on talvekuude keskmised Tallinna omadest pisut madalamad, aprilli, mai ja juuni omad aga veidi kõrgemad. Üheksa kuu keskmine temperatuur Moskvas on +0,27°, Tallinnas aga +1,52°, kusjuures Tallinna keskmine on sisemaa

Tabel 55

Lavade soojusbilanss ja soojusekulutus ühe lavaakna kohta kuude järgi Moskva oblasti tingimustes

Kuud	Kuu keskmine t°	Öö pikkus tundi	Öine soojusekulutus kcal lavaaknale	Päikesekiirgus kcal m²	Lavasse sattuv päikesekiirgus kcal lavaaknale	Päeva pikkus tundi	Päevane soojusekulutus, arvestamata päikesekiirgust kcal lavaaknale	Päevane soojusekulutus, arvestades päikesekiirgust kcal lavaaknale	Ööpäevane soojusekulutus kcal lavaaknale	Soojuse- ja kütusekulutus kuu jooksul		Märkusi
										kcal lavaaknale	kg sütt	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Jaanuar	—9,4	16,3	2200	70	50	7,7	2550	2500	4700	145 000	41	
Veebruar	—9,3	14,5	1840	340	250	9,5	3150	2900	4740	137 000	39	
Märts	—5,0	12,2	1300	1000	750	11,8	3350	2600	3900	120 000	34	Märtsist juunini (incl.) soojusekulutus 170 000 kcal ehk 50 kg kivisütt (antratsiiti)
Aprill	5,0	9,9	590	1940	1450	14,1	2400	950	1540	46 600	13	
Mai	11,7	7,8	150	3110	2300	16,2	1860	—	150	4600	1,3	
Juuni	16,4	6,6	50	3380	2500	17,4	700	—	50	1500	0,45	
Juuli	18,0	7,0	0	3130	2300	17,0	385	—	—	—	—	
August	15,0	8,1	110	2290	2000	15,9	900	—	110	3400	1,0	
September	10,8	11,2	370	1330	1000	12,8	1350	350	720	21 500	6,0	
Oktoober	3,8	14,5	950	530	400	9,5	1660	1260	2210	69 000	20,0	
November	—3,0	15,6	1500	100	90	8,4	2200	2110	3610	109 000	31,0	
Detsember	—7,8	16,9	2000	40	30	7,1	2250	2220	4220	130 000	37,0	
										786 000	223,75	
									Ruutmeetrile	520 000		

Märkusi tabeli juurde.

1. Soojusekulutus ja juurdevool on märgitud suurtes ehk kilokalorites (kcal). Üks kilokalor võrdub soojushulgaga, mis kulub 1 liitri vee temperatuuri tõstmiseks ühe kraadi võrra. 1 g kivisütt tõstab põlemisel 1 liitri vee temperatuuri 3,5° võrra.
2. 4-ndas lahtris on näidatud soojusekulutus hoolikalt õlgmattidega kaetud lavas.
3. 5-ndas lahtris on näidatud päikesekiirgusesoojus ühele lavaaknale, kusjuures selle pindala võetakse 1,5 m².
4. 8-ndas lahtris on soojusekulutus näidatud päikesekiirgust arvestamata, seega väga tugeva pilvitusega päevadel.
5. 11-ndas lahtris on näidatud soojusekulutuse kogusumma öö ja päeva jooksul (lahter 4 + lahter 9).
6. 12-ndas lahtris on toodud igakuused küttekulutused. Mais ja juunis võib kütusekulutus näidatust tegelikult mõnevõrra kõrgem olla.

omast pisut kõrgem. Kokkuvõttes pole Moskva ja Nõukogude Eesti temperatuuride erinevused väga suured. See lubab Moskva oblastis tehtud katsete tulemusi aluseks võtta ka meie oludes, seda enam, et öökülmadevaba periood kestab nii Moskva oblastis kui ka Eestis keskmiselt 100 päeva, alates mõlemal pool juunikuu II dekaadis. Lisaks tuleb märkida, et üle nulli ulatuva keskmise temperatuuriga päevade arv on Eestis 226, Moskvas 214. Muidugi ei saa keskmisi temperatuure mingiks täpseks arvutuse aluseks võtta, kuid paremate puudusel võime neid teatavas ulatuses siiski arvestada.

Vaatleme prof. Korolkovi tabeleid (55 ja 56). Esimene neist käib lavade, teine kasvuhoonete kohta. Esimese tabeli koostamisel on arvestatud, et kasulikult äratarvitatava soojuse hulk on 3500 suurt kalorit, teise tabeli (56) puhul aga 4000 suurt kalorit.

Teisest tabelist (56) nähtub, et kasvuhoone ühe ruutmeetri põhipinna kohta kulub aastas üle 1,1 megakalori. Selle soojushulga saamiseks tuleb põletada 283 kg antratsiiti või 500 kg pruunsütt või turvast. Lava ühe ruutmeetri soojendamiseks (tabel 55) kulub aga 139,3 kg kivisütt. Meie vabariigi tingimustes töötavad lavad tavaliselt märtsist juuni lõpuni. Selle aja jooksul kulub lava soojendamiseks kivisütt 31,2 kg, kuna kasvuhoonele läheb sama aja jooksul 60 kg. See näitab selgesti lavade eelist. Oma ettekandes põllumajanduse energeetikute nõupidamisel Minskis märkis prof. Korolkov, et kui kõiki tolleaegseid Liidu kasvuhooneid kütta kivisöega, siis kuluks 1955. a. 780 000 tonni antratsiiti või 1 345 000 tonni turvast. Rahvamajanduslikust seisukohast on see suur kütteainete kulutus. Et esitatud andmed on reaalsed, selles võis veenduda tutvumisel Minski katmikalakombinaadi tegevusega. Kasvuhoonete põhipindala on seal 20 000 m², mille kütmiseks aasta jooksul kulus 10 000 tonni turvast, seega 500 kg ühe ruutmeetri kohta, hinnaga 100 rubla tonn. Nii oli kombinaadi aastane küttekulu 1 miljon rubla, mis teeb ühe ruutmeetri kohta 50 rubla. See on kooskõlas Leningradi oblasti kohta saadud andmetega.

1000 m² põhipinnaga kasvuhoone kütmiseks kuluks seega 500 tonni turvast või 283 tonni kõrgeväärtuslikku kivisütt. Nii läheks meie kohalikes tingimustes turbaga kütmine maksma 50 000 rubla, kivisöega kütmine aga 56 000 rubla. Lähtudes rahvamajanduslikust seisukohast, ei saa nõustuda sellise ebaökonoomse kütteainete kulutamisega, eriti veel kivisöe põletamisega, mis on vajalik meie juhtivatele tööstusharudele.

Meid huvitab eelkõige vabariigi kolhoosides ehitatavate kasvuhoonete ökonoomika. Seni toimus ehitamine peamiselt «Eesti Põllumajandusprojekti» poolt koostatud projektide järgi. Majanduslike arvutuste puhul võtamegi aluseks nende põhjal ehitatavad kasvuhooned, et kindlaks teha, kui palju läheb maksma kasvuhoone kütmine aasta ringi kasutamisel. Arvutuse lihtsustamiseks lähtume kasvuhoonete kombinaadist, mille põhipind on 1000 m².

Tabel 56

Kasvuhoonete soojusbilanss ja soojusekulutus kasvuhoone põhipindala ühe ruutmeetri kohta Moskva oblasti tingimustes

Kuud	Kuu keskmine t°	Öö pikkus tundi	Öine soojusekulutus kcal m²	Päikesekiirgus kcal m²	Kasvuhoonesse sattuv päikesekiirgus kcal m²	Päeva pikkus tundi	Päevane soojusekulutus, arvestamata päikesekiirgust kcal m²	Päevane soojusekulutus, arvestades päikesekiirgust kcal m²	Ööpäevane soojusekulutus kcal m¹	Soojuse- ja kütusekulutus kuu jooksu	
										kcal m²	sütt kg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Jaanuar	—9,4	16,3	4800	70	35	7,7	2250	2215	7015	220 000	55
Veebruar	—9,3	14,5	3800	340	170	9,5	2750	2530	6380	185 000	46
Märts	—5,0	12,2	2650	1000	500	11,8	3800	2450	5100	158 000	39,5
Aprill	+5,0	9,9	1200	1940	970	14,1	2100	1130	2330	70 000	17,5
Mai	+11,7	7,8	415	3110	1550	16,2	1340	—	415	12 400	3,1
Juuni	+16,4	6,6	—	3380	1690	17,4	—	—	—	—	—
Juuli	+18,0	7,0	—	3130	1560	17,0	—	—	—	—	—
August	+15,0	8,1	—	2290	1145	15,9	—	—	—	—	—
September	+10,8	11,2	730	1330	665	12,8	1180	515	1245	37 500	9,5
Oktoober	+3,8	14,5	1900	530	265	9,5	1540	1285	3185	99 000	25
November	—3,0	15,6	3120	100	50	8,4	1920	1870	4990	150 000	37,5
Detsember	—7,8	16,9	4400	40	20	7,1	1980	1960	6360	200 000	50

Kohaliku kütuse keskmiseks hinnaks ühes kohaleveoga võtame põlevkivil 80 rubla ja turbal 105 rubla tonn.

Ühe tonni I sordi põlevkivi kütteväärtus on 3,2 megakalorit,
„ II „ „ 2,6 „
„ turba „ „ 3,0 „

Katelde kasuteguriks võtame 0,7. Seega läheb ühe megakalori saamiseks

turvast $\frac{1}{3 \cdot 0{,}7} = 0{,}477 \approx 0{,}5$ tonni,

I sordi põlevkivi $\frac{1}{3{,}2 \cdot 0{,}7} = 0{,}466 \approx 0{,}45$ tonni,

II sordi põlevkivi $\frac{1}{2{,}6 \cdot 0{,}7} = 0{,}55$ tonni.

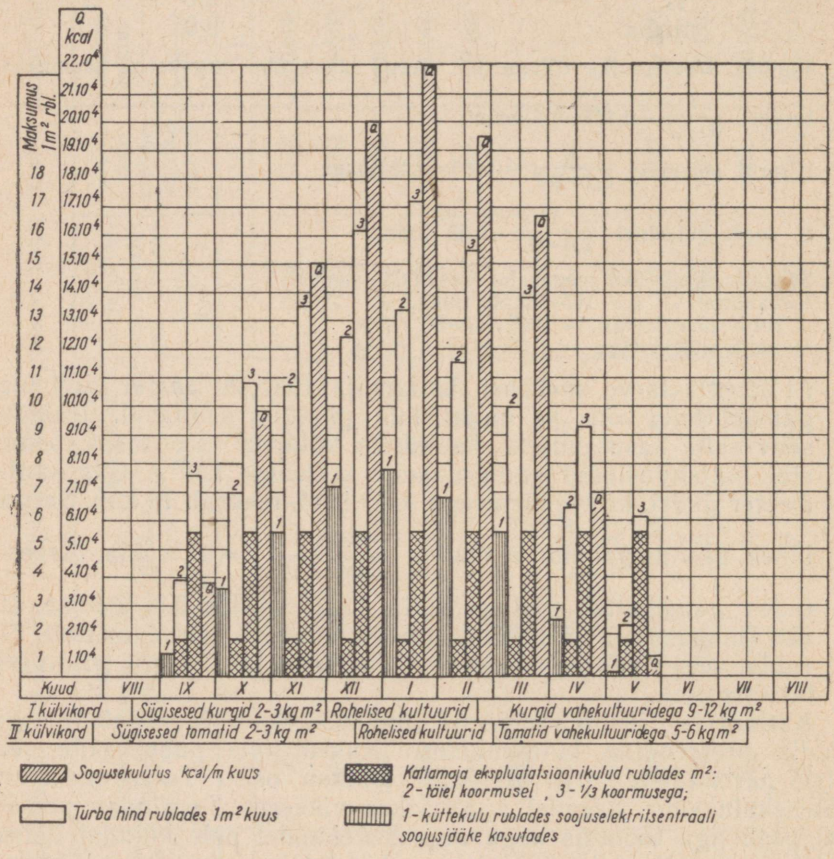
Seega maksab üks megakalor kasulikku soojust:
turbaküttel — $0{,}5 \cdot 105 = 52{,}50$ rubla,
I sordi põlevkiviga — $0{,}45 \cdot 80 = 36$ rubla,
II sordi põlevkiviga — $0{,}55 \cdot 80 = 44$ rubla.

Et Kohtla-Järve sovhoosi katlamaja 1957/58. aastal viidi üle gaasiküttele, võib ka mujal, kus gaas on saadaval, tekkida soov selle kasutamiseks katmikala kütmisel, seepärast toome siin majanduslikud andmed selle kütteaine kohta. Üks kantmeeter gaasi, kütteväärtusega 3150 kcal, maksab 18 kop. Seega läheb üks megakalor maksma $\frac{1\,000\,000 \cdot 18}{3150 \cdot 100} = 57$ rubla. Arvestades gaasiküttel töötava katla kasuteguriks 0,8, näeme, et üks megakalor kasulikku soojust maksab ümmarguselt 71 rubla, seega peaaegu kaks korda rohkem kui I sordi põlevkivi tarvitamisel.

Katlamaja ekspluatatsioonikulud võetakse tavaliselt mingi kindla protsendina küttekuludest. Kasvuhoone puhul pole see siiski päris täpne, eriti personali töötasu osas. Talvekuudel on kütusekulu suur, kevadel aga märksa väiksem. Teenindav personal peab aga töötama kogu aeg. Suvekuudel pole kütmist üldse vaja ning katlamaja töötajaid rakendatakse muudele töödele. Üheksa kuu jooksul on nad aga kasvuhoone pidevaks tööks kõik vajalikud, kuigi kevadkuudel on töökoormus märksa väiksem. Arvestades üht kütjat vahetuses, saame kolme kütja töötasuks $(400 \cdot 3)$ kuus 1200 rubla. Ühe ruutmeetri kohta teeb see keskmiselt 1,2 rubla. Ka jooksva remondi ja amortisatsioonikulud arvestatakse teatud protsendina kasvuhoone väärtusest. Tavaliselt on see protsent 7. Võttes aluseks tüüpprojektis nr. 1020 ettenähtud kasvuhoone katlamaja hinna 81 030 rubla, saame aastase kapitaal- ja jooksva remondi ning amortisatsioonikuludeks 5600 rubla. Jagades selle summa 9 kuu peale, saame kuu kulutuseks 630 rubla ehk ühe ruutmeetri kohta 0,63 rubla.

Soojusekulutuse võtame tabeli 53 järgi. Seejuures tuleb silmas pidada, et soojuse puudujääk ei sõltu mitte ainult välis- ja sise-

temperatuuri vahest, vaid siin avaldavad mõju mitmed teised tegurid, kõigepealt päikesekiirgus ja tuul. Et esimese kohta puuduvad meie vabariigis vastavad uurimused, siis arvestame prof. V. I. Edelšteini poolt toodud andmeid Leningradi oblasti kohta,



Joonis 170. Diagramm kultuuride kasvuaegade ja võimalike saakide kohta ruutmeetrilt.

mis asub meist põhjapoolsemal laiuskraadil. Nende järgi tuleks meil soojuse puudujääk Moskva omast 13% võrra väiksem. Seda arvestades võime ilma suuremate eksimusteta orienteeruvalt aluseks võtta Moskva oblasti kohta käivad andmed.

Neid andmeid kasutades võrdleme ühe ruutmeetri kohta tehtavaid kulutusi samalt pinnalt saadava tuluga erinevate köögiviljakultuuride kasvatamisel. Seejuures võtame aluseks lavatitega kasvuhooned, kus kasuliku pinna suhe põhipinnaga on 0,61.

Aja näitlikustamiseks koostasime prof. P. V. Šeremetevski (48) andmeil diagrammi eri kultuuride kasvuaegade ja võimalike saakide kohta ruutmeetrilt (joonis 170).

Graafiku abstsissile on võrdsete lõikudena kantud kuud, nende alla esimese variandina kurkide kasvatamine koos varajaste roheliste kultuuridega (roheline sibul, seller, till, redis), teise variandina tomatite kasvatamine koos samade kultuuridega. Võimalik saak on arvestatud kasvuhoone põhipinnalt ja märgitud kilogrammides vastavate kultuuride kohale. Tulp 3 näitab küttekulu kuude järgi, kui töötab vaid üks kasvuhoone, tulp 2 — küttekulu kõigi kolme kasvuhoone tegevuse puhul ja tulp 1 — küttekulu soojusjäägi kasutamisel, mida saadakse soojuselektritsentraalilt Mosenergo hinnaga 36 rubla megakalor. Kalorite arvu tähistab tulp Q.

Analüüsides 1000-ruutmeetrise põhipinnaga kasvuhoone ekspluatatsioonikulusid, on kerge näha, et üksnes täie koormusega töötades võib kasvuhoone aasta ringi tegevuses olles mõningat majanduslikku efekti anda. Nagu diagrammist näeme, on aastane küttekulu ruutmeetri kohta täielikul koormatusel 76,50 rubla, mittetäielikul koormatusel 109,60 rubla ja tööstuselt saadava soojusjäägiga 41,10 rubla.

Neid arvusid vaadeldes kerkib küsimus, mispärast meie arvutuses on aastane küttekulu nii kõrge, kuna prof. Edelšteinil isegi antratsiiti tarvitades oli see vaid 33—39 rubla. Põhjuseks on kütteainete erinevad hinnad. Tabel 57 näitabki prof. Edelšteini (50) poolt aluseks võetud kütteainete hindu.

Tabel 57

Ühe megakalori saamiseks kulutatavate kütteainete võrdlevad hinnad

Kütteainete või soojusenergia allika nimetus	Ühe megakalori hind koos ekspluatatsioonikuludega	Protsentides tööstuse soojusjääkidest	Märkusi
Bioloogiline kütus:			
hinnaga 5 rubla t	20.—	55%	Lavade ja soojendatava avamaa kütmiseks
hinnaga 1 rubla t	4.—	11%	
Puud, 25 rubla m³	42.—	125%	
Turvas, 40 rubla t	34.—	95%	
Antratsiit, 100 rubla t	34.—	95%	
Elektrienergia, 5 kop. kWh	70.—	194%	
Tööstuse soojusjääk	36.—	100%	

Siin peitubki madalate hindade võti. Kui Eesti kolhoosnik saaks turba katlamaja juures kätte 40 rublaga tonn, siis langeks ühe ruutmeetri küttekulu 29 rublale. Kahjuks on aga tegelikud hinnad hoopis teistsugused. Siinjuures ei saa märkimata jätta ka seda, et prof. Edelšteini arvutuse järgi on aastane soojuse puudujääk ainult 0,77 megakalorit, mis omakorda aitab küttekulu vähendada. Ometi peaks sel puhul kulu olema $\frac{34 \cdot 770\,000}{1\,000\,000} = 26$ rubla, aga mitte 17—21 rubla, nagu ta varem näitas.

Vaatamata lahkuminekutele arvudes näitavad kõik need arvutused, et kasvuhoone majanduslik efekt sõltub eelkõige sellest, kuidas on lahendatud küttekulu küsimus. Ühtlasi selgub, mis on otstarbekohasem, kas ehitada suuri, läbi aasta töötavaid kasvuhooneid või piirduda väiksema kasvuhoonega kombinatsioonis lavade ja soojendatava avamaaga.

Millisteks võiksid kujuneda kasvuhoone küttekulud nendegi ligikaudsete andmete alusel meie vabariigi tingimustes, näitab järgnev tabel (58), mille koostamisel on aluseks võetud kütteainete tegelikud hinnad koos kohaleveoga. Katla kasuteguriks on arvestatud 0,7, mida põlevkivi kohta tuleb pidada kõrgeks, sest see põleb väikestes katlaahjudes võrdlemisi puudulikult.

Tabel 58

Erinevate kütteainete põletamisel saadav soojushulk ja selle maksumus rublades

Kütteaine nimetus	Tonni hind koos kohaleveoga	Katla kasutegur	Megakalori hind	Soojusekulutus rublades ühele ruutmeetrile		
				aastas	XII, I, II	9 kuud
Turvas	105.—	0,7	53.—	77.—	41.—	36.—
Põlevkivi, I s.	80.—	0,7	44.—	67.—	36.—	31.—
Põlevkivi, II s.		0,7	36.—	58.—	31.—	27.—
Antratsiit	150.—	0,7	31.—	52.—	28.—	24.—
Tööstuse soojusjääk	—	—	36.—	40.—	21.—	19.—

Lõpetades aasta ringi töötavate kasvuhoonete rentaabluse analüüsi, mille juurde hiljem veel tagasi tuleme, juhime tähelepanu toodud tabeli andmeile, mida kinnitavad paljud tegelikud tähelepanekud ja mille järgi kolm talvekuud (XII, I, II) tarvitavad üle 50% kogu aasta jooksul kasvuhoone kütmiseks kulutatavast soojusest. Samal ajal on aga meie kohalikes tingimustes talvekuudel võimalik edukalt kasvatada ainult rohelisi köögiviljakultuure, eeskätt sibulapealseid, mille omahind kujuneb liiga kõrgeks. Seejuures moodustavad küttekulud nii tegelike tähelepanekute järgi kui ka prof. Korolkovi andmeil (tabel 59) keskmiselt 50% üldkuludest, kui kütteks tarvitada antratsiiti.

Siit järgneb, et kasvuhoonete rentaabluse tõstmiseks on eelkõige vaja leida teid kütte- ja soojuskulude vähendamiseks küttesüsteemide tehnilise täiustamise ning hoonete konstruktsioonide kaudu. Ühtlasi tuleb organiseerida kasvuhoonete ratsionaalset majandamist üldises katmikala süsteemis.

Need abinõud aitavad küll tõsta kasvuhoonete rentaablust, kuid tõsiasjaks jääb, et oma katlamajaga köetavate aasta ringi töötavate suurte talikasvuhoonete ehitamine ja ekspluatatsioon pole Eesti NSV-s suurte küttekulude pärast tasuv.

XII. KASVUHOONETE JA LAVADE MAJANDUSLIK EFEKTIIVSUS

Katmikalade organiseerimisel on väga suur tähtsus nende rentaablusel, sest kolhoosidel ja sovhoosidel pole võimalust toodetavale köögiviljale juurdemakse teha. Seepärast tuleb selgusele jõuda, missugustele tingimustele peab vastama köögivilja kasvatamine katmikalal, et ta oleks majanduslikult tasuv. Sageli arvatakse ekslikult, et kasvuhoonete ja lavade rentaabluse üle otsustamiseks jätkub agrotehnilistest näitajatest, võrreldes üksikute katmikala liikide tasuvust ainult pinnaühikult saadava keskmise saagi järgi. Ometi ei näita need andmed veel täies ulatuses kasvuhoonete ja lavade majanduslikku efektiivsust. On vaja teada katmikala pinnaühikule tehtavaid kulutusi ja sellelt kogutud saagi realiseerimisest saadud tulu, et nende alusel leida kultuuri omahind. Need on nii-öelda. üldnäitajad, mille järgi võime leida keskmise omahinna kogu vegetatsiooniperioodi kohta. Nad võimaldavad küll otsustada katmikala üldise majandusliku tasuvuse üle, kuid neist ei piisa katmikala õige kasutamise täielikuks analüüsiks. Teatavasti sõltub katmikalal kasvatatavate kultuuride omahind väga suurel määral sellest, millal neid kasvatatakse ja realiseeritakse. On ju suur vahe talvel või varakevadel kasvatatavate kultuuride peale tehtavate kulude, saakide ja müügihindade vahel. Seepärast tuleks omahinna kalkuleerimisel arvestada ka katmikala külvikordi. Järgnevalt püüamegi lahendada neid küsimusi, kuivõrd seda võimaldavad kasutada olevad andmed. Kahjuks on need kohalike olude kohta puudulikud, mispärast tuleb kasutada teiste liiduvabariikide materjale, kuigi ka need pole alati vajalikult täielikud.

Eespool tehtud analüüsi alusel jõudsime otsusele, et oma katlamaja abil köetavate aasta ringi töötavate võimsate talikasvuhoonete ehitamine ja ekspluatatsioon pole Nõukogude Eesti kliimatingimustes suurte küttekulude pärast tasuv. Käesolevas katsume selgusele jõuda, kas ka teised näitajad seda seisukohta õigustavad. Selleks arvutame kõigepealt välja kasvuhoones kasvatatavate kultuuride keskmise omahinna. Seejuures lähtume prof. P. V. Šeremetevski andmeil koostatud diagrammist (joonis 170) toodud külvikordade variantidest ja saakidest, mis on väga lähedased kohalikelt köögiviljakasvatajatelt saadud andmeile.

Algul vaatleme esimese küvikorra varianti kurgiga. Prof. P. V. Šeremetevski järgi saadakse kurki kasvuhoone üldpinna ruutmeetrilt sügisesest külvist 4 kg, kevadisest külvist 12 kg. Peale selle kasvatatakse vahekultuuridena veel rohelist sibulat ja peedipealseid, mida saadakse ka umbes 16 kg ruutmeetrilt. Seega on kogu saak kasvuhoone üldpinna ruutmeetrilt 16 kg kurke ja niisama palju rohelist köögivilja.

Et need arvud käivad 1953. aasta kohta, siis pole liigne tutvuda ka uuemate andmetega.

Põllumajandusteaduste kandidaadi D. I. Natsentovi (40, 1956, Nr. 2) andmeil saadakse Leningradi juures Mikojani-nimelises kasvuhoonete kombinaadis, mis töötab soojuselektritsentraali baasil ja omab 40 275 m² kasvuhooneid, ruutmeetrilt keskmiselt 30 kg köögivilja, sealhulgas 20 kg kurke.

Moskva oblasti kolhoosis «Pamjat Iljitša» ehitati aastatel 1953—1955 moodsad köetavad kasvuhooned, kus 1955. aastal saadi ühelt ruutmeetrilt kurke kevadisel hooajal 16,4 kg, sügisesel ja talvisel hooajal 4,7 kg (40, 1956, Nr. 9).

Eesti NSV-s on varajase kurgi kasvatamisel silma paistnud Rapla rajooni «Vambola» kolhoosi köögiviljakasvatajad, kes 1954. aastal said 100 lavaakna alt 15,5 kg kurke ühe lavaakna kohta ja 1955. aastal talikasvuhoonete 200 m² pindalalt 15,3 kg kurke 1 m² üldpinna kohta. Nende saakide eest esitati kolhoos üleliidulisest põllumajandusnäitusest osavõtjaks 1955. ja 1956. aastal.

Võiks tuua veel teisigi näiteid, mis tõendavad, et meie poolt kalkulatsiooni aluseks võetud arv 16 kg kasvuhoone üldpinna ruutmeetrilt on küllalt reaalne.

Juhime veel tähelepanu sellele, et kasvuhoone kevadise kurgikülvi saagi kogumine lõpeb augusti esimesel dekaadil, millal juba ligi kuu aega on müügil lava- ja hiljem ka avamaakurk. Odavat avamaakurki on saadaval veel oktoobris. Kasvuhonekurgi hinna kalkuleerimisel on sellel oluline tähtsus.

Vaadeldava variandi analüüsimisel kasutame köögiviljakultuuride omahinna elementide kohta mõningaid prof. J. D. Korolkovi (28) andmeid, mis on kooskõlas ka teiste uurijate andmetega.

Nagu tabelist 59 näeme, on omahinna tähtsamaks põhielemendiks küttekulud, mis moodustavad tehnilise küttega kasvuhoonetes 52% ja lavades 48% üldkuludest. Arvutuste ümardamisel võtame keskmiseks protsendiks 50.

Eespool toodud tabeli 58 järgi on 1000 m² üldpinnaga kasvuhoone tegelik küttekulu 9 kuu vältel 1 m² kohta kivisöe (antratsiidi) tarvitamisel 24 rubla, turbaküttе puhul 36 rubla ja tööstusettevõtete soojusjääkide kasutamisel 19 rubla.

Võttes aluseks need andmed, leiame kurgi kilogrammi omahinna, jättes arvestamata vahekultuurid.

Tabel 59

Kasvuhoonetes ja lavades kasvatatava köögivilja (kurkide) omahinna elemendid

Kulude nimetus	Protsentides	
	Kasvuhoones kasvatamisel	Lavas kasvatamisel
Amortisatsioon	8	16
Jooksev remont	10	8
Küte	52	48
Tööjõud	15	15
Istikud ja väetis	15	13
	100%	100%

Antratsiidiga köetavas kasvuhoones läheb kurgi kilogramm maksma:

$\frac{24 \cdot 100}{50 \cdot 16} = 3$ rubla, millest 1 rubla 50 kop. on üldkulud (50%). Viimase arvu võtame aluseks ka järgmiste arvutuste puhul.

Turbaküttel töötavas kasvuhoones kujuneb kurgi kilogrammi omahinnaks:

$\frac{36}{16} = 2$ rubla 25 kop. Lisades siia juurde üldkulud 1 rubla 50 kop., saame 3 rubla 75 kop.

Soojuselektritsentraali soojusjääkide kasutamisel: $\frac{19}{16} = 1$ rubla 18 kop., kokku üldkuludega 2 rubla 68 kop.

Eespool nimetatud kolhoosis «Pamjat Iljitša» oli 1955. aastal kevadiste kurkide omahind 3 rubla 77 kop. kg; sügiseste kurkide kilogramm maksis 7 rubla 76 kop. Seega läks kurgi kilogramm maksma keskmiselt 4 rubla 13 kop.

Tõime selle näite tõestuseks, et meie kalkulatsioonis saadud omahinnad on võetud väga tagasihoidlikult.

Ent see kurkide omahind vastaks tegelikkusele siis, kui kasvuhoonet talvekuudel ei köetaks. Kuid tuleb katta ka kolme talvekuu soojusekulutus, sest vaatleme aasta ringi töötava kasvuhoone rentaablust. Et roheliste kultuuride saakide kohta puuduvad uuemad andmed, kasutame siingi prof. Šeremetevski (48) andmete põhjal koostatud tabeli 60 arvusid, mille järgi keskmine saak koos istutatud sibulatega on 20 kg, millest sibulate arvele langeb 60% ehk 12 kg. Arvutuse lihtsustamiseks võtame istutatud sibulate kaaluks 10 kg.

Kolme talvekuu küttekulu kasvuhoone 1 m² kohta on (tabel 58) antratsiidi tarvitamisel 28 rubla, turbaküttе puhul 41 rubla ja tööstuse soojusjääkide kasutamisel 21 rubla.

Seega saaksime rohelise sibula omahinnaks:

Kivisöeküttel: $\frac{28 \cdot 100}{50 \cdot 20} = 2$ rubla 80 kop., millest 1 rubla 40 kop. on üldkulud. Lisades siia juurde veel istutatud sibulate hinna, mis talvel oli vähemalt 6 rubla kg[1], saame 8 rubla 80 kop.

Turbaküttel: $\frac{41}{20} = 2$ rubla 5 kop., mis koos üldkuludega (1 rubla 40 kop.) teeb 3 rubla 45 kop., istutatud sibulate hinnaga kokku 9 rubla 45 kop.

Soojusjääkide kasutamisel: $\frac{21}{20} = 1$ rubla 5 kop., kokku üldkuludega 2 rubla 45 kop. Lisades istutatud sibulate hinna, saame 8 rubla 45 kop.

Vaatamata sellele, et arvutuse aluseks võtsime võrdlemisi kõrge saagi (20 kg) ja istutatud sibulate kaaluks ainult 10 kg, on omahind siiski nii kõrge, et müügihind tuleb kurkide müügist saadava tulu arvel madalamaks kalkuleerida, sest tegelik elu on näidanud, et varajase rohelise turustamine siin tuletatud hindadega osutub raskeks, kui mitte võimatuks. Aga ka kurke pole tootjail mõtet müüa omahinnaga. Ometi ei saa nende müügihinda kuigi palju tõsta, mispärast varajase rohelise kasvatamisel saadavate kahjude katmine on võimalik vaid seal, kus soojusjääkide kasutamisel saab kurke müüa sellise hinnaga, mis on tarbijaile vastuvõetav saagi kogumise algul aprillis ja selle lõpul juulis-augustis ning mis suudab võistelda lava- ja avamaakurkide müügihinnaga.

Täienduseks veel mõni sõna roheliste kultuuride omahinna kalkulatsioonide kohta.

Kasutades prof. Šeremetevski (48) andmeid, saame järgmise tabeli.

Tabel 60

Kultuuri nimetus	Istutusmaterjali kasulikku pindala ruutmeetrile	Saak kasuliku pindala 1 m²-lt kg	Saagi koristamise kestus päevades
Roheline sibul	8—12 kg	10—18	20—35
Peet pealseteks (juurikatest)	5—8 „	8—10	35—45
Petersell pealseteks (juurikatest)	5—8 „	8—10	25—30
Seller pealseteks	8—10 „	10—14	25—30
Sigursalat	9—10 tk.	5—8	30—40

Talvisel ajal ajatatakse rohelisi kultuure peamiselt vaid sibulatest ja juurviljast. Ajatatava istutusmaterjali hind on küllalt

[1] 6 rubla kg on võetud keskmise vabaturuhinnana.

kõrge, eriti siis, kui teda ise ei kasvatata. Ajatamisel moodustab rohelise juurdekasv istutusmaterjali kaalust vaid 35—40%.

Meie arvutuste reaalsust kinnitavad ka Keila rajooni «Tuleviku» kolhoosi kasvuhoonete kogemused 1954/55. aastal. Et katlamaja ei töötanud täie koormusega, oli kolhoos sunnitud määrama rohelise sibula müügihinnaks kuni 20 rubla kg, mis oli laiemale tarbijaskonnale liiga kõrge. Ka 1957/58. aasta talvel polnud olukord palju parem: rohelise sibula müügihind — 15—20 rubla kg — raskendas tema turustamist, kuna samal ajal Kaubandusministeeriumi süsteemi kuuluvad kasvuhooned müüsid rohelist sibulat 5—6 rubla kg ja seda oli müügil võrdlemisi suurel hulgal.

Nüüd tutvume teise variandiga — tomati kasvatamisega.

Nõukogude Eestis on puhtpraktilistel kaalutlustel peaaegu täiesti loobutud selle kultuuri kasvatamisest talikasvuhoonetes kahe saagi saamiseks, sest see pole end majanduslikult õigustanud. Küll saadakse rahuldavaid tulemusi tomati kasvatamisel külmkasvuhoonetes ja lavades. Nii saadi Rapla rajooni kolhoosides «Uus Elu», «Bolševik» ja «Teel Kommunismile» 1955. a. keskmiselt üle 7 kg tomateid kasvuhoone ruutmeetrilt.

Moskva oblasti kolhoosis «Pamjat Iljitša» oli 1955. a. keskmine tomatisaak talikasvuhoone üldpinna 1 m² kohta 10,3 kg.

Prof. Šeremetevski andmeil oli suurim tomatisaak aasta ringi töötava talikasvuhoone üldpinna ruutmeetrilt 9 kg. Selle võtamegi arvutuse aluseks tomati omahinna leidmisel, jättes teised tingimused muutmatuks ja arvestades küttekulu kogu aasta kohta.

Vahekultuure arvestamata oleks seega tomati kilogrammi omahind:

Antratsiidi tarvitamisel: $\frac{52 \cdot 100}{50 \cdot 9} = 11$ rubla 55 kop., millest üldkulud on 5 rubla 77 kop.

Turbaküttel: $\frac{77}{9} = 8$ rubla 55 kop., kokku üldkuludega 14 rubla 32 kop.

Soojusjääkide kasutamisel: $\frac{40}{9} = 4$ rubla 44 kop., kokku üldkuludega 10 rubla 21 kop.

Siin olgu tähendatud, et sellised hinnad saame, kui 1000 m² põhipinnaga kasvuhoonete kombinaat töötab aasta läbi täie koormusega. Töötab aga kombinaadis ainult üks kasvuhoone, siis katlamaja ekspluatatsioonikulud tõusevad, mis vastavalt suurendab kasvatatavate kultuuride omahinda.

Vahekultuuride kasvatamisel langeb küll siin arvutatud tomati omahind, kuid siiski mitte sel määral, et talvel kasvatatav tomat muutuks kättesaadavaks laiematele hulkadele.

Lõpetades teise variandi analüüsi, tuleb märkida, et tal praegustes tingimustes pole suurt praktilist tähtsust, sest sügis-

talvel kasvatatava tomati saak on väga väike (2—3 kg ruutmeetrilt), soojust kulub aga rohkem kui kevadperioodil. Madala saagikuse peamiseks põhjuseks on puudulik päikesevalgus oktoobrist detsembrini. Kunstlikul valgustusel on võimalik saagikust tõsta.

Et sel variandil esialgu puudub suurem tulevik, näitab ka Rapla rajooni «Vambola» kolhoosi katse, kus 1954/55. a. sügistalvel kasvatati tomateid kahes vesikeskküttega kasvuhoones (põhipinnaga 200 m²). Seejuures kasvatati vabaks jäänud pindalal rohelisi vahekultuure. Vaatamata sellele tuli tomateid detsembris ja jaanuaris turustada 25 rubla kg, müües neid alla omahinna. Rohelise sibula müügihinnaks oli 15 rubla kg.

Moskva oblasti kolhoosis «Pamjat Lenina» osutus kasulikumaks külvikord, kus detsembris ja jaanuaris kasvatatakse rohelisi kultuure. Neile järgnevad kevadised varajased kurgid ja edasi sügistalvised tomatid. Novembrist kuni jaanuari lõpuni on siiski kõige kasulikum enamikus kasvuhoonetes kasvatada lilli, mis annab suurt kokkuhoidu küttekulude osas (40, 1956, Nr. 9).

Viimast seisukohta kinnitasid ka Neeme aiandi kogemused. Omades 3000 m² kasvuhooneid, ei kasuta aiand neid talvel üldse kurgi ja tomati kasvatamiseks, vaid on pikemaajaliste tähelepanekute põhjal vastavalt kohalikele kliimatingimustele välja töötanud oludekohase kasvuhoonete kasutamise. Sügis- ja talveperioodil kasvatatakse neis külmakindlaid lilli. Vastavalt kasvatatavate lillede nõuetele peetakse temperatuur kasvuhoonetes 7—12° kõrgusel, mille tagajärjel küttekulud tunduvalt vähenevad. Lilled annavad aiandile suuremat sissetulekut kui talvine köögivili ja see võimaldab turustada varakevadist köögivilja vastuvõetavate hindadega. Üheaegselt lillede kasvatamisega enamikus kasvuhoonetes kasutatakse üht väikest 100 m² pindalaga kasvuhoonet, mille kasulikku pinda mitmekordsete lavatite abil tunduvalt suurendatakse rohelise sibula kasvatamiseks, mida saadakse müüa riikliku hinnaga — 6 rubla kg.

Jaanuari lõpul algab Neeme aiandis uus elu. Köögiviljakultuurid tõrjuvad kasvuhoonetest lilled järk-järgult välja ning algab varajase köögivilja ja istikute kasvatamine lavade ja külmkasvuhoonete jaoks. Rohelist sibulat kasvatatakse nüüd vaid vahekultuurina. Istikuid läheb aga vaja väga palju, sest Neeme aiandis on 19 000 m² külmkasvuhooneid ja 7000 m² lavasid. Kogemused näitavad, et Neeme aiandi 3000 m² pindalaga köetavad kasvuhooned suudavad varustada 29 000 m² katmikala.

Küsimuse selgitamiseks toome veel mõningaid andmeid Moskva ümbruse katmikalade kohta.

Üleliidulise põllumajandusnäituse ajal tutvusin kunstliku valgustuse kasutamisega kurkide kasvatamisel sügis- ja talveperioodil. Esialgseil andmeil kujunes selliselt kasvatatud kurkide müügihinnaks 25—30 rubla kg, mis on liiga kõrge.

Vaatleme tomati kasvatamise tingimusi Moskva Naftaut-

mistehase kasvuhoonetes. Tehase aasta ringi töötavate kasvuhoonete pindala ulatub praegu üle 4000 m². Külvikorrad on neis mitmesugused. Ühes kasvuhoonete blokis kasvatatakse aprillist kuni septembri lõpuni tomateid ja oktoobris läheb kasvuhoonete blokk üle roheliste köögiviljakultuuride kasvatamisele. Teises blokis kasvatatakse kevadel kurke, sügisel tomateid.

Sügisel nende kasvuhoonete külastamisel pakuti meile varrel valminud parimast sordist tomateid. Et need olid valminud nõrga sügispäikese valgusel, puudus neil tomatile omane mahlakus ja nad polnud kuigi maitsvad. Võib oletada, et paremad pole ka kolmandas kasvuhoonete blokis talvekuudel kasvatatavad tomatid. Üldse näitavad kogemused, et nõrgas päikesevalguses kasvatatud tomatid ei suuda mahlakuselt ega maitselt võistelda suvel või kunstliku valgustuse tingimustes kasvanud taimede viljadega. Ei aita ka viljade mõjutamine etüleeniga: nad muutuvad küll 3—4 päevaga punaseks, kuid maitse ei parane.

Arvestades asjaolu, et naftautmistehase kasvuhooned kasutavad tehase soojusjääke tasuta, võiks siin tomateid kasvatada kogu aasta. Et selleks on aga vajalik kunstlik valgustus, mille sisseseadmine ja seadeldiste ekspluatatsioon nõuavad suuri lisakulutusi ning kvalifitseeritud töötajaid, tõuseb toodangu omahind küllalt kõrgeks. Sellest tingitult müüs tehas talvel tomateid töölistele omahinnaga. Kolhoosid aga tomateid omahinnaga realiseerida ei saa, mille tagajärjel turustamishinnad kujunevad tarbija jaoks liiga kõrgeks.

Kõige eelneva põhjal kordame veel, et meie kohalikes tingimustes pole tomati kasvatamine sügis- ja talveperioodil otstarbekohane ega tasuv. Ühtlasi näitas oma katlamaja abil köetava 1000 m² üldpinnaga kasvuhoone soojustehniline analüüs, et sellises kasvuhoones on küll võimalik aasta ringi kasvatada köögivilja, kuid see osutub nii kalliks, et ta pole laiemale tarbijaskonnale kättesaadav. Seepärast ei saa kolhoosidele niisuguseid kasvuhooneid soovitada. Pole ju kõigil võimalik ka tulude suurendamiseks talvel lilli kasvatada.

Lavade rentaablusel peatudes kasutame A. S. Urissoni andmeid (47), mis on rajatud paljude sovhooside aruannetele.

Aruannetes on tehtud täpsed omahinna arvutused, kusjuures iga kultuuri puhul on arvesse võetud kõik selle kasvatamisel tehtud kulutused ja jaotatud need proportsionaalselt kasvatamisajale. Seepärast piirdume käesolevas vaid üldkulude kokkuvõttega ja saagi realiseerimisel saadud tuluga, mille põhjal leiame juba kasumi. Põhikultuuride keskmise omahinna toome aruannete järgi.

Bioloogilise kütusega vene lavades olid järgmised külvikorrad.

I k ü l v i k o r d. 25. märtsist kuni 20. juulini kurk. Saak lavaakna kohta ja ühe kg müügihind: mais 2,5 kg à 12 rubla

6 kop., juunis 5 kg à 10 rubla 35 kop., juulis 3,5 kg à 4 rubla. Mais saadi peale kurgi vahekultuurina 1 kg salatit, 3 rubla 81 kop. kg. Septembris ja oktoobris saadi 6 kg lillkapsast, mille müügihind oli 2 rubla 23 kop. kg. Üldtulu lavaakna kohta oli 113 rubla 12 kop. Kulud 51 rubla 66 kop. Kasumi — 61 rubla 46 kop. — andsid peamiselt kurgid, kuna lillkapsas tõi 3 rubla 52 kop. kahjumit.

Kurgi omahind oli 2 rubla 68 kop. kg, lillkapsal 2 rubla 78 kop. kg.

II külvikord. Märtsist kuni 20. aprillini redis. 25. aprillist kuni augustini kurk (mais vahekultuurina salat). 10. augustist kuni 10. oktoobrini salat. Lavaakna kohta olid tulud: redis 5 kg à 2 rubla 98 kop., kurgid — mais 1 kg, 12 rubla 6 kop., juunis 5 kg à 10 rubla, juulis 4 kg à 4 rubla 43 kop. Mais vahekultuurina kasvatatud salat — 1 kg — 3 rubla 43 kop. Oktoobris 6 kg salatit à 1 rubla 66 kop. Üldtulu 108 rubla 5 kop. Kulud 53 rubla 89 kop. Peamise osa kasumist, mis oli 54 rubla 18 kop., andis siingi kurk, kuna redis ja sügisene salat tõid kahjumit. Kurgi omahind oli 2 rubla 56 kop. kg.

III külvikord. Märtsi algusest kuni 10. maini kapsaistikud; 10. maist kuni augusti keskpaigani kurk (vahekultuurina salat); 15. augustist kuni 10. oktoobrini redis. Tulud: ühe lavaakna kohta 350 kapsaistikut à 7 kop. (omahind); kurgid juunis 2 kg à 10 rubla 35 kop., juulis 5 kg à 4 rubla 43 kop., augustis 2 kg à 1 rubla 21 kop.; 1 kg salatit — 3 rubla 32 kop.; 6 kg redist à 1 rubla 17 kop. Üldtulu 80 rubla 11 kop. Kulud 60 rubla 44 kop. Kasum — 19 rubla 67 kop. — saadi peamiselt kurkidest, kuna redis tõi 5 rubla 85 kop. kahjumit; salatist saadud kasum oli ainult 2 rubla 80 kop. Kurgi omahind oli 2 rubla 52 kop., redisel 2 rubla 15 kop. kg.

IV, viimane külvikord. Märtsi algusest kuni 5. maini kapsaistikud; 15. maist kuni 5. septembrini tomat. Tulu: 350 kapsaistikut à 7 kop. (omahind); tomat juulis 4,8 kg à 6 rubla 21 kop., augustis 6 kg à 1 rubla 15 kop., septembris 1,2 kg à 1 rubla 20 kop. Üldtulu 62 rubla 54 kop. Kulud 54 rubla 49 kop. Kasum 8 rubla 5 kop. Tomati omahind 2 rubla 60 kop.

Juba põgus pilk eespool toodud andmetele näitab, kui suur on lavades ja aasta ringi töötavates kasvuhoonetes kasvatatud köögiviljakultuuride omahinna vahe. Eriti teravalt paistab see silma tomati puhul.

Peale selle näeme, et lavakultuuridest on kõige tulutoovam kurk, sest et ta õigel ajal kasvatatult ja realiseeritult katab ka vähem tasuvate köögiviljade kasvatamisel saadud «kahjud». Otstarbekam on kurki kasvatada nii, et saak tuleks realiseerimisele mais ja juunis, millal vajadus värske köögivilja järele on suur ja hinnad kõrgemad. Redise ja roheliste kultuuride vähene tasuvus on seletatav nende madala saagikusega.

Tehtud kokkuvõtete järgi on enamike kultuuride, eriti tomati müügihinnad märksa madalamad meie kohalikest turuhindadest. Järelikult annaksid nad siinsetes lavades kasvatamisel veel suuremat kasumit.

Kahjuks ei saa meie vabariigi lavamajandite kohta selliseid kokkuvõtteid teha, sest puuduvad üksikasjalisemad andmed kulude ja tulude kohta. Kuid kohalikke turuhindu arvestades võib julgesti öelda, et kurkide kasvatamine lavades tasub end täies ulatuses. Toodud külvikordadest on kolhoosidele kõige vastuvõetavamad I ja II. Kuid istikute kasvatamine avamaa jaoks nõuab vähemalt ka III külvikorra rakendamist. Peale selle võiks küsimusse tulla ka viimane külvikord, kui saadakse kasvatada tomatit niisama madala omahinnaga. Katseliselt oleks mõeldav veel külvikord, mille järgi märtsist kuni aprilli lõpuni kasvatatakse rohelist sibulat ja siis edasi kurki, mida saaks müügile lasta juba juunis. Seejuures oleks tähtis leida teid istutatud sibula hinna allaviimiseks, mis muudaks rohelise sibula kasvatamise tulutoovamaks ja tema müügihinna odavamaks.

Toodud külvikordade ülevaade näitab ühtlasi, kui tähtsad on varajase katmik-köögivilja müügile laskmise tähtajad. Nimelt peab ta turule jõudma enne avamaal kasvatatava köögivilja valmimist.

Sellekohaste kogemuste põhjal ja erialases kirjanduses esinevail andmeil võib pidada vastuvõetavaks järgmisi katmikköögivilja müügile laskmise tähtaegu: lavast — kurgid 1. mail, tomatid 1. juunil; kasvuhoonest — kurgid 1. märtsil, tomatid 1. mail. Nendeks tähtaegadeks valminud viljade turustamise periood on vajalikult pikk ja nad leiavad tarbijaid, sest et avamaa veel saaki ei anna. Seejuures peavad müügihinnad muidugi vastama tarbijaskonna ostuvõimele, mis katmikalade tegevuse õigel organiseerimisel peaks olema täiesti teostatav, sest kevadised küttekulud pole kuigi suured.

Meie vabariigi tingimustes ilmuvad avamaakurgid mõnedes rajoonides müügile juba juuni lõpul ja juuli algul. Siit näeme, kui tähtis on kalli küttega töötavate kasvuhoonete toodangu õigeaegne valmimine ja realiseerimine. See peaks lõpule jõudma juba juuni viimasel dekaadil, sest hilisem saak tuleks avamaakurkide turule ilmudes müüa juba alla omahinna, mis sunniks kahjumi katteks tõstma varajaste kultuuride müügihinda.

Viljade valmimise tähtajad ja ka omahind olenevad teatavas ulatuses küll ka agrotehniliste võtete õigest ja oskuslikust rakendamisest, kuid kaaluv osa kuulub siin siiski soojustehnilistele tingimustele. Seepärast meenutagem veel kord, et tehnilise küttega lavad on kasvuhoonetest märksa lihtsamad ja odavamad, sest kevadperioodil (märts — juuni) tuleb lava ruutmeetri kütmine kaks korda odavam kasvuhoone kütmisest (tabel 55). Seejuures on tehnilise küttega lavades võimalik rakendada kolme külvi-

korda, nagu näitasid prof. Korolkovi süsteemil töötavad lavad üleliidulisel põllumajandusnäitusel.

Otstarbekalt korraldatud köögiviljamajandis peavad kasvuhooned, lavad ja avamaa moodustama orgaanilise terviku ning olema pindaladelt õiges vahekorras. Selle kohta kirjutab N. S. Sõrov: «Kasvuhoonete kombinaat koosneb kolmest kasvuhoonest, igaüks 322 m², keskkatlamajast ja koridorist, mis ühendab kasvuhooneid ning on määratud ühtlasi abitööde tegemiseks ja väetiste, istikute ning saagi ajutiseks panipaigaks. Selline kasvuhoonete kombinaat võib teenindada köögiviljamajandit, kus on 5000 lavaakent ja 40 ha avamaad.» [1]

Oleme nõus selle seisukohaga, sest lavade ja avamaa suhteliselt väiksema pindala puhul pole kasvuhoonete kombinaat enam nii tasuv. Praegusel ajal võib talikasvuhoonete ja lavade pindala normaalseks suhteks pidada 1 : 7. Sellise vahekorra puhul jäävad ära liigsed majanduslikud kulud kapitaalmahutusteks, sest lavade rajamine tuleb mitu korda odavam kasvuhoonete ehitamisest.

Endastmõistetavalt ei tule siin näidatud vahekorda igal juhul kohustuslikuks pidada, vaid selle määramine toimub alati sõltuvalt kohalikest tingimustest ja võimalustest. Seda kõike arvestades tuleb köögiviljamajandi rajamisel ja kasvuhooneid ehitades rangelt silmas pidada köögivilja alla antava pindala suurust ja tehnilis-majanduslikke näitajaid, eriti aga tööjõu olemasolu, kelle poolest Eesti NSV kolhoosid on äärmiselt vaesed. Kui tööjõudu on vajalikul arvul olemas ja linnalähedastel kolhoosidel on võimalusi tööstusettevõtete soojusjääkide kasutamiseks, tuleb rajada suuremaid katmik-majandeid, kus on talikasvuhooned varajaste kurkide, tomatite ja rohelise köögivilja ning samuti istikute kasvatamiseks lavade ja avamaa jaoks. Oma katlamajaga köetavad väiksemad kasvuhooned olgu esmajoones istikute ja varajase rohelise kasvatamiseks.

Järgnevalt teeme veel lühikese kalkulatsiooni selle kohta, kui palju läheb vaja tööjõudu köögivilja kasvatamisel katmikalal. Kasutada olevail andmeil kulub ühe ruutmeetri lavapinna harimiseks 0,6 tööpäeva. Seega vajaksid N. S. Sõrovi näites toodud lavad (5000 lavaakent) 8 kuuga 3000 tööpäeva, s. o. 375 tööpäeva kuus ehk 12 inimest. Palju rohkem tööjõudu on aga tarvis 40 ha avamaa harimiseks, kusjuures vajalike töötajate arv õige suurel määral sõltub kasvatatavatest kultuuridest ja mehhaniseerimise tasemest. Keskmiselt nõuab 40 ha avamaa köögivilja harimine osalise mehhaniseerimisega umbes 100 töölist. Vajalikku hulka töölisi saab köögiviljandusele eraldada ainult spetsiaalselt köögivilja kasvatav kolhoos, kus on küllaldaselt tööjõudu ja teised põllumajandusharud on vaid abimajandiks. Tavalises kolhoosis on köögivilja kasvatamine kõrvalharuks ja tasub end ainult siis, kui kõik katmikala liigid on rajatud õiges vahekorras, kui nende

[1] Н. С. Сыров. Новые типовые проекты теплиц. Изд. Министерства сельского хозяйства СССР. Москва, 1954.

harimiseks saab eraldada vajalikul arvul tööjõudu ja kui katmikala majandatakse õigesti.

Toonitame veel, et kõige õigemaks teeks suurte katmikalade rajamisel on nende ehitamine tööstusettevõtete soojusjääkide baasile. Seejuures pole alati oluline, et katmikala asuks mõne suurema keskuse lähedal, sest heade transpordivõimaluste korral ei tee toodangu turule toimetamine erilisi raskusi. Ja nagu nägime, leidub Nõukogude Eestis võimalusi tööstusettevõtete soojusjääkide senisest palju suureulatuslikumaks kasutamiseks ning köögivilja rohkeks kasvatamiseks.

Kolhoosidel aga, kellel puuduvad võimalused tööstusettevõtetelt soojusjääkide või soojuse saamiseks, tuleb piirduda väiksemate kasvuhoonetega ja neile vastava lavade ning avamaa pindalaga.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Bohn, R. Die Technik im Gartenbau. Berlin, 1957.
2. Böhmig, F. Gewächshäuser und Frühbeete. Berlin, 1943.
3. Böhmig, F. Die Gattung Begonia. Radebeul und Berlin, 1955.
4. Böhmig, F. Die Gattung Cyclamen. Radebeul und Berlin, 1955.
5. Böhmig, F. Die wichtigsten Schnittblumen. Radebeul und Berlin, 1956.
6. «Der Deutsche Gartenbau». Berlin. (Ajakiri.)
7. Leetoja, R. Perfool klaasi aseainena lavadel. «Sotsialistlik Põllumajandus» nr. 1, 1958.
8. Markov, V. M., Hajev, M. K. Köögiviljandus. Tallinn, 1956.
9. Miessner, E. Der Gartenbau. Berlin, 1955.
10. «Sotsialistlik Põllumajandus». Tallinn. (Ajakiri.)
11. Vogel, G. Moderne Technik im Gemüsebau. Berlin, 1956.
12. Zimmermann, W. Heizungsanlagen in Gartenbau und Landwirtschaft. Halle (Saale). 1953.
13. Александров, С. В., Беляев, А. С., Васильев, В. Л., Казакова, А. А., Камераз, А. Я., Сечкарёв, Б. И. Овощеводство. Сельхозгиз, Москва, 1956.
14. Академия наук ЭССР. «Оказание помощи колхозам и совхозам по устройству теплично-парникового строительства». Тема научных сотрудников А. Кимма и Э. Кюннапа института энергетики 1954 г. (Käsikiri.)
15. Беляев, В. В., Лебедев, Б. М. Дождевальные машины. Машгиз, Москва, 1957.
16. Бузулуков, Н. С. Состояние и пути развития сельского хозяйства пригородной зоны Таллина и сланцевого бассейна. Известия Академии Наук ЭССР, 1954, т. III, № 1.
17. Гончарук, Н. С. Пластмассы в овощеводстве. «Наука и жизнь», № 3, 1958.
18. Дубницкий, В. И. Схемы теплоснабжения теплично-парниковых хозяйств. Академия наук БССР, Минск, 1956.
19. Есиев, Х. А. Как строить парники с электрообогревом. Кемерово, 1954.
20. Есиев, Х. А. Парники с электродным обогревом. Сельхозгиз, Москва, 1954.
21. Иванович, Э. М., Шустов, В. А. Механизация и электрификация в закрытом грунте. Сельхозгиз, Москва, 1955.

22. Иванюков, Д. В., Шевьев, Е. И. Использование тепловых отходов промышленности в овощеводстве. Сельхозгиз, Москва, 1954.
23. Казаков, Б. С. Основы строительного дела в садово-парковом хозяйстве. Издательство Министерства коммунального хозяйства РСФСР, Москва, 1955.
24. Китаев, И. И. Выращивание овощей в теплицах и парниках. Сельхозгиз, Москва, 1953.
25. Китаев, И. И., Китаев, С. И. Овощеводство в теплицах. Издание второе. Сельхозгиз, Москва, 1954.
26. Кланг, И. И. Городское цветочное хозяйство (Оранжереи и парники). Издательство Министерства коммунального хозяйства РСФСР, Москва, 1953.
27. Корольков, Е. Д. Парники на паровом обогреве. «Московский рабочий», 1953.
28. Корольков, Е. Д. Использование промышленных источников тепла для обогрева теплиц, парников и утеплённого грунта. Издат. «Знамя», Москва, 1954.
29. Корольков, Е. Д. Тепловая мелиорация приземного климата при культуре ранних овощей. Сельхозгиз, Москва, 1955.
30. Корольков, Е. Д. Парники и утеплённый грунт на техническом обогреве, Сельхозгиз, Москва, 1955.
31. Корольков, Е. Д. Опыт использования вторичных энергоресурсов в овощеводстве. Академия наук. БССР, Минск, 1956.
32. Кудрявцева, А. А. Использование солнечной энергии различными растениями. Редиздат, ЦУМТС, Москва.
33. Леман, В. М. Выращивание овощных растений под люминесцентными лампами. Сельхозгиз, Москва, 1955.
34. Маренков, Н. М. Навести порядок в парниково-тепличном хозяйстве.
35. Нацентов, Д. И. Овощеводство защищённого грунта на выставке. «Сад и огород», № 2, 1956.
36. Нацентов, Д. И., Мкртчьян, В. С., Архангельский, П. Е., Носков, Б. Г. Теплицы, парники, утеплённый грунт. «Московский Рабочий», 1956.
37. Нормы и технические условия проектирования естественных оснований зданий и промышленных сооружений (НиТУ 127-55). Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, Москва, 1955.
38. Овощеводство защищённого грунта. Сборник переводов иностранной периодической литературы. Издательство иностранной литературы. Москва, 1955.
39. Оглуздин, С. Д. Устройство парников и теплиц. Лениздат, 1954.
40. «Сад и огород». Москва. (Ajakiri.)
41. Сельское строительство. Академия архитектуры Украинской ССР. Киев, 1954.
42. Справочник по сельскохозяйственному строительству. Том II. Сельхозгиз, Москва, 1952.
43. Справочник сантехника. Стройиздат, Москва, 1948.
44. Стафф, К. Применение пластических пленок в сельском хозяйстве. Сельское хозяйство за рубежом, № 2, 1958.
45. Теплично-парниковое хозяйство, Академия наук УССР. Киев, 1955.
46. Теплоснабжение и теплоэнергетические установки сельского хозяйства. Академия наук БССР, Минск, 1956.
47. Уриссон, А. С. Некоторые вопросы экономики использования парников. «Сад и огород», № 9, 1956.
48. Шереметевский, П. В. Овощеводство в парниках и теплицах. 2-е издание. Сельхозгиз, Москва, 1952.
49. Эвинсон, Р. Б., Хорт, Н. Д. Развитие и техника в овощеводстве защищенного грунта европейских стран. Некоторые проблемы отопления и вентиляции теплиц. «Сельское хозяйство за рубежом», № 4, 1958.
50. Эдельштейн, В. И. Овощеводство. Сельхозгиз, Москва, 1953.

SISUKORD

Eessõna 3

I. **Sissejuhatus** 5

II. **Katmikala koha valik ja planeerimine** 12

III. **Valgustus** 23
Kõögiviljade valgusevajadus 23
Looduslik valgustus 26
Kunstlik valgustus 35
Luminestsentslampide kasutamine 37
Valgustuse maksumus kasvuhoonetes 44
Valgustustingimused kasvuhoones sõltuvalt kasvuhoone asetusest ja kujust 46

IV. **Küte** 65
Soojusrežiim 65
Küttesüsteemid 67
Bioloogiline küte 68
Truubiküte 70
Vesi- ja aurukeskkütted 73
Soojuskadude arvutus 75
Soojusevajadus katmikalade ja soojendatava avamaa kütteks . . 80
Küttekehad 81
Torud 85
Soojusekandjad 89
Küttekehade paigutamine 90
Vesikeskküttesüsteemid 91
Katla küttepinna arvutus 97
Kütusekulutus 97
Korstna arvutus 98
Küttesüsteemi tsirkulatsioonipumpade arvutus 99
Eeskolded 99
Õli kütteainena 101
Õhuküte 101
Elektriküte 110
Lavade elektriküte elektroodide abil 111
Lavade elektriküte kaabli abil 120
Lavade elektrikütte majanduslikkuse analüüs 122
Lihtsustatud tüüpi elektriküttega kasvuhooned 125

V. **Ventilatsioon** 128
Kasvuhoonete ventilatsioon 128
Lavade ventilatsioon 136

VI. **Veevarustus** 140
Kastmine vooliku abil 143

Vihmutamine 144
Väetamine vihmutamisega 149
Mullaalune niisutamine 150

VII. **Kasvuhoonete konstruktsioonid ja tüübid** 154
Kasvuhoonete konstruktsioonid 154
Alusmüürid 154
Sokkel, seinad, katus ja põrandad 156
Lavatid, peenrad ja käiguteed 157
Spaleerid 162
Varju arvutamine 163
Kasvuhoonete projekteerimise soojustehnilised kaalutlused . . . 165
Kasvuhoonete tüübid 166
Kõetavad ja külmkasvuhooned 167
Lavatitega ja maapinna-kasvuhooned 168
Ühepoolsed kasvuhooned 170
Kahepoolsed kasvuhooned 174
Lava-kasvuhoone 174
Metall-kandekonstruktsiooniga kasvuhooned 176
Raudbetoon-kasvuhooned 200
Angaarkasvuhooned 203
Blokk-kasvuhooned 214
Blokk-külmkasvuhooned 214
Kõetavad blokk-kasvuhooned 221
Mitmeotstarbelised blokk-kasvuhooned 224
Kerget tüüpi monteeritavad blokk-kasvuhooned 225
Edasinihutatavad kasvuhooned 228
Kasvuhoonete klaasimine 232
Kasvuhoonete korrashoid 235

VIII. **Lavad, nende tüübid, konstruktsioonid ja kasutamine** 238
Lavade tüübid 238
Bioloogilise küttega süvendlavad 240
Maapealsed lavad 243
Kahepoolsed lavad 244
Süvendlavade täitmine bioloogilise kütuse ja mullaga . . 244
Bioloogilise küttega lavade soojusbilanss 246
Tehnilise küttega lavad 249
Tehnilise küttega lavade konstruktsioonid 251
Raudbetoonrakete paigaldamine 253
Lavade kütmine ja küttesüsteemid 255
Auruküttega lavad 255
Vesiküttega lavad 264
Elektriküttega lavad 264
Erinevate küttesüsteemide maksumus 265
Lavade osatähtsus kolhoosi köögiviljamajandis 267
Plastiliste linikute kasutamine köögivilja kasvatamisel . . . 267

IX. **Soojendatav avamaa** 273
Avamaa soojendamise viise 274
Tehnilise küttega soojendatava avamaa maksumus 277
Köögivilja kasvatamine soojendataval avamaal 278
Köögiviljakultuuride kaitse öökülmade vastu 278
Soojendatava avamaa rajamise ja kasutamise võimalustest Nõukogude Eestis 280

X. **Tööstusettevõtete soojusjääkide kasutamisest köögivilja kasvatamisel** 282
Tööstusettevõtete soojusjääkide kasutamise võimalustest Nõukogude Eestis 286

XI. **Aasta ringi töötavate kasvuhoonete ökonoomika analüüs** . . . 291

XII. **Kasvuhoonete ja lavade majanduslik efektiivsus** 303

Kasutatud kirjandus 314

Рихард Каар, Август Кимм
ПОСТРОЕНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ
ТЕПЛИЦ И ПАРНИКОВ

Обложка Г. Пант

Эстонское Государственное Издательство
Таллин, Пярнуское шоссе 10

*

Toimetaja K. Vool

Tehniline toimetaja E. Lumet

Korrektorid M. Sepp ja P. Hiie

Ladumisele antud 20. X 1958. Trükkimisele antud 8. VII 1959. Paber 60×92, 1/16. Trükipoognaid 20. Arvutuspoognaid 21,36. Trükiarv 2500. MB-05269. Tellimise nr. 4041.

Hans Heidemanni nim. trükikoda Tartu, Ülikooli 17/19.

Hind rbl. 7.60

4—3

Rbl. 7.60

A-22682
II

TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00379760 4