A-16234

MÄEINSENER O. VUHT

LÕHKETÖÖD

REDIGEERINUD PROF. J. KARK



RK
„PEDAGOOGILINE KIRJANDUS"

MÄEINSENER DOTSENT O. VUHT

Sundeksemplar

LÕHKETÖÖD

REDIGEERINUD PROF. J. KARK

RK „PEDAGOOGILINE KIRJANDUS"
TALLINN 1946

Bibliotheca
Universitatis
Tartuensis
1946: 0789
12401
A - 16234

EESSÕNA.

Saksa okupatsiooni tagajärjel ei lõhutud ENSV-s üksinda töös-tused, vaid valgus laiali ka töötajaskond. Kõige rohkem kannatas mäetööstus ja selle tehniline personaal, mis niikuinii juba rahuajalgi oli liiga väikearvuline. Nüüd on vaja kiirelt levitada kutseharidust polütehnilises instituudis, tehnikumides ja eri- ja tehn. miinimumi kursustel, kui tahetakse mäetööstust mitte üksi taastada, vaid ka võimsalt ja kiiresti välja arendada vastavalt Eesti NSV-s olemasolevatele suurtele maapõuevarudele (põlev-kivi, fosforiit) ja rahvamajanduse nõuetele neljanda viisaastaku kohaselt, mille järgi üksinda põlevkivikaevanduste toodang tõuseks vähemalt neli korda võrreldes ennesõjaaegse toodanguga. Kuid selleks on vaja ka tungivalt hoolitseda õpperaamatute väljaandmise eest, ilma milledeta õppetegevus muutuks väga raskeks ja vähe tagajärjekaks. Kahjuks aga ei ole mäetööstuse-ala eestikeelseid õpperaamatuid üldse saada, sest ainuke „Mäe-tööde õpperaamat" ilmus küll 1933. aastal, kuid on nüüd täiesti välja müüdud ja ka vähe iganenud. Eriti tarvilik on aga lõhke-tööde õpperaamat, kuna lõhketööd on ohtlikum ala mäetöödes, mispärast oleks ka tarvis just viimasesse liiki kuuluva raama-tuga algust teha. Pealegi esinevad lõhketööd ka teistel aladel, näiteks põllutöödel (kraavide kaevamine, kivide ja kändude lõh-kumine ja purustamine, kõva maakihi kobestamine jne.) ja jäälõhkumisel kevadisel ajal jõgedes, mis ka nõuab teadmisi ja kogemusi lõhkeainete ohutuks käsitsemiseks.

Lõhketööde lahutamatuks osaks peab olema ka lõhkeaukude puurimine, missuguste tööde kirjeldamise on võtnud enda peale

dotsent mäeinsener L. Kaalman, mille eest avaldan talle suurt tänu.

Tarvilik on ka lõhkeainete proovimise ja nende tähtsamate omaduste määramise viisidega tutvumine, sest NSV Liidus kehtivad määrused nõuavad, et lõhkeainet peab enne lattu vastuvõtmist proovima, mispärast ka sellele osale on käesolevas õpperaamatus tähelepanu pööratud, sest nüüd peab ka Eesti NSV-s viimast nõuet täitma hakkama, mis oleks kasulik ka mäetööstuslikele ettevõtteile endile, kuna siis tehakse kohe alguses kindlaks, kelle süü läbi lõhkeaine on muutunud kõlbmatuks või nõuetele mitte vastavaks.

Et käesolevat teost võiks ka käsiraamatuna tarvitada lõhketööde alal, on sellele lisatud selleks koostatud lõhkeainete hankimise, hoidmise ja tarvitamise juhend, kooskõlastatud NSV Liidu määrustega; see juhend on kinnitatud ENSV töö rahvakomissari poolt.

Käesolev raamat on nii koostatud, et seda võib õpperaamatuna tarvitada kõrgemas õppeasutises, mäetehnikumides kui ka tehn. miinimumi ja erikursustel ja ka käsiraamatuna lõhketööde korraldamisel mäetööstuslikel ja teistel aladel.

Raamatu väljaandmise mõttesse on soojalt suhtunud ja ta ilmumisele kõigiti kaasa aidanud Põlevkivi ja Keemiatööstuse Ministeeriumi Teadusliku Uurimise ja Projekteerimise Instituudi direktor R. Mahl ja kõrgemate tehnikakoolide osakonna juhataja H. Norman, kelledele avaldan siin suurt tänu.

Ka võlgnen tänu prof. J. Kark'ile, kes väga kasulikkude nõuannete ja käsikirja redigeerimisega on oluliselt kaasa aidanud käesoleva raamatu väljaandmisele.

Kahtlemata võib raamatul olla hulk puudusi, mispärast koostaja on väga tänulik kõikidele nendele, kes vaevaks võtavad koostajale teatada soovitavatest parandustest ja muudatusettepanekutest: Tallinn, Polütehniline Instituut.

Aprill 1946. a.

O. VUHT

REDIGEERIJA MÄRKUS (ANNOTATSIOON).

Raamat on määratud õpperaamatuks Polütehnilises Instituudis. Vastavaid osi kõrvale jättes võib teda kasutada ka mäetehnilistes keskkoolides. Seda hõlbustavad ka raamatus leiduvad vajalikud keemia ja elektrotehnika algmõisted. Kasulik võib raamat olla ka nendele, kellel üldse on tarvis lõhkeainete või lõhketöödega tegelda.

Raamat haarab kõiki lõhkeainete käsitsemisel tarvilikke teadmisi ja lõhketöid, mida tsiviilaladel Eesti oludes teha tuleb. Pole puudutatud erilisi sõjaväe lõhketöid ega suurte masside lõhkumisi mäetöödel.

Rohkesti ruumi on antud autori O. Vuht'i uurimuste tulemustele vedela hapniku tarvitamise kohta lõhketöödel Eestis; näib, et oksiliikviidi tarvituselevõtmine meie kaevandustes on õigustatud.

Lõhketöödeks tarvilikkude aukude puurimist on L. Kaalman kirjeldanud harilikkude kaevandustööde jaoks küllaldases ulatuses.

J. KARK

I. LÕHKETÖÖD.

A. LÕHKEAINED.

I. Üldosa.

1. Plahvatuse või lõhkemise mõiste ja lõhkeainete keemilised põhialused.

Lõhkeained on niisugused ained, mis kergelt ja kiiresti lagunedes annavad suure hulga peamiselt gaasisarnaseid produkte, tekitades seejuures ka kõrget temperatuuri, mis sunnib gaase paisuma, ja seda mahusuurenemist võib kasutada lõhketöödeks.

Lõhkeaine, samuti kui iga aine, koosneb molekulidest, s. o. kõige pisemaist aine hulkadest, mida füüsikaliselt ei saa enam vähemaks teha, ilma et tema keemiline koostis ja omadused ei muutuks. Molekul on keemiline ühend elementidest. Elemendi kõige väiksem keemiline osa on aatom. Ühe aine molekuli ja selles olevate elementide füüsikalised omadused on teineteisest erinevad. Aatomikaal on arv, mis näitab ühe elemendi aatomite relatiivset raskust teiste elementide aatomite suhtes. Aatomikaalu aluseks on valitud ühe hapnikuaatomi relatiivne raskus, mis on võrdne 16-ga. Tähtsamad elemendid, mis esinevad lõhkeainetes, on järgmised:

Elementide märgid	Elementide nimetused	Aatomikaal
Al	Alumiinium	26,97
Pb	Seatina (plii)	207,22
Ca	Kaltsium	40,08
Cl	Kloor	35,457
Fe	Raud	55,84
F	Fluor	19,00
J	Jood	126,92
K	Kaalium	39,096
C	Süsinik	12,01
Cu	Vask	63,57

Elementide märgid	Elementide nimetused	Aatomikaal
Mg	Magneesium	24,32
Na	Naatrium	22,997
P	Fosfor	31,02
Hg	Elavhõbe	200,61
O	Hapnik	16,00
S	Väävel	32,06
Si	Siliitsium	28,06
N	Lämmastik	14,008
H	Vesinik	1,008
Zn	Tsink	65,38

Molekulikaal on molekuli moodustavate aatomikaalude summa. Gramm-molekul ehk mool on aine molekulikaal grammides, näiteks vesi: $H_2O = 2 + 16 = 18$ g.

Lõhkeainete plahvatamisel tekivad peamiselt hapniku ühendid teiste elementidega ühes kõrge plahvatamistemperatuuri ja soojushulgaga, näiteks: 12 grammi C (süsinikku) ühinedes 32 g hapnikuga O_2 = annavad söehappegaasi CO_2, kusjuures tekib veel 97,2 kalorit soojust. 1 kal. on soojushulk, mida on tarvis, et 1 gramm vett teha soojemaks 1°C võrra, s. o. tõsta tema temperatuuri 14,5°C-lt 15,5°C-le.

Märkus: Elementide märkidest näitab parempoolne alumine numbriline indeks, mitu vastavat aatomit on vaja võtta teatava ühendi saamiseks. Kui elemendi märgi all numbrit ei ole, siis on tegemist ühe aatomiga.

Veel paar näidet lõhkeainete plahvatuse puhul toimuvatest keemilistest reaktsioonidest: 2 g H_2 (vesinik) + 16 g O_2 (hapnik) = 18 g H_2O vett + 57,6 kal. 32 g S (väävel) + 32 g O_2 = 64 g SO_2 (väävlishapend) + 71 kal. jne.

Elemendid jaguvad kahte rühma: metallid, nagu: Al, Pb, Ca, Fe, K, Cu, Mg, Mn, Na, Hg, Zn, ja metalloidid, nagu: Cl, F, J, C, P, O, S, Si, N, H. Metallide ühinemisest hapnikuga tekivad oksüüdid (Al_2O_3, PbO, CaO, Fe_2O_3, Na_2O, K_2O jne.), mida nimetatakse ka alusteks, milledel võivad olla ka leelise omadused peale ühinemist veega, nagu $K_2O + H_2O = 2\,KHO$ (kaali leeline); $Na_2O + H_2O = 2\,NaOH$ (naatri leeline). Metalloidide ühinemisest hapnikuga võivad samuti tekkida oksüüdid, nagu Cl_2O, F_2O, J_2O, Co_2, P_2O_3, P_2O_5, SiO_2, mida nimetatakse ka anhüdriididekes; nende ühinemisest veega saadakse happed, nagu $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$ (väävelhape), $3\,NO_2 + H_2O = 2\,HNO_3$ (lämmastikhape) + NO jne.

Leeline, sattudes kokku happega, annab soola ja vee, nagu $2\ NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4$ (väävelhape-naatriumsool) $+ 2\ H_2O$ (vesi). Sooli nimetatakse ka neutraalseteks, kui nad ei oma happe ega leelise omadusi. Keemilised ühendid, milledest osa võtab süsinik (C), nimetatakse orgaanilisteks (peale CO_2), nagu: tselluloos ($C_6H_{10}O_5$), glütseriin $C_3H_5(OH)_3$, bensool (C_6H_6), metaan CH_4 jne.

Lõhkeained peavad oma iseloomult olema neutraalsed ehk nõrgad happelised ühendid, et vältida lagunemisprotsesse ladudes seismisel. Kuid seejuures peavad lõhkeained vastava välistõuke mõjutusel kergesti lagunema stabiilseteks ühenditeks, misjuures tekivad suured kogused gaasi kõrge temperatuuriga.

Lõhkeained on peamiselt orgaanilised ained, nagu: nitroglütseriin $C_3H_5\ (ONO_2)_3$, dinitrokloorhüdriin $C_3H_5Cl\ (ONO_2)_2$, püroksiliin $C_{24}H_{29}O_9\ (ONO_2)_{11}$, kolloodiumvill $C_{24}H_{31}O_{11}\ (ONO_2)_9$, dinitroglükool $C_2H_4\ (ONO_2)_2$, trinitrotoluool ehk trotüül $C_6H_2\ (CH_3)\ (NO_2)_3$, tetranitrometüülaniliin ehk tetrüül $C_7H_5N\ (NO_2)_4$, pikriinhape $C_6H_2\ (OH)\ (NO_2)_3$; ka ammonsalpeeter NH_4NO_3 on orgaanilise iseloomuga lõhkeaine. Igas lõhkeaines peab olema hapnik O_2 kas segus põlevate ainetega või keemilise ühendina. Esimesse liiki kuulub näiteks lõhkehapnik, mis moodustab põleva aine osakeste segu vedela hapnikuga. Teise liiki kuuluvad keemilised ühendid, kus on olemas hapnik ühendis endas, mida siis kas täielikult või enamasti jätkub, et kõiki ühendis olevaid põlevaid elemente ära põletada. Niisugusteks lõhkeaineteks osutuvad ülalloetletud orgaanilise päritoluga lõhkeained ja ammonsalpeeter (NH_4NO_3). Püssirohu-sarnastes lõhkeainetes on hapnik keemilise ühendina teiste ainete segus. Maa-alustel töödel tarvitatavalt lõhkeainelt nõutakse, et temas peab olema peale lõhkeaine plahvatamist hapniku ülejääk.

2. Lõhkeainete plahvatamise viisid ja plahvatuse tekitajad.

Osa lõhkeaineid plahvatab, kui neid süüdatakse põlema; näiteks plahvatab püssirohi 315°C ja paukuv elavhõbe 186°C juures. On aga lõhkeaineid, nagu dünamiit, mis kuumendatud kuni 200—210° hakkab küll põlema, kuid ilma plahvatust tekitamata. Et viimasel juhul lõhkeainet lõhkema sundida, on vaja põlemisest tekkinud gaaside survet suurendada, mida saavutatakse lõhkekapsliga süütamisel. Lõhkeainete süttimistemperatuur on võrdlemisi madal (160—360°C) ja seda ei pea mitte vahetama lõhkeainete plahvatustemperatuuriga, mis tekib peale plahvatamist ja on enamalt-jaolt üle 2000°C. Toome näiteks mõnede tähtsamate lõhke-

ainete süttimis- ja plahvatustemperatuurid ühes plahvatuse tekitaja märkimisega.

Lõhkeaine nimetus	Süütetemperatuur °C	Plahvatustemperatuur	Mille abil lõhkeb
Püroksiliin	195—205	3270	lõhkekapsli
Nitroglütseriin	205—215	4250	"
Tetrüül	250—260	3530	"
Trotüül	üle 300	3150	"
Želatiindünamiit	180—190	3740	"
Ammonsalpeeter	ei sütti	1230	"
Püssirohi	üle 310	2380	süütamisel
Tina-aziid	325—340	3450	"
Tina trinitroresortsinaat	270—280	2730	"
Paukuv elavhõbe	160—165	3530—4460	"
Lõhkeželatiin	205—215	4361	lõhkekapsli
Oksiilikviit	310	3540—5500	süütamisel või lõhkekapsliga

Süütetemperatuuri saab kindlaks teha otsese määramise teel, plahvatustemperatuurid aga saadakse arvutamise teel vastavate valemite abil.

Suur plahvatustemperatuur on tähtis tegur lõhkeaine võime moodustamisel ja seda peab säilitama manneraine lõhkumisel, kui ei tule lõhkuda plahvatavates gaasides ja tolmus; vastasel korral tuleb leegi temperatuuri jahutada, lisades lõhkeainele keedusoola või täites auke peale laengu veel jäätoppidega või veepadrunitega ning võttes tarvitusele veel muid abinõusid leegi jahutamiseks, nagu vee- ja mittepõleva tolmu loori tekitamise või streki seinte niisutamise ja aluspinna katmise teel mittepõleva tolmuga.

Lõhkeaine plahvatamise levimine sünnib kahel viisil — kas 1) aeglaselt põlemise ühelt kohalt teise edasikandmise teel leegiga, nn. deflagratsiooni teel, nagu see sünnib püssirohtude juures mõne meetri või saja meetri kiirusega sekundis, või 2) momentaansel plahvatuse levimisel lainetaoliselt, nagu see sünnib kõla edasiandmisel üksikute osakeste võnkumapanemisega nn. detonatsiooni teel kiirusega 2000—7700 m/sekundis. Lõhkeaineid, mis plahvatamist edasi annavad viimasel viisil, nimetatakse brisantseiks, nagu: ammonsalpeetrit sisaldavad lõhkeained detonatsiooni kiirusega 2000—3900 m/sek., dünamiit — 6000 m/sek., lõhkeželatiin 7700 jne. Mida kiiremalt lõhkeaine detoneerub, seda brisantsemaks teda peetakse ja ta purustamisvõime on ka seda tugevam. Detonatsiooni kiirust on võimalik Dautriche'i järgi katseliselt määrata.

3. Lõhkeainete lagunemisproduktid pärast plahvatust ehk järelgaasid.

Lõhkeained laguvad peale lõhkemist gaasideks ja tahketeks jääkideks. Mida rohkem gaase on lõhkeproduktides, seda parem või tugevam on lõhkeaine ja seda vähem tekib lõhkemisel tahma. Lõhkeaines peab olema küllaldaselt hapnikku selleks, et iga süsinikuaatomi põletada söehappegaasiks (CO_2), vesinikuaatomi veeks (H_2O) ning metalle ja metalloide — vastavateks metall- või metalloidoksüüdideks, nagu K_2O, Na_2O, SO_2 jne. Plahvatusgaasides võivad aga ilmuda ka lämmastiku-oksüüdid (N_2O, NO, NO_2), mis on mürgised ja sissehingamisel tekitavad kopsus kibeda ja valusa tunde, rikkudes kopsu kudet. Sellepärast peaks lämmastikuaatomid järelgaasides jääma muutuseta. Süsinik (C) lõhkeaines ei peaks andma (CO) vingugaasiühendit, mis on väga mürgine ja rikub verd, hävitades selles olevat hapnikku, kuna see ühinedes vingugaasiga (CO + O) annaks CO_2 (söehappegaasi) veres vajaoleva hapniku arvel.

Kahjuks ei vasta kõikide lõhkeainete koostised ülaltoodud nõuetele, mispärast tekivad järelgaasides või lõhkeproduktides ebasoovitavad ollused, näiteks:

a) 75% kaalisalpeetri sisaldusega püssirohi, lagunedes valemi järgi

$$20\ KNO_3 + 30\ C + 10\ S = \underbrace{6\ K_2CO_3 + K_2SO_4 + 3\ K_2S_3}_{\text{tahke jääk}} + \underbrace{14\ CO_2 + 10\ CO + 10\ N_2}_{\text{järelgaasid}}$$

annab 1 kg lõhkeaine kohta 296 liitrit gaasi, milles 10 liitrit vingugaasi ja 564 grammi tahket jääki, mis tekitab kaevanduse õhus paksu suitsu, mille selginemine võtab palju aega. Paks suits ja vingugaas on lubamatu nähe maa-alustes töödes, mispärast seal ei peaks püssirohtu tarvitatama.

b) Püroksiliin, kolloodiumvill ei anna küll tahket jääki, kuid neis puudub hapnikku, et kõike ühendis olevat C (süsinikku) ära põletada söehappegaasiks, mispärast järelgaasides on tegemist vingugaasiga ja vesinikuga, mis võivad veel kaevanduse õhus edasi põleda või plahvatada.

c) Ammonsalpeeter ja nitroglütseriin sisaldavad eneses küllaldaselt hapnikku, et anda soovitavaid järelgaase, kusjuures hapnikku ülegi jääb, nagu näitavad järgmised valemid:

Nitroglütseriin: $4\ C_3H_5(ONO_2)_3 = 12\ CO_2 + 10\ H_2O + 6\ NO_2 + O_2$

Ammonsalpeeter: $2\,NH_4NO_3 = 4\,H_2O + 2\,N_2 + O_2$

Kõigest öeldust selgub, et lõhkeained peavad sisaldama võimalikult vähe niisuguseid ühendeid, mis annavad tahket jääki ja et nendes oleks hapnik alati ülejäägis, mis võimaldaks kõige süsiniku ja vesiniku ärapõlemist.

4. Laengute põlemine ehk väljakeemine.

Võib juhtuda, et mõned laengud selle asemel et plahvatada, hakkavad põlema ehk „välja keema", paisates laiali sädemeid ja eritades punakollast paksu suitsu. Selliseid nähteid tekitavad: ammonsalpeeter ja kloraatlõhkeained. Lõhkeainete põlemine puuraugus on palju aeglasem protsess kui plahvatamine, mispärast ka keemilised protsessid lõhkeaine lagumisel on teissugused kui normaalsel plahvatamisel: siin tekivad nimelt lämmastik-oksüüdid NO, NO_2, N_2O, sest lämmastikuühendid, mis olid lõhkeaines ühenduses hapnikuga, ei jõua kõike hapnikku eraldada selleks, et normaalsest lõhkemisprotsessist osa võtta, mispärast tekivad vingugaasid ja jääb osa vesinikku põlemata. Kõik need nähted aga soodustavad laengu põlemise kohal mürgiste järelgaaside tekkimist, rääkimata majanduslikust kahjust, mida tekitab väljakeev ehk põlev lõhkeaine puuraugus. Kuna on tegemist suurte hulkade mürgiste ainete kogunemisega põleva laengu lähemas ümbruses, siis ei või seal enne töid jätkata, kuni pole põhjalikult kogu ümbrus tuulutatud, sest vastasel korral võib esineda isegi surmajuhtumeid mürgitamisest. Laengute põlemist või väljakeemist puuraukudes soodustavad järgmised asjaolud:

a) liiga nõrkade lõhkekapslite tarvitamine,

b) niiskete lõhkekapslite tarvitamine,

c) süütamine ilma kapsliteta,

d) halvasti löökpadrunisse paigutatud lõhkekapsel ühes süütenööriga, milletõttu lõhkeaine süttib enne kapsli lõhkemist,

e) külmunud või niiske lõhkeaine tarvitamine,

f) puurjahu kogunemine üksikute padrunite vahele või väga suured vahed padrunite vahel tühja ruumiga lõhkumisel,

g) ammonsalpeeter-lõhkeainete ümber paksu (niiskuse vältimiseks) paberi jätmine,

h) liiga tihedalt topitud ammonsalpeeter-lõhkeaine laeng.

Üks ja sama laeng võib osaliselt välja põleda ja osaliselt lõhkeda, ilma et seda paugu järgi otsekohe aru võiks saada, kuid

mida ära tuntakse hingamisorganite ärritamisest. Töölisi peab hoitama minemast kohtadesse, kus on tunda hingamisorganeid ärritavat suitsu.

Laengute väljapõlemist ei pea vahetama järelleegitsemisega, mis võib tekkida, kui õhku heljuma jäänud põlevate ainete osakesed laengute lõhkemise ajal teiskordselt juhuslikult või automaatselt süttivad, nagu seda juhtub lõhkehapniku ja kloraatlõhkeainete tarvitamisel.

5. Gaasisurve ja lõhkeainete tihedus.

Gaasi mahu, surve ja temperatuuri suuruste vahel on olemas Gay-Lussac-Mariotte'i seaduse alusel järgmine side, mida iseloomustab valem $pv = p_0v_0 \left(1+\frac{1}{273}t\right)$. Selles valemis tähendab p — gaasi survet, v — gaasi mahtu liitrites, p_0 — gaasi survet 0°C juures, v_0 — 1 kg lõhkeaine gaasi mahtu O°C temperatuuril; $\frac{1}{273}$ on gaasi paisumiskoefitsient, see on, kuivõrd suureneb gaasi maht püsiva rõhu puhul iga kraadi temperatuuri tõusuga, ja t — gaasi temperatuur. Valemi võib ümber kirjutada, viies murru ühise nimetaja alla:

$pv = p_0v_0 \frac{273+t}{273}$; 273+t tähistatakse T-tähega ja on gaasi absoluutne temperatuur, seega 273+t=T.

Kui vaatleme laengut puuraugus, siis on p_0 laengu surve ja v_0 — laengu maht enne selle lõhkemist 0° temperatuuril, p — gaaside surve ja v — gaaside maht pärast laengu lõhkemist. Suurus $\frac{p_0v_0}{273}$ on antud gaasi hulgal muutumatu ja sellepärast võib seda märkida püsiva arvuga R. Seega saadakse valemile uus kuju pv=RT, mille abil võib arvutada puuraugus tekkinud gaaside surve = $p = \frac{RT}{v}$, kui on teada gaaside maht v ja plahvatustemperatuur T; v on laengu ruum või maht puuraugus, mida võib arvutada laengu suuruse järgi.

Lõhkeaine plahvatustemperatuuri võib arvutada valemi $Q=GC \cdot (t_2-t)$ alusel, milles Q on lõhkeaine põlemise soojushulk, mida võib määrata kalorimeetris, C on lõhkeaine erisoojus, s. o. soojushulk, mida vaja, et tõsta gaaside temperatuuri 1°C võrra, G —

lõhkeaine kaal kg-des, t_2 — plahvatustemperatuur C° kraadides, t — lõhkeaine algtemperatuur enne plahvatust või põlemist. Lõhketemperatuuri absoluutne väärtus on seega $T=273+t_2$. Plahvatustemperatuurid on toodud eespool eri tabelis (lk. 10). Kuid antud valemi abil lõhkeaine surve arvutamine ei ole päris täpne, kuna lõhkeaines olevad tahked osakesed ja lõhkeaine gaaside osakesed (molekulid) gaaside paisumisprotsessist osa ei võta ja nad sellepärast lõhkeaine mahust tuleks maha arvata, seda arvu, mida lõhkeaine mahust tuleks maha arvata, nimetatakse lõhkeaine kovoluumeniks ja märgitakse kreeka tähega α (alfa). Seega muutuks parandatud lõhkesurve valem järgmiselt:

$$p = \frac{RT}{v-\alpha};$$ pannes R asemele $\frac{P_0V_0}{273}$ saame

$$p = \frac{P_0V_0}{273} \cdot \frac{T}{V-\alpha};$$ nimetades $\frac{P_0V_0T}{273} = f$ lõhkeaine erisurveks, märkides selle tähega f, saame valemi $p = f \cdot \frac{1}{V-\alpha}$

Kuna V_0 tähendab 1 kg lõhkeaine mahtu enne lõhkemist 0°C juures, siis V tähendab 1 kg lõhkeaine mahtu lõhkemise momendil, kuid enne lõhkegaaside paisumist. Kui on tegemist lõhkeainega (kaalu suurusega G), mis asub silindritaolises ruumis (puuraugus), mille maht S liitrit, siis $\frac{S}{G} = V$ ja $p = f \frac{1}{V-\alpha} = f \cdot$

$\cdot \frac{1}{\frac{S}{G}-\alpha} = f \frac{G}{S-\alpha G}$. Jagades nüüd lugeja ja nimetaja „S"-ga, saame:

$p = f \frac{\frac{G}{S}}{1-\alpha\frac{G}{S}}$. Kui lõhkeaine tiheduse märgime kreeka tähega Δ (suur delta), siis $\Delta = \frac{G \text{ (lõhkeaine kaal kg-des)}}{S \text{ (lõhkeaine maht liitrites)}} =$ lõhkeaine tihedusega. Seega saame lõppkujul lõhkeaine surve valemi

$$p = f \cdot \frac{\frac{G}{S}}{1-\alpha\frac{G}{S}} = f \frac{\Delta}{1-\alpha\Delta}$$

Lõhkeainete erisurve at-des ehk kg-des ühe sm^2 peale on näha kg/liitrites järgmisest tabelist:

Püssirohi	2540
Lõhkeželatiin	12020
Dünamiit 1	8910
Ammonželatiin	9170
Ammoniit 1	9400
Kloratiit 3	4980
Wetter-detoniit	5300

Kui lõhkeaine lõhkeb suuremas ruumis, siis võib selle surve kergesti arvutada valemi $p = f \frac{G}{S - \alpha G}$ ehk lihtsamalt $p = f \frac{G}{S}$ järgi. Kui suur oleks näiteks tekkiv surve P, kui lõhkeks 8 m^3 suuruses laoruumis 200 kg ammoniiti nr. 1? $P = 9400 \cdot \frac{200 \text{ kg}}{8000 \text{ l}} =$ 235 at ehk kg/cm^2. Nagu näha, on lõhkeaine tihedusel suur tähtsus, sest lõhkeaine surve kasvab peaaegu proportsionaalselt tema tihedusega.

Üksikute lõhkeainete tihedused ja nende vastav kovoluumen (tahked järeljäägid) on näha järgmisest tabelist:

Lõhkeaine nimetus:	Lõhkeaine tihedus:	Kovoluumen:
Must püssirohi	1,2	0,519
Lõhkeželatiin	1,63	0,708
Dünamiit nr. 1	1,53	0,673
Ammonželatiin nr. 1	1,53	0,803
Ammoniit 1	1,1	0,906
Kloratiit 3	1,6	0,591
Wetter-Nobeliit	1,7	0,688

Plahvatustemperatuuri saab arvutada ka valemi $f = \frac{P_0 V_0 T}{273}$ kaudu, kust $T = \frac{273 f}{P_0 V_0} \cdot f$ võib leida katsetega Sarrau pommis; $P_0 V_0$ on teada, seega teada ka t (plahvatustemperatuur) = T — 273.

6. Lõhkejõud ja lõhkemise mõju.

Lõhkemisel tekib soojus lõhkeaine lagunemisest. See soojus muutub lõhketööks kg/meetrites, mida sooritab lõhkeaine manneraine purustamisel ja selle tükkide laialipaiskamisel.

Teoreetiliselt võib seda tööd arvutada, kui lõhkeaine plahvatamissoojust kilogramm/kalorites korrutada mehaanilise soojuse

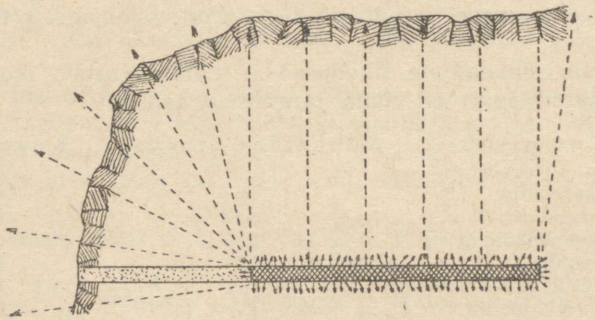
ekvivalendiga 425. Lõhkesoojust kg-kal., mis on ka võrdne põlemise soojusega, võib määrata kalorimeetris. Kuid kõike soojust ei saa kasulikult ära kasutada. Nii kulub lõhkemisel vabanenud tööhulk:

a) soojendamiseks laengu lähemas ümbruses, sest nii õhk lõhkemise kohal kui ka manneraine ise seejuures kuumeneb;

b) manneraine purustamiseks lõhkeaine lähemas ümbruses detonatsiooni või dünaamilise surve mõjul;

c) suurte mannerainetükkide lahtilõhkumiseks ja nende laialipaiskamiseks vastavalt puuraugu etteandega tingitud olukorrale ja lõhkeaine lõhke- või staatilisele survele. See töö ongi õieti kasulik lõhketöö, mis on umbes $^1/_6$ kogu lõhkemisel vabanenud tööhulgast.

P u u r a u g u e t t e a n d e k s nimetatakse kõige lühemat kaugust laengu keskkohast manneraine vabale pinnale.



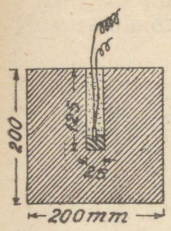
Joonis 1. Lõhkesurve suunad puuraugus. Ülal ja vasakul vabasse mannerainesse on vasakust seinast puuritud auk täidetud lõhkeainega (võrkkriipsutus) ja topendiga (täpikesed).

Joonis 1 illustreerib eelöeldut: väikesed noolekesed näitavad puuraugu seinal detonatsiooni survest tekkinud manneraine purustamise piirkonda, pikad nooled näitavad lõhkesurvest tekitatud mõjumispiirkonda manneraines selle purustamisel ja laialipaiskamisel.

Lõhketöö on lõhkeaine l õ h k e j õ u tagajärg ja selle töö tagajärjed avaldavad lõhutavale esemele teatavat l õ h k e m õ j u.

Lõhkemõju mõõtmiseks või sellest kujutluse saamiseks tarvitatakse teatava lõhkeaine lõhkamist Trauzli seatinaplokis. Selleks

võetakse silindritaoline seatinaplokk läbimõõduga **ja kõrgusega** 200 mm (vaata joonis 2). Selle keskel on silindriline tühi ruum, mille läbimõõt on 25 mm ja sügavus 125 mm. Sinna paigutatakse 10 grammi katsetatavat lõhkeainet (püssirohtu võetakse 25 g), topiks on liiv. Süütamine toimub elektrisütiku abil. Peale lõhkeaine lõhkemist tekib tinaplokis silindrilise tühja ruumi deformatsioon, kusjuures plokk muutub pirnikujuliseks, s. o. alt laiemaks, ülalt kitsamaks. Tühja ruumi suurenemist mõõdetakse veehulgaga, mida valatakse suurenenud õõnsusse tinaplokis. Vee hulga vahe pärast ja enne lõhkemist kantsentimeetrites annab kujutluse proovitava lõhkeaine tugevusest.



Joonis 2. Trauzli seatinaploki läbilõige.

Püssirohi ei suurenda peaaegu sugugi mainitud silindrilist õõnsust, kuid mida brisantsem, mida rohkem purustavama ja kiiremalt detoneeruva iseloomuga on lõhkeaine, seda suurem on väljasurutud pirnitaolise õõnsuse ruum tinaplokis.

Brisantsuse väärtuseks (L) nimetatakse Kast'i järgi arvu, mis on saadud järgmisest valemist:

$$L = \frac{\Delta \text{ (lõhkeaine tihedus) kg/l} \cdot f \text{ (lõhkeaine erisurve) at} \cdot D \text{ (detonatsiooni kiirus m/s)}}{10^6}$$

Kõike eelöeldut illustreerib järgmine tabel:

Lõhkeaine nimetus	Lõhkeaine tihedus Δ	Lõhkeaine 1 kg põlemise soojus kg-kal.	Detonatsiooni kiirus m/s D	Lõhkeaine 1 kg teoreetiline töö m/kg	Brisantsuse väärtus L	Trauzli ploki õõnsuse suurenemine sm³	Erisurve f $\frac{kg}{sm^2}$
Püssirohi	1,2	713	400	303 000	1,22	—	2540
Dünamiit nr. 1	1,53	1329	6500	565 000	88,6	397	8910
Lõhkeželatiin	1,63	1555	7800	661 000	153	520	12020
Ammoniit nr. 1	1,1	960	4850	410 000	50,1	380	9400
Wetter-Nobeliit B	1,7	568	5650	241 000	35,4	181	3690

Tabelist on näha, et mida väiksem on brisantsuse väärtus, seda väiksem on ka Trauzli ploki õõnsuse suurenemine lõhkemise tagajärjel.

II. Eriosa.

1. Lõhkeainete liigitus.

Mäetööstusele tähtsamad lõhkeained jaguvad järgmistesse rühmadesse:

A. Püssirohud:
   I Must püssirohi,
   II Lõhkesalpeeter.
B. Brisantsed lõhkeained:
   I Kivilõhkeained:
      a) dünamiidid,
      b) ammonsalpeeter-lõhkeained,
      c) kloraatlõhkeained,
      d) želatiinid.
   II Ohutud lõhkeained:
      a) ammonsalpeeter-lõhkeained,
      b) poolželatiin-lõhkeained,
      c) želatiin-lõhkeained.
C. Teised lõhkumisabinõud:
      a) lõhkehapnik,
      b) kardokspadrunid,
      c) hüdrokspadrunid.

A. Püssirohurühm.

I. Must püssirohi.

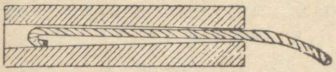
Püssirohi (must püssirohi) on tuntud aastasadasid peamiselt kolme aine seguna:

puusütt	5—15%
väävlit	8—19%
kaalisalpeetrit	63—77%

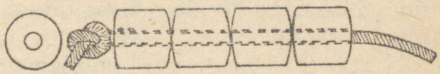
Puusüsi on segus põleva ainena, kaalisalpeeter — hapnikut andva ainena, ja väävel — süütamise kergendamiseks, põlemise kiirendamiseks ning ühetaoliseks muutmiseks.

Kõik need ained tehakse üksikult pulbriks ja siis kõik koos läbisegatud ühetaoliseks massiks, lisatakse vett ja pressitakse kokku. Kui tarvis tarvitada püssirohtu pulbrina, siis purustatakse koogiks kokkusurutud püssirohi väikesteks tükkideks, mille suurus on 1—10 mm; kui tahetakse püssirohule anda nägusamat ilmet, siis poleeritakse püssirohuterakesed veel keerlevas puutrumlis grafiidiga.

Mäetööstuses tarvitatakse püssirohtu kokkupressitud silindrite näol, mille keskel on süütamise hõlbustamiseks kanalitaoline õõnsus, millest süütenöör läbi läheb (vt. joon. 3, 4). Ka tarvita-



Joonis 3.



Joonis 4.

Kokkupressitud püssirohu-silindrid süütenööri otsas.

takse püssirohtu mäetööstuses valmispadrunitena, mis on pakitud p r u u n i paberisse.

Püssirohud erinevad üksteisest peamiselt selle järgi, kui palju on neis kaalisalpeetrit. Nii on tuntud püssirohud 75-, 70- ja 65%-lised; mida rohkem on püssirohus kaalisalpeetrit, seda paremaks ja kallimaks teda peetakse. Teised osad on püssirohus umbes võrdsetes osades. Püssirohtu võib tarvitada ainult maapealsetes lõhketöödes, kus on tarvis saada kivi suurte tükkidena, sest püssirohul on peamiselt tõukav mõju. Pealegi sisaldavad püssirohu järelgaasid palju vingugaasi, tahma ja suitsu, mis raskendab tema tarvitamist maa-alustes töödes. Püssirohu lagunemisprotsessi on selgitatud juba eelpool lõhkeainete üldosas. Kuna püssirohul on tugev ja palav leek ja ta lõhkemine on aeglane, siis ei või tema tarvitamine kõne allagi tulla maa-alustes kaevandustes, kus on olemas plahvatavaid gaase ja söetolmu.

II. L õ h k e s a l p e e t e r.

Lõhkesalpeeter on seesama püssirohi, kus kaalisalpeeter on osaliselt või täiesti asendatud naatri- või tsiilisalpeetriga, mis on odavam kui kaalisalpeeter. Kuid naatrisalpeeter on hügroskoopne ja sellepärast ei või teda tarvitusele võtta niiskeis töökohtades. Lõhkesalpeetrit tarvitatakse rohkesti kaalisoolakaevandustes, kus töökohad on kuivad. Eesti oludes võiks seda tarvitada ainult maapealsetes kuivades töökohtades.

Sellesse rühma kuulub NSV Liidus:

miinipüssirohi, sisaldusega: kaalisalpeetrit 75%, väävlit 10%, sütt 15%.

B. Brisantsed lõhkeained.

I. Kivilõhkeained.

Selle nime all, mis tuletatud saksa nimest „Gesteinsprengstoffe", mõistetakse kõiki lõhkeaineid, mis pole määratud plahvatavaid gaase sisaldavate kaevanduste jaoks ega kuulu püssirohu rühma.

a) Dünamiidid.

Dünamiitide rühmas on tähtsaim lõhkeaine, mis võtab osa lõhkeainete segu moodustamisest, nitroglütseriin $C_3H_5(ONO_2)_3$, mida saadakse, kui glütseriini mõjutada salpeetri- ja väävelhappe seguga, järgmise valemi järgi:

$$C_3H_5(OH)_3 + 3HNO_3 = C_3H_5(ONO_2)_3 + 3H_2O.$$

Väävelhape on ainult selleks, et siduda keemiliselt reaktsioonis tekkinud vett, sest väävelhape liitub ahnelt veega. Nitroglütseriin on harilikus temperatuuris lõhnata õline vedelik kollakat värvust. Maitse on tal magus, kuid ta mõjub kõva mürgina, sest pea hakkab juba valutama, kui nitroglütseriin ainult nahaga kokku puutub. Kõige kergemini tungib nitroglütseriin inimese kehasse ilanaha kaudu. Kuid töölised, kes iga päev selle ainega tegemist teevad, harjuvad sellega. Nitroglütseriin on vees peaaegu lahustumatu, kuid lahustub alkoholis, eetris ja bensiinis, 217°C juures hakkab põlema, +11°C juures jäätuma, temperatuuri kõrgenedes aga sulab jälle aeglaselt. Nitroglütseriini erikaal on 1,6.

Nitroglütseriin on väga tundeline tõugete ja löökide vastu — võib seejuures kergesti plahvatada. Näiteks 2 kg raskus, kukkudes 4 sm kõrguselt nitroglütseriini peale, viib selle plahvatamisele.

Nitroglütseriin plahvatamisel laguneb järgmiselt:

$$4C_3H_5N_3O_9 = 12CO_2 + 10H_2O + 6N_2 + O_2.$$

Niisiis tekib peale selle lõhkeaine lagunemist isegi hapniku ülejääk, mis on väga soovitav, ja seejuures on kõik lagunemisproduktid gaasid, ilma tahkete jääkideta. Nitroglütseriini kui vedelat ainet ei tohi otseselt lõhketöödeks kasutada, vaid segades teiste ainetega, nii et seda vedelal kujul näha ei oleks. Kui nitroglütseriini sisaldaval lõhkeainel peaks padrunit ümbritseval paberil ilmuma rasvased plekid, siis tuleb selline padrun kõrvaldada ja hävitada.

1627 kuni 1866. a. kasutati mäetöödel ainult püssirohtu, sest viimasel aastal leiutas Alfred Nobel gurdünamiidi, mis võimaldas nitroglütseriini kui vedelat lõhkeainet kasutada tükkislõhkeainena.

Nimelt leidis Nobel, et kiiselgur ehk diatomiit, mis koosneb mikroskoopilistest ränivetikate rakukestest, on võimeline endasse imema vedelat nitroglütseriini 3 korda rohkem, kui ta ise kaalub. Seega moodustati lõhkeaine gurdünamiit, mis koosneb 25% kiiselgurist ehk diatomiidist ja 75% nitroglütseriinist. See oli suur samm edasi lõhketööde arenemises, kuid gurdünamiidil oli puuduseks, et ta sisaldas 25% inertainet, mis lõhkumisjõudu ei tõstnud, ja seepärast oli püüd kiiselguri või diatomiiti asendada ainega, mis ise oleks ka aktiivne lõhkeaine. See õnnestus Nobelil 1878. aastal, millal ta leiutas lõhkeželatiini, mis koosneb nitroglütseriinist ja kolloodiumvillast. Viimane on üks liik püroksiliini, mis on ise ka lõhkeaine.

Püroksiliin tekib, kui mõjutada puuvilla lämmastikhappega, järgmiselt:

$$C_{24}H_{40}O_{20}+nHNO_3=C_{24}H_{40-n}O_{20}(NO_2)_n+nH_2O,$$

kusjuures n võib asendada arvudega 1—11.

Püroksiliin sarnaneb välimuselt puuvillaga, kuid on vähe karedam ja hapram ja erikaalult raskem. Püroksiliini võib kokku pressida tihedaks lõhkeainekehaks, kuid ta on hariliku lõhketöö jaoks liiga kallis. Tõugete ja löökide vastu on püroksiliin väga tundlik. Süütetemperatuur on 195—205°C. Kolloodiumvill on püroksiliini liik, kus n=8—9. See on püroksiliin, kus on olemas 8—9 nitrorühma. Nitroglütseriin, ühinedes kolloodiumvillaga, moodustab sülditaolise massi, kust nitroglütseriin õlina enam välja ei voola. Lõhkeželatiin koosneb 92—94% nitroglütseriinist ja 6—8% kolloodiumvillast, mis moodustab läbipaistva vintske sülditaolise kollakaspruuni massi ja on üks tugevamaid aktiivalusega dünamiite. Niiskus mõjub lõhkeželatiinisse õige vähe, mis võimaldab teda kasutada lõhkumiseks ka vees. Tõugete, löökide ja hõõrumiste vastu on ta vähetundlik. Ladustamiseks on ta väga kõlblik. Tal on väga suur detonatsioonikiirus (7700 m/sek.), võimsus 661 000 m/kg, brisantsuse väärtus 153 ja tihedus 1,63. Kõigist toodud arvudest selgub, et lõhkeželatiin on üks kõige tugevam lõhkeaine, mis eriti kõlblik kõva ja sitke kivi lõhkumiseks.

Kuid lõhkeželatiinil kui ka teistel dünamiitidel on suureks puuduseks see asjaolu, et nitroglütseriin hakkab kristalliseeruma juba +11°C-l, +8°C-l aga kõveneb juba intensiivselt. Külmumise tõttu kõvenenud nitroglütseriin on aga ohtlik lõhketöödel ja ka majanduslikult ebasoovitav: külmunud dünamiidi padruni väljaulatuvad osad satuvad puurauku paigutamisel suurema hõõrumise ja pinge alla, mis võib põhjustada padruni lõhkemist; külmunud

dünamiit on kardetav ka oma mürgiste järelgaasidega ja võib tekitada isegi laengu väljapõlemist. Ka on külmunud dünamiidil lõhkejõud väiksem, kusjuures isegi mõned padrunid võivad jääda lõhkemata, sattuda väljalõhutud manneraine hunnikusse või jääda lõhkemata puuraugu põhja, põhjustades ohtu töölistele, kes seal läheduses peavad töötama. Külmunud dünamiiti ei tohi lõigata ega murda tema ebastabiilsuse tõttu.

Kõigest öeldust selgub, et külmunud dünamiiti ei tohi lõhketöödel tarvitada. Teda on vaja enne üles soojendada kuni külmumise jälgede kaotamiseni. See võib toimuda kahel viisil:

1) Soojendamise teel soojas ruumis, kus temperatuur on kõrgem kui +11°C. Sellejuures ei tohi lõhkeainet nitroglütseriini sisaldusega hoida kuumemas kohas, kui seda käsi võib välja kannatada. Nii ei tohi seda paigutada ahju, pliidi või kuumaurutorude peale. Hoida tuleb lõhkeainet soojas ruumis nii kaua, kui see täiesti on lahti sulanud või pehmeks läinud, sest kui see ei kesta küllalt kaua, siis võib pealiskord pehmeneda, seespoolne osa aga jääda kõvaks. Seepärast peab lõhkeaine näppude vahel pigistades täiesti läbi pehme olema. Nõutav on, et ruum, kus toimub lõhkeaine ülessoojendamine, ei oleks seestpoolt köetav. Kui maa-alustes ladudes on temperatuur alaliselt üle +11°C, siis võib lõhkeaine ülessoojendamine ära jääda.

2) Lõhkeaine soojendamisel tihedas plekkanumas leiges vees, mille temperatuur on umbes 40°C. Kuid selline külmunud nitroglütseriini sisaldavate padrunite ülessoojendamine ehk -sulatamine on väga tülikas ja mitte küllalt kindel, sest ka kõige hoolsamal käitumisel võivad siiski mõned osad lõhkeaine padruni keskel jääda üles soojendamata, mis võib põhjustada eelpoolkirjeldatud mittesoovitavaid nähteid. Seepärast oleks parem leida niisuguseid lõhkeaineid, mis külmumist ei karda, või mis segus teiste lõhkeainetega teevad teda vähem külmakartvaks. Sellised lõhkeained on dinitrokloorhüdriin $C_3H_5(ONO_2)Cl$, mida saadakse kloreeritud glütseriini nitreerimise teel, ja nitroglükool $C_2H_4(ONO_2)_2$. Dinitrokloorhüdriin ja nitroglükool želatineeruvad väga hästi kolloodiumvillaga. Lisades neid lõhkeaineid umbes 30% nitroglütseriini sisaldavatele lõhkeainetele, saadakse lõhkeained, mis Euroopa talve temperatuurides tegelikult külmumist ei karda. Kuna lõhkeželatiin on umbes üle 20% kallim kui teised nitroglütseriini-sisaldavad lõhkeained, see on nn. dünamiidid, siis püütakse lõhkeželatiini asendada viimastega, kui see väga ei mõjuta lõhketööde tagajärgi. Kõige rohkem on tarvitusel dünamiidid, millede koosseis on näha järgmisest tabelist:

Lõhkeainete koosseisu kuuluvate ainete nimetused	Kaaluprotsente		
	Dünamiidis nr. 1	Dünamiidis nr. 2	Dünamiidis nr. 3
Nitroglütseriini	61—63,5	34—39	16—22
Kolloodiumvilla	1,5—4	0,5—3	0,5—2
Naatrisalpeetrit või kaaliperkloraati	25—29	—	—
Alkaalinitraate või ammonsalpeetrit	—	44—54	50—74
Taimejahu või tahkeid süsivesinikke	6—9	1—6	1—6
Toluooli, naftaliini või diphenilamiini nitroderivaate	—	6—10	2—12
Soodat või sellesarnast ainet	0—2	0—5	10—5
Anorgaanilisi mitteaktiivseid sooli, alkaalikloriidi	—	—	0—12

Kõige tarvitatavam on dünamiit nr. 1, mis seni üldiselt on tuntud ka želatiindünamiidi nime all ja mida Inglismaal nimetatakse geligniidiks. See on leivataigna sarnane mass, mis on vähem sitke kui lõhkeželatiin. Dünamiit nr. 1 kaotab oma jõust, kui ta kauemat aega seisab vee mõju all, sest vesi lahutab salpeetrit, kuid see sünnib nii aeglaselt, et selle tarvitamine niisketes puuraukudes ei kannata. Laengu tihedus on dünamiidil nr. 1 — 1,6.

Dünamiitide rühma kuulub veel želatiindonariit nr. 1, mida varem nimetati ka ammonželatiiniks 1. Selles lõhkeaines esinevad peamiselt dinitrokloorhüdriin, mis teeb seda mittetundlikuks külma vastu, ja ammonsalpeeter, mis teeb lõhkeaine hästi brisantseks. Selle lõhkeaine käitumiskindlus on iseäranis suur võrreldes teiste dünamiitidega. Ta koosseis on järgmine:

28—33% dinitrokloorhüdriini, milles olemas kuni 5% nitroglütseriini
1— 3% kolloodiumvilla
45—50% ammonsalpeetrit
10—15% alkalinitraate ($NaNO_3$, KNO_3)
6—12% toluooli, naftaliini ja diphenilamiini nitroderivaate
0— 2% taimejahu.

Seda lõhkeainet tarvitatakse seal, kus ei ole eriti soodsaid lõhkeaineladusid, mis võiksid lõhkeainet külmumise eest hoida ja kus lõhkeained võivad olla tugevuselt võrdsed nõrgema dünamiidiga.

Sellesse rühma kuuluvad NSV Liidus järgmised lõhkeained, mida võib tarvitada kaevandustes, kus plahvatavaid gaase ega tolmu ei ole:

Jrk. nr.	Lõhkeaine-nimetus	Lõhkeaine koostis	Süütamis-viis
1.	62 % naatrium-dünamiit	Nitroglütseriini 62—63 % Kolloodiumvilla 2,7—3,2 % Naatrisalpeetrit 25—27 % Puujahu 7—8,5 % Niiskust 0—0,5 %	Süütamiseks tarvitatakse igasuguseid lubatud lõhkekapsleid ja elektrisütikuid nr. 8
2.	62 % kaalium-dünamiit	Nitroglütseriini 62—63 % Kolloodiumvilla 2,7—3,2 % Kaalisalpeetrit 25—27 % Puujahu 7,5—8,5 % Niiskust 0—0,5 %	"
3.	62 % nitroglü-kooldünamiit	Nitroglütseriini 43,4—44,1 % Nitroglükooli 18,6—17,9 % Kolloodiumvilla 3,3—3,5 % Kaalisalpeetrit 25—27 % Puujahu 7—8 % Niiskust 0—0,5 %	"

b) Ammonsalpeetrit sisaldavate lõhkeainete rühm.
(Mitteželatiinsed ammonsalpeeter-lõhkeained.)

Ammonsalpeeter NH_4NO_3 on lämmastikhappe ammooniumi sool ja laguneb normaalsel lõhkemisel järgmiselt: $2NH_4NO_3 = 2N_2 + 4H_2O + O_2$. Nagu näha lagunemise valemist, sisaldavad lagunemisproduktid ainult gaase ja veeauru, kusjuures on olemas veel hapniku ülejääk. Seega peaks olema ammonsalpeeter ideaalne lõhkeaine, kuna ta pealegi on veel brisantne, näiteks ammoniit nr. 1 brisantsuse väärtus L=50,1. Kuid et tõsta ammonsalpeetri lõhkumismihust ja -võimet, lisatakse talle umbes 5 kuni 50% põlevaid osi, nagu jahu, naftaliini, vaiku, õli jne. ja ka lämmastikku sisaldavaid ühendeid, nagu toluooli, naftaliini, diphenilamiini nitroderivaate, mis sisaldavad ka hapnikku, kuna see on tarviline põlemise või plahvatusprotsessi läbiviimiseks. Eriti lõhkevõime tõstmiseks lisatakse veel ammoniitidele nr. 1, 3, 6 nitroglütseriini 3—4% ja ammoniidile nr. 5 — alumiiniumi 2—12%. Ammonsalpeeter-lõhkeained on küllalt brisantsed, kuid oma lõhkevõimelt jäävad nad želatiindonariidist maha ja nende laadimise tihedus on 0,8—1.

Ammonsalpeeter-lõhkeainetel on järgmised head omadused:

1. nende järelgaasid on puhtad ja tervisele ohutud, kui plahvatus toimub normaalselt; pealegi selguvad nad ruttu peale lõhkumist, kuna tekkinud veeaur sadestub kiirelt, nii et võib varsti peale lõhkumist minna töökohta;

2. nad on tõugete ja löökide vastu vähetundlikud ja raudteel võib neid saata harilike tükisaadetistena;

3. tullevisatult põleb ammonsalpeeter väga visalt ja tema sattumine mittelõhkenud osadena väljalõhutud hunnikusse ei tekita halbusi, kui nad sealt peaks sattuma tulisesse ahju või tööriistade löökide alla, kuid tingimusel, et nad ei sisalda eneses lõhkekapslit;

4. ammonsalpeeter ei karda külma ja teda võib tarvitada isegi kõige suuremas külmas.

Kuid ammonsalpeeter-lõhkeainetel on ka oma puudusi:

1. ammonsalpeeter-lõhkeaine (ammoniit, astraliit, defensiit jne.) on väga hügroskoopne, on niiskust külgetõmbav, kusjuures ta lõhkevõime tunduvalt väheneb ja ta muutub kõvaks, mis raskendab lõhkekapsli sissepanemist löökpadruni valmistamisel. Et vältida padrunite niiskumist, pakitakse nad mitmekordselt paberisse, kusjuures väline paber on harilikult parafineeritud. Mainitud põhjusel ei või ammonsalpeetrit laos üldse kaua hoida.

2. Ammonsalpeeter-lõhkeaine on väga ebatundlik ja tarvitab plahvatuse põhjustamiseks kõige tugevamat lõhkekapslit, mis aga on kallimad kui teised kapslid. Kuid sellele vaatamata ei lõhke sagedasti kõik padrunid puuraugus ja kui see ka sünnib, siis võib see olla nii nõrk, et ei teki täielist plahvatust, vaid puudulik, kusjuures tekivad lämmastikoksüüde sisaldavad gaasid (NO, N_2O, NO_2), mis on mürgised ja seega töölistele väga kardetavad, kuna nende sissehingamise järelduseks võib olla isegi surm. Et mainitud puudust pehmendada, võetakse üks kaitsev kest enne puurauku paigutamist padruni ümbert ära ja samuti kõrvaldatakse paber padruni otstest, nii et võimalikult ühe padruni lõhkeaine teise padruni omaga otsekohe kokku puutuks. Ka peab puurjahu puuraugust enne selle laadimist hästi välja puhastatama, sest vastasel korral plahvatamine või lõhkemine ei kandu üle teistele padrunitele. Kuid augu täiesti puhtaks puhastamine puurjahust võtab palju aega, mispärast on ka seletatavad sagedased väärnähted ammoniidi tarvitamisel lõhketöödel.

Kuna ammonsalpeeter on ebatundlik, siis ei või puurlaeng olla ka väga suur, sest vastasel korral mõned padrunid augus ei lõhkeks; ka ei või padruni läbimõõt olla sellepärast üle 30 mm.

Tühja ruumiga lõhkumine, see on jättes üksikute padrunite vahele tühja ruumi, millega saadakse kokkuhoidu lõhkeaines, ei või ammonsalpeetri tarvitamisel tulla kõne allagi.

3. Kuna ammonsalpeeter-lõhkeainel on laadimistihedus väike (0,8—1) võrreldes teiste lõhkeainetega (dünamiidil kuni 1,6), siis on tema brisantsuse väärtus ja seega ka lõhkevõime väiksem võrreldes teiste brisantsete lõhkeainetega, sest nagu eelpool selgitatud, tõuseb lõhkejõud peaaegu proportsionaalselt lõhkeaine tihedusega.

Kõigest öeldust nähtub, et ammonsalpeeter-lõhkeainel on oma heade omaduste juures ka suured puudused, mis sagedasti esimesed alla suruvad ja mõtlema panevad, kas ei tuleks põlevkivikaevandustes seda asendada mõne sündsama lõhkeainega, millel takistusi laialdaseks tarvitamiseks vähem; selleks võiksid olla lõhkeained: želatiindonariit ja lõhkehapnik, millest juttu allpool.

NSV Liidus tarvitatakse lõhkumiseks järgmisi ammonsalpeetrilisi lõhkeaineid:

a) maa all kaevandustes, mis ei ole kardetavad plahvatavate gaasi ja tolmu poolest:

Jrk. nr.	Lõhkeaine nimetus	Lõhkeaine koostis	Süütamisviis
1.	Ammoniit nr. 2 T ehk ammoniit nr. 2 võimne	Ammonsalpeetrit 88 ± 1,5 % Trinitrotoluooli 12 ± 1 % Niiskust 0—0,2 %	Igasugused lubatud lõhkekapslid ja elektrisütikud nr. 8
2.	Ammoniit nr. 2 K	Ammonsalpeetrit 88 ± 1,5 % Ksiliili 12 ± 1,0 % Niiskust 0—0,2 %	"
3.	Dinaftaliit teralisel kujul	Ammonsalpeetrit 88 ± 1,5 % Dinitronaftaliini 12 ± 1 % Niiskust 0—0,2 %	"
		b) maa peal:	
4.	Ammoniit nr. 3 T	Ammonsalpeetrit 86—90 % Trotüüli kristalset või niisket 10—14 % Niiskust 0—0,5 %	"
5.	Ammoniit nr. 3 K	Ammonsalpeetrit 86—90 % Ksiliili 10—14 % Niiskust 0—0,5 %	"
6.	Ammoniit nr. 3 TM	Ammonsalpeetrit 85 ± 1,5 % Trotüülõli 13 ± 1 % Puujahu 2 ± 0,5 % Niiskust 0—0,5 %	"

Jrk. nr.	Lõhkeaine nimetus	Lõhkeaine koostis	Süütamis-viis
7.	Karbodinaftaliit teralisel kujul	Ammonsalpeetrit 89,5 ± 2 % Dinitronaftaliini 3,5 ± 0,5 % Puusütt 7,0 ± 1 % Niiskust 0—0,5 %	Lõhkekapsel või elektrisütik nr. 8
8.	Dinamon „K"	Ammonsalpeetrit 90 ± 1 % Jahu, männipuu koorest 10 ± 1 % Niiskust ja lenduvaid osi puujahu arvel 0—2,5 %	„
	c) Muud lõhkeained, mis NSV Liidus on tarvitusel maapealsetel töödel:		
1.	Pikriinhape	Puhtal kujul	Lõhkekapsel või elektrisütik nr. 8
2.	Prantsuse segu	Pikriinhappe sulamid ja segud dinitronaftaliiniga või dinitronaftaliiniga ja trinitrotoluooliga (trotüüliga ehk tol'iga)	Nagu pikriinhappel, kuid vahepealse detonaatoriga
3.	Oksilikviidid	Immutatavad padrunid vedela hapnikuga (vaata sellekohast eripeatükki)	Võib süüdata nii süütenööriga, millel mittepõlevkest, kui ka lõhkekapsliga tina asiid-tetrüüli ja tenitäitega

c) Kloraatlõhkeained.

Kloraatlõhkeainetes (kloratiitides) mängivad peaosa kaaliumi ja naatriumi kloorhappe soolad ($KClO_3$, $NaClO_3$), mis annavad lõhkemisprotsessis hõlpsasti hapniku vabaks; põlevainete osa samas protsessis täidavad taimejahud, kõvad süsivesikud (nagu suhkur, parafiin) ning ka õlid ja vedelad süsivesinikud, nagu bensool ja petrooleum leekpunktiga üle 30°C; nendele lisatakse veel lõhkevõime tõstmiseks ja lõhkumise soodustamiseks 2—6% mitteželatineeritud nitroglütseriini, 10—20% toluooli C_7H_8 ja naftaliini $C_{10}H_8$ nitroderivaate ja diphenilamiini $(C_6H_5)_2NH$ ning umbes 20% suuruses kloraate asendavat kaalisalpeetrit. Kloraadid on tundlikud hõõrumise vastu, mispärast neid püütakse teha plastiliseks ja juurde segada õliseid ning vahasarnaseid aineid, milletõttu neid nende tundlikkuse poolest võib asetada ammonsalpeeter- ja nitroglütseriin-lõhkeainete vahele. Kõige rohkem on tarvitusel kloraatlõhkeaine kloratiit nr. 3, mida võib valmistada padrunite näol, neid enne tarvitamist immutades petrooleumi või ben-

sooliga; neid padruneid valmistatakse Soomes ja nendega on katsetatud Eestis „Imatreksi" nime all. Kloratiidid nõuavad süütamiseks kõige kõvemaid kapsleid (nr. 8), kuid siiski ei lõhke sagedasti kõik padrunid, mis on ka põhjuseks, et laengus padrunite arv ei või olla suur, sest muidu jääb osa neid lõhkemata. Kloratiitide kasutamisel juhtub sagedasti, et laeng ei detoneeru täielikult, vaid hakkab põlema väljapurskava leegiga; sellejuures tekib aga palju vingu ja lämmastikuoksüüde sisaldavaid järelgaase, mis kahjustavad tööliste tervist. Võib esineda isegi surmajuhtumeid. Kloratiitidest tekkinud järelgaasid võivad veel pärast lõhkemist edasi põleda suure leegiga, mis on ka tekitanud söekaevandustes tolmu- ja gaasiplahvatusi.

Kloratiitide heaks omaduseks on siiski see asjaolu, et nad on vähem hügroskoopsed kui ammonsalpeeter-lõhkeained ja ka odavamad teistest. Kloratiite peab hoidma lahus ammonsalpeeter-lõhkeainetest, sest nende segamisel ammoonium ühineb klooriga, tekitades kloorammooniumi (NH_4Cl), kaalium aga ühineb lämmastikhappega, tekitades kaalisalpeetri (KNO_3). Kuna need reaktsioonid on seoses soojuse tekkimisega, siis võivad kloratiidid, segunedes ammonsalpeetriga, plahvatada, mida ka tegelikult on juhtunud ladudes ja vabrikutes, kus neid lõhkeaineid on koos hoitud või valmistatud. Kõiki ülaltoodud asjaolusid arvesse võttes ei ole leidnud kloratiidid suurt levikut, peale kaalisoolakaevanduste, kus kaalisool aitab kaasa detoneerumisele.

D. Želatiitide rühm.

Kuna želatiidid sisaldavad nitroglütseriini kuni 30%, siis kuuluvad nad kivilõhkumiseks kõlblikkude lõhkeainete liiki. Peamiselt tarvitatakse aga neid kivisöekaevandustes kveršlaagide läbiminemisel, kus peaks küll tarvitusel olema gaasis ohutud lõhkeained, kuid kuna kveršlaagides gaasioht on väiksem ja karta on enam söetolmu plahvatust, siis võib seal tarvitada ka želatiiti, kusjuures laengu suurus ei ületa 500 grammi. Peale nitroglütseriini sisaldab želatiit nr. 1 veel: 35—37,5% ammonsalpeetrit, 0,5—1,5% puujahu, 0—2% binitro- ja trinitrotoluooli, umbes pooles osas mõlemaid, ja leegi jahendamiseks veel 32% alkalikloriide (KCl, NaCl). Želatiit nr. 1 on ainuke lõhkeaine, mis sellest rühmast on lubatud tarvitusele võtta kaevandustes. Ta on küll nõrgem kui dünamiit, kuid kõvem kui gaasis-ohutud lõhkeained.

II. OHUTUD LÕHKEAINED.

1. OHUTUTE LÕHKEAINETE MÕISTE.

Kivilõhkumiseks tarvitatakse lõhkeaineid, mis käesolevas töös esinevad kivilõhkeainete nime all. Need lõhkeained on pakitud punasevärvilisse paberisse ja nendega on lubatud kivi lõhkuda ainult seal, kus ei ole plahvatavaid gaase (metaan CH_4) ega plahvatada-võivat tolmu, nagu seda on sagedasti kivisöekaevandustes.

Eesti oludes on tegemist ainult kivilõhkeainetega, kuid käsitades lõhkeaineid üldse peab selgitama ka lühidalt gaasis ja söetolmus tarvituselolevate lõhkeainete omadusi. Viimaste padrunid on käibel pakitult kollakasse paberisse, et neid kergesti oleks võimalik teistest lõhkeainetest eraldada. Täpsemat lõhkeainepadrunite pakendi värvide kirjeldust vaata „Lõhkeainete hoidmise ja tarvitamise juhendis" § 1.

2. JULGEOLEKUNÕUDED GAASIS JA TOLMUS LÕHKETÖÖDE KORRALDAMISEL.

a) Kaevandusgaas, metaan CH_4, prantsuse keeli grisou, plahvatab, kui seda leidub kaevanduse õhus 5 kuni 14%; kui metaani on vähem kui 5%, siis põleb ta ilma plahvatuseta, kui rohkem — siis põlemist üldse ei teki. Kuid selle gaasi süütamiseks on vaja leeki, mille temperatuur on üle 650°C, ja aega 650°C leegi süütetemperatuuri korral umbes 10 sekundit; kui aga süütetemperatuur tõuseb, siis läheb süütamiseks vähem aega; nii on 1000°C leegi süütetemperatuuri korral süütamisaeg ainult väike murdosa sekundist.

Öeldust nähtub, et ohutute „antigrisuutsete" lõhkeainete saamiseks on vaja nende plahvatustemperatuuri võimalikult alla viia ja plahvatus tekitada võimalikult kiiresti.

Kuna püssirohu plahvatustemperatuur on 2320°C ja süütamiskiirus mõned kuni sajad meetrid sekundis, siis ei või püssirohi

seal, kus on tegu plahvatavate gaasidega, üldse küsimusse tulla, peamiselt tema aeglase süttimise tõttu.

Samuti ei või kõne alla tulla dünamiidid, kuna nende lõhketemperatuur on liiga suur: 3600 kuni 4200°C. Võiks kõne alla tulla ammoniit ja teiste lõhkeainete segud, kui võimalik oleks lõhketemperatuuri selle võrra alla viia, et see enam kardetav ei oleks kaevandusgaasi süütamiseks; mis puutub aga süttimise kiirusse, siis see on kiire küllalt, kuna mainitud lõhkeained on brisantsed ja süttivad peaaegu momentaanselt.

Lõhketemperatuuri allaviimiseks aitab kaasa:

1. Juba kasulik töö, mida teeb lõhkeaine manneraine purustamisel, vähendab märksa soojuse hulka, mis pääseb vabaks, et suurendada ümbruskonna temperatuuri. Et see kasulik töö võimalikult suurem oleks, on vaja luua puuraugus niisugused tingimused, mis seda soodustaksid. Selleks vaja teha laeng võimalikult tihe ja topp hästi tugev, et laengu leek mitte kergesti välja ei pääseks.

2. Segatakse aktiivsele lõhkeainele juurde mitteaktiivset ainet [keedusoola (kloornaatriumi) või kloorkaaliumi] 9—42%, et plahvatustemperatuuri alla viia umbes 2460°-st kuni 1550°C-ni.

3. Pannakse puurauku lõhkeaine peale veepadrunid või jääpulgad (silindrid) samaks otstarbeks.

4. Tehakse väljapoole puurauku väline topp, s. o. seatakse üles riiulike just puuraugu suudme peale; riiulikesele pannakse peenikest aheraine (peamiselt savise kiltkivi) tolmu. Kui nüüd leek august välja lööb, siis seguneb peenike aheraine tolm leegiga, mis leeki jahutab.

5. Enne lõhkumist niisutatakse töökoha esi, lagi, seinad ja aluspind umbes 20 m ulatuses hästi veega.

6. Käiku (strekki, stolli või kveršlaaki) seatakse üles teatav arv (umbes 20 tükki)veega täidetud plekk-künasid riiulitele käigu lae alla, kus nad kergesti ümber kalduvad plahvatuse tuulehoost, tekitades vee loori, millega võib isegi tekkinud gaasi plahvatuse edasiandmist takistada. Sama aset täidab ka peenike aheraine tolm, mis on paigutatud riiulitele käigu lae alla.

7. Kuna teatavale puuraugu etteandele vastab teatav lõhkeaine hulk puuraugus (umbes ⅓ puuraugu pikkusest), siis sooritab see lõhkeaine ka vastavas suuruses kasuliku töö. Kui aga samasse puurauku paigutada rohkem lõhkeainet, siis ei oleks lõhkeaine kasulik töö suurem normaalse laengu tööst, kuid plahvatustemperatuuri mõju välistemperatuurile töökohas oleks suurem ja soodustaks kaevandusgaasi süütamist.

Seda arvesse võttes ei peaks laengud puuraukudes olema ebanormaalselt suured, vaid neid peab tarvitama vastavalt puuraugu etteandele teatavais piirides. Pealegi on katsestollides kindlaks määratud laengute suurused, mis gaasi plahvatama ei pane, olgugi et lõhkeaine lõhkeb seal müüsris lahtiselt, ilma topita. Sel kombel on määratud iga lõhkeaine sordi kohta piirlaengute kaal grammides, mida ei tohi ükski laeng kaevanduse lõhketöödel ületada. Vastavalt lõhkeaine sordile või liigile kõigub piirlaengu suurus 500 kuni 800 grammini.

Olgugi, et normaalolukorras kaevandusgaas (metaan) plahvatab 5—14% piirides, on tegelikult juhtunud, et ta on tekitanud plahvatuse mõnesugustes oludes ka väljaspool mainitud piire, mispärast on võetud reegliks, et lõhketöid ei tehta isegi 1% metaani puhul kaevanduse õhus.

b) Plahvatav tolm.

Katsestollides on kindlaks tehtud, et ühes kantmeetris kaevanduse õhus peab olema umbes 112 grammi peenikest söetolmu, et ta võiks plahvatada. Kui aga samas õhus on ka metaani, siis piisab juba 70 grammist söetolmust, et plahvatamist põhjustada. Mida rasvasem on kivisüsi, s. o. mida rohkem ta sisaldab lenduvaid osi, seda kergemalt süttib söetolm; siiski ei peaks Taffand'i arvamise järgi kivisöetolm, mis sisaldab lenduvaid osi vähem kui 18% ja tuhka samapalju, üldse plahvatama; lenduvate osade % tõusmisega peab aga tuha hulk tõusma kiiremalt, kui tahetakse, et vastava põleva aine tolm ei plahvataks. Nii on vaja, et kivisüsi, mis sisaldab 20% lenduvaid osi, peaks sisaldama tuhka 25—30%, 30% lenduvaid osi sisaldav aga peaks sisaldama tuhka 50%, et nende tolm ei plahvataks.

Kuna põlevkivi sisaldab üle 30% lenduvaid osi, siis peab ka tuhaprotsent suurem olema kui 50%, et põlevkivi tolm kaevandustes ei plahvataks. Olukord vastabki enamvähem viimasele nõudele, kuid on piiri peal, nii et ei ole täitsa võimatu, et põlevkivi tolm ka võib plahvatust tekitada, kui kaevanduse maa-alused tööd toimuvad kuivemas olukorras kui praegu, kuna katsetega on kindlaks tehtud, et põlevkivi tolm on plahvatusvõimeline.

Tolmu plahvatuse vältimiseks tuleb samad abinõud tarvitusele võtta, mis kaevandusgaasi plahvatamise vältimisekski, ja peale selle veel kaevanduskäikude põhja või aluspinna katmine aheraine tolmuga, kõige parem savika kiltkivitolmuga, nii et tolmuproov, mis võetud käigu aluspinnalt, sisaldaks üle 50% mittepõlevat tolmu ja oleks seejuures ka võimalikult niiske.

3. OHUTUTE LÕHKEAINETE KIRJELDUS.

On lubatav tarvitada kolme gaasisohutute lõhkeainete rühma ja nimelt:

a. ohutud ammonsalpeeter-lõhkeained,
b. nitroglütseriini-sisaldavad ohutud lõhkeained,
c. želatiinsed ohutud lõhkeained.

A. Ohutud ammonsalpeeter-lõhkeained.

Need lõhkeained on pulbritaolised ja sarnanevad sama liigi kivilõhkeainetega, sisaldades üle 60% ammonsalpeetrit; kuid nendes on vähem nitroderivaate ja nad sisaldavad 10—32% kaaliumi- ja naatriumikloriide (s. o. keedusoola ja kloorkaaliumi). Nitroglütseriini sisaldavad nad kuni 5%, kuid alumiiniumi nad ei sisalda, kuna selle õhus-hõõguvad osakesed võivad süüdata metaani. Nende brisantsus on võrdlemisi väike ja sellepärast mõjuvad nad tõukavalt mannerainele, mispärast neid tarvitatakse peamiselt kivisöe lõhkumisel. Nad on hügroskoopsed ja kõvenevad ruttu, mispärast neid enne tarvituselevõtmist peab pehmeks rullima. Nende tihedus kõigub 1—1,1 vahel. Piirlaenguks on gaasikaevandustes 500—600 grammi, kuid kivisöekaevandustes, kus gaasi ei ole, võib see olla ka 800 grammi.

Firmad, kes neid valmistasid, nimetasid neid lõhkeaineid: Wetter-Detoniit, Wetter-Lignosiit, Wetter-Donariit, Wetter-Westfaliit jne. Trauzli tinaplokis annavad nad mahu laienemise umbes 260—310 sm^3.

NSV Liidus on tarvitusel sellest rühmast järgmised ammonsalpeetrilised antigrisuutsed lõhkeained:

Jrk. nr.	Lõhkeaine nimetus	Lõhkeaine koosseis	Tingimused lõhketöödel
1.	Antigrisuutne ammoniit nr. 1	Ammonsalpeetrit 78,5 ± 1,5 % Trotüüli 10 ± 1 % Kloornaatriumi 10 ± 1 % Puujahu 1,5 ± 0,2 % Niiskust 0—0,2 %	Piirlaengu suurus 800 g. Lõhkekapsel nr. 8. Paukuvelavhõbe tetrüüliga vaskkestas
2.	Amasool	Ammonsalpeetrit 54 % Trotüüli 12% Kivisoola 34% Niiskust 0—0,2%	Seesama

b) Nitroglütseriini-sisaldavad ohutud lõhkeained.

Neid lõhkeaineid nimetatakse poolželatiinseiks. Nad sisaldavad 50—60% ammonsalpeetrit, 8—12% nitroglütseriini, kuni 35% kloornaatriumi või kloorkaaliumi, 0—5% nitroderivaate, puujahu ja sütt. Nad ei ole plastilised; nende laadimistihedus on 1,3. Sisaldades 12% nitroglütseriini on nad vähe tugevamad kui eelmise rühma lõhkeained. Neid tarvitatakse kõvas söes suurte tükkide saamiseks. Trauzli plokis annab ruumi laienemine umbes 220 sm^3. Tarvitusel on peamiselt üks sort: Wetter-Zelliit. Piirlaengu suuruseks võib olla 600—800 grammi.

NSV Liidus on tarvitusel sellest rühmast järgmised antigrisuutsed nitroglütseriin-lõhkeained:

Jrk. nr.	Lõhkeaine nimetus	Lõhkeaine koosseis	Tingimused lõhketöödel
1.	Grisutiin 12%	Nitroglütseriini 11,5—12 % Kolloodiumvilla 0,2—0,24 % Ammonsalpeetrit 87—88 % Soodat ja kriiti 0—0,5 % Niiskust 0—0,5 %	Piirlaeng 800 g. Lõhkekapsel nr. 8. Paukuvelavhõbe tetrüüliga vaskkapslis
2.	Grisutiin, soolane 12 %	Nitroglütseriini 11—12 % Kolloodiumvilla 0,2—0,24 % Ammonsalpeetrit 75—76 % Kloornaatriumi 12—13 % Niiskust 0—0,5 %	Seesama

c) Želatiinsed ohutud lõhkeained.

Nad sisaldavad umbes 25—30% želatineeritud nitroglütseriini, 25—35% ammonsalpeetrit, 35—40% kloornaatriumi ja -kaaliumi ja teisi osi nagu eelminegi rühm, kuid vähemal määral; lõhkeaine on plastiline ja täidab hästi kõik puuraugu õõnsused; tema tihedus on 1,7. Seda lõhkeainet tarvitatakse manneraine lõhkumiseks söekaevanduse kverŝlaagides, gesenkides, šahtides ja ka kõvas söes. Piirlaengu suuruseks on 600—800 grammi. Trauzli plokis annab ruumi laienemise kuni 210 sm^3. Praktikas on tuntud nimede all: Wetter-Nobeliit, Wetter-Wasagiit, Wetter-Ariit, Wetter-Barbariit.

Sellesse rühma kuulub NSV Liidus:

Jrk. nr.	Lõhkeaine nimetus	Lõhkeaine koosseis	Tingimused lõhketöödel
1.	Grisutiin 29 %	Nitroglütseriini 29—30 % Kolloodiumvilla 0,8—1 % Ammonsalpeetrit 69—69,5 % Soodat ja kriiti 0—0,5 % Niiskust 0—0,5 %	Piirlaeng 800 g. Lõhkekapsel elavhõbetetrüüliga vaskkapslis

C. Lõhkekapslid.

Ainult püssirohtu ja lõhkesalpeetrit võib süüdata lihtsa tuleleegi abil. Kõik teised lõhkeained vajavad süütamiseks peale tule veel kõva järsku tõuget tekitavat vahendit — detonaatorit, harilikult lõhkekapsli näol; viimane süüdatakse ise lihtsa tule abil, nimelt süütenööriga.

Lõhkekapslis peavad olema kergesti süttivad väga brisantsed lõhkeained, milledeks on paukuv elavhõbe $HgC_2N_2O_2$, mis lagunedes annab $Hg+2CO+N_2$, tina-asiid PbN_6 või tina-asiidi ja tinatrinitroresortsinaadi $PbC_6HN_3O_8 \cdot Pb(OH)_2$ segu (resortsinaatkapslid).

Kapslid oma ehituse poolest on kas ühtlase või mitmesuguse täitelaenguga.

a) Ühtlase laenguga kapslid.

Need on täidetud ainult paukuva elavhõbedaga, millesse on segatud 15% kloorhapukaaliumi ($KClO_3$).

Kapsli kest on vasest, mille läbimõõt on 6 kuni 7 mm vahel; pealpool täidet peab kapslis jääma tühja ruumi vähemalt 15 mm pikkuses. Varem valmistati ühtlase laenguga kapsleid kümnes suuruses, kuid nüüd ainult ühes, nimelt nr. 8, mille läbimõõt on väljastpoolt 7 mm, pikkus 45 mm ja laengu suurus 2,00 grammi paukuvat elavhõbedat. Selle kapsliga saab süüdata dünamiiti nr. 1 ehk želatiindünamiiti, mida lõökpadrunina võib tarvitada teiste lõhkeainete süütamiseks või detoneerimiseks.

b) Mitmesuguse täitelaenguga lõhkekapslid.

Pealaeng, mis on paigutatud kapsli alumisse ossa, koosneb trotüülist [trinitrotoluool = $C_7H_5(NO_2)_3$] või tetrüülist [tetranitrometüülaniliinist = $C_7H_5N(NO_2)_4$] ehk trotüüli ja tetrüüli segust. Pealmine laeng, mille abil süüdatakse allpoololev pealaeng, koosneb

kergestisüttivast paukuvast elavhõbedast (puhtast või elavhõbeda ja kaaliumkloraadi segust) või tina-asiidist (PbN_6) üksinda või tina-asiidi ja tinatrinitroresortsinaadi $PbC_6HN_3O_8 \cdot Pb(OH)_2$ segust; kapslid viimase pealmise laenguga on tuntud resortsinaatkapslite nime all. Joonis nr. 5 näitab kahe laenguga kapslit läbilõikes; b on pealaeng, „a" pealmine laeng, mis on kaitstud pealtpoolt seesmise kapsliga „d", mille põhjas on väike auguke, kust kaudu kapsel süüdatakse kas süütenööri või elektrisütiku abil. Kuna pealmine laeng on väga suure tihedusega, umbes 4,4, siis toimub täitelaengute detoneerumine kapslis väga intensiivselt, mis ka hästi võimaldab süüdata lõhkeainet. Praegu tarvitatakse peaaegu ainult ühte kapsli liiki, nimelt nr. 8, mille läbimõõt 6,85 mm ja pikkus 45 mm. Täide koosneb 1,2 g trotüülist või 0,85 g tetrüülist või 1 g tetrüülist trotüüliga segatult; pealmine laeng koosneb 0,5 g paukuv-elavhõbedast. Kus on palju söehapugaasi (CO_2) ja niiskust, mis mõjuvad tina-asiidile, seal tekib vaba lämmastikvesiniku gaas, mis muudab kapsli kõlbmatuks või ohtlikuks, nagu seda on juhtunud Ülem-Sileesias.



Joonis 5. Kahesuguse laenguga lõhkekapsli läbilõige. Seletus tekstis.

c) Kapslikestade materjal.

Kapslikesti valmistatakse vasest, alumiiniumist, harvem tsingist. Elavhõbekapslid valmistatakse vasest, kuna alumiinium ja tsink võivad elavhõbedaga keemiliselt reageerida. Asiiditäitega kapsleid peab tegema ainult alumiiniumist, kuna vaskkapsel annaks asiidiga ohtliku vaseasiidi ühenduse. Kuivõrd tsink osutub kõlblikuks kapsli materjaliks, ei ole veel lõplikult selgunud.

d) Julgeoleku-tingimused kapslite käsitsemisel.

Lõhkekapsel on väga tundlik tõugete, löökide ja hõõrumise vastu, mispärast kapsleid nende eest peab hoidma. Peamine oht aga seisneb lõhkekapsli kinnitamisel süütenööri külge, mispärast lõhkekapslil peab selleks pealpool täidet olema avar ruum vähemalt 15 mm pikkuselt, kuhu pistetakse süütenööri ots ja kinnitatakse ettevaatlikult vastavate tangide abil; seejuures peab kahe täitega kapslil olema sisemine kapsel, nagu juba eelpool selgitatud. Julgem oleks, kui kapslite kinnitamine süütenööri külge

toimuks vastavas metallkastis, mis oleks nii tugevate seintega, et kapsli lõhkemine ei saaks töölisele ohtlikuks.

e) Lõhkekapslite proovimine.

Et selgitada lõhkekapsli kõlblikkust, korraldatakse selle proovimine tinalehel, mille mõõdud on 40 mm × 40 mm × 4—8 mm. See leht paigutatakse püstiseisva raudtoru otsale. Lõhkekapsel paigutatakse tinalehe keskele põhjaga allapoole ja süüdatakse süütenööriga; kui kapsel seejuures lõhkeb ühetaoliselt, nii et näha on ainult auk tinalehe põhjas ja radiaalsed joonekesed näitavad kapslimaterjali purunemisteed, siis on kapsel kõlblik. Lõhkeb aga kapsel mitteühetaolisteks tükkideks, mis jätavad jämedad jäljed või augud tinalehesse või isegi kapsli tükke, siis ei ole kapsel kõlblik. Kapsel muutub kõlbmatuks peamiselt niiskusest, mispärast teda peab hoidma niiskumise eest, võimalikult kuivas kohas ja ümbritsedes ainega, mis tõmbab niiskust endasse, nagu saepuru.

Kõlbmatu kapsel tekitab tõrkeid laengute lõhkemisel ja viib laengute väljakeemiseni või -põlemiseni või vähemalt mitterahuldava tagajärjega lõhkumisele.

f) Võrdlus vasest ja alumiiniumist kapslite vahel.

Nii alumiiniumist kui ka vasest kapslid on oma võime poolest ühetaolised. Alumiiniumkapslid võivad piiramata aja laos seista, kui seal ei ole palju niiskust ega söehappegaasi (CO_2).

Vaskkapslid on küll hügroskoopsemad, kuid vastavaid abinõusid tarvitades võivad nad ka laos kauem seista. Alumiiniumkapsleid ei tohi aga kasutada gaasi poolest ohtlikkudes söekaevandustes, kuna nende tükikesed võivad pärast lõhkemist õhus edasi põleda ja kaevandusgaasi ja tolmu süüdata. Kuid vaskkapsleid ei saa hästi kasutada lõhkehapnikuga lõhkumisel, sest paukuv elavhõbe suures külmas muutub ebatundlikuks.

D. Lõhkeainete maapealsed ja maa-alused laod.

Eestis praegu veel kehtiva mäeseaduse alusel võib olla lõhkeainete ladusid järgmise liigitusega:

I. Müügilaod, milles võib alal hoida maksimum 10 000 kg lõhkeainet, mille kaugus võib olla vabrikutest, eluhoonetest, kergelt tuldvõtvate ainete ladudest ja üldtarvitatavast raudteest mitte vähem kui 1500 m, suurematest maanteedest ja laevasõidujõgedest 500 m. Nende kauguste lühendamist võib lubada üksikutel juhtudel, kui seda maastikuolud võimaldavad.

II. Kaevanduste jaoks on lubatud maapealsed laod:

1. 250—1500 kg lõhkeaine hoidmiseks vähemalt 50 m ja

2. 1500—3000 kg lõhkeaine hoidmiseks vähemalt 100 m kaugusel elumajadest ja üldse hoonetest, kus tuleasemed või ahjud sees on, niisama maanteedest ja teistest lõhkeaineladudest; need laod peavad piiratud olema mullavallidega, kuid mäetööstuse järelevalve loal on võimalik mainitud ladusid paigutada ka loomulikku lohku, vanadesse karjääridesse või kaevata maa sisse.

3. Maapealseid ladusid, kus hoitakse vähem kui 250 kg lõhkeaineid, pole vaja piirata mullavalliga, vaid ainult aiaga; need laod peavad ka olema vähemalt 50 m kaugusel elamutest.

III. Maa-alused laod, kus on lubatud hoida lõhkeaineid kuni 250 kg ja mis peavad olema šahtidest vähemalt 60 m kaugusel ja lähematest veokäikudest, mida tarvitatakse inimliiklemiseks, vähemalt 20 m. Kuni 250 kg lõhkeainete hoidmiseks ehitatud laod, nii maapealsed kui ka maa-alused, ei või olla üksteisele lähemal kui 50 m.

Lõhkekapsleid tuleb hoida lõhkeainetest eraldatud hoonetes, lukustatud ruumides ja tugevates kinnistes kastides.

I. Maapealsed laod.

Kõik maapealsed laod, milles hoitakse rohkem kui 250 kg lõhkeaineid, peavad ümber piiratud olema mullavalliga, mis kõrgem müügilao hoone harjast ½ m ja kaevanduselao hoonest $^1/_4$ m. Valli pealmine pind peab müügilaol olema lai mitte alla 1 m, kaevanduselaol — 0,75 m; samuti peab vall lao seintest maapinnal kaugemal seisma: müügilaol 1 m, kaevanduselaol — 0,75 m. Valli seinte kallakus peab olema kõige rohkem 45°.

Maapinnal asuvad lõhkeainelaod peavad olema varustatud täiesti korrasolevate piksevarrastega ja ümbritsetud veekraaviga, mis hoiab laopõranda aluse kuivana. Ladu ise koosneb kahest ruumist, nimelt: päris lõhkeainete hoiuruumist ja eesruumist, kus lõhkeaineid välja antakse ja laoraamatuid peetakse; ainult eeskojas võivad aknad olla, mis peavad lukustatud luukidega kaetama peale lao lukustamist.

Lõhkeainekastide asetamiseks olgu laos tugevad lavad või riiulid. Kõrgemal kaht meetrit põrandast ei või lõhkeainete riiulid olla. Kui ladu on kõrge, peab ülemiste riiulite juurde pääsemiseks olema tugev puutrepp. Alumine riiul peab olema põrandast 30 sm kõrgusel. Lõhkeainekastide vahel ja nende peal peavad olema vähemalt 10 sm vahed, et nad tuulduksid ja oleksid vabalt

mahavõetavad riiulilt. Lõhkeainekastid peavad seintest, laest ja põrandast olema vähemalt 30 sm eemal. Lõhkeainelaos võib olla kas päevavalgus eeskoja akna kaudu või kunstlik valgustus kantava kinnise elektrilambi näol, mille patareipinge ei ulatu üle 10 voldi. Lõhkeainelaos peab ette nähtud olema korralik tuulutamisvõimalus. Maapealsete ladude kohta võib lähemalt selgitust saada „Lõhkeaine hoidmise ja tarvitamise sundmäärusest" (RT 46 — 1927) ja uuest „Lõhkeainete hoidmise ja tarvitamise juhendist Eesti NSV-s", mis varsti kehtima pannakse, kusjuures kehtima hakkavad ka uued normid maapealsete lõhkeaineladude kohta (§-des 2—43.).

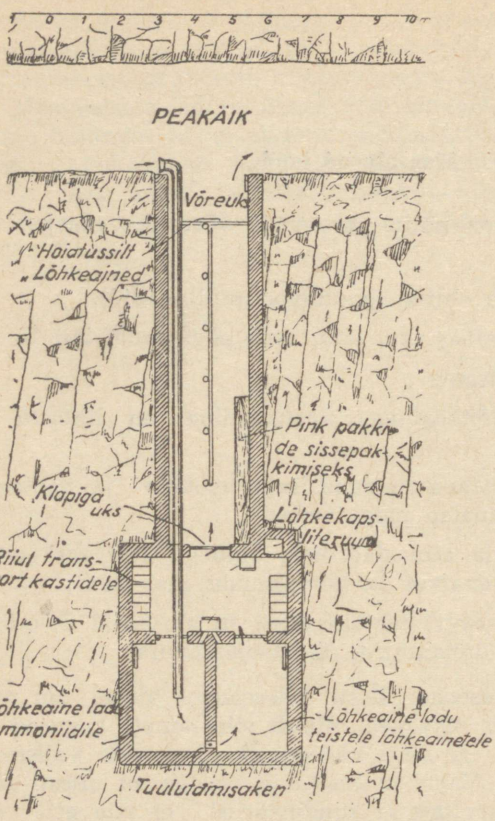
II. Maa-alused laod.

Maa-alustel ladudel on palju paremusi võrreldes maapealsetega, nimelt:

1) odavam ja lihtsam ehitus (puuduvad mullavallid);
2) ei ole vaja piksekaitset, kui ladu asub sügavamal kui 10 m;
3) järelevalve on lihtsam;
4) kaevandustööde lõhkeainega varustamine on lihtsam ja odavam;
5) ei ole tarvis arvestada maapealsete hoonete ja veoteede kaugusega lõhkeainelao paigutamisel;
6) ei pruugi arvestada atmosfääriliste oludega, mis raskendab lõhkeainelao järelevalvet ja korrashoidu maa peal;
7) ühetaoline temperatuur, mis sagedasti on üle 9—11°C, millejuures jääks ära dünamiitide ülessoojendamine.

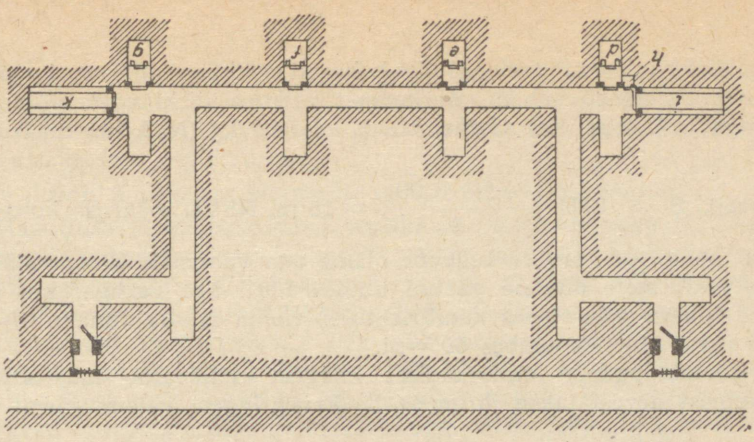
Lõhkeaineladude sisseseade Eesti mäeseaduse alusel on maa all peaaegu seesama, mis maa peal, ainult lõhkeainete kogused on seal märksa väiksemad ja isegi väiksemad, kui seda välismaal praegu praktiseeritakse. Vahe on seletatav sellega, et „Eesti lõhkeainete hoidmise ja tarvitamise sundmäärus" ei näe ette iga lõhkeaine liigi kohta erinorme, vaid on koostatud nii, et selle järgi käimine võimaldab ohutut käsitamist nii brisantsete, vähebrisantsete kui ka mittebrisantsete lõhkeainete korral, kuid raskendab lõhkeainete hoidmise tingimusi, eriti maa-alustes kaevandustes. Nii võib meie mäeseaduse alusel hoida ühes maa-aluses laos kõigest 250 kg igasugust lõhkeainet, kuna aga N. Liidus võimaldatakse maa-aluses laos hoida ammoniiti ühes kambris kuni 1000 kg ja dünamiiti ⅓ võrra vähem. Lõhkeainekambrite vahekaugus ei tohi vähem olla kui 50 m, et lõhkemine ühes kambris ei kanduks üle teisele. Võrdluseks, kuidas on Saksamaal lõhkeainelaod maa all sisse seatud, toon lühidalt vastavad kirjeldused:

Joonis 6 kujutab maa-aluse lõhkeainelao horisontaalset lõiget. Nagu näha joonisest, on seal iga lõhkeaine jaoks oma kamber (ammoniidile ja teistele ühte liiki kuuluvatele lõhkeainetele). Ka on lõhkekapslitel eri lukustatud kuiv ruum. Laos on eeskoda, kust antakse lõhkeaineid välja ja kus on selleks pinkidel näha transportkastid. Sissekäigus on tuulutamistoru, mille abil toimub lõhkeaine hoiukambrite tuulutamine. Samas sissekäigus on ka võrega uks, mis peale laost lahkumist lukustatakse.



Joonis 6. Maa-alune lõhkeaineladu.

Joon. 7 on näha lõhkeaineladude skeem ühes maa-aluses kaevanduses: seal on 4 lõhkeainekambrit d, e, f, g ja kapslite jaoks väike kamber h. Kambrites i, k hoitakse alal ajutiselt minööride poolt tagasitoodud lõhkeaineid. Lõhkeainekambrite vastas on ummikkäigud, kuhu plahvatamise puhul laos satuksid lõhkegaasid ja seal osa oma jõust kaotaksid; osa lõhkegaaside jõust kaob ka 3 õigenurkse käigu läbimisel, nii et lõpuks gaaside surve surutakse alla 6—7 atmosfäärini, kuni nad jõuavad automaatselt kinnilöödavate teras- või raudusteni (joonisel 7 on neid näha 2 tükki) ja need oma survega kinni suruvad. Sellega hoitakse teised kaevanduse käigud ja töökohad lõhkeainete järelgaaside sinna-



Joonis 7. Maa-aluste lõhkeaineladude paigutus.

sattumisest, kuna need gaasid on väga mürgised ja võiksid terve tööliskonna maa all ära mürgitada. Harilikult on lõhkekambrite kompleks maa all ühenduses käikude abil tuulutamis-šahti või šurfiga, mille kaudu toimub ka lõhkekambrite normaaltuulutamine. Peale terasklappuste sulgemist pääseksid siis järelgaasid ajajooksul mainitud tuulutamišurfi kaudu välja.

Et määrata terviku tugevust, mis peab olema maa-aluse lõhkeaine lao ümber horisontaalses ja vertikaalses suunas, võib kasutada ing. R. Feuchtingeri valemit: (Die Praxis der Sprengtechnik, lk. 151) $S \geqslant 1{,}885 \sqrt[3]{\frac{a\,L}{b}}$, ühe automaatselt sulguva ukse korral:

S on pragudeta manneraine paksus meetrites maa-aluse lõhkeaine lao õõnsuse lae ja seinte ja vastavalt maapinna ja lähemalolevate käikude seinte vahel; L on kõige suurem lõhkeainete kaal kilogrammides, mis on lubatud ühes kambris hoida; a on suurus, mis iseloomustab lõhkeainet ja tuleb ammoniitidel võtta võrdseks 1-ga,

dünamiidil 75%-lise nitroglütseriini sisald. — 2,5-ga,
„ üle 75%-lise „ „ — 3,5-ga;

b on suurus, mis iseloomustab ladu ümbritsevat manneraine ja tuleb võtta:

kerge mulla puhul	1,25
kivise manneraine puhul	2
savika manneraine puhul	2,25
kõva manneraine või tugeva müürituse puhul	3
väga tugeva manneraine puhul	4

Põlevkivikaevanduste olude kohaselt võiks a olla = 1, kuna dünamiiti esineb vähem. Keskmiselt võiks a siiski võtta võrdseks 1,5-ga ja b 3-ga, siis saame, kui L = 1000 kg (N. Liidu määruste alusel), $S = 1{,}885 \sqrt[3]{\frac{1{,}5 \cdot 1000}{3}} = 15$ m. NSVL määruse kohaselt peab mainitud terviku tugevus olema aga vähemalt 30 m, mis on vastavalt meie oludele võetud umbes 100%-lise varuga; kui aga lõhkeainete maa-aluses kambris tuleb hoida ainult dünamiiti, siis see varu väheneb umbes 50%-ni.

Terasklappukse minimaalset kaugust lõhkeaine maa-alusest kambrist arvestatakse järgmise R. Feuchtingeri valemi järgi:

$A = \frac{16{,}8}{3^n} \sqrt{L}$, kus A on otsitav minimaalne kaugus;

n näitab, mitu õigenurkset käänakut teeb käik lõhkeainelao kambrist kuni klappukseni; määruste järgi peab see arv olema vähemalt 3. L on kambris hoitavate lõhkeainete kaal kg-des, mis kehtiva määruse järgi võib olla 1000 kg; seega $A = \frac{16{,}8 . \sqrt{1000}}{3^3} =$ = 20 m; kuid harilikult on see kaugus suurem, kuna lõhkeainekamber peab määruse järgi olema šahtist või stollist 100 m, tuulutamisšahtist, šurfist või ustest — 60 m, igasugustest kambritest (lõhkeaine-) — 50 m ja käikudest, kus inimesed liiguvad, 25 m kaugel; klappuks peab olema aga lõhkeainekambri ja mainitud asukohtade vahel. Rõhumise suurus klappuksele arvestatakse järgmise valemi järgi: $p = f \frac{L}{v}$, kus p on plahvatuse surve kg-des ühele sm^2-le; L — kambris hoida lubatud lõhkeaine kaal kg-des;
f — suurus, mis on sõltuv lõhkeaine omadusest:
f on ammoniidil 5400;
dünamiidil üle 75% nitroglütseriini-sisaldusega 9400;
v — ruumi maht liitrites lõhkeainekambri ja klappukse vahel.

Meie olude kohaselt, kui laos hoitakse ammoniiti ja klappuks asuks umbes 170 m kaugusel lõhkeainelaost, kusjuures käikude läbilõike pind oleks 7 m^2 — võiks olla

ammoniidilaos $p = \frac{5400 . 1000}{170 . 7 . 1000} = 4{,}55$ kg/sm^2,

dünamiidilaos $p = \frac{9400 . 666}{170 . 7 . 1000} = 4{,}76$ „

See rõhumine võib olla veel väiksem, kui arvesse võtta ka teisi käikude suundi, kuhu lõhkeainete gaasid võivad paisuda, sest seaduse järgi peab lõhkeainelao jaoks olema veel teine käik tuulutamiseks ja varukäiguna.

N. Liidu määrustes klappuksi ei ole üldse ette nähtud.

Maa-aluse lõhkeainekambri vertikaalne sügavus peab N. Liidu määruste kohaselt olema vähemalt 30 m maapinnast. Kuna meil Eestis see praegu veel nii suur ei ole, siis ei võiks selle määruse kohaselt meil maa-aluseid lõhkeaineladusid olla; et aga maa-alused lõhkeainelaod on tarvilised, siis võib ka meil lõhkeaineladusid maa alla ehitada ainult Riikliku Mäetehnilise Inspektuuri nõusolekul, kusjuures maapind lõhkeainelao kohal kui ohtlik peab vastavas suuruses eraldatama traataiaga. Täiendavaid ettekirjutusi ja norme maa-aluste lõhkeaineladude kohta võib leida väljaantavast uuest „Eesti NSV-s lõhkeainete hoidmise ja tarvitamise juhendist" § 44—52 ja lõhkeaineladude valvamise ja tuleohu vastu kaitsmise kohta sama juhendi §-dest 97—111.

E. Kõlbmatuksmuutunud lõhkeainete hävitamine.

Kõlbmatuksmuutunud lõhkeained tuleb järk-järgult koguda kokku ja hävitada. Püssirohtu ja lõhkesalpeetrit hävitatakse uputamisega jooksvas vees, kui ei ole karta inimeste ja loomade kahjustamist, sest salpeeter lahustub vees. Kui ei ole sündsat jooksvat vett käepärast, siis tuleb rikkiläinud püssirohi tünnis veega lahustada, seda kogu aeg segades. Kui kõik lõhkeaine on vees lahustunud, võib lahu mõnda auku valada. Kui aga ei taheta vee abil püssirohtu hävitada, siis tuleb see maha puistata õhukese rajana ja siis süütenööri abil süüdata.

Dünamiidipadruneid hävitatakse sel teel, et võetakse nende ümbert paber ära ja seatakse nad maa peale ühte ritta, nii et üks padruni ots puudutab teist; siis süüdatakse ühest otsast rida põlema kas süütenööri abil ilma kapslita või padruni peale paigutatud paberi süütamise teel. Süüdata tuleb padrunite rida vastu tuult, sest vastasel korral võiks põlemine muutuda liiga intensiivseks, mis võib viia plahvatamiseni.

Iseäranis ettevaatlikult tuleb kohelda külmunud dünamiiti; parem on seda põletada lahtises tules väikeste tükikeste kaupa, visates tükikesi tulle või lükates neid, ise kaugemal olles, tulle. Vetteviskamisega dünamiiti hävitada ei tohi, sest nitroglütseriin on vees lahustumatu ja väga mürgine aine.

Kloraatlõhkeained peab hävitatama põletamisega, kuid ettevaatlikult, sest nad võivad kergesti plahvatada. Kui nad ei sisalda nitroderivaate, siis võib neid ka vees lahustada.

Ammonsalpeeter hävitatakse tules või vees, kui neis ei ole teisi lõhkevaid osi (nagu nitroglütseriin).

Poolželatineeritud ja želatiinsed lõhkeained tuleb hävitada nagu dünamiit, s. o. põletamise teel.

Lõhkekapslid hävitatakse süütenööri abil, neid ühekorraga lõhkema pannes, kattes enne neid mullaga.

Rikkiläinud lõhkeainete hävitamine peab sündima nii, nagu see on ette kirjutatud uues „Lõhkeainete hoidmise ja tarvitamise juhendi Eesti NSV-s" §-des 176—185.

B. ÜLDISED LÕHKETÖÖD.

I. LAENGUTE SÜÜTAMINE.

Püssirohusarnased ja lõhkehapnikuga lõhkeained süttivad ka süütenööri abil ilma kapslita. Brisantsed lõhkeained süüdatakse ainult kapsli kui detonaatori abil, mis on paigutatud lõhkeainesse; kapsli süütamine aga toimub kas süütenööri või elektrisütiku abil.

1. Süütamine süütenööri abil.

a) Süütenöör on leiutatud inglase Bickfordi poolt 1831. a. ja püsinud peaaegu muutmata kujul kuni seni ajani. Süütenöör koosneb peenikesest kahekordselt kootud voolikust, mis valmistatud džuudist, linast või kanepist. Piki voolikut, tema õõnsuses on tõmmatud kaks juhtivat või reguleerivat niiti, millede ümber koguneb võimalikult ühtlaselt püssirohi. Voolik peale täitmist püssirohuga kaetakse tõrvaga.

Kuna süütenööri tarvitatakse mitmetes oludes, küll kuivas ja niiskes kohas ja ka vee all lõhkumiseks, siis on ta ka vastavalt nõuetele valmistatud; kuivades kohtades tarvitatakse valget süütenööri, mille tõrvakatte peale on tehtud puuvillamähis, mis kaetud liimivärvi ja talgiga; märgades kohtades tarvitatakse asfalteeritud süütenööri, mis peale tõrvaga katmist on kaetud asfaldiga ja siis mähitud džuudi või linase lõngaga, ja peale selle veel on kaetud tõrva, parafiini ja talgiga; vee all lõhkumiseks tarvitatakse guttapertš-süütenööri, mis peale tõrvaga katmist on saanud džuudi- või kanepimähise, mis siis on veel kaetud tõrvaga ja lõpuks guttapertšiga (kummitaolise massiga). Lõhkumiseks plahvatavates gaasides või kui löökpadrun on paigutatud laengu keskele või põhjale ja ka lõhkehapnikuga lõhkumisel tarvitatakse mittepõlevat süütenööri, mille viimane mähis on kaetud vesiklaasiga. Süütenööre proovitakse enne nende kaevanduses tarvitamist järgmiselt: mitmest süütenööri rõnga kohast lõigatakse välja 50 sm pikkused proovitükid ja süüdatakse põlema. Need rõngad, millest võetud proovid rutem kui ühe minuti jooksul läbi põlevad, ei kõlba kaevanduses tarvitamiseks.

Kuid võivad siiski tekkida põhjused süütenööri aeglasemaks ja kiiremaks põlemiseks; aeglasemat põlemist võib tekitada asjaolu, et püssirohusoonekę süütenööris mõnes kohas on katkenud, mis siis seal kohal aeglasemalt hakkab põlema, seni kui säde satub jälle püssirohu soonekesele. Seda asjaolu võib põhjustada vigane süütenöör ise, mille põhjuseks võib olla naaberlaengu lõhkemine, milletõttu osa süütenöörist võib puruneda. Süütenööri kiirendatud põlemise põhjuseks võivad olla järgmised asjaolud:

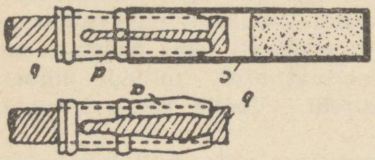
1) kui süütenööri põlemisest tekkinud gaasid ei pääse välja ja tekitavad gaaside rõhumise, mille järelduseks on kiirendatud põlemine;

2) liiga kõvasti topitud laeng ja topp ja

3) vee all lõhkumine, mis ka tekitab gaaside rõhumise.

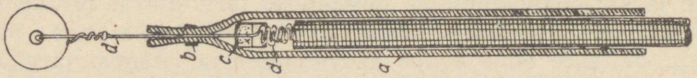
b) Süütenööri ühendus kapsliga.

Süütenöör ühendatakse kapsliga vastavate tangide abil, kuid mitte kunagi ei tohi seda teha hammastega, mis võib viia kapsli lõhkemisele ja tuua õnnetuse. Kuna kapsli ühendamine süütenööriga pole ka tangide abil päris ohutu toiming, siis on leiutatud Max Wolffi poolt süütenööri-ühendajad kahekordse koonilise vetruva kesta kujul, mis pannakse süütenööri otsa ja viimane litsutakse kapsli otsa, nagu on näha joonisest 8.



Joonis 8. Max Wolff'i süütenööri ühendaja.

c) Süütenööri süütamine toimub harilikult atsetüleen-lambiga või kaalisalpeetriga immutatud kanepist nööriga, mis ka tuulepuhangus edasi põleb. Kui aga tahetakse hoiduda lahtise tule tarvitamisest, eriti kui tuleb lõhkuda gaasis ja söetolmus, siis võib kasutada eri süütenööri-süütajaid, nagu see näha joonistel 9 ja 10. Nad moodustavad paberist kesta a, mis litsutakse süütenööri otsa; selle kesta ülemises otsas on süütekapsel c, millest läheb läbi traat, kusjuures üks traadi ots on spiraalitaoline ja on



Joonis 9. Norres'i süütenööri tõmbesüütaja. Seletus tekstis.

süütekapsli sees, teine ots aga on väljaspool kesta, mille kaudu saab traati kestast välja tõmmata (Norres'i tõmbesüütaja joonis 9);

tõmbamisega tekitatakse süütekestas tuli, mis süütab süütenööri; samuti võib süütenööri süüdata, kui keerata viltukeeratud traadi otsa süütekapsli sees (joonis 10).



Joonis 10. Süütenööri süütaja.

2. Elektriga süütamine.

A. Üldised seisukohad.

Nagu teada, võib elektrienergia avalduda valgusena, soojusena, tööna jne.

Elektrivool kandub edasi juhtmete kaudu, nagu veevoolgi, mis läbi torude voolab. Nii nagu veevoolgi ei saa liikuda torudes, kui tal ei ole survet veetulba näol või pinget, nii peab ka elektril olema pinge, mida märgitakse E-tähega ja mille ühikuks on volt, mispärast elektri pinget nimetatakse ka voltaažiks. Vesi liikudes torudes leiab eest takistuse; mida avaram toru, seda väiksem takistus, mida kitsam — seda suurem on ka takistus. Samuti on elektrivoolul liikumisel juhtmetes oma takistus; seda takistust märgitakse tähega R ja ta mõõtühikuks on oom; see on takistus, mida tekitab voolule elavhõbeda tulp, mille läbilõike pind on 1 mm² ja kõrgus või pikkus 106,3 sm. Nagu veevoolu tugevust mõõdetakse veehulgaga, mis torudest läbi voolab, nii mõõdetakse ka elektrivoolu hulka või selle tugevust juhtmetes mõõtühikuga, mida nimetatakse ampriks. Harilikult märgitakse see tähega I. Nimetatud kolme suuruse vahel on olemas side valemi $I = \frac{E}{R}$ ehk $E = IR$ näol, mida nimetatakse Ohmi seaduseks. Vesi, voolates torus või rennis, on võimeline sooritama teatavat tööd (vesiratast või turbiini käima panema); selle töö hulk või suurus („energia"), mida märgitakse tähe W-ga, on võrdne veevoolu pingega, korrutatult voolu tugevusega. Elektrienergias saame analoogiliselt $W = I \cdot E$, ja kuna $E = IR$ Ohmi seaduse alusel, siis on elektrienergia proportsionaalne $W = I^2R$. Kui tahetakse elektrienergiat lasta avalduda soojusenergiana, siis tuleb seda mõõta kaloritega ja siis saame valemi $W = 0{,}24\ I^2R$ väikest kalorit sekundis [Joule'i (džauli) seadus].

Kui nüüd lasta elektrivool läbi metalljuhtme, mille takistus on märgatav, siis muutub elektrivool soojuseks ja hakkab juhet või teatavat osa sellest soojendama, mis võib hakata isegi helendama ja teatavais tingimustes saada isegi valguseallikaks. Kuid elektrisütikuks on vaja teatavat metalltraadi osakest või teatavat massi soojendada ainult kuni 200°C, et see paneks sütikus oleva kergeltsüttiva aine põlema ja vastava lõhkekapsli abil terve lõhkeaine laengu detoneeruma.

Nii siis on laengute plahvatama-panemiseks elektrisütikute abil vaja:

1. vastavad elektrisütikud,
2. elektrijõu allikad,
3. juhtmed ja
4. abiriistadena veel mõned mõõduaparaadid.

B. Elektrisütikud.

Elektrisütikuid võib soojendada Džauli seaduse alusel peamiselt kahel viisil:

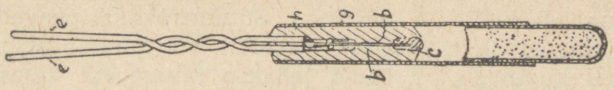
1. voolutugevuse suurendamisega, mis on kõige soodsam, kuna soojus suureneb proportsionaalselt voolutugevusega ruudus;
2. voolutakistuse suurendamisega.

Missugusel viisil elektrisütikut soojendatakse, ripub sellest, missugustes oludes toimub laengute süütamine, millest on juttu edaspidi, hulkur-voolude mõju puhul lõhketöödel.

Praegu on tarvitusel 2 tüüpi sütikuid, nimelt: sildhõõgsütikud ja pilusädesütikud, millede kohta lähemaid andmeid annab järgmine tabel:

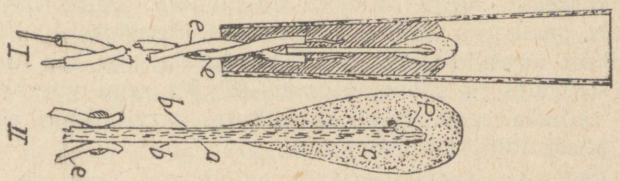
Sütikute nimetus	Üksiku sütiku takistus oomides	Ühe sütiku voolutarvitus amprites	Vajalik pinge ühe sütiku süütamiseks voltides
1) Sildhõõgsütikud	1—3,5	0,8—2	0,5—2
2) Pilusädesütikud	5000—50 000	1/500—1/5000	15—20

Liht- ehk momentlõhkumiseks tarvitatavad sütikud on üldiselt väga sarnased teineteisega, erinedes ainult süüteosas (joon. 11).



Joonis 11. Liht- ehk momentlõhkumise elektrisütik. Seletus tekstis.

Ühised on nimelt: sütikukest ja -traadid. Sütikukest tehakse papist (või plekist, kui lõhkuda tuleb gaasis või söetolmus). Papist kesta ots, mis pannakse löökpadrunisse ühes kapsliga, on kooni-



Joonis 12 I. Elektrisütiku kooniline papist kest. Seletus tekstis.
Joonis 12 II. Elektrisütiku hõõguv traatsillake seesmise süütemassi sees (suurendatud kujul). Seletus tekstis.

line (joonis 12, I), et lõhkekapsel nr. 8 kindlamini seisaks kestas. Sütiku vaskkestal on mõlemad otsad silindrilised ja kapsel püsib kestas nende vahelise hõõrdumise tõttu. Teisest kesta otsast väljuvad sütikutraadi otsad. Süütemassi osa ja sütikutraadi sisemised otsad on valatud pappkesta koos mittepõleva massiga; neid sütikuid tarvitatakse gaasis ja söetolmus lõhkumisel; harilikul lõhketööl võib olla valumassiks ka väävel või mõni teine kergestipõlev mass, mille sulamispunkt ei ületaks 130°C.

Vahel pannakse süütemass ühes sütikutraadi otstega ka otsekohe lõhkekapsli sisse ja kinnitatakse seal isoleerpaela abil, misjuures sütiku eri papp- või metallkest ära jääksid. Niisuguseid sütikuid nimetatakse lõhkesütikuiks. Pappkestad on iga tüübi kohta erivärvusega: sildhõõgsütikud on kollast, pilusütikud — punast värvust. Kui on vaja lõhkuda märgades kohtades, siis peavad sütikukestad ja eriti nende ühendus kapsli ja süütenööriga olema kaetud isoleermassi või -paelaga, et vesi ei tungiks sütikusse.

Sütikutraadid (joonised 11e ja 12 Ie), mis on alaliselt sütiku küljes ja mis ühendatakse elektrijuhtmega, peavad olema nii pikad, et nad ulatuksid puuraugust välja, mispärast nad peavad olema 1,5 kuni 2,5 meetrit. Sütikutraadid peavad olema hästi painduvad ja isoleeritud paberist või puuvillast mähisega või kaetud kummiga. Traadid tehakse rauast või vasest. Sildhõõgsütikutel on traadid enamasti vasest, kuna neid tuleb harilikult korraga palju ühendada, mispärast neil peab olema võimalikult väiksem takistus, et üldtakistus mitte liiga ei suureneks.

Pilusädesütikutel on traadid rauast, sellega hästi odavamad kui vasktraadid.

Süütemass (vt. joon. 11c ja 12 IIc) koosneb harilikult kahest üksteise peal olevast massist, kusjuures seesmine mass peab olema eriliselt kergesti süttiv selleks, et süüdata välist ümbritsevat massi, mis omakorda süütab lõhkekapsli. Seesmiseks süüteaineks on harilikult atsetüleenvask (C_2Cu_2), väliseks aga kas kloorhapukaaliumi ($KClO_3$) ja väävelantimoni (Sb_2S_3) segu või kloorhapukaaliumi ja söe segu. Sildhõõgsütikutel tarvitatakse süütemassina ka püroksiliini lahtisel kujul.

1) Sildhõõgsütikud.

Nende eriliseks tunnuseks on peenike 0,02—0,04 mm jämedune nikli ja raua sulamist traadike pikkusega 1—3 mm, mis asub seesmise süütemassi sees (vt. joon. 12 IIP) ja mille otsad on joodetud kahe vaskmetall-lehekese külge (vt. joon. 12 IIb), mis kleebitud kartongpaberist ribakese mõlemale poole külge; metall-lehekeste alumised otsad on ühendatud elektrisütiku traatidega e (vt. joon. 12 II). Kõik see on pandud kokku papp- või metallkesta sisse (h, joon. 11) ja valatud üle valumassiga nii, et ainult süütemassi otsake jääks välja paistma, mis süütab siis ka lõhkekapsli. Kui vool läbi sütiku lastakse, läheb traat p, mis moodustab sillakese kahe metall-lehekese vahel, kuumaks, kuni 200°C, ja süütab kergestipõleva massi C (vt. joon. 12 II) ja seega ühes ka lõhkekapsli. Aega kuni seesmise massi (C) põlemahakkamiseni nimetatakse ülekandeajaks, mis A-tüüpi sildsütikutel on umbes 1 millisekund (ms), s. o. $^1/_{1000}$ osa sekundist. Süüteajaks nimetatakse voolu sütikus jooksmise aega kuni seesmise sütiku lõpliku süttimiseni; see aeg kõigub 1—65 ms vahel. Ülekandeaeg koos süüteajaga annavad reaktsiooni- või mõjumisaja. Enne olid elektrisütikud A- ja B-tüüpi, nüüd aga on ainult A-tüüp, mille traadi hõõguv osa (sild) moodustab takistuse 1—3 oomi; kui süütamisel gaasi ei teki, siis on takistus traadis (sillas) 3,5 oomi.

See takistuse piiramine on tehtud selleks, et elektrisüütamismasinate süütamisvõime ulatust kindlaks teha. Vahed üksikute elektrisildhõõgsütikute takistuste vahel ei tohi suuremad olla kui 0,25 oomi. On ette kirjutatud, et 5 üksteisega järjeliselt ühendatud elektri-sildhõõgsütikut ühe ja samasuguse takistusega peavad üheaegselt süüdatama 0,8 amprit tugeva alalise elektrivooluga.

Et tagada seda tüüpi sütikuid elektri hulkurvoolude mõju eest, siis nõutakse, et 0,18 ampri voolu tugevusega alaline elektrivool ei süütaks neid sütikuid 5 minuti vältel.

A-tüüpi sildsütiku kohta on alalise voolu tugevusel üle 0,5 ampri kehtiv võrrand $I^2 t = K$, kus I on voolu tugevus amprites ja t süüteaeg, mida mõõdetakse millisekundites. K on konstantne kindel arv, mis iga A-tüüpi sütiku kohta on teada ja mida nimetatakse süüteimpulsiks. Kui nüüd ette on teada süüteimpulss, siis on võimalik arvutada ülaltoodud valemi abil voolu tugevus, kui on teada süüteaeg, ja ümberpöördult — on võimalik teada saada süüteaeg, kui on antud voolu tugevus. Sütikud väikese impulsiga on tundlikumad kui suure impulsiga sütikud. Et vältida väga tundlikke sütikuid ja ühes ka mitte väga koormata elektrisüütemasinate või abinõude võimet, on osutunud tarvilikuks piirata süüteimpulsse nii alt- kui ka ülaltpoolt. Nii peavad süüteimpulsid olema sildhõõgsütikute A-tüübi ja kindla süütemassi puhul 0,8 kuni 3,0 millivatt-sekundit iga oomi kohta (mWs/R). Kui on tegemist lahtise süütemassiga (püroksiliiniga) A-tüüpi sildsütikute puhul, siis kõigub süüteimpulss 0,8 kuni 15 mWs/R vahel.

2) Pilusädesütikud (vt. joon. 11).

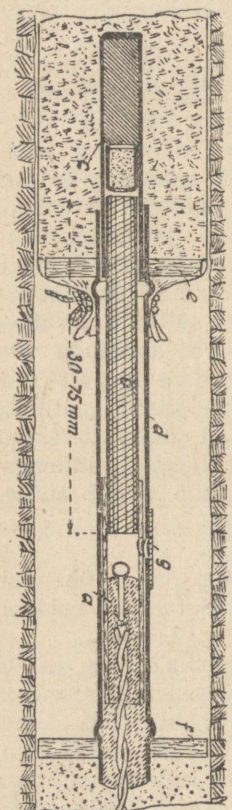
Pilusäde- ehk pilusütikutel puudub traadike, mis ühendab kaht poolust. Selle aset täidab süütemass (c), mis tehakse rohkem juhtivaks söe lisamisega süütemassi sekka.

Sütik tehakse järgmiselt: võetakse kartongiribake ja sellele kleebitakse mõlemale poole külge metall-lehekesed (b); viimaste alumiste otste külge joodetakse sütiku juhtmetraadid (e), kuna ülemised otsad koos kartongiga pistetakse vedela süütemassi sisse, mis siis jahtudes moodustab sütiku otsas kindla süütemassi nagu tuletikulgi. Pilusütikutel on takistus 20 000 kuni 80 000 oomi, mida mõõdetakse 1—2 voldi juures. See takistus süütemomendil langeb kuni umbes 5000 oomini. Suur takistus on selleks, et suurendada süütamiseks tarvisminevat elektripinget, mis peab olema üle 15 voldi, et elektri hulkurvoolud ei süütaks laengu enneaegselt. Seepärast on nõutav, et pilusütik 15 voldi pinge korral 5 minuti jooksul ei süttiks. Pilusütikuid tarvitatakse kaevandustes,

kus on tegemist välisjuhtme abil sõitvate elektrilokomotiividega, sest seal tekib kõige rohkem elektri hulkurvoole.

Peale kirjeldatud harilike momentsütikute on veel olemas:

3) L õ h k e s ü t i k u d, kus süütemass monteeritakse otsekohe lõhkekapslisse sisse, mis on küll suur paremus, kuid neid peab siis samuti ettevaatlikult käsitsema nagu lõhkekapsleidki, ja pealegi kardavad nad niiskust.



Joonis 13. Münningi aegsütik. a — elektrisütik; b — süütenööri jupp; c — süütekapsel; d — plekkhülss; e ja f — puust piireseibid; g — gaasiaugud.

4) A l l v e e s ü t i k u d vee all lõhkumiseks sügavamal kui 2 m. Need on samad lõhkesütikud, kuid paremini vee vastu tihendatud.

5) S ü t i k u d ü h e s k a p s l i g a, kusjuures kapslit ei saa enam sütikust eraldada, ilma selle plahvatamata.

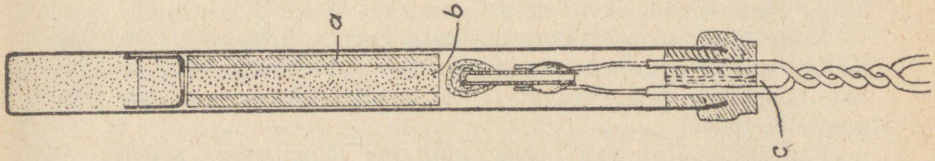
6) A e g s ü t i k u d.

Kõik eelkirjeldatud sütikud lõhkevad momentaanselt, kui nad on omavahel ja vooluallikaga ühendatud. Kuid sagedasti on tarvis, et mitte kõik laengud ei süttiks korraga, vaid järk-järgult, nagu see harilikult toimub süütamisel süütenööri abil. Ka elektrisütikuid on võimalik nii teha, et nad ei süttiks kõik korraga. Niisuguseid sütikuid nimetatakse aegsütikuiks.

Kõige lihtsam aegsütik on see, kui lõhkekapsli (c, joon. 13) ja elektrisütiku (a) vahele pannakse süütenööri tükk (b), harilikult mitte vähem kui 3 sm ja mitte rohkem kui 7,5 sm pikk. Üksikute paukude vahe on harilikult 0,5 sek. söekaevandustes ja 1 sek. kaalisoola- ja teistes kaevandustes. Aegsütikud tehakse harilikult 10—12 ajavältega, 0,5—1 sekund iga välte kestus. Kuna süütenööri põlemisel tekivad gaasid, millede rõhumine võib kiirendavalt mõjuda paukude tulemisele, siis jäetakse sütiku kesta (d) väikesed vahaga õrnalt kaetud augukesed (g), mis pärast süütamist lahti sulavad

ja põlemisest tekkinud gaasid lasevad lahkuda vabamasse ruumi. Et saavutada rohkem vaba ruumi, pannakse mõnikord 2 puust kettakest (e, f) kesta ümber, mis hoitakse teineteisest teataval kaugusel metallkestas olevate kumeruste vahel; ketas e ei luba siis sütikul sügavamale tungida lõhkeaine padrunisse ja ketas f ei luba topil tungida kaugemale puurauku. Sedaviisi ehitatud sütikud on tuntud Münningi aegsütikute nime all.

Peale harilike kirjeldatud aegsütikute on olemas veel sütikuid, milledel süütamisel gaasi ei teki, kuna süütenööri aset täitev aine põlemisel gaase ei tekita; need on harilikult kokkumonteeritud



Joonis 14. Eschbach'i aegsütik. Seletus tekstis.

koos lõhkekapsliga, nagu näha joonisest 14, kus a on lõhkesütiku kest, b — viivitav osa ühes vastava ainega; sütiku teised osad on harilikud ja need on kõik koos mahutatud sütikukesta, mida lõpuks kinni katab ehk isoleerib tinast lõputükk c, kust sütiku juhtmed väljuvad; sinna on jäetud augud gaaside väljumiseks. Niisuguseid sütikuid nimetatakse Eschbach'i sütikuiks ja neid tarvitatakse igalpool, kus tuleb töötada niisketes töökohtades ja vee all.

7. Süütamine detoneeruva nööriga.

Põleva süütenööriga süütamine sünnib aeglaselt (umbes 1 m 2 minuti jooksul), kuid süütamine detoneeruva nööri abil sünnib momentaanselt (kiirusega 5000—6500 m sek.).

Hariliku süütenööri südamik on valmistatud aeglasemalt põlevast püssirohust, kuid detoneeruva nööri südamik peab olema kiiresti detoneeruvast lõhkeainest, nagu trotüül (trinitrotoluool), tetrüül, paukuv elavhõbe jne., mis pannakse kas tinatorukesse, läbimõõduga 6,8 mm (Ameerikas) või kolmekordsesse puuvillalõngast mähisesse, läbimõõduga 5,5 mm (NSV Liidus, Saksamaal). NSV Liidus tarvitatakse detoneeruva süütenööri südamiku jaoks peamiselt granuleeritud paukuvat elavhõbedat, mida flegmatiseeritakse 20—25%-liselt parafiiniga; 1 jooksva meetri peale langeb umbes 12 grammi lõhkeainet; mähised on ka impregneeritud parafiiniga

ja kaetud veekindla mastiksiga; et detoneeruvat nööri mitte ära vahetada hariliku süütenööriga, siis on mähis punast värvust.

Detoneeruva nööri detoneerimiseks aitab sellest, kui detoneeruv nöör seotakse lõhkekapsli külge. Detoneeruv nöör võib hargneda mitmesse harru, kusjuures üksikud harud peavad olema teineteisega tihedalt seotud.

Detoneeruv nöör niiskust ei karda ja seda võib lõigata hariliku noaga puust laual, kusjuures soovitav oleks, et vasak käsi igaks juhuks kaitstud oleks lauatükiga. Detoneeruvat nööri võib hoida koos süütenööri, kapslite ja elektrisütikutega, mitte aga suurema hulga lõhkeainetega.

Kuna detoneeruva nööri üksikute harude kokkusidumine üksteisega nõuab suuremat ruumi, siis on seda parem teha maapinnal, mispärast detoneeruvat nööri tarvitatakse ka rohkem maapealsetel töödel.

Kui süütenööri abil peaks süütama lõhkekapslit selleks, et lõhkeaine laengut viia lõhkemisele, siis detoneeruva nööri abil toimub süütamine otsekohe, kui detoneeruv nöör on lõhkekapsli abil detoneerimisele viidud.

Esialgu paistab, nagu ei oleks mingisugust olulist vahet laengu süütamisel detoneeruva nööri abil, kuna ikka on vähemalt 2 vahelüli tarvis, et laeng lõhkeks; tegelikult peab üks lüli veel juurdegi tulema, kuna kapsli süütamiseks detoneeruva nööri detoneerimiseks on veel vaja süütenööri. Kuid süütamisel detoneeruva nööriga on mõnedel tingimustel ka oma paremused, nimelt:

a) Momentaanne laengute seeriate süütamine kaugusele vaatamata, mida süütamisel elektrisütikute abil on väga raske teostada, näiteks sügavates puuraukudes.

b) Lõhkeainete detonatsiooni kiiruse suurendamine, kui detonatsiooni kiirus on väiksem kui detoneeruval nööril, tingimusel et lõhkeaine laeng puutub kokku kogu pikkusel detoneeruva nööriga. Sellega suurendatakse lõhkeaine brisantsust.

c) Lõhkeaine tihendamine suuremal määral, kui see on võimalik harilikul lõhkumisviisil; näiteks laseb ennast ammonsalpeeter tihendada kuni 1,3—1,4 tiheduseni, millejuures ta veel detoneerub detoneeruva nööri tarvitamisel, kuna aga harilikul süütamisviisil niisuguse tihedusega (Δ = 1,4) laeng ei lõhkeks. Sellega suurendatakse ka lõhkeaine brisantsust.

d) Suurem täpsus süütamisel, kuna jääksid ära üksikute sütikute ja juhtmete ühendamise puudused ja vead, mis võivad olla laengute tõrkumiste põhjuseks.

Kuna detoneeruva nööri tarvitamine laengu süütamiseks maa-alustes töödes on siiski keerulisem ja kallim, kui süütenööri ja kapsli või elektrisütikute tarvitamine samaks otstarbeks, siis tarvitatakse seda maa-alustes kaevandustes üldse vähem; eelistatakse aga maapealsetel lõhketöödel, iseäranis suurte miinide ja sügavates puuraukudes laengute süütamisel.

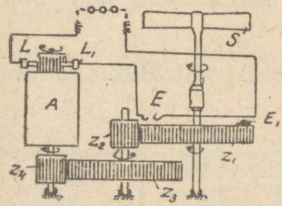
C. Elektrivoolu allikad.

Elektrivoolu allikatena lõhkeainete süütamisel võivad esineda seadmed, mis tekitavad elektrivoolu kas hõõrumise, mehaanilisel teel ankru või mootori tiirlemisel magnetiväljas, mis moodustatud alaliste või elektromagnetitega või keemilisel teel (kuivelemendid). Ka võib elektrisütikute süütamiseks kasutada elektrivoolu välisvõrgust.

Nagu teada, tekib elektrivool juhtme rõngas, kui see tiirleb magnetiväljas, see on ruumis magneti pooluste vahel. Kuna magnetid on alalised või kunstlikult sünnitatud elektrivoolu abil, mis läbistab mähist (isoleeritud traati), tihedalt mähitud rauast südamiku ümber, siis on ka kahesuguseid tiirlemise teel saadud elektrivoolu sünnitajaid, nimelt: magnetelektri- ja dünamoelektrimasinad.

a) Magnetelektrimasinad.

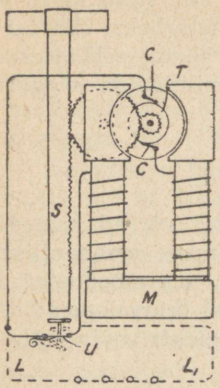
Magnetelektrimasinad annavad elektrivoolu madalast kuni keskmise pingeni (1—200 volti), mispärast neid võib tarvitada nii sild- kui ka pilusütikute süütamiseks, kuid nende väikese võimsuse tõttu ei leia nad enam suurt tarvitamist, kuna nad on suutelised lõhkema panema korraga ainult 3 kuni 5 pauku.



Joonis 15. Magnetelektrimasina skeem. Seletus tekstis.

Nagu näha skeemist joon. 15, pannakse topelt T-kujuline ankur (A) tiirlema käsitsi keeramise teel pideme (S) abil hammasrataste (Z_1, Z_2, Z_3 ja Z_4) kaudu. Hammasrattal Z on küljel väljaulatuv koht ehk kontakt E_1, mis lülitab voolu E kohal ja laseb tiirlemisel tekkinud elektrivoolu joosta välisjuhtmesse, kus ta süütab elektrisütiku. Need masinad on tuntud simpleks ja dupleks nime all, kuid viimasel ajal kasutatakse neid üldiselt vähe.

b) Dünamoelektrilised masinad (joon. 16).



Joonis 16. Dünamoelektriline masin. Seletus tekstis.

Dünamoelektrilised masinad on väga sarnased magnetelektrimasinatega. Topelt T-kujuline ankur (T), mis on kaetud mähisega, pannakse tiirlema masina pooluste vahel hammaslati (S) abil. Ankru peal olevasse mähisesse indutseeritud vahelduv vool muudetakse alaliseks kollektoril (C). Tekitatud vool läbistab mähise kahe raudsüdamiku ümber, neid magnetiseerides. Kuna raual on olemas ikka vähe järelmagnetismi, siis ei ole vaja erilist magnetit, et rauda muuta magnetiliseks, vaid mainitud järelmagnetismist piisab, et sünnitada alguses nõrka elektrivoolu, mispärast see muutub järk-järgult kõvemaks ja küllaldaseks, et sünnitada ka tugevat elektrivoolu. Niisuguseid masinaid nimetatakse dünamoelektrilisteks masinateks, sest samal printsiibil tekib elektrivool ka elektrijaama dünamomasinates. Latt-hammasrattal (S) on olemas seadis, mis paneb tiirlema ankru, kui latt litsutakse alla; kui aga latt tõstetakse ülespoole, siis ankur T ei tiirle. Kui latt-hammasraud satub kõige alumisse seisukohta, siis rõhub ta ühe voolulülitaja vedru (U) alla, millega sunnitakse elektrivoolu minema välisringi L—L_1 kaudu, kus ta satub sütikusse, süüdates need ja põhjustades laengute lõhkemise puuraukudes. Peale latt-hammasratta on olemas veel teisi mehhanisme, mille abil pannakse ankur T tiirlema dünamoelektrimasina pooluste vahel, nagu üleskeeratav vedru, vint (trillpuuri sarnane) jne., kuid kõik need taotlevad sama sihti mis latt-hammasraudki.

Alljärgnevas tabelis on näha mainitud tüüpi vooluallikmasinate või süütajate võimed, omadused ja kaal:

Volte	Ampreid	Masina sisemine takistus oomides	Paukude arv sild-hõõgsütikutega ja vasest juhtmetega	Kaal kg
30— 35	2	12	10	2,5
60	2	42	20	5
120—150	2,5—3	48	50	11—12
180—250	2,5—3	68	80	20—25

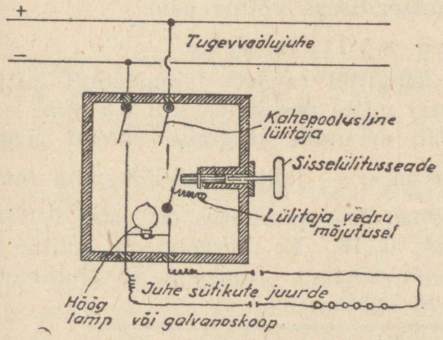
c) Galvaanilised kuivelemendid.

Kuna nende tarvitamine ei ole kaevandustes levinud nende väikese võimsuse tõttu (võivad süüdata korraga umbes 3 laengut), siis siin nad eriliselt käsitamisele ei tule. Ühe elemendi pinge on harilikult 1,3—1,4 volti ja sisemine takistus 0,55—0,6 oomi.

d) Tugevvooluvõrgu kasutamine vooluallikana lõhketöödel.

Šahtide, kveršlaagide, stollide, gesenkide läbiminekul on võimalik mõnikord kasutada valgustuse ja jõu ülekandmise elektrijuhtmeid, süüdates nende kaudu ka elektrisütikuid. Selleks on aga vaja elektrisüütemasinate asemel hankida eri elektrivoolu sisselülitamise seade voolukaabli või juhtmete ja sütikute süütamise juhtme vahel.

Valmisseatud elektrisütikuid ühendav juhe peab ametliku ettekirjutuse alusel ühendatud olema üldise väliselektri juhtmetega ainult kahepooluselise lülitaja kaudu ja nimelt nii, et see ühendus juhtmete vahel võiks sündida üheaegselt, nagu see näha on joonistest 17 ja 18. Peale selle peab voolu sisselülitamisseade veel olema lukustatud vedruga, mis alati voolu hoiab katkestatud olukorras. Skeemis joon. 17 on näha ka galvanoskoop või hõõglambike, mis näitab, kas juhtmed ja sütikud on kõik korralikult omavahel ühendatud; kui seda ei ole, siis galvanoskoobi osuti ei liigu või lambike ei põle.

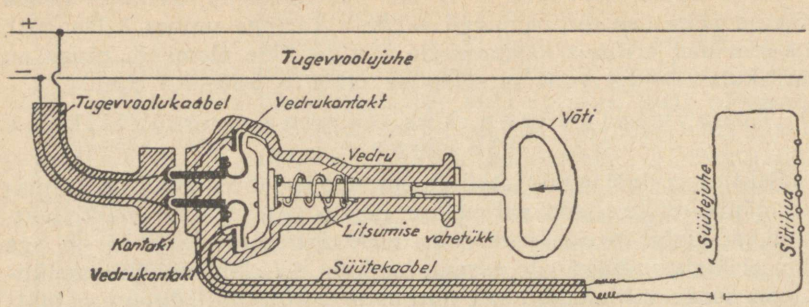


Joonis 17. Tugevvoolu kasutamise skeem elektrisütikute süütamiseks.

Peale seda kui kahepooluseline lülitaja on sisse lülitatud, nagu näha skeemis, vool veel läbi juhtmeteahela ei jookse; kui aga vedru all olev sisselülitaja alla litsutakse, nii et tekib viimase ja tugevvoolu-juhtmega ühendus, siis peavad sütikud süttima ja paugud tulema.

Soovitav on, et ühendus välisvoolujuhtmega või kaabliga ja sütikute juhtmega sünniks nii, et ühes käes (pahemas) on toos, kuhu on toodud välisjuhtme otsad, ja teises (paremas) toos sütikute juhtmeotstega, mida omakorda võib kahepooluseliselt ühen-

dada, nagu seda illustreerib joonis 18; kui nüüd suruda käega võtmele, mis ülal hoitakse vedru abil, siis lülitab võti vahetüki



Joonis 18. Tugevvoolu kasutamise seade elektrisütikute süütamiseks.

abil mõlemad juhtmed sisse, mis laseb voolul pääseda sütikutesse ja järelduseks on laengute lõhkemised puuraukudes. Nii on ka siin tegemist kahepooluselise lülitajaga, mis sünnib kahe toosi ühendamise ja eri sisselülitamisseadisega võtme näol.

D. Juhtmed süütamiseks.

Süütamisjuhtmed tehakse tsingitud rauast läbimõõdult mitte peenemad kui 0,6 mm ja vasest mitte peenemad kui 0,5 mm.

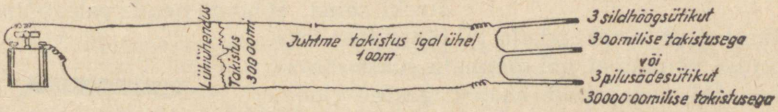
Juhtmete takistuse (R) võib arvutada järgmise valemi järgi: $R = \frac{cl}{q}$, kus l on juhtme pikkus m, q — juhtme läbilõikepind mm^2 ja c — juhtmemetalli eritakistus; see eritakistus on vasel 0,0178, raual 0,1—0,15 ehk keskmiselt 0,118. Et kergendada juhtmete takistuse arvutamist, on koostatud tabel raud- ja vaskjuhtmete takistustega oomides iga 100 m kohta.

Traadi diameeter mm-tes	100 meetri juhtme takistus oomides	
	vasest	tsingitud rauast
0,7	4,7	31,2
0,8	3,6	24
0,9	2,8	19
1	2,3	15,5
1,2	1,6	10,5
1,5	1,0	7,0
1,7	0,8	5,5
2	0,57	3,8
2,5	0,37	2,5
3	0,25	1,7
kaabel 4 traadist, igauks 1,5 mm-lise läbimõõduga	0,25	1,7

Kui nüüd küsida, missugusest metallist juhtmeid tarvitada, siis tuleb valvata selle järele, et juhtme takistus võrreldes kogu sütikute takistusega, ei oleks liiga suur. Nii näiteks sildhõõgsütikute takistus on 1 oom, kuid võttes 1 mm läbimõõduga raudtraadi, oleks selle 100 meetri takistus 15,5 oomi, mis nõuaks liiga suurt pingelangust juhtmetes; sellepärast tuleks siin võtta vasktraat, mille takistus on vastavalt kõigest 2,3 oomi. Üldse sildhõõgsütikute korral ei peaks sütikute välisjuhtme takistus tõusma üle 10 oomi. Üldiselt võib kõik juhtmed teha rauast, kuid vasest juhtmed peavad rohkem vastu, kuna nad ei roosteta ja on painduvamad. Kui on tegemist pilusädesütikutega, mille takistus ulatub 10 tuhandetesse oomidesse, siis on ükskõik, missugusest materjalist on tehtud juhtmed.

E. Juhtmete isolatsioon.

On tähtis teada, kunas on vaja juhtmeid isoleerida ja kunas võib tarvitada juhtmeid palja traadina?



Joonis 19. Süüteseadme skeem, milles kas 3 sildhõõgsütikut (takistusega à 1 oom) või 3 pilusädesütikut (takistusega à 10 000 oomi).

Selle selgitamiseks vaatleme üht süüteseadet (joon. 19), mis koosneb peale süütemasina ja välisjuhtme veel 3-st sildhõõgsütikust, igaüks 1-oomilise takistusega, või 3-st pilusädesütikust, igaühe takistus 10 000 oomi. Sellejuures peab arvesse võtma, et kahe juhtme vaheline takistus on umbes 300 oomi, mis võib veelgi väheneda, kui lõhketööd toimuvad märjas kohas. Arvestame, kuipalju voolu läheks kaduma kõrvalvoolu (lühiühendi) kaudu üle 300-oomilise takistuse, millevõrra väheneks sütikutesse sattuv vooluhulk. Vooluhulgad samast vooluallikast on pöördvõrdelised nende takistustele. Tähistades vooluhulka kõrvalvoolus ehk lühiühenduses J_k (selle takistus 300 oomi) ja oletades, et välisjuhtme takistus on 2 oomi, võrdleme vooluhulki kõrvalvoolu (lühiühenduse) tekkimisel esimesel juhul, kus sütikute takistus on 3×1 (oomi) = 3 oomi (vooluhulka sel puhul tähistame J_1), ja teisel

juhul, kus sütikute takistus on $3 \times 10\,000 = 30\,000$ oomi (vooluhulka sel puhul tähistame J_2). Saame:

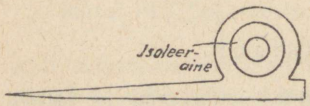
$$\frac{J_1}{J_k} = \frac{300}{2+3} = \frac{300}{5} = \frac{60}{1}.$$

Seega läbistab sütikuid esimesel juhul peaaegu samasugune vool, kuna kaduma läheb kõigest $^1/_{60}$ kogu vooluhulgast, see on umbes 1,6%, mispärast juhtmetraatide isoleerimine ei ole tarvilik.

Teisel juhul

$$\frac{J_2}{J_k} = \frac{300}{30\,000+2} \simeq \frac{1}{100}.$$

Seega jääks sütikute jaoks kõigest $^1/_{100}$ voolust, mida kasutaksime, kui ei oleks olemas kõrvalvoolu; seda on väga vähe selleks, et sütikuid süüdata, mispärast ka laengud jääksid lõhkemata. Niisugusel juhul, s. t. kui on tegemist pilusütikutega, on vaja juhtmeid isoleerida, et ei tekiks lühiühendust. Tarvitades paljaid traate on kasulik lühiühenduste raskendamiseks juhtmed viia üks ühel ja teine teisel pool streki seina, et hoida nende vahe võimalikult suur ja vähendada lühiühenduse tekkimise võimalust, või tõmmata juhtmetraadid läbi isoleeritud haakrõngaste (joon. 20), mis kinnitatakse toestuse külge, või tarvitatakse kahejuhtmelist kaablit, mille üks juhe on isoleeritud, teine aga paljas traat (joon. 21). Viimaste tarvitamine on otstarbekohasem kui mõlemate juhtmete isoleerimine ühes kaablis, sest lühiühenduste tekkimisel kahe juhtme vahel on vea leidmine esimesel juhul palju lihtsam.



Joonis 20. Isoleeritud haakrõngas.



Joonis 21. Kahejuhtmeline kaabel, mille üks juhe isoleeritud, teine isoleerimata.

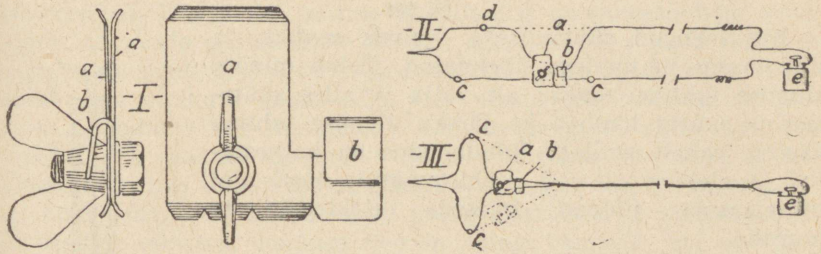
F. Abinõud elektri hulkurvoolude vastu.

Kui on kaevanduses tarvitusel tugev vool vedurite ja teiste töömasinate käivitamiseks, siis võivad tekkida elektri hulkurvoolud, mille põhjuseks eriti on mittekorrapärane raudteerööpmete omavaheline ühendus. See võib tekitada elektripingeid roobaste ja raudtorude vahel, mis põhjustavadki elektri hulkurvoolude tekkimist, mille pinge võib ulatuda kuni 15 voldini. Arusaadav, et kui on karta selliseid voole kaevanduses, siis peab paukude süütamisel elektri abil olema eriti ettevaatlik, kuna juhuslik hulkurvool võib laengu süüdata enneaegselt ja põhjustada suuri õnnetusi.

Et seda ei sünniks, peab võimalikult kõrvaldama kaevanduses hulkurvoolu mõju elektrisütikutele, mida võib teha kolmel teel:

1) hulkurvoolu kõrvaldamisega lühiühenduste tekitamise teel metallesemete vahel;
2) suure takistusega elektrisütikute tarvituselevõtmisega, mille süütamiseks on vaja elektrivoolu pingega üle 15 voldi;
3) juhtmete hoolsa isoleerimisega.

Hulkurvoolu kõrvaldamine elektrijuhtmetest toimub kõige paremini sel teel, kui iga 200—300 meetri tagant ühendada rööpmed,



Joonis 22. Süütemasina juhtmetega manipuleerimise skeem. *a* — 2 plekki, milledest ühel konks *b* küljes. Alumine paljastraat tõmmatakse naeltele *cc* pinevile ja pigistatakse plekkide *a* vahele kruviga kinni. Ülemine (ka isoleerimata) traat kinnitatakse naela *d* külge ja edasi viiakse ka plekkide vahelt ja konksu *b* alt läbi. Süütemasina *e* juurest rebib minöör enne süütamist ülemise traadi lahti (pilt III).

torustikud ja tuulutamistorud omavahel, nii et ühenduskohad oleksid ka võimelised elektrivoolu juhtima, millega tekitatakse lühiühendused ja seega likvideeritakse ka hulkurvoolude tekkimine lõhketööde piirkonnas.

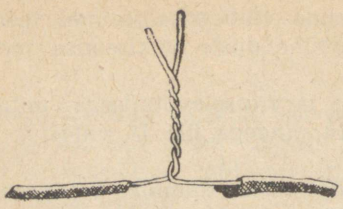
Kuid hulkurvool võib tekkida ka juhtmetes, mis ühendavad elektrisütikuid; et seda mõju enne tarvilist sütikute süütamist annulleerida, tuleb juhe, mis ühendab süütemasinat ja elektrisüti-



Joonis 23. Juhtmete omavaheline ühendamisviis ühes suunas.

kuid, enne viimaste süütamist ka hoida lühiühenduses, mis aga just enne sütikute süütamist kõrvaldatakse, kui enam ohtu sütikute enneaegses süütamises karta pole. Joonis 22 I, II, III illust-

reerib vastavat lühiühenduse seadeldist; kaks metall-lehte a moodustavad näpitsa ühes kruviga, ühe lehe alumine ots on tehtud konksuna b; selle näpitsa vahele pannakse ülemine juhtmetraat, kuna alumine on pandud ajutiselt konksu alla, selleks et juhtmetraate lahus hoida. Näpitsa kaudu on siis juhe omavahelises lühiühenduses ja kaitstud hulkurvoolude tekkimise eest juhtmetes.



Joonis 24. Juhtmete omavaheline nurgi ühendamisviis.

Kui laengud süütamiseks valmis seatud ja süütemasin juhtmetega ühendatud, tõstab minöör alumise juhtme konksu alt välja ja alles süütemasina juures tõmbab ka järsku ülemise juhtme näpitsa vahelt, millega lühiühendus on katkestatud ja elektrivool võib takistamatult õigel ajal süütemasina juurest pääseda elektrisütikute juurde.

Kartes hulkurvoolude mõju, tuleb tarvitada kõrge takistusega pilusädesütikuid, mis vajavad süütamiseks vähemalt 16 volti. Kõik ühendused sütikute, juhtmete ja süütemasina vahel peavad olema hästi isoleeritud, samuti ka juhtmed ise. Juhtmeid ei pea ühendama sõlmena, vaid nende otsad on vaja isolatsioonist enne vabastada ja siis omavahel kokku keerata, nagu see näha joonistest 23 ja 24. Enne traadi otste kokkukeeramist on vaja nende oksüdeeritud pind puhtaks kratsida ja siis alles omavahel ühendada.



Joonis 25. Juhtmete ühenduskoha isoleerimine ühenduskestaga. *b* — juhtmete keerdusotsad; *h* — kesta sulgekork; *m* — tainamoodi isoleermaterjal; *s* — parafiinkate.

Peale juhtmete ühendamist omavahel on neid vaja ühenduskohas isoleerida kas isoleerpaelaga või isoleerimiskestaga (joon. 25), milles olemas isoleerimismass, ja mis siis pistetakse juhtmete ühenduskoha otsa. Iseäranis on vaja isoleerimist seal, kus on niisked kohad ja kus võivad tekkida kõrvalvoolud.

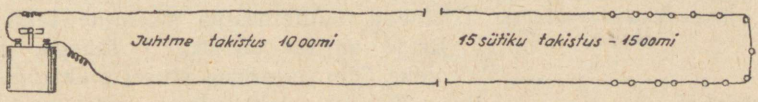
G. Abi- ja mõõduriistad elektrijõuga süütamisel.

Galvanoskoop. Oommeeter.

Enne süütamist on soovitav sütikuid üksikult läbi proovida, kas nad tarvitamiskõlblikud; selleks kõlbab galvanoskoop, mille poolused kahe kruvimutri näol ühendatakse sütikute juhtme-

tega. Kui selle aparaadi osuti liigub, siis on sütik korras. Osuti liikumine sünnib sellepärast, et läbi sütiku läheb nõrk elektrivool aparaadis oleva elektrielemendi tõttu, mis aga mitte nii suur ei ole, et võiks sütikut süüdata. Kahjuks ei saa selle aparaadiga kõrgeoomilisi sütikuid (pilusädesütikuid) proovida, kuna takistus on neis liiga suur, kuid väga hästi saab proovida sildhõõgsütikuid, kuna nendes vool üldse ei katke olemasoleva peenikese traadist sillakese tõttu sütiku pooluste vahel. Isegi väiksemate takistustega pilusütikuid võib selle aparaadiga proovida. Ka kogu süüteseadet, see on sütikuid ühes juhtmetega, võib mainitud aparaadiga enne süütamist proovida, samuti kui see toimub sütikute proovimisel. Kui peale juhtme ühendamist galvanoskoobiga osuti liigub, on seade süütamiskõlblik, kui aga ei liigu, siis on seadmes viga, mida peab üles otsima ja enne süütamist kõrvaldama. Viga võib peale sütikute eneste olla veel nende omavahelises puudulikus ühenduses või juhtmetes. Galvanoskoop ei näita aga vea suurust ega seadme takistust. Seda võimaldab teatavais piires oommeeter, mis on umbes samasugune aparaat kui galvanoskoopki, kuid selle osuti näitab voolu puhul aparaadis ja süüteseadmes ka seadme takistust oomides. See on jällegi võimalik, kui on tegemist nõrga takistusega sütikutega, s. o. sildhõõgsütikutega. Oommeetri käsitamist selgitame ühe süüteseadme korralikkuse vaatlemisel.

Oletame, et on vaja süüdata 15 sildhõõgsütikut korraga, mille igaühe takistus on 1 oom ja seega kogu sütikute takistus 15 oomi. Juhtme takistus olgu 10 oomi (joon. 26). Seega kogu takis-



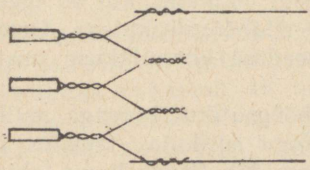
Joonis 26. Oommeetri käsitamise skeem süüteseadme takistuse kontrollimisel.

tus 25 oomi. Kui nüüd oommeeter peale ühendamist seadmega näitab 35 oomi, siis tähendab see, et ühendus sütikute ja juhtmete vahel on halb. Kui aga oommeetri osuti näitaks 20 oomi, siis arvatavasti ei ole mitte kõik sütikud seadmesse sisse lülitatud. Kui aparaadi osuti näitab 10 oomi, siis on arvatavasti lühiühendus juhtme lõpus ja kui sama osuti näitab vähem kui 10 oomi — on arvatavasti lühiühendus juhtme keskosas. Näitab osuti 25 oomi — siis on seade korras.

Niiviisi oleks soovitav kõik süüteseadmed enne süütamist läbi proovida, et vältida vigu, millede kõrvaldamine nõuaks palju aega ja tekitab ilmaaegseid kulusid ning õnnetujuhtumeid töölistega. Eriti on see tähtis aga lõhketööde puhul tähtsatel kohtadel, nagu šahtide süvendamine, stolli edasiminek jne. Samuti kui sütikute proovimine on tähtis aeg-ajalt proovida ka süütemasinat ennast. Selleks seatakse üles kunstlikud takistused, mis vastaksid nendele takistustele, mida tuleks süütemasinal vältida tegelikult laengute süütamisel, kus arvesse võetakse ka lühiühenduse olemasolu eriti märgades kaevandustes, mida hinnatakse umbes 300 oomile. Sisse lülitatakse mainitud kunstlikku seadmesse ka üks elektrisütik. Kui nüüd masin on võimeline süütama sütikut loetletud tingimusil, siis on masin korras ja temaga võib rahulikult edasi töötada, vastasel korral aga peab ta korda seadma.

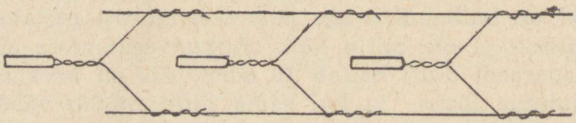
H. Laengute sisselülitamisviisid.

Harilikult toimub sütikute ühendamine sel teel, et üks sütikutraat või juhe ühendatakse teise sütikutraadiga; vabaks jäänud teise sütiku traat kolmanda sütiku omaga; vabaks jäänud kolmanda sütiku traat neljanda sütiku omaga jne.; lõpuks jäävad vabaks üks esimese ja üks viimase sütiku traat, mis siis ühendatakse üldise juhtme otstega (joon. 27). Sel kombel saadud ühendust nimetatakse järjestikku-ühenduseks; kui märkida juhtme takistus Rj tähega, süütemasina sisemine takistus Rs ja sütiku takistus r tähega, siis oleks Ohmi seaduse alusel elektrivoolu tugevus $I = \frac{E}{Rs+Rj+nr'}$, kus E on elektripinge süütemasinas ja n sütikute arv.



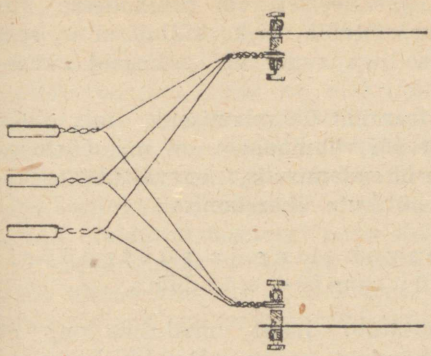
Joonis 27. Elektrisütikute järjestikku-ühendamise skeem.

Peale hariliku järjestikku-ühendamise on võimalik ühendada sütikuid veel paralleelselt (joon. 28 I, II). Sel puhul iga sütiku



Joonis 28 I. Elektrisütikute paralleelse ühendamise skeem.

traat ühendatakse otsekohe vastava üldise juhtmega ja kuna sütikute traadid on nüüd koondatud pooluste järgi, väheneb üldine sütikute takistus võrreldes ühe sütiku takistusega nii mitu korda, kuipalju on sütikuid ühendatud paralleelselt; seejärgi, kasutades Ohmi seadust, saame:

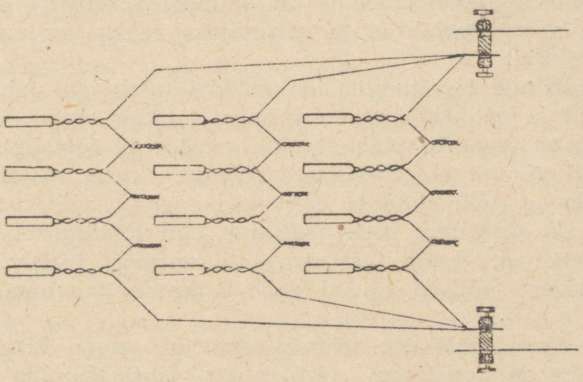


Joonis 28 II.

$$I = \frac{E}{Rs + Rj + \frac{r}{n}}$$

On võimalik ka n sütikut jagada rühmadesse (m rühma), kusjuures teatav arv k sütikuid ühendatakse igas rühmas omavahel järjestikku ja siis rühmad ise paralleelselt üldise juhtmega (joon. 29). Sel juhul oleks voolutugevus

$$I = \frac{E}{Rs + Rj + \frac{kr}{m}} \text{ ja } n = mk.$$



Joonis 29. Elektrisütikute rühmadena ühendamise skeem.

Nagu näha, on takistus kõige väiksem paralleelsel ühendamisel üldise juhtmega, kuna rühm-ühendamisel oleks kogu seadme takistus vahepealne võrreldes järjestikku- ja paralleelse ühenda-

misviisiga. Kuna sildhõõgsütikutel on takistused üldiselt väikesed, siis võiks neid alati ühendada järjestikku. Pilusädesütikute tarvitamisel tuleks ühendada neid paralleelselt või rühmadesse, kui sütikute arv, mis korraga tuleks süüdata, oleks küllalt suur, sest vastasel korral tuleks tarvitada liiga suuri või võimsaid süütemasinaid.

Kuid arvestades keerulise traatide ühendamisega, mis oleks tarvis ühendamisel paralleelselt või rühmadesse, on mäetööstuses tarvitusel peamiselt järjestikku-ühendamisviis, et vältida tekkivaid vigu ja liiga aeglast tööd sütikute ühendamisel.

J. Sütikute liikide omavaheline ja süütenööri abil laengute süütamise võrdlus.

Väikese takistusega elektrisütikute häiks omadusiks on, et nendes esineb harvemini lühiühendusi, et on võimalik kasutada isoleerimata juhtmeid (traate) ja et on võimalik enne süütamist proovida kogu süüteseadet, s. o. selgitada, kas sütikud, juhtmed ja süütemasin on õigesti omavahel ühendatud.

Pilusädesütikutel on seevastu ainult üks hea omadus, nimelt see, et nad ei karda elektri hulkurvoolu, mis ikka võib esineda seal, kus on tegemist maa all elektri jõumasinatega ja valgustusseadmega.

Kuna põlevkivikaevandustes on igalpool tarvitusel elektrijõumasinad, siis õnnetusjuhtumite vältimiseks peaks tarvitatama seal pilusädesütikuid.

Elektrisütikute tarvitamine lõhketöödel tuleb igal juhul kallim süütenöörist ja on käsitamisel ka palju tülikam, kuid söekaevandustes, kus on tegemist plahvatavate gaaside ja söetolmuga, tuleb tarvitada tingimata elektrimomentsütikuid, kuna vastasel korral järgmine laeng võib süüdata eelmise laenguga tekitatud plahvatava gaasi ja söetolmu. Elektrisütikute abil lõhkumisel on järelgaasid puhtamad, kuna jääb ära süütenöörist tekkiv gaas ja suits, mispärast töölised võivad vähe varem minna oma töökohta tagasi.

Kui on tarvis tööesisse teha sissemurdu, nagu kitsas käigus (stollis), siis on kasulikum mitu auku lahti lõhkuda korraga laengute momentsüütamise teel elektriga, mis võib kuni 2 korda vähem lõhkeainet nõuda, kui sama töö süütenööri abil süütamisega, mis laenguid ei lase plahvatada üheaegselt.

Kuid elektrisütikutega võib ka lõhkuda nii, et 10—12 pauku tuleb üksteise järel, nagu süütenöörigi korral, kasutades elektri-

aegsütikuid. Süütenööriga süütamisel ei saa aga süüdata pauke momentaanselt, mispärast elektrisütikud on oma kasutamisviisilt universaalsemad. Võiks arvata ka, et elektrisütikute kasutamisel oleks õnnetujuhtumid lõhketöödel harvemad kui süütenööriga lõhkumisel, kuid see arvamine ei pea igal juhul paika, sest on küllalt põhjusi, mis ka elektriga süütamisel võivad põhjustada enneaegset ja hilinevat süütamist, nagu elektrivoolu sattumine sütiku juhtmesse juhuslikul kokkupuutumisel torudega, roobastega või elektrijuhtmetega või lühiühenduse kõrvaldamise momendil elektrisütikute juhtmetest, kui süütamismasina juhe ei ole täielikult eraldatud masinast enne süütamise tõrke selgitamist. Põlevkivikaevandustes võiks elektrisütikute tarvitamise küsimus tekkida ainult kitsastes töökohtades, kus on vaja sissemurdu teha teise vaba pinna moodustamiseks.

II. LÕHKETÖÖD TÖÖSTUSLIKUS ULATUSES.

A. Harilikud lõhkeesemed ja lõhketööd.

1. Löökpadrun.

Puuraugu laeng koosneb lõhkeainepadrunitest, löökpadrunist ja topist. Löökpadruniks nimetatakse seda lõhkeainepadrunit, millesse pistetakse kapsel süütenööriga või elektrisütikuga. Kapsli geomeetriline pikitelg peab kokku sattuma padruni (silindrikujulise) teljega. Harilikult peab kapsel vähemalt ⅓ padruni pikkusest olema padrunimassi sees, s. o. 4—5 sm sügavusel padruni sees, lugedes padruni välispoolsest otsast, kust süütenöör või süütetraadid väljuvad. Soovitav on, et süütenöör või elektritraadid kinnitataks padruni külge selle kestapaberi otste kinnisidumise teel süütenööri või elektritraatide külge. Kui lõhkumine toimub märjas kohas, siis peab see sidumiskoht veel isoleeritama mingisuguse isoleermassi (vaha, pigi) või isoleerpaelaga. Eelkirjeldatud viisil süütenööri või sütikutraatide kinnitamine on kasulik ka sellepoolest, et takistab kapsli väljatõmbamist padrunist puuraugu laadimisel ja toppimisel. Sagedasti sünnib kapsli asetamine padrunisse vastava suurusega augu sissevajutamise teel padrunisse, kuhu siis kapsel sisse surutakse ühes süütenööri ja sütikuga ja tarvilikul korral augu väljatuleku koht padrunist ka isoleeritakse. Kuid niisugusel korral peab olema ettevaatlik, et kapslit puuraugu laadimisel mitte padrunist välja ei tõmmataks. Et seda vältida, pööratakse padruni kapslipoolne ots allapoole, nii et löökpadruni

põhi jääks ülespoole puurauku, traadid või süütenöör aga tuleksid padruni kesta külje ja puuraugu seina vahelt tagasi välja, sest kui nad otsekohe padrunist väljuksid, saaksid nad laadimisel rohkem muljuda.

Küsimus seisneb nüüd veel selles, kuhu kohta paigutada laengus löökpadrun. Selleks on neli võimalust:

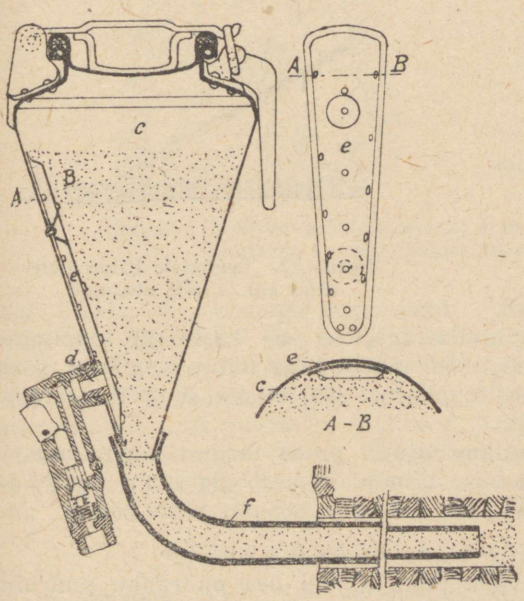
a) laengu peale,
b) teisena laengu pealmisest padrunist,
c) laengu keskele,
d) laengu põhja.

Harilikult pannakse löökpadrun laengusse viimasena, s. o. laengu peale. Kuid arvesse võttes, et löökpadrun satub puuraugu toppimisel laadimiskepi löökide alla, mis võib juhuslikult viia lõhkekapsli lõhkemisele, siis soovitatakse panna löökpadrun laengusse eelviimasena ehk teisena laengu pealmisest padrunist. Ollakse arvamisel, et kus kohal on löökpadrun, seal on ka lõhkejõu avaldus kõige suurem. Kuid see ei ole päris õige, sest lõhkeaine detonatsiooni kiirus suureneb löökpadrunist selles suunas, milles asuvad laengu padrunid, kuna iga lõhkeaine osakese detoneerumine suurendab järk-järgult ülejäänud osade detoneerumise kiirust. Selle oletuse alusel peaks siis lõhkeaine mõju kõige suurem olema laengu põhjas, kus ta kõige rohkem on tarvilik. Ühtlasi aga mõjub järk-järguline detonatsioon puuraugus ka lõhkeaine tihendamisele, mis aga takistab detonatsiooni kiiruse levimist. Sellega on seletatav, et mõned lõhkeained, mis lasevad eriti kergesti end tihendada, nagu kloratiidid ja ammoniidid, laengu põhjaosas sagedasti ei lõhke üldse ning sellepärast on kasulikum panna löökpadrun, kui on tegemist mainitud lõhkeainetega, laengu keskele. Laengu põhja löökpadruni asetamine on eelkirjeldatud seletusi arvesse võttes ekslik, pealegi nõuaks see suuremal määral süütenööri ja sütikutraatide pikkuse suurendamist.

2. Topp.

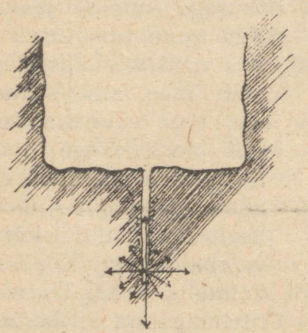
Topiks nimetatakse seda täidet, mis pannakse puurauku laengu peale. Topi materjalina on kõige parem kasutada savi, liiva ja ka puurjahu, kui see ei sisalda põlevaid aineid ega vett, kui see ei voola puuraugust välja ega riku lõhkeainet. Põlevat ainet topina ei või sellepärast tarvitada, et see võib süüdata kaevandusgaasi ja söetolmu ning tekitada vingugaasi. Topi ülesandeks on lõhkegaaside tagasihoidmine puuraugus, seni kui nad puuraugu etteandega ettenähtud töö on teinud. Seega peab puuraugu laadimisel igal juhul tarvitama toppi, kui tahetakse, et lõhkeaine puur-

augus kasutataks kõige otstarbekamalt. Olgugi, et brisantsed lõhkeained lõhkevad puuraugus ka ilma topita, on kasulik töö, nagu näitavad katsed Trauzli tinaplokis, seejuures üle poole väiksem. Pealegi ei ole lõhkeaine lõhkemisprotsess ilma topita täieline, kuna tekivad mürgised järelgaasid ja isegi laengu väljapõlemine, s. o. mittetäieline detoneerumine. Kui on vaja toppida liivaga või sõreda puurjahuga, siis mässitakse see enne paberist kesta ja siis litsutakse auku, sest muidu võiks liiv välja pudeneda; seal ta püsib siis kesta hõõrdumise tõttu puuraugu seinte vastu. Savitoppe võib tarvitada igasuguse augu toppimiseks, kuna savi plastiline mass laseb ennast suruda kõvasti vastu puuraugu seina. On soovitav, et savitopid vastava sitkusega, mis ei jääks laadimisel kepi külge, valmistataks 2—3 päeva enne tarvituselevõtmist mingisuguse pressi abil maa peal, kus neid siis kastides võib maa alla saata. See topi valmistamisviis oleks kõige otstarbekohasem, kuna ei nõua kaevanduse tööliselt päristööst kõrvalekaldumist. On ka võimalik puurjahu või liiva panna paberist voolikusse, mille läbimõõt on 4—5 mm väiksem puuraugu omast; voolikud võetakse tarvilikus pikkuses, täidetakse puurjahuga ja lükatakse puurauku ilma löökideta. Niisugust toppi nimetatakse Kruskopf'i topiks; temal on see hea omadus, et teda võib august kergesti välja tõmmata, kui laeng on tõrkunud, ja ühes sellega ka löökpadruni. Kaevandustes on tarvitusel ka Herdemerten'i toppimisseade (joon. 30), kuhu pannakse vähe niisutatud liiva ja puhutakse suruõhuga düüside (pee-

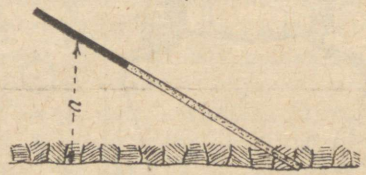


Joonis 30. Herdemerten'i toppimisseade. *c* — topimaterjali anum; *d* — suruõhu juurdevoolu toru; *e* — aukudega plekk (sõel); *f* — topimaterjali puurauku saatja toru.

nikeste torude) abil puurauku sisse toru f kaudu. See toppimisviis annab hea topi. Topp peab surutama võimalikult tihedasti laadimiskepiga puuraugu sisse järgmiselt: alguses surutakse topi materjal laengu vastu puuraugus, siis pannakse selle peale järgmine osa topist, mille pihta aga peale sissesurumist lüüakse veel laadimise kepiga üks või kaks korda; järgmised osad topitakse kepilöökide abil juba nii kõvasti, et löögid annavad enamvähem kõlava hääle. Mida vähem brisantne on lõhkeaine, seda kõvemini on seda vaja toppida. Kõige rohkem tarvitab toppimist püssirohi. Kuid ka toppimisega ei pea liialdama, sest selle järelduseks oleks detonatsiooni kiiruse vähendamine. Kuid arvestades



Joonis 31. Risti eepinnale puuritud auk.



Joonis 32. Eepinnale kaldu puuritud auk ja selle etteanne.

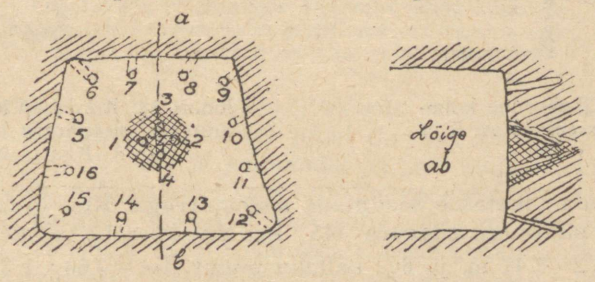
üldiselt kaevandustööde olukorraga, ei ole karta, et toppimine toimuks liiga intensiivselt, vaid ennem liiga loiult, seepärast peab nõudma, et puuraukude toppimine sooritataks üldiselt igalpool ja igal juhul korralikult.

Toppimisel peab tarvitama ainult puust laadimiskeppi, mis ei oleks liiga peenike, sest siis ei mõju kepi löögid kogu topile, ja ka mitte liiga jäme, sest siis võib ta puurauku kinni jääda.

3. Etteanne ja laengu suurus.

Kui on olemas üks vaba pind, siis ei pea puurauku puurima perpendikulaarselt (risti) sellele (joon. 31), sest siis lõhkeaine purustab puuraugu seinu, kui ta on brisantne, ja püüab topi välja suruda ilma kasulikku tööd tegemata, s. o. lahti lõhkumata seda mannerainet, millesse puurauk oli puuritud. Kui tahetakse, et puuraugus olev lõhkeaine teeks kasulikku tööd ühe vaba pinna korral (näiteks kitsas töökohas), peab ta eesse puuritama teatava kallakuga (joon. 32). Kõige lühemat kaugust laengu kesk-

kohast vaba pinnani nimetatakse etteandeks (vaata lk. 16) ja tähistatakse tähega v (meetrites). Kui lõhkeainet on puuraugus küllaldaselt, lõhub ta nüüd kogu manneraine välja, mis on puuraugu ja vaba pinna vahel. Tarviliku lõhkeaine hulga (L) kg-des võib arvutada järgmise valemi alusel: ühe vaba pinna korral $L=p.r.v^2$, kus p on arv, mis iseloomustab lõhkeaine jõudu ja on lõhkželatiinil 1,75, dünamiidil 1,35, ammoniidil 1,85, püssirohul 2; r iseloomustab manneraine suhtelist vastupanu ja on kvartsiidil 1, liiva- ja lubjakivil 0,5—0,75, savikildkivil 0,25—0,35, kivisöel 0,15, põlevkivil umbes 0,4—0,6. Selle valemi abil kilogrammides arvutatud lõhkeaine laeng mahutatakse puurauku, kus ta peab täitma ⅓ kuni ½ selle pikkusest; normaalseks peetakse, kui laeng täi-



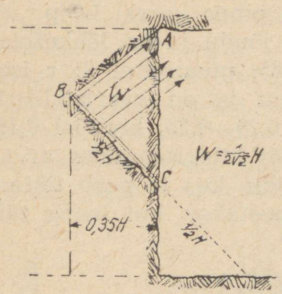
Joonis 33. Sissemurd koonusena: enne puuraugud 1—4 lõhutakse korraga, pärast teised: 5—16.

dab umbes ⅓ puuraugu sügavusest. Näiteks olgu etteanne v põlevkivi lõhkumisel ühe vaba pinna korral 0,7, siis saame ammoniidi tarvitamisel $L=1,85.0,5.0,7^2=0,46$ kg ehk ümmarguselt 0,5 kg, mis vastab 5 padrunile. Kui arvata, et padruni pikkus on 12 sm, siis võtaksid nad puuraugu pikkusest 0,6 m ja puurauk ise peaks olema sügav umbes 1,5 m. Tegelikult saavutatakse aga tõeline laengu kaal katsete teel, mis võib erineda teoreetilisel teel saadud arvust.

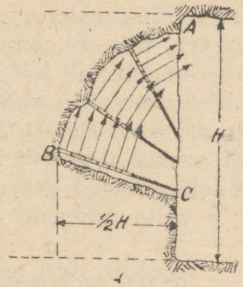
4. Puuraukude paigutamine.

a) Töökohas oleva ühe vaba pinna puhul, kui manneraine on ühtlane (isotroopne, s. o. kui pole märgata mingisugust kihitust). Sel juhul tuleb lõhketöödega luua teine vaba pind, millele rööbiti asetatakse teised puuraugud. Teise vaba pinna saavutamist nimetatakse ka sissemurdmiseks, mis võib sündida koonusena (joon. 33) ja kolmenurksete sissemurdudena (joon. 34, 35), millede abil etteannet järk-järgult suurendatakse. Sissemurdmi-

seks tarvilised puuraugud tehakse kallakuga vabale pinnale umbes 45—60° all. Puuraugu sügavus (T) on seejuures võrdne umbes 1,5 v — 2 v, kus v on etteanne, s. o. see töökoha edasi-

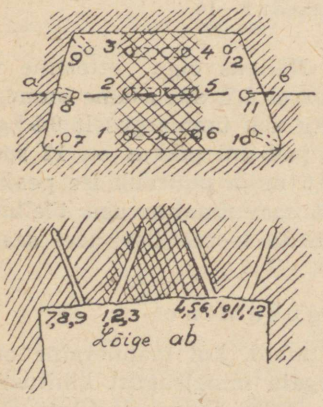


Joonis 34. Ühekordne kolmnurkne sissemurd A, B ja C vahel.



Joonis 35. Korduvad lõhkumised suurema sissemurru saavutamiseks A, B ja C vahel.

minek, mida tahetakse saavutada sissemurruga. Kui võtta v = 1 m, siis oleks puuraugu sügavus 45° kallaku korral vabale pinnale $T_{45°} = 1 \cdot \sqrt{2} = 1{,}41$ m, ja 60° kallaku puhul $T_{60°} = 0{,}66 \cdot \sqrt{3} = 1{,}14$ m.

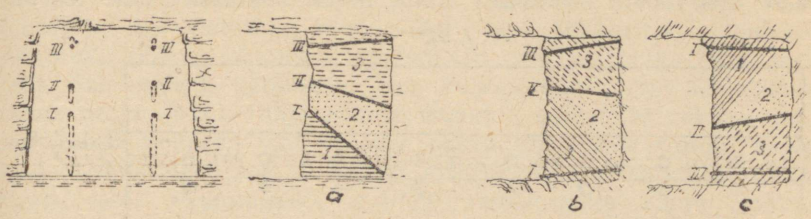


Joonis 36. Kiilukujuline sissemurd. Puuraugud 1—6 lõhutakse esmalt korraga, siis järgmised.

Puuraugud asetatakse harilikult üksteisest *l* meetri kaugusele, kus *l* = 0,5 v kuni 2 v, selle järgi, kas lõhutakse laengud korraga või üksteise järele. Käesoleval juhul on *l* keskmiselt 1 m; korraga lõhkumisel võib aukude kaugus teineteisest suurem olla, kui siis, kui lõhutakse üksteise järele. On sissemurd ühel või teisel teel saavutatud, siis paigutatakse teised augud umbes rööbiti vaba pinnaga ja ringi ümber tekkinud vaba pinna, nagu see on näha joonistes nr. 36 ja 33. Üks pauk lõhub ühe vaba pinna puhul lahti mahu $V = 0{,}37\ T^3$.

b) Aukude paigutamine ühe vaba pinna puhul, kui manneraine on kihiline.

Sel juhul püütakse paigutada puuraugud nii, et nad viskaksid manneraine välja kihitust pidi, kus side manneraines on väiksem. Joonis 37 illustreerib 3 näidet, kuidas tuleb puurauke paigutada

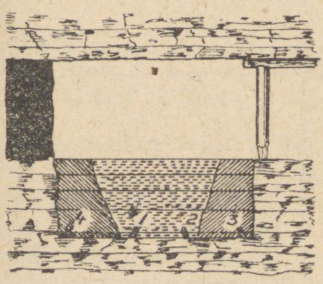


Joonis 37. Puuraukude paigutamine ühe vaba pinna korral, kui a) kihitus on horisontaalne, b) kihitus kaldub töökoha manneraine sisse, c) kihitus kaldub töökoha eesse.

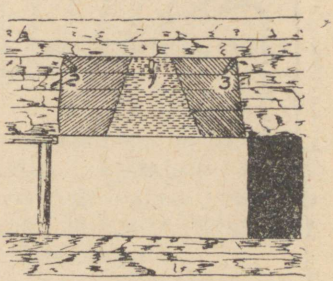
ja missuguses järjekorras neid lõhkuda: esimesel juhul (a), kui kihitus on horisontaalne, teisel juhul (b), kui kihitus langeb töökohas manneraine sisse ja kolmandal (c), kui kihitus langeb eesse.

c) Aukude paigutamine kahe või kolme vaba pinna puhul.

Kui on kasuliku kaevetise kiht juba välja murtud ja on tarvis streki läbilõike suurendamiseks järele lõhkuda kihi põhja (joon. 38) või kihi lage (joon. 39), siis on tegemist lõhketööga



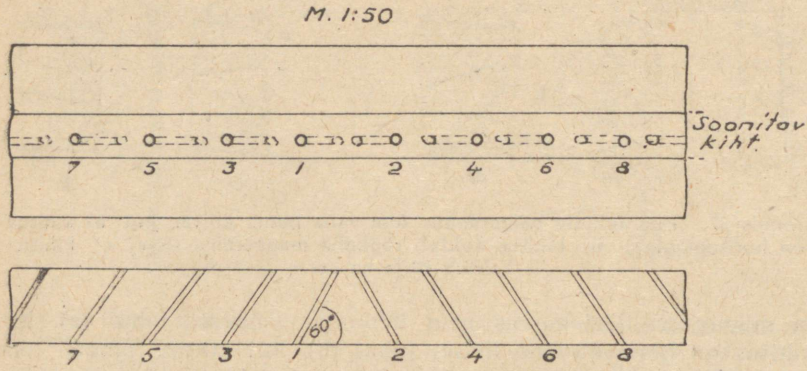
Joonis 38. Põhja lõhkumine streki läbilõike suurendamiseks kahe vaba pinna puhul.



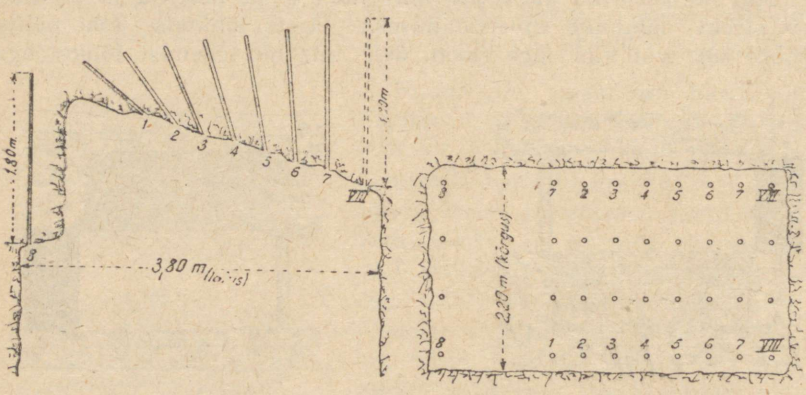
Joonis 39. Lae lõhkumine streki läbilõike suurendamiseks kahe vaba pinna puhul.

kahe vaba pinna puhul. Aukude paigutamise ja nende lõhkumisseeriate järjekord sel juhul on näha nimetatud joonistest. Üks puurauk kahe vaba pinna puhul lõhub siis lahti mahu $V_2 = 0{,}84\ T^3$ ja kolme vaba pinna puhul mahu $V_3 = 1{,}33\ T^3$, kus T on puuraugu sügavus.

Soont kasuliku kihi kaevetisse võib teha soonimismasinaga, seda aga võib saavutada ka lõhkumisel lõhkeainetega mingisugusesse kihti (näiteks põlevkivi C-kihti). Puuraugud paigutatakse siis rööbiti teatavasse kihti, mida tahetakse soone tegemi-



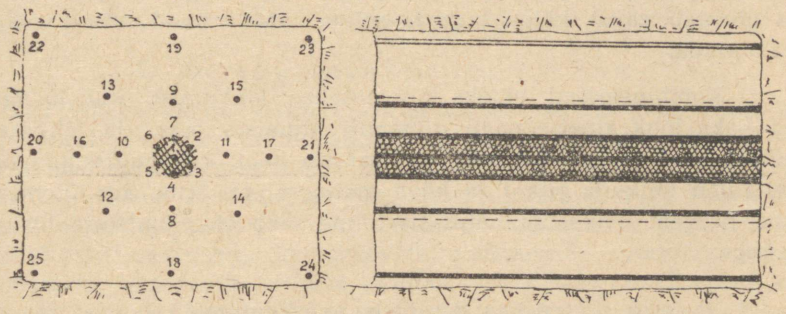
Joonis 40. Soone tegemine kihti: a) aukudega 45° all b) aukudega 60° all.



Joonis 41. Soone tegemine erinevas pikkuses puuraukudega.

sel välja lõhkuda, üksteise järele teatava kallakuga a) 45° või b) 60° all, nii et ühe augu mittelõhkemine ei pidurdaks teise augu töid (joon. 40 a, b). On võimalik soont teha ka erineva pikkusega puuraukudega (joon. 41), nagu see sünnib kaalisoola kaevandustes Saksamaal. Soon tehakse kas lae alla või rööbiti töökoha põhjaga; aukude lõhkumise järjekord on näha joonisest 41.

Peale soone valmimist lõhutakse ülemine osa alla aukudega, mis harilikult on paigutatud risti töö eega ja rööbiti soone vaba pinnaga. Selle lõhkumise puhul võib juhtuda, et eespoolne osa maha ei lange, kuna tagumisse ossa tekib auk („prill"). See väärnähe tuleb sellest, kui lõhkeaine on pandud puuraugu põhja, jaotamata ühetaoliselt piki puurauku. Kui seda teha ilma vahede jätmiseta, siis kuluks väga palju lõhkeainet; seega peaks jätma tühje ruume üksikute padrunite vahele; tühjad kohad hoitakse lahti, seades padrunite vahele tühjad pappkestad, puupulgad jne. Niisugust lõhkumisviisi nimetatakse õõnsa ruumi abil lõhkumiseks, millega saavutatakse suurt kokku-



Joonis 42. Sissemurdmine ühe laenguga, kuid 7-me puurauguga, milledest nr. 2—7 jäävad laenguteta.

hoidu lõhkeainetes. Kuid mitte iga lõhkeainega ei saa tühja ruumi abil lõhkuda, näiteks ammoniidiga, kuna see ei detoneeru isegi siis, kui juhuslikult puuraukude vahele on sattunud puurjahu, rääkimata veel tühja ruumi jätmisest. Kõige paremad lõhkeained selleks on dünamiit ja lõhkehapnik.

d) Erilised puuraukude paigutamisviisid.

a) Kui on tegemist ühtlase mannerainega, nagu kivisool, siis on võimalik sisse murda isegi ühe laenguga, mille ümber on puuritud 6 auku umbes 10 sm kaugusel teineteisest. Neid auke lõhkeainega ei täideta, sest keskmise puuraugu lõhkumisel praguneb manneraine või sool aukude vahel ja visatakse ühes keskmise puuraugu laengu lõhkemisega välja, kusjuures jääb silindriline sissemurd, millega rööbiti asetatakse teised augud, mida seeriate viisi võib lõhkuda elektriaegsütikute abil (joon. 42).

β) Kogulõhkumise viis.

Kui puuritakse auke tõukepuurmasinaga, mis on kinnitatud eri samba või seadme külge, siis puuritakse kõik augud horisontaalsuunas sisse, laaditakse lõhkeainega ja süüdatakse momentaanselt. Sellist lõhkumisviisi nimetatakse kogulõhkumiseks ja tarvitatakse siis, kui aukude seeriate viisi puurimine ja lõhkumine muutub tülikaks, kuna puurmasinate mitmekordne ärakoristamine ja jällegi ülesseadmine nõuab palju aega, olgugi et seejuures lõhkeaine kulu on palju väiksem kui kogulõhkumisel. Puuraugud paigutatakse umbes sarnaselt, kui sissemurdmisel ühe laenguga (joon. 42). Sellisel lõhkumisviisil on aga see puudus, et ta põrutab väga käigu lage ja seinu, mis võivad sellest väga kannatada.

γ) Kombineeritud viisiks nimetatakse lõhkumist, kui laengus on kaks lõhkeainet, nagu dünamiit alumises osas ja lõhkesalpeeter pealpool. Sellist viisi tarvitatakse seal, kus puuraugu põhjas tuleb lõhkuda sitket ja kõva mannerainet, kuna aga ülemises osas nõrgem lõhkeaine hõlpsasti toime saab oma ümbruse lõhkumisega.

5. Puuraugu läbimõõdu mõju.

Puuraugu läbimõõt kõigub 18 ja 60 mm vahel. Mida kõvem on manneraine, seda väiksemad on puuraukude läbimõõdud. Käsitsi-puurimisel on ka puuraugud kitsamad, kuna masinagapuurimisel võib augu läbimõõt tõusta puurvasarate puhul kuni 50 mm ja tõukepuurmasinaga puurimisel kuni 60 mm. Ka lõhkeaine mõjub puuraugu läbimõõdule. Ammoniiti ei saa hästi kasutada liiga kitsas puuraugus, mispärast tema jaoks peab augu läbimõõt olema vähemalt 30 mm. Dünamiiti ja püssirohtu võib tarvitada nii kõige kitsamas kui ka kõige avaramas augus. Üldiselt on teada, et mida suurema läbimõõduga on puurauk, seda kasulikumalt töötab selles lõhkeaine. Enamaltjaolt tarvitatakse mäetöödel puurauke, millesse mahub padrun läbimõõduga 30 mm. Puuraugu läbimõõt sel juhul augu põhjas peab olema vähemalt 35 mm. Suurema läbimõõduga puurauke kasutatakse kõige rohkem stollide ja tunnelite läbimisel, eriti kogulõhkumisviisi korral.

6. Lõhkeainete kulu.

Kitsaste käikude läbiminekul, millede läbilõikepind on 6—12 m^2, kulub lõhkeaineid 0,75—2 kg väljalõhutud manneraine ühe kantmeetri tiheda massi peale; kui aga tegutsetakse ainult brisantsete kivilõhkumis-lõhkeainetega, siis võib see arv olla veel väiksem. Lõhkeaine kulu mõjutab ka lõhutava manneraine liik. Nii näiteks nõuab lõhkumine liivakivis suuremat lõhkeaine kulu kui savikas või liivakas kiltkivis. Mida väiksem käigu läbilõige, seda suurem on ka lõhkeaine kulu 1 m^3 väljalõhutud tiheda massi peale. Eriti on see vahe tunda strekkide läbilõikepindade puhul alla 8 m^2. Põlevkivikaevandustes kulutatakse lõhkeaineid keskmiselt ühe tonni toodetava põlevkivi peale 0,33 kg ja kapsleid 0,92 tk. Kitsastes käikudes on see kulu 1,5 kuni 2 korda suurem.

7. Ee edasinihkumise pikkus.

Iga lõhketööde ja järgnev koristustööde tsüklus loob endisele eele paralleelse uue, mille kaugus endisest on „edasiminek" (harilikult mõõdetakse meetrites). Ee edasiminek sõltub sissemurru suurusest, sest sissemurrule järgnevad puuraugud ei suurenda enam ee edasiminekut, vaid laiendavad sissemurdu kogu streki põiklõigule sissemurdu ümbritsevate puuraukude kaudu. Aukude puurimisel peab siis silmas pidama, et nende põhi ei asuks kunagi tagapool sissemurruga tekitatud tagumisest pinnast, kuna vastasel korral jääks osa auku puuraugu põhjas terveks, moodustades auke tekkinud uues ees.

Ee edasinihkumine on sõltuv manneraine liigist, eepinna suurusest ja sissemurdmise viisist. Mida sitkem ja kõvem on manneraine, seda väiksem on ka streki edasinihkumise pikkus, olgugi et seda saab mõnikord kompenseerida puuraukude arvu, laengute hulga ja lõhkeaine kvaliteedi tõstmisega. Kuid kaevandustes, kus on tegemist plahvatava gaasiga ja söetolmuga, ei või lõhkeaine laengut suurendada üle määruses ettenähtud piiri (400—600 g) ega või ka tarvitada igat sorti lõhkeainet, vaid ainult selleks ettenähtud gaasis ohutuid lõhkeaineid, mis oma lõhkevõimelt on nõrgemad brisantsetest kivilõhkumis-lõhkeainetest. Mõnes maetööde piirkonnas (Dortmund) ei tohi ee edasinihkumise pikkus ületada 3 m ühe ee lahtilõhkumisel, s. o. peale nende aukude lõhkumist, mis ee pinnale olid puuritud teatavaks edasinihkumiseks. Järgmine tabel illustreerib kõige pikemaid lõhketsükli tagajärgi, see on ee edasinihkumisi mitmesuguste käigu (streki, stolli) läbilõikepindade suuruse ja sissemurdmise viiside järgi.

Käigu läbilõige m²	Kõige suurem edasinihkumine meetrites		
	Koonusetaolise sissemurru puhul	Kiilutaolise sissemurru puhul	Teiste sissemurruviiside järgi, mis sõltuvad manneraine kihitusest
2,7	0,75	1,00—1,20	1,12—1,8
4,4	1,00	1,33—1,46	1,50—2,2
6,6	1,10	1,46—2,00	1,65—3
8	1,25	1,66—2,14	1,86—3,21
10	1,4	1,86—2,4	2,1 —3,60
12	1,5	2,00—2,66	2,25—4,00
15	1,5	2,00—3,33	2,25—5,00

B. TEISED LÕHKUMISVIISID.

I. Lõhkehapnikuga lõhkumine.

A. Sissejuhatus.

Meie kaevandustes tarvitatakse lõhketöödel praegu peamiselt ammoonsalpeetrit sisaldavaid lõhkeaineid, milledel aga palju tehnilisi puudusi ja mis osalt osutuvad ohtlikeks tööliste elule ning tervisele.

Need puudused oleksid:

a) suuremate partiidena sissetooduna seisavad nad kauemat aega ladudes ja keldrites, mistõttu muutuvad niiskeks, kuna nad oma kuni 88%-lise ammoonsalpeetri sisaldusega on väga hügroskoopsed. Niiskena muutub aga lõhkeaine vähetundlikuks detonaatorite (lõhkekapslite) vastu, kaotab märksa lõhkevõimet ega lõhke sageli tervete laengute kaupa, tuues seega peale ainelise kahju ka ohtu töölistele, kui need tõrkeid puuraugust kõrvaldavad;

b) kauemaaegsel seismisel muutuvad ammonaal-lõhkeained kõvaks, nii et lõhkekapslite asetamine neisse osutub raskeks ning ohtlikuks, kuna kapslid võivad surumisel käes lõhkeda. Peale selle on kõvaksläinud lõhkeainel veel samad puudused ja ohud, mis loetletud punktis a, ning olles vähetundlikud, vajavad nad kõige tugevamaid kapsleid (vähemalt nr. 8), mis on kallimad;

c) nendel on võrdlemisi väike tihedus (0,8), mis vähendab lõhkeaine võimet ja brisantsust;

d) vilets lõhkemise üleandmine ühelt padrunilt teisele, millest tingitud sagedased mittelõhkemised ehk tõrked, kui padrunite vahel on väike vahe või puurjahu eraldab vähe üht padrunit teisest; puudub seega võimalus laengute valmistamiseks tühja ruumi jätmisega üksikute padrunite vahele, mis teatavatel tingimustel on majanduslikult hästi tasuv;

e) lõhkeainete ladude ehitus ja korrashoid nõuab suuri kulusid.

B. Lõhkehapnik võrreldes tükkis-lõhkeainetega ja tema laengute valmistamisviis.

Iga lõhkeaine peab sisaldama põlevaineid, kas orgaanilisi, milles põlevaks osaks süsinik ja vesinik, või mitmesuguseid metalle (näiteks alumiiniumi, magneesiumi, tsinki jne.), ning peale selle põlemise alusena hapnikku.

Lõhkehapniku padrun kui lõhkeaine sisaldab peamiselt orgaanilisi põlevaineid, nagu turvast, saepuru, tahma ja korki, kuid ka metallpulbreid, nagu alumiinium-pronksi jne., mis hästi peeneks purustatult ja vedelikku hõlpsasti läbilaskvasse paberist kesta pandult moodustavad nn. kuiva padruni. Vedel hapnik, kuhu säärane padrun pannakse imbuma 10—20 minutiks, ümbritseb iga põlevaine osakese, mistõttu padruni süütamisel tekib momentselt reaktsioon. Seega on lõhkeprotsessi efekt mõjusam ja kiirem kui paljudel teistel tükkis-lõhkeainetel, samuti on süütamine kergem, kuna pole alati vajalik lõhkekapsli tarvitamine, vaid piisab süütenööristki.

1. Padrunite valmistamine.

Padrunite valmistamine on täiesti ohutu toiming ning toimub kas käsitsi või patroneerimismasinaga. Käsitsi-valmistamisel on paheks tolmu tekkimise võimalus, kuid sellest vabanemiseks asetatakse töölaudade ligidusse ekshaustorid, mis tolmu õhust kõrvaldavad. Padruni normaalpikkuseks loetakse 300 mm ja jämeduseks 38 mm, mis aga pole absoluutselt kindlad mõõdud, kuna vastavalt tarvidusele valmistatakse ka lühemaid — 150 ja 200 mm, samuti peenemaid, mille jämedus on 25, 30, 35 mm. Mäetööstuses tuleb aga soovitada jämedamaid padruneid, sest nagu katsed näitavad, on need kasulikumad. Kuna kuivpadrun on täiesti ohutu, langeb ära laohoidjate vajadus, millede palgakulu teeb umbes 10% ammoonsalpeeter-lõhkeainete hinnast.

2. Vedelhapniku valmistamine.

Vedelhapnikku saadakse rektifitseerimise (eraldamise) teel vedelast õhust.

Enne vedeldamist puhastatakse õhk erilistes seadmetes söehappest ja niiskusest, mis õhu vedeldamisel valitseva madala temperatuuri puhul külmuks ja ummistaks vedeldamisseadme torustiku. Selleks uhetakse õhku erilistes kolonnides kaali ja naatri leelisega, asetatakse 4-astmelises kompressoris 200—220 atm. rõhu alla ja lastakse läbi mitme tükkis-kaalileelisega ja kloor-

kaltsiumiga täidetud terassilindri. Et õhk kõrge rõhu all ei soojuks, jahutatakse teda igast kompressori astmest väljumisel, kuna vajalik on, et õhk satuks vedeldusaparaati võimalikult külmana; mõnikord jahutatakse teda selleks erilises külmutusmasinas kuni —45°C.

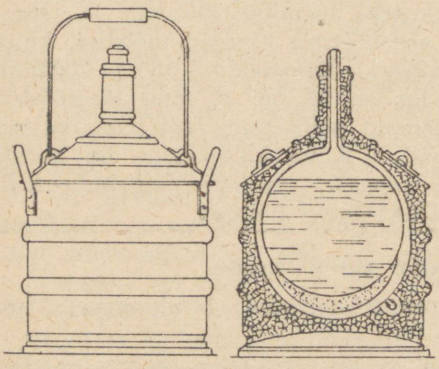
Kuna vedelhapnik padrunite immutamiseks peab sisaldama vähemalt 95% hapnikku, tuleb vedelat õhku rektifitseerida, s. o. eraldada lämmastik vedelhapnikust. Selleks kasutatakse vedelhapniku ja vedellämmastiku keemistemperatuuride vahet, mis esimesel on —183°C, teisel aga —196°C; vedellämmastik aurub —183°C juures ning järele jääb peaaegu puhas vedelhapnik. Eriti puhta vedelhapniku saamiseks rektifitseeritakse teda veel teiskordselt.

Vedelhapniku valmistamine ja hoidmine pole ohtlik ega tööliste tervisele kahjulik. Isegi ruum, kus vedelhapnikku valmistatakse, ei ole sugugi külmem kui teised ruumid, kuna vedeldaja kolonni hea isolatsioon takistab aparaadi seinte jahtumist.

C. Lõhkehapniku tarvitamisviis ja ohtlikkus võrreldes tükkis-lõhkeainetega.

Vedelhapniku tarvitamine lõhketöödeks koosneb järgmistest operatsioonidest:

1. Vedelhapniku transport tarvitamiskohale.



Joonis 43. Vedelhapniku transportanum.

a) Transport toimub eri anumates (joonis 43). Transportanumate maht kõigub 5-st 100 liitrini, milledest eelistatavamad on 15- ja 25-liitrilised; nende taara kaal on umbes sama, mis neis oleva vedelhapniku kasulik kaal. Transportanum on kerasarnane kahekordsete seintega vaskplekist anum, mille seinte vahelt õhk peaaegu täiesti on välja pumbatud. Et anuma seinte vahelt viimaseid õhujälgi hävitada, paigutatakse tema seesmise kesta põhja alla peenikese sõela peale aktiivset sütt. Aurumise vältimiseks on ka kõik anuma pinnad poleeritud ja soovitav oleks neid koguni

hõbetada, et soojuse kiired tagasi põrkaks. Väliste tõugete ja põrutuste kompenseerimiseks on transportanuma seesmine kest välise silindrilise kesta külge kinnitatud vedrudega. Anuma täitmine ja tühjendamine toimub peenikese torusarnase kaela kaudu, mis ühendab seesmist kesta välisatmosfääriga ja on alati avatud, et vältida surve tekkimist. Vedelhapniku aurumisprotsent transportanumast ühe tunni jooksul on keskmiselt 0,35%.

b) Transport tankides veoautol või dresiinal. Transporttankide suurus on 660—3000 liitrit ja neid kasutatakse, kui vedelhapnikku transporditakse suuremal hulgal, kui vedu transportanumates muutub raskendatuks ja vedelhapniku aurumise tõttu ka kulukamaks. Tank on ehitatud samadel põhimõtetel mis transportanum: on kahekordsete seintega ja varustatud vedelikupinna kõrguse mõõtja ning manomeetriga. Vedelhapniku aurumine tankist ühe tunni jooksul on 0,26—0,42% ehk keskmiselt 0,34% ja kadu transportanumatesse ümbervalamisel 8%.

Transporttankide ja -anumate täitmine on täiesti ohutu toiming, kuna töölistel pole otsest kokkupuudet vedelhapnikuga ja ka anumad pole kardetavalt külmad. Samuti pole kardetav anumate transportimine mehaanilisel teel, kuid nende käsitsi-kandmisel on soovitav tarvitada iga anuma kandmiseks 2 töölist.

2. Süüte- ehk löökpadruni ettevalmistamine immutamiseks.

Padrunit, millesse asetatakse lõhkekapsel süütenööriga või elektrisütik, nimetatakse süüte- ehk löökpadruniks. Kapsel või elektrisütik asetatakse padrunisse umbes ⅓ padruni pikkuse kaugusele. Et seda kergem oleks teha, paigutatakse padrunisse puust pulga abil enne immutamist silindri- või veel parem — koonusekujuline pappkest. Pulk ühes kestaga surutakse padrunisse; pärast tarvilisse sügavusse jõudmist tõmmatakse pulk välja, nii et padrunisse jääb ainult pappkest. Pappkesta tähtsus seisneb selles, et ta võimaldab kapsli või elektrisütiku asetamist padruni telje suunas ja kohal, sest kui kapsel on asetatud viltu, võib lõhkekapsli plahvatamise edasiandmine tekitada laengu mittetäielise plahvatuse või koguni põlemise, mis pole soovitav laengu efektsuse ja ka tervisele kahjulikkude järelgaaside mõttes. Selline nähe pole iseloomulik üksi lõhkehapnikule, vaid ilmneb ka teistel lõhkeainetel.

3. Padrunite immutamine vedelhapnikuga.

Padrunite immutamine toimub sellekohastes anumates, mida on kaht liiki: silindrilised, milledes padruneid immutatakse püsti,

ja künakujulised, milles padrunid asetsevad pikuti. Kuigi silindrilisi anumaid kasutatakse rohkem, osutuvad künakujulised neist praktilisemaks, kuna:

a) lamavas asendis on immutamine ühetaolisem, kuna padrunid on üleni vedelikus, püstiseisvatel jäävad aga ülemised otsad vähemimmutatuks, kuna padrunite ükstese järel väljavõtmisel alaneb vedelhapniku seis;

b) lamavas asendis on padruneid kergem segada; selleks paigutatakse nad metallvõrgule, mida keerates ülemised padrunid satuvad alla ja alumised peale — püstiseisvaid padruneid tuleb aga keerata üksikult;

c) künasarnased anumad on mahukamad ja odavamad: nad mahutavad 10—90 padrunit, silindrilised aga 4—27 padrunit.

Immutamine ise toimub järgmiselt.

Padrunid asetatakse anumasse ja valatakse neile transportanumast vedelhapnikku peale, nii et anum on ⅓ või ½ võrra täidetud; suletakse siis anum ja oodatakse umbes 5 minutit, et anuma seinad jahtuksid; valatakse siis uuesti täis ja suletakse. Umbes 5—10 minuti möödumisel võetakse kaas ära ja täidetakse anum veel kord ääreni ning oodatakse siis veel 5—10 minutit. Kui padrunid kogu selle aja olid kaetud vedelikuga, võib neid lugeda immutatuks. Normaalsuuruses padrun kaalub enne immutamist 90—140 g, immutatult aga 370—400 g, seega imeb ta endasse 260—280 g vedelhapnikku, s. o. 2—3,4 korda enam, kui on ta kuivaine kaal. Aurumise teel läheb immutusprotsessis vedelhapnikku kaotsi: valamisel umbes 4% ja padrunite panemisel 7% koguhulgast.

Täieliseks põlemiseks, kus kõik süsinik muutuks söehappeks (CO_2), vesinik veeks (H_2O) ja metallid oksüüdideks (MO, M_2O_3), on vaja hapnikku 1,2—3 korda rohkem padruni kuivainest. Ülejäänud hapnik kulub aurumiste katteks lõhkemismomendini, kusjuures peab veel jääma hapnikku üle selleks, et plahvatamise reaktsioon oleks täieline ega tekiks vingugaase (CO), mis on väga mürgised. Kõlblik padrun peab vastu pidama umbes 8—10 minutit pärast väljavõtmist immutusanumast. Nende minutite jooksul jätkub padrunisse jäänud vedelhapnikku täielise plahvatuse sünnitamiseks pärast kapsli lõhkemist, ilma vingugaasi (CO) tekkimiseta.

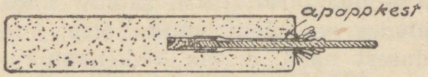
Padrunite immutamise ajal ei tohi immutusanuma läheduses hoida lahtise tulega lampi, tuleb kõvasti keelata suitsetamine ja

lahtise tulega (tikkudega) käimine ja selle tarvitamine, sest ainsastki sädemest võivad plahvatada immutusanumas olevad padrunid.

Padruneid võib immutada igas töökohas väiksemate transport- ja immutusanumate abil, kuid kasulikum on seda tsentraliseerida, kuna sellega välditakse vedelhapniku jääkide kaotsiminekut, mis iga üksiku väikese immutusanuma peale on umbes 25%. Immutamise tsentraliseerimine nõuab aga kiiret immutatud padrunite toimetamist töökohtadele niisugustel tingimustel, et vedelhapnik ei jõuaks palju aurata. Selleks tarvitatakse hea isolatsiooniga padrunite transportimise anumaid, milles padrunid säilivad umbes ½ tundi, ilma et nende võime palju kannataks.

4. Löökpadruni valmistamine.

Padrunid, kuhu on sisse pandud koonilised pappkestad, varustatakse kapsli ja süütenööriga või elektrisütikuga pärast immu-

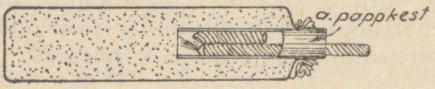


Joonis 44. Kapsli (süütenööriga) asetamine koonilisse pappkesta, mis asub immutatud padrunis (löökpadrun).

tamist. Juba varemalt varustatakse kapslid süütenööridega, mis toimub samuti kui teiste lõhkeainete puhul. Kapsel pigistatakse eriliste tangidega võimalikult tihedasti ja kõvasti süütenööri otsa, kuid nii, et süütenööri ots jääks kapsli täidetud osast vähe eemale, sest vastasel korral võib lõhkekapsel süütenööri otsa rõhumise tõttu lõhkeda. Lõhkehapniku puhul tuleb tarvitada säärast süütenööri, mille pealmistel kordadel pole põlevaid osi, kuna vastasel korral, sädemete sattudes vedelhapniku aurudesse, tekib enneaegne plahvatus. Võib küll kasutada ka iga harilikku süütenööri, kuid selle pealispind peab olema hästi sisse määritud niiske saviga; ei kõlba aga kummiga kaetud süütenöör, kuna see külmas praguneb ja seetõttu laseb sädemeid väljapoole. Lõhkekapslitena võib tarvitada ainult tina-asiid- või resortsinaat-kapsleid, kuna paukuvelavhõbe muutub suures külmas vähetundlikuks, mõjudes nõrgestavalt laengu efektsusele ja põhjustades tõrkeid.

Kui kardetakse löökpadruni valmistamisel külma padrunit käes hoida, siis võib see toimuda rennitaolisel puust alusel, mille

üks ots on põigiti kinni pandud. Seda on vaja harilikult alguses, kuna pärastpoole töölised muutuvad julgemaks ja säärast abinõu aja kokkuhoiu mõttes enam ei kasuta. Kui lõhkekapsel on asetatud süütenööri otsa, litsutakse ta kõvasti padruni kooniilisse pappkesta a, ja löökpadrun ongi valmis (joon. 44). On aga tegemist süütenööriga ilma kapslita, tuleb süütenöörile otsa läheduses lõigata põiki sisselõige, lühem osa keerata vastu pikemat ja litsuda padruni kesta sisse, nagu see näha joonisest 45.



Joonis 45. Löökpadrun ilma lõhkekapslita.

Elektrisütiku puhul tarvitatakse samuti kapslit, nagu eelpool kirjeldatud, asetades see elektrisütiku otsa.

Nagu kirjeldusest näha, ei ole lõhkehapniku-löökpadruni valmistamine kuigi ohtlik ega pole ka teada, et selle juures õnnetujuhtumeid oleks olnud — välja arvatud mõned väikesed külmavillikesed kätel.

5. Puuraukude laadimine.

Puuraugu läbimõõt olgu 10—12 mm suurem kui padrunil, et seda kergem oleks auku lükata ja ruumi jääks vedelhapniku aurudele. Padrunid asetatakse puurauku, litsutakse laadimiskepiga augu põhja ning kõige peale asetatakse löökpadrun ühes süütenööri ja kapsliga. Nii täidetakse kõik augud ja alatakse alles siis nende toppimist, et vahepeal ülearune vedelhapnik jõuaks padruneist välja aurata — sest löökpadrunite valmistamine ühes immutatud padrunite puuraukudesse panemisega kestab ainult 1—2 minutit. Kui auku toppida kohe pärast laadimist, teeks august väljuv aur sellele raskusi ja võib topise august koguni välja lükata. Tühja ruumi jätmisega lõhkumise puhul tuleb üksikute padrunite vahele asetada umbes 20 sm pikkused tühjad pappkestad, millega kogu puuraugu pikkusel saavutatakse ühetaoline efektsus. Viimane lõhkumisviis on osutunud väga kasulikuks ja seda võimaldab kõige paremini lõhkehapnik, kuna tema lõhkemise edasiandmisvõime on palju suurem (kuni 1 meetrile) kui kõige paremal tükkis-lõhkeainel.

6. Puuraukude toppimine.

Kui augud laetud, asutakse kiiresti nende toppimisele. Topid selleks on juba enne valmistatud ja puuraukude juurde asetatud. Topisteks kasutatakse puurjahu, liiva ja savijunne, kusjuures liiv ja puurjahu asetatakse paberist kestadesse või voolikutesse. Sisaldab puurjahu aga põlevaid aineid — nagu näiteks meie põlevkivi, ei tohi seda topisena tarvitada, kuna see võib vedelhapniku aurudes süttida ja tekitada vingugaasi (CO). Topise jämedus olgu sama, mis padrunil, või vähe jämedam, kui ta on padrunist lühem. Esimene topp võiks olla liivast ja see lükatagu tasakesti löökpadruni peale, ka teine topis olgu liivast, mis juba tugevamini litsutakse vastu esimest. Järgmised topid olgu savist ja neid võib juba kõvasti laadimiskepiga kinni tampida, kuni vastukõla muutub heledamaks. Viimane topp olgu ka savist; see isoleerib süütenööri laengust, nii et tekkida võiv süütenööri pealispinna põlemine savitopist enam edasi ei pääse. Süütenööri otsad paigutatagu nii, et ühe süütamine või põlemine teisele edasi ei kanduks. Toppimine võiks kesta mitte kauem kui 4—5 minutit.

7. Puuraukude süütamine.

Kui toppimine on lõpetatud, annab minöör või vanem tööline signaali, et algab süütamine, ise hoiatades ja hoolitsedes, et keegi ei satuks ohtu. Süütenöörid on umbes 1 m pikkused ja nende süütamine toimub kas peenikese dünamiidi pulgakesega, erilise tuulekindla süütajaga või kindla atsetüleenlambiga, ning see võib kesta kõige enam 1 minuti — sest paugud järgnevad umbes 2 minutit pärast süütamist.

8. Laengute lõhkemine.

Pärast laengute süütamist peab süütaja kiirelt töökohalt lahkuma kohta, kus ta täiesti oleks varjatud. Süütaja peab hoolega pauke lugema ja kuigi paukude arv on võrdne laaditud puuraukude arvule, peab ta veel vähemalt 5 minutit ootama, enne kui vaatama läheb, kas laengud on lõhkenud, sest tõelise laengu asemel võis pauku anda vedelhapniku aurudega läbiimbunud ja süüdatud süütenöör. Sellega on seletatav nähtus, et kuuldakse mõnikord rohkem pauke, kui laenguid oli. Kui paukude arv oli väiksem laengute arvust, on tegemist tõrgetega ja minöör ei tohi enne 15 minuti möödumist töökohale minna. Alles 30 minuti pärast võib mittelõhkenud puuraugu topisest ja laengust tühjendada, sest vedelhapnik aurab selle aja jooksul padrunist ja viimane on seega

muutunud ohutuks. Tükkis-lõhkeainetega sääraselt toimetada on aga kõvasti keelatud. Lõhkemise asemel võivad aga tekkida põlemised, mille põhjused on järgmised:

a) kui padrunis on vähe vedelhapnikku;

b) kui süüdatakse ainult süütenööriga ja see pole tsentraalselt asetatud;

c) kui lõhkekapsel pole löökpadrunisse asetatud tsentraalselt või on augu toppimisel padrunist välja tõmmatud;

d) kui laengul pole korralikku topist, või on koguni ilma selleta. Laengu põlemine on ohtlik vingu (CO) tõttu ja selpuhul ei või koristustööga enne alata, kui töökoht on hästi tuulutatud või mõni tund vaba seisnud. Väljapõlenud puurauku võib uuesti kasutada, kui ta on veega kustutatud või märja lapiga läbi hõõrutud.

Lõhkehapniku tarvitamisel ei esine peaaegu kunagi osalist lõhkemist, mis tükkis-lõhkeainete juures sageli juhtub. See on seletatav sellega, et lõhkehapnik kergesti süttib ja lõhkemist edasi annab pikema maa peale. Kui aga peaks üks laeng teise laengu välja lööma, siis ei põhjusta lõhkehapniku padrunid kivihunnikus 15 minuti möödumisel mingit ohtu, kuna see tükkis-lõhkeainete juures on üheks suuremaks õnnetujuhtumite tekkimise põhjuseks.

Vingugaasi (CO) võib aga tekkida ka korralikul laengute lõhkemisel:

a) kui padruni koosseis oli säärane, mis ka korralikul immutusel ei võimalda täielikku põlemist;

b) kui immutamisaeg oli liiga lühike või padrunite laadimine, aukudesse toppimine ja süütamine võttis nii palju aega, et kasulik vedelhapnik juba välja auras;

c) kui toppimismaterjaliks tarvitati põlevat ainet (põlevkivi või kivisöe tolmu);

d) kui topp oli liiga nõrgalt tehtud või lõhuti koguni ilma topita.

Kõiki neid põhjusi on aga võimalik kõrvaldada, nii et ei tekiks järelgaase, mis sisaldaksid üle 0,02—0,03% CO. Eestis on proovitöödel vedelhapnikuga kõige suurem vinguprotsent olnud 0,085 ja kõige vähem mitmel korral 0,02% ja 0%. Ka tükkislõhkeained annavad vingugaasi sagedasti 0,05%, kuid peale selle võivad nad laengute põlemisel anda veel lämmastikuoksüüde, mis mürgisemad kui vingugaas ja võivad töölise lühema aja jooksul surmata.

Kuna mürkgaaside küsimus kaevanduse õhus kerkib üles harilikult eriti just lõhkehapniku kasutamisel lõhketöödel maa all,

siis selgitan üldse veel järelgaaside mõju töölistele, nimelt nende mürgituse tunnuseid vastavalt järelgaasides esineva mürkgaasi (vingugaas, söehape) hulgale kaevanduse õhus. Vingugaasi (CO) mürgituse tunnusteks on südame kloppimine, peavalu ja nõrkus jalgades, mispuhul töölisel otsekohe tuleb töökohalt lahkuda.

Kui õhk sisaldab vingu 0,1%, küllastub inimese veri 2—3 tunni jooksul sellega 50% võrra ja ta minestab. Toodud aga värskesse õhku ja hoitud soojas, toibub ta varsti. Sama sünnib, kui õhu vingusisaldus on 0,2%, kuid juba 1—1½ tunni jooksul, ning sellele võib järgneda surm, kui inimene ei satu värskesse õhku. Kui aga õhu vingusisaldus on 0,4—0,5%, järgneb minestus ½ tunni pärast, õnnetu veri küllastub kuni 79% vinguga ja sellele järgneb sageli surm.

Peale vingugaasi (CO) on lõhkumistöödel sagedamini tekkivaks gaasiks veel söehappegaas (CO_2).

Söehappegaas on 1½ korda raskem kui õhk ja koguneb seetõttu lahtilõhutud kivitükkide alla, mille koristamisel tööline kummardudes seda sisse hingab ja võib lämbuda. Söehappegaasi mürgitusetunnusteks on nõrkus jalgades ja kehas, peauimasus ja takistus hingamisel.

Söehappegaasiga rikutud õhu avastamiseks asetatakse töökohale maha põlev bensiini- või õlilamp; kui lamp all kustub, ülal hoides aga põleb, tuleb kivihunnik kiiresti laiali ajada ja alles pärast selle koristamisele asuda. Peaks lamp ka veel kuni ühe meetri kõrgusel kustuma, tuleb töölisel kohe töökohast lahkuda ja sellest kaevanduse juhatajale teatada, kes siis erituulutamisabinõud tarvitusele võtab.

D. Lõhkehapniku võrdlus tükkis-lõhkeainetega.

Katsed üle 1000 puuraugu lõhkumisel põlevkivikaevandustes näitasid, et ühe normaalpadruni (pikkus 300 mm, läbimõõt 38 mm) immutamiseks kulub ühes igasuguse kaotsiminekuga 0,6 kg vedelhapnikku, mille väärtus on umbes 20% ühe tükkislõhkeaine kg väärtusest; immutatava normaalpadruni väärtus on aga umbes 9% ühe tükkislõhkeaine kg väärtusest; seega on ühe immutatud normaalpadruni väärtus 21 + 9 = 30% ühe kilogrammi tükkislõhkeaine (ammoonsalpeeter) väärtusest. Samade katsetega on kindlaks tehtud, et põlevkivikaevandustes keskmiselt 2,8 lõhkehapniku normaalpadruni efektsus vastab 1 kg ammoonsalpeetri sisaldusega lõhkeaine omale.

Seega oleks lõhkehapniku väärtus võrreldes kohase tükkislõhkeainega 30 × 2,8 = 84% viimase väärtusest ja lõhkehapnik kui lõhkeaine tuleks 16% odavam. Kuna lõhkehapnikuga lõhkumisel paigutatakse puuraugud umbes 33% harvemalt kui tükkislõhkeainega lõhkumisel, siis teeb ka see asjaolu lõhketöö odavamaks. Nimelt tarvitatakse põlevkivikaevandustes lõhketöödel ühe kg tükkislõhkeaine peale keskmiselt 3,81 kapslit ühes 1 m süütenööriga igaühele, mille väärtus oleks umbes 30% ühe kg ammoonsalpeetri sisaldusega lõhkeaine väärtusest. Vedelhapnikuga lõhkumisel on aga tarvitatud 1,02 kapslit ühe normaalpadruni peale, ehk 2,8 × 1,02 = 2,856 kapslit vastavalt 1 kg tükkislõhkeaine efektsusele, mille väärtus ühes süütenööriga (1 m kapsli peale) teeks välja umbes 23% ühe kg tükkislõhkeaine (ammoniidi) väärtusest. Seega on süütamisvahendite kulu lõhkehapnikuga lõhkumisel (30—23) umbes 7% odavam, kui sama kulu 1 kg tükkislõhkeainega lõhkumisel ja kogu lõhkumiskulu lõhkehapniku kasutamisel keskmiselt 16 + 7 = 23% odavam kui sama kulu 1 kg tükkislõhkeainega lõhkumisel. Heise-Herbst'i järgi (Bergbaukunde I B. 1930, lk. 296) tuleb lõhkehapnikuga lõhkumine 30—40% odavam tükkislõhkeaine tarvitamisest seal, kus lõhkeaine tarvitamine on suur ja kus lõhkumine lõhkehapnikuga toimub asjatundlikult. Kuna Eestis kaevatakse põlevkivi peamiselt ainult lõhkeainetega lõhkumise abil, siis on see eeltingimus lõhkehapnikuga lõhkumiseks Eesti kohta olemas; pealegi ei ole põlevkivikaevandustes plahvatavaid gaase ega tolmu, mille olemasolu ka takistab lõhkehapniku tarvitamist. Kõige rohkem tarvitatakse lõhkehapnikku Lotringi rauamaagikaevandustes, sest seal kasutatakse lõhketöödeks ainult lõhkehapnikku. Peale selle tarvitatakse Saksamaa kaalisoola-kaevandustes peaaegu igal pool lõhkehapnikku ja mõnes Ülem-Sileesia söekaevanduses (Krolevska Huta = Königshütte), kusjuures ta on tulnud umbes 30% odavam tükkislõhkeainest. Vedelhapniku seadmete ehitamine suurenevat Heise-Herbst'i järgi järjest.

E. Ohtude statistika lõhkehapniku ja tükkislõhkeainete tarvitamise kohta.

Tutvume vastava välismaa statistikaga.

1. Preisi majandus- ja tööministeeriumist saadud andmetest (1928.—1931. a. eest) nähtub, et tükkislõhkeainetega juhtunud ohtude arv on 1000 tonni lõhkeaine kohta 2,7 korda suurem kui lõhkehapnikuga ja nende põhjuste arv 2,16 korda. Surmajuhtu-

meid lõhkehapniku tarvitamisel ei ole 4 aasta jooksul olnud ühtegi. Mõned kaalisoolakaevandused Saksamaal on vedelhapnikuga töötanud nii õnnelikult, et aasta jooksul pole juhtunud ainustki õnnetust.

2. Poola kivisöekaevanduse Wolfgang-Waweli andmed näitavad, et seal 31. dets. 1930. a. kuni 1. okt. 1933. a. on olnud 4 õnnetujuhtumit, millest ükski polnud surmav. See kaevandus tootis päevas 3000—5000 tonni sütt.

3. Prantsuse Lotringi rauamaagikaevandustes on mäeinsener M. Chopin'i andmetel olnud ohte iga 100 000 tonni väljakaevatud maagi kohta järgmiselt:

	Kergeid ohte	Ohte, mille järelduseks rohkem kui 13-nädalane töövõimetus	Surmajuhtumeid	Lõhkumine toimus
1911. — 1913. a.	0,288	0,062	0,036	tükkislõhkeainega
1927. — 1929. a.	0,123	0,047	0,032	lõhkehapnikuga
Ohtude vähenemise %	57%	24%	11%	

Mõlemal ajavahemikul toodeti umbes võrdne hulk maaki, mistõttu arvud on täiesti võrreldavad.

Samas rajoonis asuvas de Wendel'i kaevanduses vähenes õnnetuste arv lõhkehapniku tarvituselevõtmisega 79% ja surmajuhtumite arv 100% võrra.

Tutvudes ohtude tekkimise põhjustega ja statistiliste andmetega tükkislõhkeainete ja lõhkehapniku kohta, võib kindlasti öelda, et lõhkehapnik on igalpool, kus seda tarvitatud, osutunud vähemohtlikuks kui tükkislõhkeaine, mistõttu teda ka Eestis võib julgesti soovitada. Asjaolu, et tema lõhkegaasid sisaldavad veel mõnikord vingu, on seletatav liiga lühikese praktikaga.

Et vingu kõrvaldamist võib ka meie oludes lahendada, tõendavad Lotringi kaevandused, kus tuulutamistingimused on sama halvad kui meil, kuid järelgaasides on vingu õige vähe või pole sugugi.

II. Kardoks- ja hüdrokspadrunitega lõhkumine.

On püütud lõhkumistöid teha ilma lõhkeaineteta, näiteks surutõhuga, mida pumbatakse puurauku, kuni ta tekkinud survega lahutab kivimassid üksteisest. See viis on aga väga tülikas, kuna

nõuab palju eriseadmeid ja nende ülesseadmist enne lõhketööde tegemist. Ameerikas on aga laialdaselt katsetatud lõhkumistööde alal padrunitega, mis sisaldavad vedelat söehapet (CO_2) — nn. kardokspadrunid — ja vett — nn. hüdrokspadrunid.

Kardokspadrun on teraspadrun, mille pikkus on 0,6—1 m ja läbimõõt 45—76 mm, kuhu mahutatakse 1,34—1,35 kg vedelat söehapet ja kergesti-süttivat massi, millega tekitatakse padrunis soojust. On teada, et vedelsöehape muutub soojendamisel (üle 31°C) gaasiks, mis tekitab suure surve, milletõttu padrunis olev metallsõõr puruneb ja gaas tungib puurauku, purustades ümbritseva manneraine või kasuliku kaevetise (söe). Padruni teised osad peale metallsõõri seejuures ei kannata. Kardoksi tarvitamine võimaldab kasuliku kaevetise saamist suurtes tükkides. Peale lõhketööde lõppu korjatakse kardoksikestad kokku, seatakse korda, pannakse purunenud metallsõõri asemele uus, täidetakse uuesti vedela söehappega ja kergesti-süttiva massiga, nii et padrunit võib uuesti tarvitada. Süüdatakse kardokspadrun elektriga.

Kuna söehappe saamine raskendab kardokspadrunite kasutamist kaevandustöödel, püütakse teda asendada veega, mida igas kaevanduses võib otse töökoha lähedusest saada. Nagu teada, on veeauru kriitiline temperatuur 373°C, mille ületamisel ei saa veeauru enam surumise teel vedelaks muuta. Et saavutada säärast olukorda, pannakse padrunisse süütemassi, mis oleks võimeline vett soojendama üle mainitud temperatuuri. Sellena võib näiteks olla mass, mis koosneb 33,5% alumiiniumist ja 66,5% naatriumperkloraadist, mis omab reaktsiooni järgmise valemi järgi: $3\ NaClO_4 + 8\ Al = 3\ NaCl + 4\ Al_2O_3$ ja tekitab seejuures 1517,6 väikest kalorit soojust, mis on küllaldane, et vett padrunis muuta auruks kõrge surve all, mille abil tehakse kasulikku lõhketööd. Hüdrokspadrunitel on ka see hea omadus, et nende järelgaasid ei ole tervisele kahjulikud.

Nii kardoks- kui ka hüdrokspadrunite tarvitamine osutub keerulisemaks ja kallimaks kui harilike tükkislõhkeainete kasutamine, seepärast võiks nende tarvitamine vahest ainult seal küsimusse tulla, kus tahetakse saada kasulikku kaevetist võimalikult suurte tükkidena.

III. ÕNNETUSJUHTUMID LÕHKETÖÖDEL.

1. Meeskonna käitumine.

Meeskonna käitumisest ripub sagedasti õnnetujuhtumite vältimine lõhketöödel. Nimelt võivad õnnetused tulla, kui töölised viibivad peale laengute süütamist töökohas kauem, kui see on lubatud, ja kui nad peale laengute lõhkemist liiga ruttu lähevad töökohta tagasi.

Määruse järgi peab süütenööri süütamine toimuma küllalt pikkade süütenööridega, mis võimaldab süütajale (minöörile) vähemalt 30 sekundi jooksul peale kõikide süütenööride süütamist töökohast lahkuda, kusjuures üks süütaja ei tohi kitsas ees süüdata üle 8 laengu, ja laias ees, kus on 2 väljapääsu — 12 laengut. Kui nüüd süütaja sellest määruse nõudest kinni ei pea, s. o. ei lahku otsekohe peale süütamist töökohast, püüdes teha veel enne mingisugust tööd, või liiga aeglaselt süütab, võib ta jääda järgnevate paukude alla. Sääraste õnnetujuhtumite arv oli Saksamaal umbes 12% kogu õnnetujuhtumite arvust lõhketöödel.

Õnnetujuhtumid esinevad ka siis, kui töölised liiga kiiresti peale lõhkumist töökohta tagasi ruttavad ja võivad sattuda paukude alla. Selle põhjuseks võib olla: tööline on eksinud paukude arvu lugemisel või pidanud kõrvaltöökoha paugu omaks. Ka ruttab tööline sagedasti uudishimu pärast vaatama lõhkumise tagajärgi, kuid satub pimeduse tõttu suitsus mahavarisevate kivitükkide alla, mis isegi surmavalt võivad vigastada.

Et sääraseid õnnetujuhtumeid vältida, peab tööline vähemalt 5 minutit peale viimast pauku ootama ja alles siis tagasi minema, kui lõhkeainest tekkinud suits on juba vähemaks jäänud. Üldse on soovitav, et lõhkumised toimuksid kas peale vahetust või söögiaegadel.

2. Õnnetujuhtumid lõhketöödel, millede põhjuseks on kas laeng ise või selle tõrked.

Hilinenud paukude pärast õnnetujuhtumite vältimiseks on tarvis vähemalt 15 minutit oodata, enne kui töökohta minna. Hilinenud paukude põhjuseks on kas laengu väljapõlemised või laengute süütamisabinõudest tekkinud asjaolud, nagu seda on selgitatud laengute süütamise osas. Kui tarvitusel on püssirohi, lõhkesalpeeter või lõhkehapnik, siis peab lahtise tulega olema äärmiselt ettevaatlik, samuti ei tohi ka suitsetada lõhketööde läheduses, sest juba juhuslik tulesäde võib laengu või lõhkeained süüdata.

Üheks laengu ootamatu süütamise põhjuseks võib olla ka liiga oskamatu ja energiline puuraugu toppimine, sest sellejuures võidakse lõhkeainet kõvasti hõõruda, mis võib viia süütamisele ka siis, kui laadimiskepp on puust või vasest. Rauast laadimiskepi tarvitamine ei ole laengu laadimisel kuidagi lubatud, sest ta võib kõva kivi vastu sattumisel sädet tekitada, mis ka laengu süüdata võib, kui on tegu püssirohusarnaste lõhkeainetega või lõhkehapnikuga. Mittelõhkenud lõhkeaine, mis järele jäänud peale lõhkumist vanadesse puuraukudesse või väljalõhutud kivihunnikusse, võib ka õnnetujuhtumeid põhjustada uue augu puurimisel vana augu pesasse või kõplaga löömisel kivihunniku pihta, kuhu on juhuslikult jäänud lõhkemata lõhkeaine. Iseäranis on selles suhtes kardetav külmunud dünamiit, mis puuraugus kõik ei lõhke ja seega võib jääda kas endise augu pesasse või sattuda peale lõhkumist kivihunnikusse.

Lõhkekapsliga peab ettevaatlik olema, mitte seda põrutades. Ka ei tohi kapslit terava asjaga seest puhastada katsuda, sest see võib ootamata põhjustada kapsli lõhkemise. Elektrilõhkekapsleid ei tohi peale laengu mittelõhkemist (tõrkumist) süütetraatide otstest kinni haarates laengust välja tõmmata, sest sellejuures võib kapsel hõõrdumisest topi või puuraugu seina vastu lõhkeda ja laengu plahvatama panna. Ka peab juba väljavõetud tõrkunud kapsliga ettevaatlik olema, sest ta võib ettevaatamatul käitumisel veel plahvatada.

Kas on tegemist tõrkunud laenguga, selgub alles vähemalt 15 minuti möödumisel, lugedes laengu süütamise ajast. Olenedes sellest, kas tõrke põhjus asub väljaspool või seespool puurauku, jagunevad tõrked välis- ja sisetõrgeteks. Välistõrked on kõige sagedamad. Need võivad elektriga süütamisel esineda järgmiste puuduste puhul: väär traatide ühendus, viletsad elektrijuhtmed, mitte küllalt võimeline elektrisüütamismasin ja mitte teineteisega tasakaalustatud elektrisütikud. Süütenööriga süütamisel tekkinud tõrge võib seletatav olla sellega, et süütenöör oli kohati vigane, mispärast ta ka kustus. Vigase koha äralõikamise ja süütenööri uuestisüütamisega võib tõrke kõrvaldada. Jäävad laengud lõhkemata, mis peaksid korraga lõhkema, siis on arvatavasti tegemist välise tõrkega. Sel juhul tuleb püüda laenguid süüdata üksikult. Kui see siis ka ei õnnestu, on arvatavasti tegu sisetõrkega.

Sisetõrked võivad juhtuda elektrisütikus, süütenööris ja lõhkekapslis olevate vigade tõttu. Nende tõrgete kõrvaldamine on raskem kui välistõrgete oma ja selleks on 2 viisi: 1. tõrge hävita-

takse kõrvallaenguga, mis pannakse mitte lähemale kui 30 sm tõrkunud laengust; 2. tõrge kõrvaldatakse uue löökpadruni asetamisega endise laengu peale, kust topp ühes vana löökkapsliga on kõrvaldatud. Kõrvallaengu ülesandeks ei ole mitte viia tõrkunud laeng kaaslõhkemisele, vaid ainult tõrkunud laengu kõrvaldamine. Kui padrunid tõrkunud laengus ei ole lõhkenud kõrvallaengu lõhkemise tõttu, siis tuleb neid otsida lahtilõhutud kivihunnikus, mis küll ei ole soovitav, kuid paratamatu. Kuid kõrvallaengu puurimisel peab olema ettevaatlik, et mitte sattuda puuriga tõrkunud laengusse ja seda viia lõhkemisele, mille järelduseks võib olla õnnetujuhtum töölisega. Tõrkunud laengu topi kõrvaldamine Kruskopf'i viisi järgi tehtud topist on lihtne, kuna enne tuleb voolik laengu pealt välja tõmmata ja siis uus löökpadrun ühes uue topiga vana laengu peale panna ja see süüdata. Kui aga topp on tehtud harilikul viisil, siis ei tohi seda mitte välja puurida, vaid ennem juba ettevaatlikult välja kraapida, kuid ka see topi kõrvaldamisviis ei ole soovitav. Parem on topp veejoaga august välja uhtuda, kuid kui lõhkeaine augus on dünamiit, siis seda ei tohi teha, kuna dünamiidis olev nitroglütseriin ei ole vees lahustuv, milletõttu võib väljauhtunud nitroglütseriin tekitada õnnetujuhtumisi töölistega, kes töötades võivad selle kogemata plahvatama panna ja ennast vigastada. Parem on juba topp ja kui tarvis isegi laeng suruõhuga august välja puhuda. Et eraldada topp täiesti laengust, pannakse selle peale vaskkaitseleheke, mis pannakse puurauku viimsena, nii et topi väljavõtmisel laengut ei rikutaks, millega vähendatakse ka õnnetujuhtumi võimalust sel teel. Sise- ja välistõrkeid esineb kaevanduses harilikult 0,7 kuni 3 tõrget 1000 laengu kohta.

Kardetavamad kui tõrkunud laengud on vanade puuraukude pesadesse lõhkemata jäänud lõhkeaineosad, kuna harilikult arvatakse, et neis lõhkeaineid ei ole ja hakatakse neisse kohe auku edasi puurima, kusjuures siis ka õnnetujuhtum tekkida võib. Säärased õnnetujuhtumid on 25% kogu õnnetujuhtumitest lõhkeainete käsitamisel. Säärase võimaluse kõrvaldamiseks on vaja panna aukujäänud lõhkeaine peale löökpadrun ja see süüdata. Kuna aga järelejäänud augu pesad ei ole küllalt sügavad, et võiks sinna korraliku topi asetada, siiski kipuvad säärasel teel süüdatud laengud põlema minema, mispärast ei ole soovitav selline vanadesse aukudesse jäänud lõhkeaine kõrvaldamine, vaid seda tuleks kõrvaldada kõrvallaengute abil, nagu seda eelpool juba kirjeldatud.

Õnnetujuhtumite võimalusi elektrisütikute tarvitamisel on juba eelpool vastavas kohas selgitatud.

3. Järelgaasid.

Lõhkeainete järelgaasid, mis tekivad peale lõhkumist lähemas töökoha ümbruses, sisaldavad sagedasti mürgiseid gaase: söeoksüüdi ehk vingugaasi ja lämmastikuoksüüdide näol, mis mõjuvad halvavalt tööliste tervisele ja võivad põhjustada isegi surmajuhtumeid. Nii mõjub ainult ½%-line vingugaas umbes ½ tunni jooksul töölisele surmavalt. Samuti ka lämmastikuoksüüdid mõjuvad väga halvasti juba väikeste protsentosade sisaldamisel kaevanduse õhus, kuna nad mõjuvad hävitavalt kopsukudedele, tekitades verejooksu kopsust ja kopsupõletikku, millele võib järgneda isegi surm.

Kuid gaaside tõttu suremist esineb kaevandustes siiski vähem, sest see võiks sündida suure hulga laengute lõhkumisel halva ete tuulutamise puhul. Iseäranis võib tekkida palju vingugaasi, kui lõhutakse põlevas aines, kuna see gaas tekib põleva aine põlemisest mitteküllaldases hapnikus. On tarvis nõuda, et töökohta ei tohi lasta töölisi enne minna, kui see on hästi tuulutatud ja et töölised oleksid laengute lõhkemise ajal seal, kus lõhkemisest tekkinud järelgaasid nende peale ei saaks mõjuda. Kui raske on säärast kohta leida, võiks teha laudadest kambri, mida oleks võimalik kergesti ühest kohast teise ümber paigutada. Sellesse kambrisse tuleb viia suruõhutorustik, et selle abil hoida kambris õhk värske, õhu väikese surve all, nii et järelgaasid sinna sisse ei saaks tungida ajal, kui toimub veel töökoha tuulutamine. Ka peaks võimalik olema tuulutamistorude abil järelgaase kõrvaldada töökohast nii, et nad otsekohe satuksid sealt äratarvitatud õhu voolusse, mis juhitakse kaevandusest välja ventilaatori või muu tuulutamisabinõu abil.

Õnnetujuhtumite arv kaevandustes lõhkeainete järelgaasidest on umbes 10% kogu lõhketööde õnnetujuhtumite arvust. Mitteküllaldane tööliste kaitse lõhkumistööde järelduste (kivitükkide lendamine) eest on põhjustanud õnnetujuhtumeid u. 20% kogu lõhketööde õnnetujuhtumite arvust.

Lõhkeainete tarvitamine lõhketöödel peab toimuma vastavalt „Lõhkeainete hoidmise ja tarvitamise juhendi Eesti NSV-s“ §-de 112—175 nõuetele.

C. NÄITEID LÕHKETÖÖDEST.

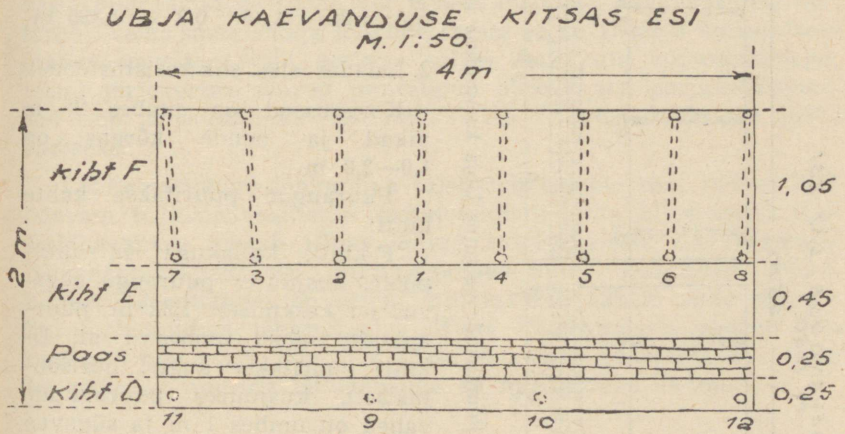
I. Põlevkivikaevandustes.

A. Ubja kaevanduses (Rakvere läheduses, kuulub Port-Kunda tsemendivabrikule).

1. Kitsastes käikudes (strekkides).

Toestamata kitsa käigu laius on 2,4 kuni 4 m. Käigu kõrgus 2 kuni 2,7 m pea- ja veestollis.

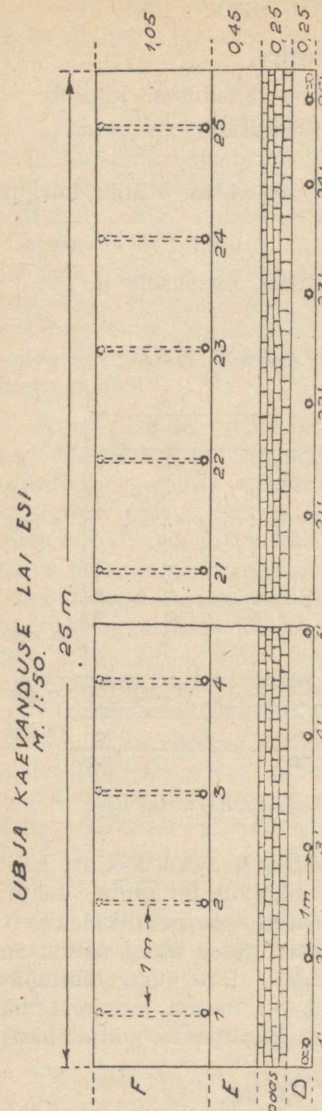
Puuraukude paigutus vastavalt kihtide paksusele ja kõvadusele.



Joonis 46. Puuraukude paigutus Ubja kaevanduse kitsas ees.

Nagu näha joonisel 46, puuritakse umbes 8 auku F-kihti kallakuga alt üles umbes 45° all, puuraugu sügavus on umbes 1,4 m. Ülejäänud augud puuritakse D-kihti, peaaegu perpendikulaarselt eele, igaüks umbes 1-meetrilise sügavusega. Igasse auku pannakse 3—4 padrunit tükkislõhkeainet (ammoniiti). Puuraugu läbimõõt on 35—42 mm. Aukude vahekaugused on näha joonisest 46. Üldse kulutatakse kitsastes käikudes ühe kantmeetri väljalõhkumisel:

lõhkeainet	0,6 kg
kapsleid	1,6 tk.
süütenööri	1,6 m
puuraugu sügavus	1,86 m



Joonis 47. Puuraukude paigutus Ubja kaevanduse laias ees.

Põlevkivi saadakse 1 ruutmeetrilt kihipinnalt 1,6 tonni ehk ühest kantmeetrist tihedas kehas $\frac{1,6}{2}$ = 0,8 tonni (nimetaja „2" on kihi kõrgus meetrites).

Seega oleksid lõhkeainekulud ühe tonni põlevkivi peale kitsas ees:

lõhkeainet	0,6	: 0,8	= 0,75	kg
kapsleid	1,6	: 0,8	= 2	tk.
süütenööri	1,6	: 0,8	= 2	m
puurauke	1,86	: 0,8	= 2,325	m

2. Laiades etes ehk koristustöödel.

Koristuseed on umbes 25 m pikad ja nende kõrgus on 1,9—2,0 m.

Puuraugud puuritakse kahte kihti:

F-kihti: kallakuga 45° ülespoole, kusjuures puuraugu sügavus on keskmiselt 1,32 m, puuraukude vahed umbes 1 m; D-kihti puuritakse augud horisontaalselt, kusjuures puuraukude vahed on umbes 1 m ja sügavus ka umbes 1 m; puuraukudesse mahutatakse 3—4 padrunit ammoniiti või teist võrdset tükkislõhkeainet.

Joonis 47 illustreerib puuraukude asetust ees.

Lõhkeaineid kulutatakse koristustöödel keskmiselt ühe kantmeetri väljalõhkumisel tihedas kehas:

lõhkeaineid	0,3 kg
kapsleid	1 tükk
süütenööri	1 m
puuraugu sügavus	1,16 m

või ühe tonni põlevkivi peale:

lõhkeaineid	0,3	: 0,8	= 0,375 kg
kapsleid	1	: 0,8	= 1,25 tükki
süütenööri	1	: 0,8	= 1,25 m
puuraugu sügavus	1,16	: 0,8	= 1,45 m

Aukude vahed on umbes 1 m ja aukude sügavus 1—1,32 m. Lõhketööd kitsastes etes on umbes 80% kallimad kui koristustöödel.

Selle asemel, et lõhkumist F-kihis toimida ülespoole-tõusvate kallakpuuraukudega soone või teise vabapinna moodustamise otstarbel, võiks sama sihiga lõhkuda samas ja ka D-kihis horisontaalpinnas asuvate, kuid eepinna suhtes kallakute puuraukudega; teises järjekorras asuvad puuraugud oleksid siis perpendikulaarsed eele ja asuksid ka D- või F-kihis. Puuraukude arv jääks endiseks.

Lõhkehapnikuga lõhkumine tuleb lõhkeainete osas umbes 26% odavam tükkislõhkeainetest (ammoniidist); ühe kilogrammi tükkislõhkeainele vastab Ubjas tehtud katsete alusel 2,34 normaallõhkehapniku-padrunit (pikkusega 300 mm), kusjuures lõhkehapniku kasutamisel on tulnud umbes 18% vähem auke puurida kui ammoniidiga lõhkumisel. Kuna lõhkehapniku padrun on umbes 8 mm võrra jämedam tükkislõhkeaine padrunist, siis tuleb ka puurauk puurida läbimõõduga 40 mm asemel 48 mm.

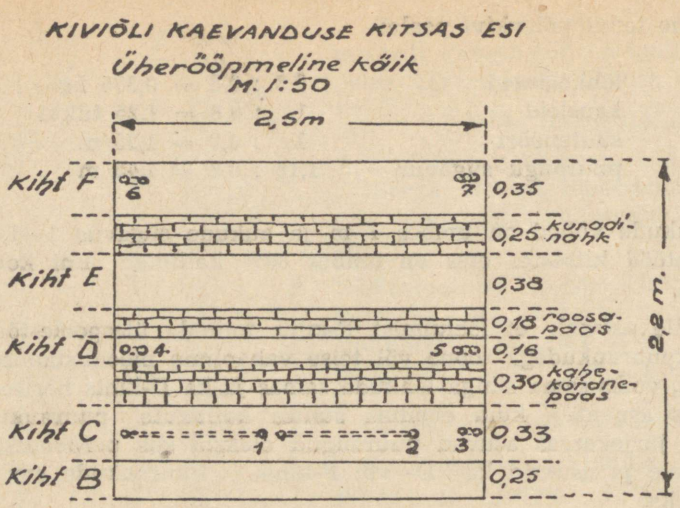
B. Kiviõli kaevanduses.

1. Kitsastes käikudes:

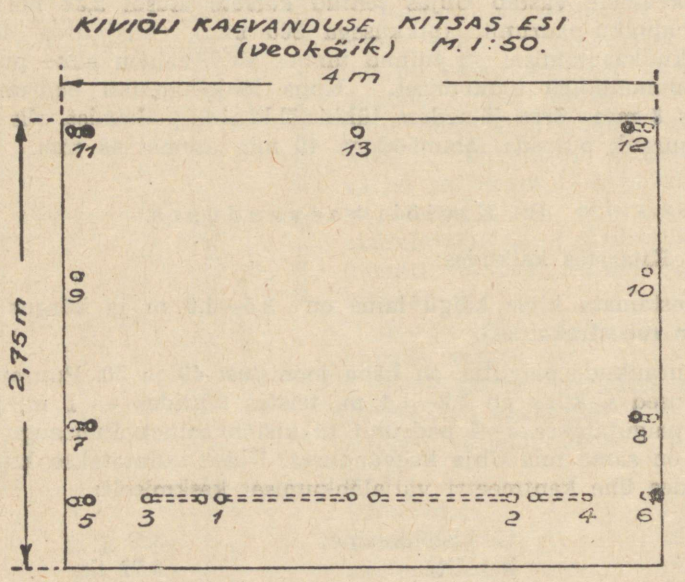
Toestamata kitsa käigu laius on 2,5—4,0 m ja kõrgus 2,2—2,75 m (veostrekkides).

Puuraukude paigutus on näha joonistest 49 ja 50. Puuraukude sügavused C-kihis on 1,2—1,4 m, teistes kihtides — 1 m; puurauku paigutatakse 3—4 padrunit tükkislõhkeainet. Puuraugu läbimõõt on sama mis Ubja kaevanduses. Üldse kulutatakse kitsastes käikudes ühe kantmeetri väljalõhkumisel keskmiselt:

tükkislõhkeainet	300 g
kapslit	0,72 tk.
süütenööri	0,72 m



Joonis 49. Puuraukude paigutus Kiviõli kaevanduse kitsas ees (üheröömelises käigus).



Joonis 50. Puuraukude paigutus Kiviõli kaevanduse kitsas ees (veokäigus).

Põlevkivi saadakse 1 ruutmeetrilt kihipinnast 1,8 tonni, või ühe tonni põlevkivi kättesaamiseks $\frac{1,8}{2,2}$ = 0,82 t kantmeetrilt kulutatakse:

tükkislõhkeainet
300 : 0,82 = 3,66 g
kapslit
0,72 : 0,82 = 0,88 tükki
süütenööri
0,72 : 0,82 = 0,88 m

Lõhkehapnikuga lõhkudes kulub ühe tonni põlevkivi saamiseks kitsastes käikudes 0,7 normaalpadrunit ja sama palju kapsleid.

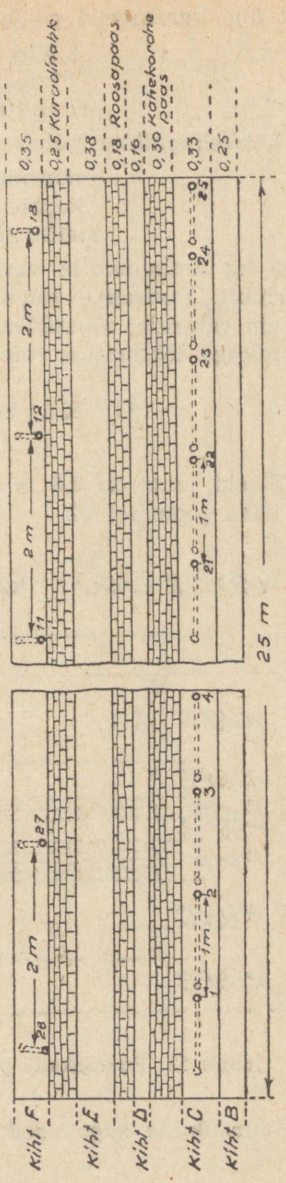
2. Laiades etes (koristustöödel). Joon. 51.

Laiad eed on umbes 25 m pikad, ee kõrgus 2,25 m. Augud puuritakse C-kihti 45—60° all umbes 1 m kaugusel teineteisest. Augu sügavus 1,2—1,4 m ja läbimõõt umbes 40—42 mm; lõhkehapnikuga lõhkumisel on see läbimõõt umbes 48 mm.

F-kihti puuritakse augud väikese kallakuga vertikaalpinnas üles lae poole; augu sügavus umbes 1,1—1,2 m; üks auk on teisest umbes 2 m kaugusel.

Ühe tonni põlevkivi saamiseks kulutatakse keskmiselt:

tükkislõhkeainet (ammoniiti)	290 g
kapslit	0,8 tk.
süütenööri	umbes 0,84 m



PUURAKUDE PAIGUTUS
KIVIÕLI LAI ESI (KORISTUSTÖÖ)
M. 1:50.

Joonis 51. Puuraukude paigutus Kiviõli kaevanduse laias ees.

ehk ühe kantmeetri peale kulutatakse:

lõhkeainet	232 g
kapslit	0,64 tükki
süütenööri	0,67 m

Lõhkehapnikku kulub 1 tonni põlevkivi saamiseks:

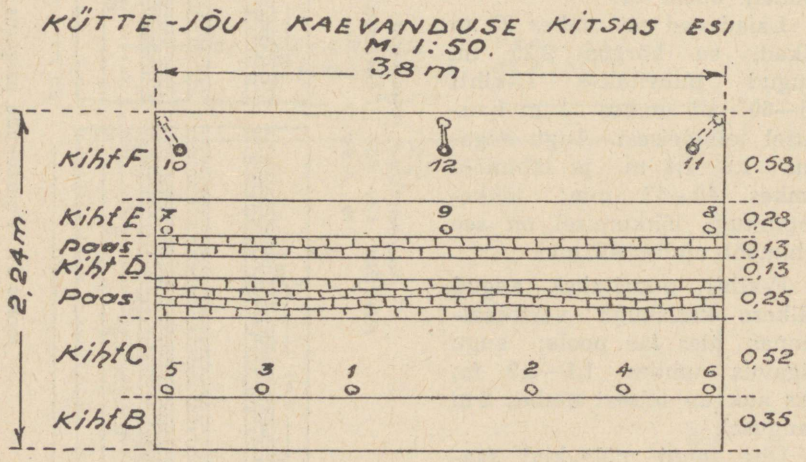
normaalpadruneid	0,57 tükki
kapsleid	0,54 tükki
süütenööri	0,54 m

1 kg ammoniidile vastab väärtuselt 3,2 normaallõhkehapniku padrunit. Puurauke tuleb lõhkehapniku tarvitamisel umbes 33% vähem puurida, võrreldes lõhkumisega tükkislõhkeainega. Lõhkehapnikuga lõhkumine tuleb umbes 9% odavam.

C. Küttejõu kaevanduses.

1. Kitsastes käikudes.

Streki laius on 3,8 m ja kõrgus 2,25 m. Puuraukude paigutus on näha joonisest 52.



Joonis 52 Puuraukude paigutus Küttejõu kaevanduse kitsas ees.

Puuraukude sügavused:

C-kihis	on	umbes 1,2—1,4 m
E- „	„	„ 1 m
F- „	„	„ 1,1—1,2 m

Põlevkivi saadakse kihi 1 m^2 pealt 1,74 tonni. Puurauku paigutatakse: C-kihti 3 padrunit, E- ja F-kihti 2½—3 padrunit.

Puuraugu läbimõõt on keskmiselt 40 mm.

Üldse kulutatakse 1 tonni põlevkivi saamiseks umbes:

lõhkeainet	0,5 kg
kapslit	1,8 tk.
süütenööri	1,8 m

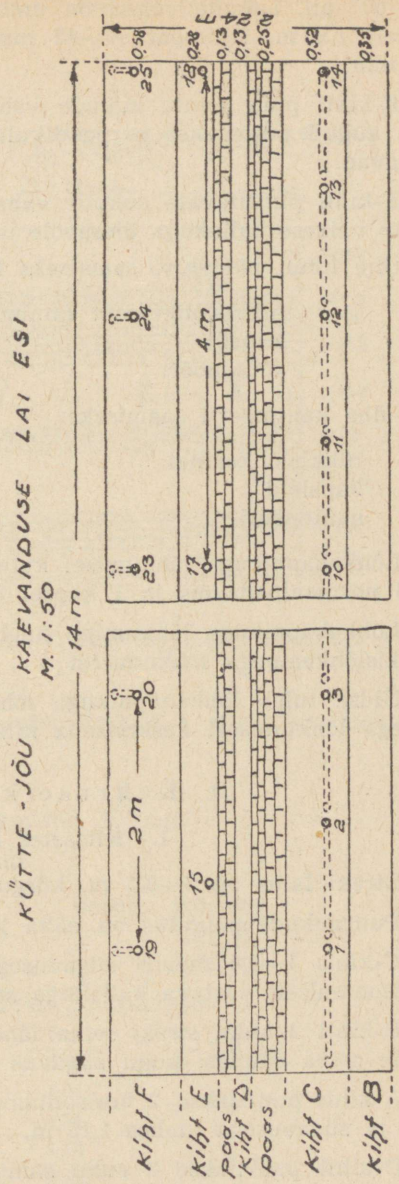
1 kantmeetrist saadakse põlevkivi 0,744 tonni. 1 kantmeetri lahtilõhkumisel kulutatakse keskmiselt:

lõhkeainet	0,387 kg
kapsleid	1,4 tk.
süütenööri	1,4 m

Lõhkehapnikuga lõhkumisel kuluks 1 tonni põlevkivi saamiseks: 1 normaalpadrun ja 1 kapsel ühemeetrilise süütenööriga või üldse on lõhkehapnikuga lõhkumine odavam tükkislõhkeainega lõhkumisest umbes 32%.

2. Laiades etes (koristustöödel).

Poollaiad eed on umbes 14 m pikad. Ee kõrgus 2,25 m (vt. joonis 53). Augud puuritakse C-kihti horisontaalselt umbes



Joonis 53. Puuraukude paigutus Küttejõu kaevanduse laiades etes.

45—60° all, aukude vahed on umbes 1 m; augu sügavus keskmiselt 1,2 m, läbimõõt 40—42 mm, lõhkehapnikuga lõhkumisel 48 mm.

E-kihti puuritavate aukude vahed on umbes 4 m (vt. joonis 53); augud puuritakse perpendikulaarselt eele ja on umbes 1 m sügavad.

F-kihti puuritavate aukude vahed on umbes 2 m, neid puuritakse väikese kallakuga ülespoole ja nad on umbes 1,1 m sügavad.

Ühe tonni põlevkivi saamiseks kulutatakse keskmiselt:

tükkislõhkeainet (ammoniiti)	0,295 kg
kapslit	0,72 tk.
süütenööri	0,72 m

või ühe kantmeetri saamiseks:

tükkislõhkeainet	0,295 : 0,744 = 0,22 kg
kapsleid	0,72 : 0,744 = 0,54 tk.
süütenööri	0,72 : 0,744 = 0,54 m

Lõhkehapnikuga lõhkumisel kulub 1 tonni põlevkivi saamiseks 0,66 normaalpadrunit ja 1 kapsel ühes 1-meetrilise süütenööriga.

Lõhkehapnikuga lõhkumine tuleb laial eel umbes 23% odavam tükkislõhkeainega lõhkumisest.

Üldse tuleb lõhkehapnikuga lõhkumine odavam tükkislõhkeainega lõhkumisest keskmisena kitsastes ja laiades etes 27%.

D. Kukruse kaevandus.

1. Kitsastes käikudes.

Streki laius on 3—3,5 m, kõrgus 2,35 m.

Puuraukude paigutus on näha joonisest 54. Neid on 13 tükki.

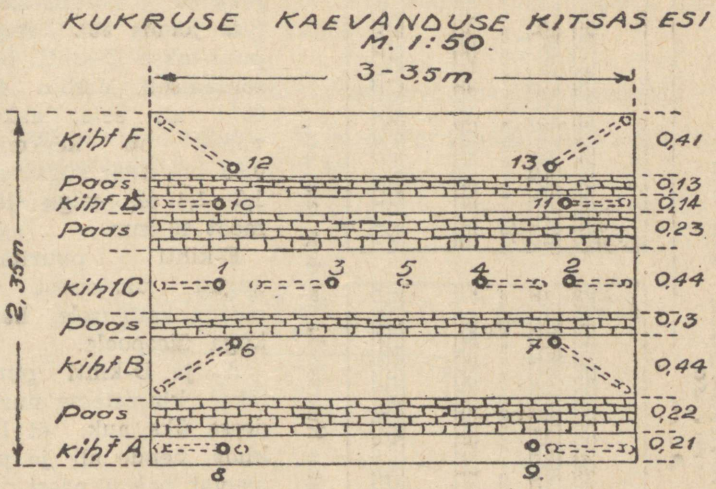
C-kihis 1—1,4 meetri sügavusega 5 tükki, mis on puuritud horisontaalselt vastava kallakuga streki seinte poole.

B-kihti 2 auku streki seina läheduses väikese kallakuga allapoole seina suunas; augu sügavus umbes 1,25 m.

A-kihti puuritakse 2 horisontaalset auku kallakuga seina suunas ja sügavusega umbes 1,15 m.

D-kihti puuritakse 2 auku samuti nagu A-kihti.

E-kihti puuritakse 2 auku kallakuga ülespoole seina suunas, sügavusega 1,25 m.



Joonis 54. Puuraukude paigutus Kukruse kaevanduse kitsas ees.

Põlevkivi saadakse ühelt ruutmeetrilt 2 t, ühelt kantmeetrilt $\frac{2}{2,35} = 0,85$ t.

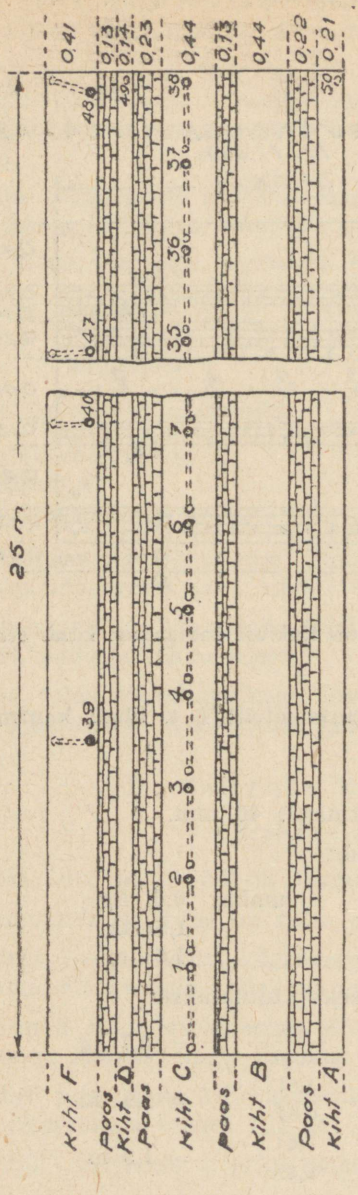
Puuraugu läbimõõt on keskmiselt 40 mm.

Üldse 1 m³ tootmiseks kulub:

lõhkeainet	umbes	0,6 kg
kapsleid		1,61 tk.
süütenööri		1,61 m

või ühe tonni põlevkivi saamiseks kulutatakse:

lõhkeainet	$\frac{0,6}{0,85}$	= 0,7 kg
kapsleid	$\frac{1,61}{0,85}$	= 1,9 tk.
süütenööri	$\frac{1,61}{0,85}$	= 1,9 m



Joonis 55. Puuraukude paigutus Kukruse kaevanduse laias ees,

2. Laiades etes (koristustöödel).

Lai esi on umbes 25 m pikk ja ee kõrgus 2,35 m (vt. joonis 55). Augud puuritakse C-kihti horisontaalselt umbes 45—60° all eele; aukude vahed on keskmiselt 0,65 m, augu sügavus on 1,2—1,4 m, augu läbimõõt 40 mm.

E-kihti puuritakse augud üksteisest 2,5 meetri kaugusele, kallakuga ülespoole.

A- ja D-kihti puuritakse kinnistesse nurkadesse üks auk, et lõhkuda nende all ja peal asuvat paksu paasi.

Üldse ühe kantmeetri väljakaevamisel kulub:

lõhkeainet
umbes 0,361 kg
kapsleid 0,86 m
süütenööri 0,86 tk.

või ühe tonni põlevkivi saamiseks:

lõhkeainet
0,361 : 0,85 = 0,425 kg
kapsleid
0,86 : 0,85 = 1 tk.
süütenööri
0,86 : 0,85 = 1 m

Lõhkehapnikuga lõhkumisel vastavad 3 normaalpadrunit 1 kg

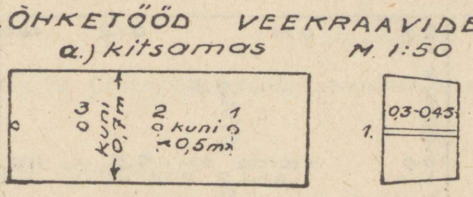
tükkislõhkeainele (ammoniidile), millejuures on kulutatud keskmiselt üks lõhkekapsel ühe normaalpadruni peale.

Lõhkehapnikuga lõhkumine on tulnud Kukruse kaevanduses keskmiselt 17% odavam tükkislõhkeainega lõhkumisest, kusjuures puuraukude arv oli 25% vähem.

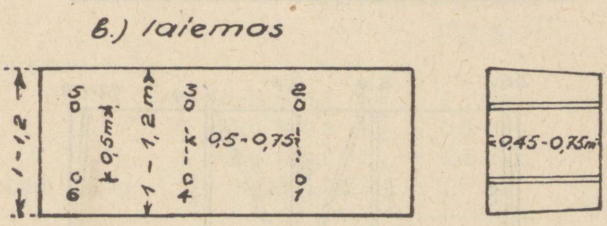
3. Lõhketööd maa-aluste veekraavide tegemisel.

Veekraavid strekkides tehakse harilikult laiusega 0,7 kuni 1,2 ja sügavusega 0,3 kuni 0,75 m.

Puuraukude paigutus on järgmine, nagu joonistest 56 ja 57 näha.



Joonis 56. Lõhketööd veekraavides (kitsamais).



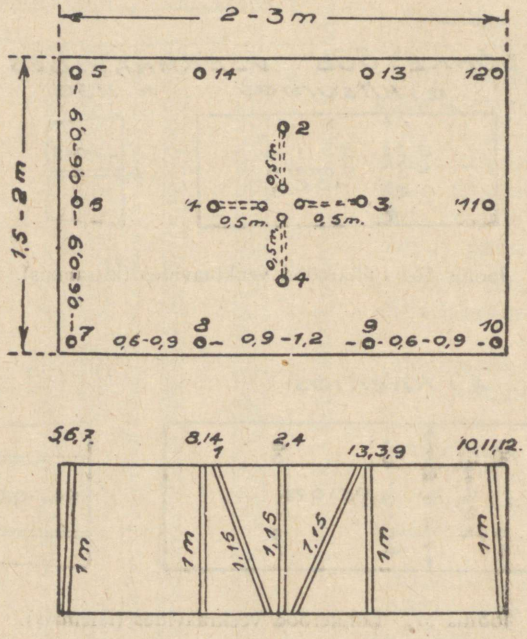
Joonis 57. Lõhketööd veekraavides (laiemais).

Kui kraav on vaja teha laiem kui 1,2 m, siis lisatakse üks rida puurauke juurde aukude vahega kuni 0,5 m, ja kui on vaja teha kraav sügavam kui 0,75 m, siis tehakse seda astmeliselt 0,3 kuni 0,75 m astme kõrgusega. Lõhkeainega täidetakse puurauk ⅓ kuni ½ tema sügavusest. Laeng ja süütenöör peavad olema veekindlas kestas, kui lõhkumine toimub vee all.

4. Lõhketööd tuulutamissurfide tegemisel.

Surfid tehakse harilikult läbilõikepinnaga 2 × 1,5 m või 3 × 2 m. Puuraukude paigutus on näha joonisest 58. Puuraukude paigutus on sama, vaatamata sellele, kas murtakse läbi alt üles või ülalt alla. Aukudesse 1, 2, 3, 4 pannakse igaühte 3—4 padrunit ehk 0,3—0,4 kg lõhkeainet, teistesse 5. kuni 10. auku igaühte 2—3 padrunit ehk 0,2—0,3 kg lõhkeainet.

PUURAUKUDE PAIGUTUS TUULUTAMISSURFIDE TEGEMISEL.
M. 1:50.

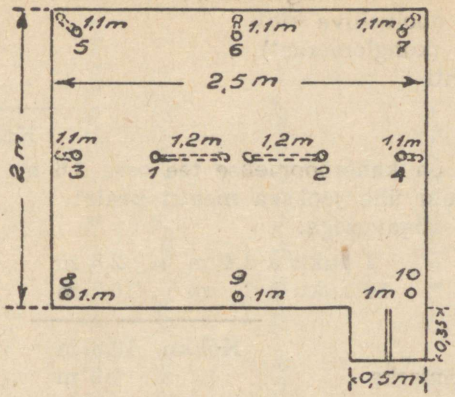


Joonis 58. Lõhketööd tuulutamissurfis.

II. Lõhketööd fosforiidikaevanduses.

1. Veestoll liivakivis (vt. joonis 59).
   laiusega 2,5 m
   kõrgusega 2,0 m

FOSFORIIDI KAEVANDUSE VEESTOLL
M. 1:50.



Joonis 59. Lõhketööd fosforiidikaevanduse veestollis.

a) puuraukude sügavus:

	3 auku à 1	m	=	3,0 m
	5 auku à 1,1	m	=	5,5 m
	2 auku à 1,2	m	=	2,4 m
veekraavi jaoks	3 auku à 0,35	m	=	1,1 m
				12,0 m

b) lõhkeaine kulu:

	2 auku à 0,5	kg	=	1 kg
	2 auku à 0,4	kg	=	0,8 kg
	6 auku à 0,3	kg	=	1,8 kg
veekraavi jaoks	3 auku à 0,35	kg	=	1,1 kg
			Kokku	4,7 kg

c) kapslite kulu: 13 kapslit,

d) süütenööri: 13 à 1 m = 13 m.

Keskmiselt kulub ühe kantmeetri lõhutud liivakivi peale:

puurauke	2,32 m
lõhkeainet	0,91 kg
kapsleid	2,51 tk.
süütenööri	2,51 m

2. Peastoll (vt. joonis 60).

Peastolli laes on ülemise konglomeraadi (fosforiidi) kihti	0,25 m
sellele järgnevad: obolusliiva kihti	0,65 m
peafosforiidi kihti (konglomeraat)	0,88 m
fukoidliivakivi kihti	1,12 m
Kokku	2,90 m

Peastolli laius on kaherööpmelise tee osas 3,6 m.

Lõhkeainete kulu ühe jooksva meetri peale:

a) puuraukude sügavusega:

2 auku à 1,4 m =	2,8 m
16 auku à 1 m =	16,0 m
Kokku	18,8 m
veekraavi tegemiseks	1,2 m
Kokku	20,0 m

b) lõhkeaine kulu:

aukudes nr. 1, 2	à 0,6 kg =	1,2 kg
„ nr. 3, 4	à 0,5 kg =	1,0 kg
„ nr. 12, 13, 14	à 0,4 kg =	1,2 kg
„ nr. 5, 6, 7	à 0,3 kg =	0,9 kg
„ nr. 8, 9, 10, 11	à 0,2 kg =	0,8 kg
„ nr. 15, 16, 17, 18	à 0,3 kg =	1,2 kg
Kokku		6,3 kg
veekraavi jaoks 3×0,1		0,3 kg
Kokku		6,6 kg

c) kapsleid 21 tükki,

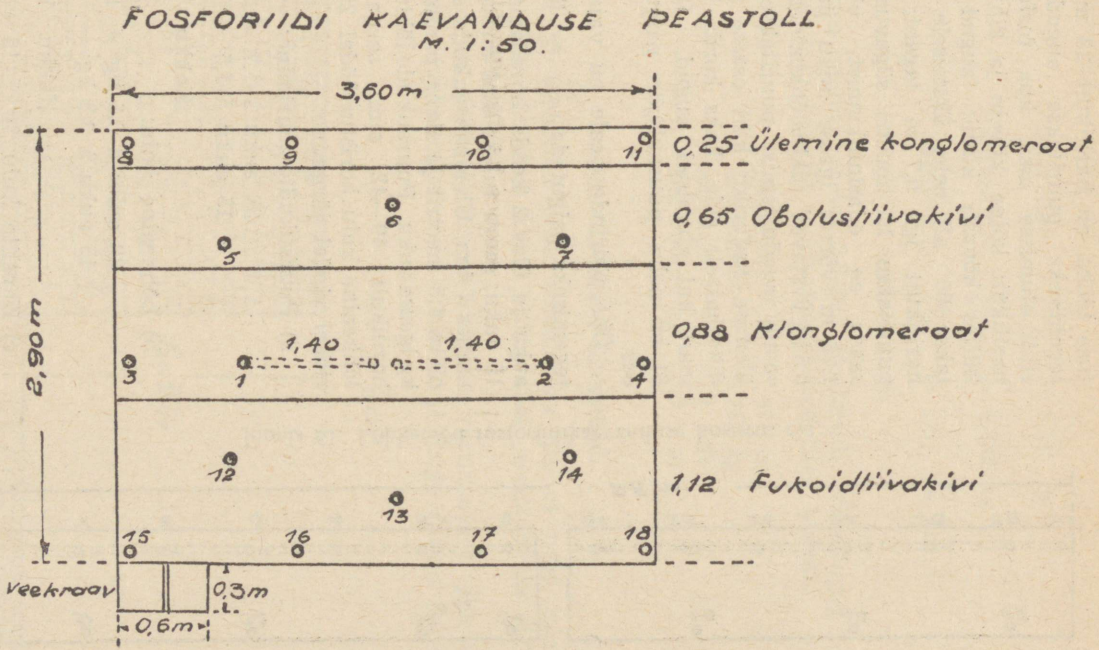
d) süütenööri 21 meetrit.

Keskmiselt kulub 1 kantmeetri väljalõhutud mahu peale, mille suurus on ühes veekraaviga umbes 11 m^3:

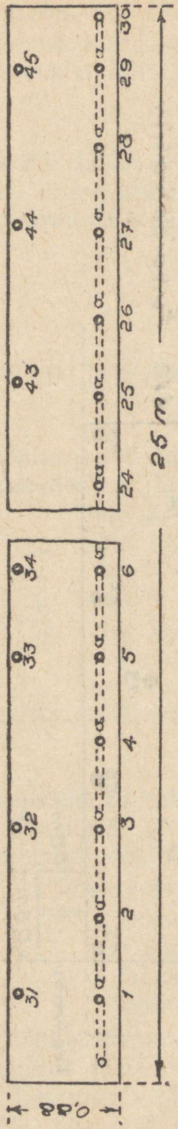
puurauke	1,82 m
tükkislõhkeainet	0,6 kg
kapsleid	1,9 tk.
süütenööri	1,9 m

3. Lõhketööd koristusees.

Keskmine fosforiidikihi paksus on umbes 0,88 m ja fosforiidi erikaal keskmiselt 2,3; seega oleks võimalik saada ühelt ruutmeetrilt 0,88 · 2,3 = 2 tonni (fosforiidikihi produktiivsus). Koristus-



Joonis 60. Lõhketööd fosforiidikaevanduse peastollis.



Joonis 61. Lõhketööd fosforiidikaevanduse koristus-ees.

töö ee pikkus, mis kuulub ühe vahetuse tööks, on harilikult 20 m. Soone tegemiseks puuritakse augud fosforiidi alumisse ossa, kus fosforiit on harilikult kõige kõvem ja kihi põhja küljes kõvasti kinni; augud puuritakse 60° all eele, üksteisele rööbiti, harilikult iga 0,7 m tagant; augud puuritakse 1,7 meetri sügavusega, et saada ee edasinihkumist vähemalt 1,33 m võrra; igasse auku pannakse 0,5 kg vastavat tükkislõhkeainet. Peale soone moodustamist puuritakse augud ülemise fosforiidi kihi osasse perpendikulaarselt eele, kaks korda hõredamalt kui alumised augud. Joonisest 61 on näha puuraukude paigutamine ees.

Ühe töörinde peale on vaja soone tegemiseks paigutada $\frac{20}{0,7} = 30$ puurauku ja üles 2 korda hõredamalt, s. o. 15 auku; seega tuleks ülal aukude vahe umbes 1,4 m. Ülemiste aukude sügavus oleks 1,5 meetrit ja sinna pannakse 0,3 kg igasse auku. Puuraukude läbimõõt on harilikult 40—42 mm; seega oleks lõhkeaine kulu koristustöödel 20-meetrilisel rindel järgmine:

a) Puuraukude puurimine:

30 auku à 1,7 = 51 m
15 auku à 1,5 = 22,5 m
Kokku 73,5 m

b) Lõhkeaine kulu:

30 auku à 0,5 kg = 15 kg
15 auku à 0,3 kg = 4,5 kg
Kokku 19,5 kg

c) Kapslite kulu 30 + 15 = 45 tk.

d) Süütenööri kulu 45 auku à 1,3 m = 60 m.

Ühe väljalõhutud kantmeetri mahu peale, mis välja teeb $20 \cdot 1{,}33 \cdot 0{,}88 = 23{,}4\ m^3$,

puurauke $\frac{73{,}5}{23{,}4} = 3{,}14$ m

lõhkeainet $\frac{19{,}5}{23{,}4} = 0{,}833$ kg

kapsleid $\frac{45}{23{,}4} = 2{,}0$ tk.

süütenööri umbes 2 m.

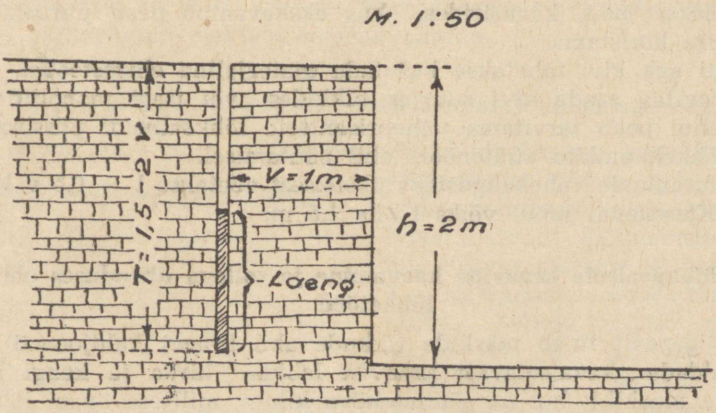
Jagades saadud arvud 2,3-ga (fosforiidi erikaaluga), saame lõhkeaine kulu 1 tonni toorfosforiidi tootmisel, nimelt:

puurauke	1,37 m
lõhkeainet	0,362 kg
kapsleid	0,9 tk.
süütenööri	0,9 m

III. Lahtised lõhketööd.

Lahtisi lõhketöid peab korraldama nii, et need toimuksid peaaegu alati vähemalt kahel vabapinnal; seega peaks töökohad olema astmelised.

Puuraugud paigutatakse võimalikult vertikaalselt ehk rööbiti vertikaalsele vabapinnale (vt. joonis 62). Laengu suurus (L) kg-des



Joonis 62. Lõhkumistöö karjääris.

arvestatakse välja tuntud valemi järgi $L = p \cdot r \cdot v^2$, kus koefitsient p iseloomustab lõhkeainet, nimelt:

lõhkeželatiinil	1,00
dünamiidil	1,35
ammoniidil	1,85
püssirohul	2

Koefitsient r iseloomustab manneraine suhtelist vastupanu ja on:

kvartsiidil	1
liiva- ja lubjakivil	0,5 —0,75
põlevkivil	0,4 —0,6
savikiltkivil	0,25—0,35
kivisöel	0,15

Koefitsient v on puuraugu etteanne (ee edasinihkumine). Käesoleval juhul (Eesti lubjapaed) võiks võtta:

$$p = 1{,}85$$
$$r = 0{,}5$$
$$v = 1 \text{ m}$$

siis oleks laengu suurus $L = 1{,}85 \cdot 0{,}5 \cdot 1 = 0{,}925$ kg. Seega täidaks laeng umbes poole puuraugu sügavusest $h = 2$ m (normaalselt peaks täitma ⅓ kuni ½ puuraugu sügavusest).

Puurauku ei tohi rajamisel lõpetada kahe kihi liituse kohal, vaid ülal- või allpool seda, sest lõhkegaasid leiaksid muidu kergema väljapääsu liituse kohal ega teeks kasulikku tööd. Lõhkeaine tuleb valida brisantne (lõhkeželatiin, dünamiit, ammoniit, lõhkehapnik), kui soovitav on mannerainet purustada väikesteks tükkideks, näit. karjäärides, kus ekskavaator peab purustatud kivi ära koristama.

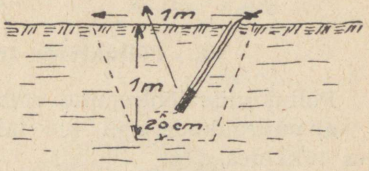
Kui aga kivi tahetakse kasutada materjalina ehitustöödel, siis on soovitav saada kivi suurtes tükkides või isegi monoliitides; sel juhul peab tarvitama vähebrisantseid lõhkeaineid: püssirohtu või lõhkehapnikku süütenööri abil süütamisel.

Puuraukude vahekaugusteks üksteisest võetakse $l = 0{,}5\ v$ kuni 2 v. Käesoleval juhul võiks l olla 1,5 m.

IV. Maapealsete kraavide kaevamine ja sellega ühenduses olevad lõhketööd.

Kõigepealt tuleb märkida tikkude abil kraavi kaldjooned ja kõrvaldada kavatsetavast kraavist labida, kirka ja kangi abil pehme maakiht; kui on jõutud kõva kihini, millesse enam labida ja kirka abil ei ole võimalik edukalt kraavi teha, siis tehakse

seda lõhketööde abil, süvendades kraavi põhja järk-järgult umbes 1 m võrra sügavamale, kuni projektitud sügavuseni; kui kraav on kõvas kihis umbes 1 m lai ja 1 m sügav, siis puuritakse ühte kraavi äärde puurauk umbes 45° all (vt. joonis 63), nii et augupõhi jääks umbes 20 sm kõrgemale kraavi põhjast. Puurauk oleks siis sügav umbes 1,20 m ja laengu suurus umbes 3—4 padrunit (0,3—0,4 kg) ammoniiti või mõnda teist tükkislõhkeainet. Kui maapind on väga niiske või tuleb lõhkuda isegi vees, siis peab lõhkeaine laeng (peale dünamiidi) olema veekindlalt isoleeritud ja samuti peavad ka süütenöör või elektrisütik olema veekindlad.



Joonis 63. Laengute paigutamine kraavi kaevamiseks.

Aukude kaugus üksteisest võib olla 0,7 kuni 1 m. Kui kraav peab olema laiem kui 1 m, siis puuritakse kaks rida auke, kusjuures teise rea augud asuvad eelmise rea aukude vahel.

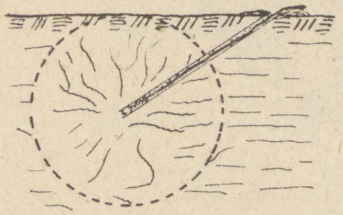
Kraavi äärde peab jäetama umbes 1 m laiused bermad, mis peavad vabad olema kraavist võetud prügist; kraavi seinad peavad pehmes manneraines olema kaevatud umbes 45° all, kõvemates ainetes see võib olla 60—75° all.

Kui kraavi põhja on vaja järk-järgult süvendada, siis toimub see astmeliselt, kusjuures astme kõrgus on 0,5—1 m; sel juhul rajatakse augud harilikult vertikaalselt kraavi põhjale.

Soovitav on mitu laengut korraga süüdata elektri abil, sest siis on laengute efektsus märksa suurem.

V. Kõvade maakihtide kobestamine lõhkeainete abil.

Kuna adra abil võib kobestada ainult õhukest maakihti, siis sügavamate kihtide kobestamine võiks sündida kõige otstarbekohasemalt ainult lõhkeainete abil, mis tõstaks märksa nii põlluvilja kui ka aiamaasaaduste väärtust ja hulka. Selleks võiks puurida augud 45° all (vt. joonis 64). Augu sügavus võiks olla umbes 80—100 sm ja auk august umbes 2 m kaugusel. Laengu suurus


Joonis 64. Laeng maa kobestamiseks.

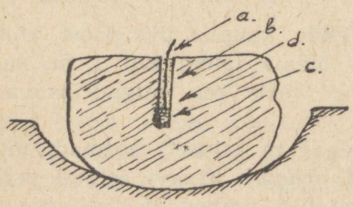
peab olema niisugune, et see ainult kobestab maa, ei paiska aga seda välja ega pööra seda ümber, seega peaks see olema umbes ⅓ puuraugu sügavusele vastavast normaallaengust, see on umbes 100—130 grammi tükkislõhkeainet (ammoniiti). Säärane laeng on võimeline kobestama maad kuni 2 m sügavuseni.

VI. Põllukivide (rändrahnude) lõhkumine.

Põllukivide lõhkumine võib toimuda kahel teel:

a) puuraukude abil, kui tahetakse saada häid ehituskive suurtes tükkides,

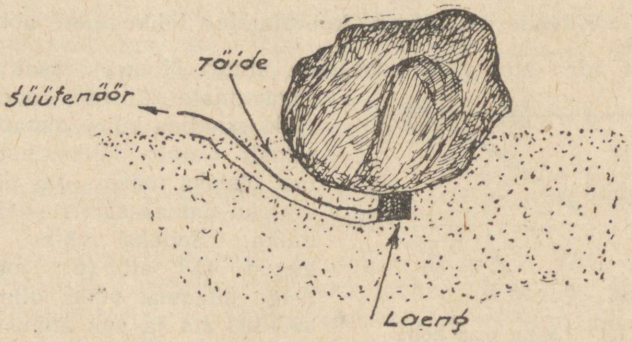
b) ilma puuraukudeta, siis puruneb kivi väga mitmesuguse kujuga tükkidesse ja osalt ka prügiks.



Joonis 65. Põllukivide lõhkumine puuraugu abil.

Kui tahetakse lõhkuda puuraukude abil (vt. joonis 65), siis tuleb kivi ümberringi lahti kaevata ja puurida temasse augud 1,5 sm läbimõõduga. Puuritud auk tuleb kivipurust puhastada ja kui ta on märg, kuivatada nartsude, lina või taku abil.

1 kantmeetri põllukivi lõhkumiseks kulub 100—150 g lõhkeainet (püssirohtu). Auk täidetakse umbes $^1/_3$ ta sügavusest lõhkeainega, ühendatakse süütenööriga ja topitakse tihedalt kinni — esimene topp paberist, teised topid aga savist. Kui tuleb korraga mitu auku süüdata, siis on seda parem teha elektri abil.

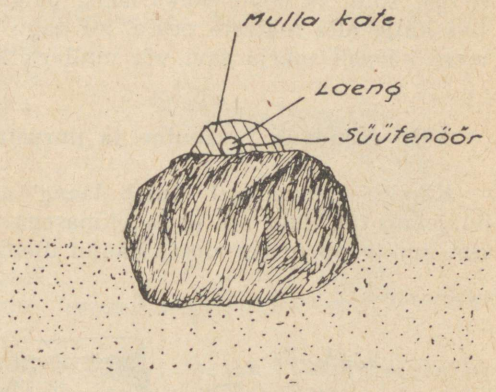


Joonis 66. Kivi lõhkumine laengu paigutamisel kivi alla.

Kivide lõhkumisel ilma puuraukudeta kulub lõhkeainet (brisantset) umbes 0,8—1,2 kg ühe kantmeetri kohta.

Kivi lõhkumine sel teel toimub neljal viisil:

a) Laengu paigutamisel kivi alla (vt. joonis 66). Kivi alla tehakse auk (urg) ja pannakse laeng kivi lameda keha alla, nii et nende vahele ei jääks mulda, ja topitakse tihedalt kogu tühi ruum niiske mullaga, või laengu alla pannakse enne toppimist veel üks lapergune kivi. Kuna kivi tükid lendavad kaugele, siis tuleb peale süütamist laengupoolses suunas eemalduda vähemalt 150 m kaugusele.

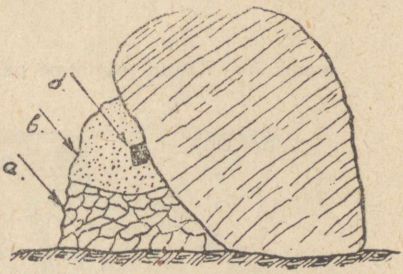


Joonis 67. Kivi lõhkumine laengu paigutamisel kivi peale.

b) Kui kivi on maa peal laperguse küljega, siis tuleb ta võimalikult rohkem välja kaevata, kivi pealt puhtaks pühkida, samblakord kõrvaldada ja laeng panna kivi peale lameduse või



Joonis 68. Kivi lõhkumine laengu paigutamisel kivi külje alla.



Joonis 69. Kivi lõhkumine laengu paigutamisel kivi külje alla mätastele.

lohu kohta; peale selle tuleb laeng vähemalt 15 sm paksuse märja savi- või mullakorraga katta ja siis süüdata (vt. joonis 67).

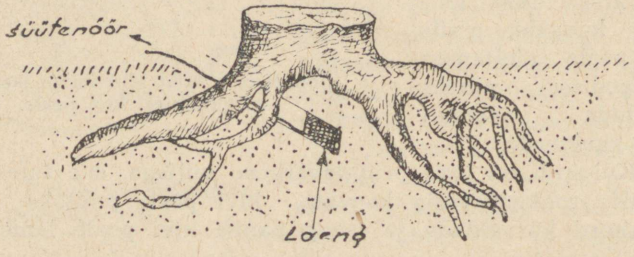
c) Kui kivi seisab terava otsaga maa sees ja maapealsel osal ei ole sündsat lamedat kohta laengu paigutamiseks, pannakse vii-

mane kivi külje alla; laeng litsutakse tihedalt vastu kivi ja topitakse savi ja mullaga kõvasti kinni, nii nagu see näha joonisest 68.

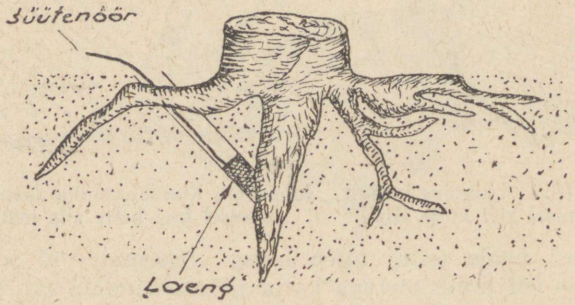
d) Kui kivi asub suuremalt osalt maa peal ja tal sündsat kohta ei ole, kuhu ta peale võiks laeng paigutada, siis asetatakse laeng kivi külje alla mätaste peale, nii nagu näha joonisest 69, ja topitakse kõvasti märja savi või mullaga kinni.

VII. Kändude juurimine ja purustamine lõhkeainete abil.

Kändude juurimisel tuleb laeng asetada kännu tüve alla (vt. joonis 70), kuid nii, et ta viimasega otsekohe kokku ei puutuks, sest muidu puruneks ainult kännu ülemine osa, kuna juured jääk-



Joonis 70. Kännu juurimine paigutades laengu kännu alla.



Joonis 71. Tugeva püstjuurega kännu juurimine paigutades laengu vastu püstjuurt.

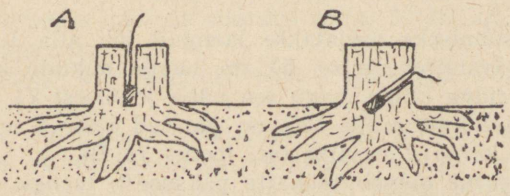
sid maa sisse. Kännu alla tehtud puurauku tuleb valada vett, et kuivas maas laengu ümbruskonda tihedamaks teha. Kui kännul on mõni tugev püstjuur (vt. joonis 71), siis tuleb laeng asetada selle juure ligi võimalikult sügavamale maa sisse, et see puruneks ja känd välja paiskuks.

Et hõlbustada juurimist lõhkeainetega, peaks suurtel kändudel juured maa peal kännust eraldama, neid kirvega lahti raiudes; kui ka see ei aita, siis tuleb mitu laengut kännu alla asetada ja neid korraga elektriga süüdata. Kändude juurimisel võetakse iga 10 sm kännu läbimõõdu kohta keskmiselt 100 grammi tükkislõhkeainet või 100 mm-line padrun lõhkehapnikku. Peale laengu süütamist tuleb eemalduda vähemalt 100 m kaugusele lagedasse kohta, et kaitsta end lendavate kännu tükkide eest.



Joonis 72. Juuritud kännu purustamine lõhkeainega.

Kännu purustamisel, kui see on juba maa seest milgi teel välja juuritud, puuritakse temasse 3—4 sm-lise puidupuuriga auk kännu kõige kõvemasse juurte hargnemise kohta, täidetakse vastavalt lõhkeainega, topitakse tihedalt saviga kinni (vt. joonis 72 ja 73 B)



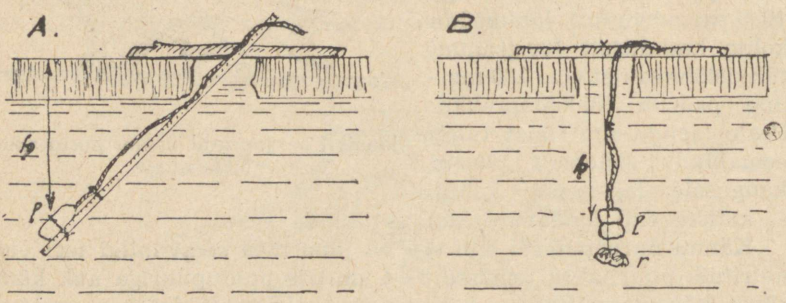
Joonis 73 A. Kännu purustamine laengu asetamisega tüve tsentrumisse.
Joonis 73 B. Samal teel kui känd vähe maa sees on.

ja lõhutakse süütamisel kas süütenööriga või elektrisütikuga. Augu võib kändu puurida ka tüve tsentrumisse perpendikulaarselt tüve pinnale (vt. joonis 73 A).

Lõhkeainet kulutatakse ligikaudu iga 3 sm tüve läbimõõdu peale 5—10 grammi. Kändude purustamine lõhkeainetega on kasulik, kui nende läbimõõt ületab 25 sm.

VIII. Jää purustamine lõhkeainetega.

Jää purustamine on tarvilik ummistuste vältimiseks jõe sängis kevadise jäämineku ajal ja tekkinud ummistuste kõrvaldamiseks. Selleks on vaja esimesel juhul sildade ja jõekäänakute juures osa jõe pinda lahti hoida kanali näol, mille pikkus peaks olema 40—80 m ja laius 20—30 m. Jää purustustööd tuleb teostada vastu vee voolu.



Joonis 74 A. Laengu asetamine jää alla ridva abil.
Joonis 74 B. Laengu riputamine jää alla nööri otsas.

Jää purustamiseks asetatakse laengud jää alla 1—2 m sügavusse, jäässe raiutud umbes 50 sm laiade aukude kaudu; laeng kinnitatakse ridva külge, nagu see näha joonisest 74 A, või riputatakse nööri külge, mille otsa on pandud raskus selleks, et jõe vool laengut kõrvale ei viiks (vt. joonis 74 B).

Laengu suurus oleneb jääkatte paksusest, laengu asendi sügavusest, lõhkeaine tugevusest jne.

Laeng loetakse kohaseks, kui jää plahvatamise korral ei paisku kõrgele üles, vaid vähe kerkib ja temasse tekib rohkesti pragusid; pärast seda tõmmatakse suuremad jäätükid kanali serva peale või juhitakse pärivoolu jää alla, hoolitsedes, et vool jällegi allpool ei ummistuks.

Laengu suuruse arvutamiseks võib kasutada tabelit (mag. chem. J. M. Pedaste „Lõhkeained ja nende kasutamine põllumajanduses" 1937, lk. 25).

Laengu suurus kilogrammides vastavalt laengu sügavusele (jää ülemisest pinnast).

Jää paksus sm \ Laengu sügavus	1 m	1,5 m	2 m
20—30	1—2	2—4	4— 8
30—40	1,5—3	2,5—5	4,5— 9
40—50	2—4	3—6	5—10
50—60	2,5—5	3,5—7	5,5—11

Augud, mis tekivad jäässe peale plahvatust, on 4—5 korda suuremad laengu asendi sügavusest. Kui laengut ei saa asetada jää alla, tuleb see asetada jää peale, millejuures lõhkeaine kulu oleks umbes kaks korda suurem.

Kui ummistust tekitavad silla sambad või toed, siis peab aegsasti jää nende ümbert ära lõhutama kas käsitsi või väikeste laengute abil, kusjuures laengu kaugus sammastest ja tugedest peab olema vähemalt 2 m, laengu suurus aga mitte suurem kui 1—2 kg. Lõhkeaine peab olema veekindlas pakendis ja samuti kogu laeng veekindel.

Kui tahetakse kõrvaldada juba tekkinud ummistust, siis tuleb kõigepealt avada (ka lõhketöödega) allapoole ummistust vaba vesi või kanal, mille laius peab olema vähemalt $^1/_5$ jõe laiusest ja pikkuseks vähemalt jõe laius.

Sellejärele hakatakse purustama ummistust 20—30 m laiuselt, liikudes tööga vastu voolu. Laengud paigutatakse 1—3 reas 2—3 meetri sügavusse jääpankade vahele. Laengute kauguseks üksteisest võetakse nende neljakordne sügavus. Tugevajõuliste lõhkeainete puhul peaks laengu suurus olema 5—20 kg, nõrgemajõuliste puhul aga suurem.

Jääummistuse kõrvaldamist peab teostatama võimalikult kiiresti.

Õnnetuste vältimiseks töölistega jääpurustustöödel peab töid tegema väga ettevaatlikult ja varustama nõuete kohaselt töölisi tarviliste tööriistade ja abinõudega, nagu köied, plangud, latid jne.

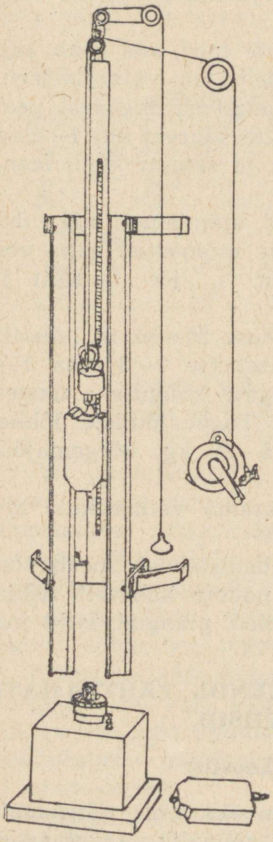
D. LÕHKEAINETE PROOVIMINE JA NENDE TÄHTSAMATE OMADUSTE MÄÄRAMISVIISID.

1. Lõhkeainete keemiline koostis.

Olgugi et lõhkeaine keemiline koostis on üks tema tähtsamaid omadusi, ei ole lõhkeaine vastuvõtmisel võimalik regulaarselt tema koostist proovida analüüsimise teel selle keerulisuse tõttu,

vaid teda tuleb enamasti võtta niisugusena, nagu ta valmistajate poolt on üldiselt teada antud iga väljasaadetud lõhkeaine kohta, mida nõuab ka vastav määrus. Kas saadetud lõhkeaine tegelikult vastab nendele omadustele, mida tema koostisest võiks järeldada, peavad selgitama kaudselt, juba tegelikud proovimised, mida lõhkeainete vastuvõtmisel ettenähtud määruste kohaselt tarviliseks peetakse (vaata Eesti NSV töö rahvakomissari juhend Lõhkeainete hoidmise ja tarvitamise kohta, peatükk III. Lõhkeainete vastuvõtmine ja proovimine ettevõtetes).

2. Lõhkeainete tundlikkuse määramine.

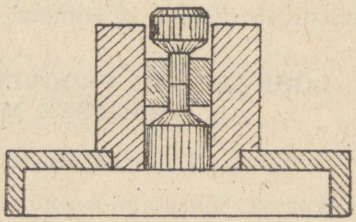


Joonis 75. Kast'i krana.

a) Lõhkeaine tundlikkuse määramine mehaanilisel mõjutusel.

See toimub harilikult löögi teel, kui lastakse teatav raskus teatavast kõrgusest vabalt kukkuda lõhkeaine peale, kusjuures pannakse tähele, kas lõhkeaine seejuures lõhkeb või mitte. Selliseks proovimiseks kasutatakse Kast'i seadet (vt. joonis 75, 76).

Terasest vabaltkukkuv haamer kaalub 2, 5 või 10 kg, kusjuures kukkumise kõrgus võib muutuda 1 kuni 200 sm-ni. Haamer kukub alasile, mis püsivalt monteeritud seadme alla. Alasi pind ja haamri põhi peavad olema tasased ja hästi lihvitud. Lõhkeainet võetakse proovimiseks 0,03 kuni 0,1 g ja pannakse inglisetinast lehekeste vahele. Et peale haamri allakukkumist see tagasi põrgates enam teistkordselt alasile ei kukuks, on olemas seadmes vastav püüdeseadis, mis vasarat ei luba tagasi kukkuda.



Joonis 76. Kast'i löökriista alus.

Igast kõrgusest tuleb teha vähemalt 6 haamri langetamist ja kui lõhkeaine plahvatab kas või ühel korral, siis seda kõrgust peetaksegi antud lõhkeaine tõuketundlikkuse määraks.

Haamri löögiefekt langemisel lõhkeainele alasil on proportsionaalne tööle, mida teeb haamer liikumisel lõhkeaine massis.

Sellel alusel võib siis ka haamri kukkumise kõrgust vähendada või suurendada, suurendades või vähendades vastavalt haamri raskust ning arvutada näiteks kukkumise kõrgused ühe ja sama haamrikaalu puhul.

Lõhkeaineid nende tundlikkuse kohaselt 2 kg-lise haamri kukkumisel teatavast kõrgusest rühmitatakse järgmiselt:

I klass. Väga plahvatusohtlikud lõhkeained.

Transportimine peab toimuma kõige suuremate ettevaatusabinõude tarvitamisel. Haamri kukkumise kõrgused kuni 7 sm-ni:

Näited:	Haamri kukkumise kõrgus
Paukuv elavhõbe	2 sm
Tina-asiid	3—4 „
Nitroglütseriin	4 „

II klass. Plahvatusoht on olemas.

Transportimine toimub eriettevaatusreeglite täitmisel raud-, vee- ja maanteedel. Haamri kukkumise kõrgus 8—25 sm.

Näited:	Haamri kukkumise kõrgus
Lõhkeželatiin, plastiline	12 sm
„ külmunud	12—15 „
Želatineeritud dünamiit, plastiline	17 „
Püroksiliin, kuiv	20 „

III klass. Plahvatusoht võimalik.

Transportimine tükk-kaubana lubatud.

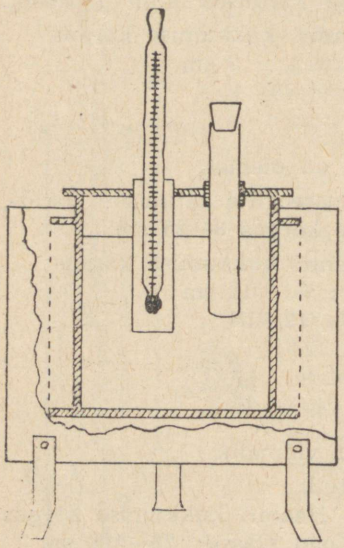
	Haamri kukkumise kõrgus Kogu klassil: 26—100 sm
Pentriit ehk „ten“: $C(CH_2ONO_2)_4$	20— 38 „
Pikriinhape C_6H_2 (OH) $(NO_2)_3$	35— 95 „
Tetrüül (tetranitrometüülaniliin) $C_7H_5I(NO_2)_4$	40— 65 „
Heksogen $C_3H_6N_3(NO_2)_3$	42— 45 „
Trotüül (tol) $C_6H_2(CH_3)(NO_2)_3$	60—180 „
Miinipüssirohi	80— 90 „
Püroksiliin 15% niiskusega	90— 95 „
Kolloodiumvill 15% niiskusega	95—100 „

IV klass. Mitteplahvatusohtlikud.

	Haamri kukkumise kõrgus Kogu klassil: 101—200 sm
Ammonsalpeetrilised lõhkeained	105—180 „
Dinitronaftaliin $C_{10}H_6(NO_2)_2$	170—180 „
Püroksiliin 20% niiskusega	üle 180 „
Kolloodiumvill üle 20% niiskusega	180 „

b. Lõhkeaine tundlikkus soojuse mõjutusel.

Tähtis on teada, missuguses temperatuuris lõhkeained iseenesest süttivad. Süttimisproov on tähtis eriti soojusele vähe vastupidavate nitrotsellulooside ja suitsuta püssirohtude puhul, sest madalad süttimistemperatuurid on eriti nende lõhkeainete algava iselagunemise tunnuseks. Nii peavad süttimistemperatuuride alammäärad nitrotselluloosidel olema vähemalt 180°, nitrotselluloospüssirohtudel 170°.



Joonis 77. Lõhkeaine süttimistemperatuuri määramisriist.

Lõhkeaine süttimistemperatuuri leidmiseks tarvitatakse vanni, milles soojendatakse parafiini (madalamate süttimistemperatuuride määramisel) või Wood'i sulatist, kui on tegemist kõrgemate süttimistemperatuuridega.

Wood'i sulatis koosneb:

2 osast inglistinast Sn,
4 „ seatinast Pb,
8 „ vismutist Bi,
2 „ kaadmiumist Cd.

Selle sulatise sulamistemperatuur on ligi 68°C.

Parafiinivannis määratakse püroksiliini, nitroglütseriini ja suitsuta püssirohtude süütetemperatuur.

Peale selle, kui parafiini või Wood'i sulatise temperatuur vannis on tõusnud 100°-ni, asetatakse sinna 2 katseklaasi ja termomeeter nende vahele. Katseklaaside alumised otsad ei tohi vanni põhja puutuda, vaid peavad umbes 0,3 nende pikkusest olema parafiini või Wood'i sulatise sees, kusjuures termomeetri alumine

ots peab olema katseklaaside põhja kõrgusel. Kui termomeeter näitab 100°C, puistatakse katseklaasidesse 0,1 grammi proovitavat lõhkeainet.

Edaspidine vanni soojendamine toimub niisuguse tempoga, et parafiini või Wood'i sulatise temperatuur vannis tõuseks iga 1 minuti järele täpselt 5°C võrra. Peale lõhkeaine süttimist igas katseklaasis üksikult märgitakse kohe nende süttimistemperatuur ja võetakse sel kombel saadud temperatuuriandmetest aritmeetiline keskmine. Nii on saadud järgmised süttimistemperatuurid:

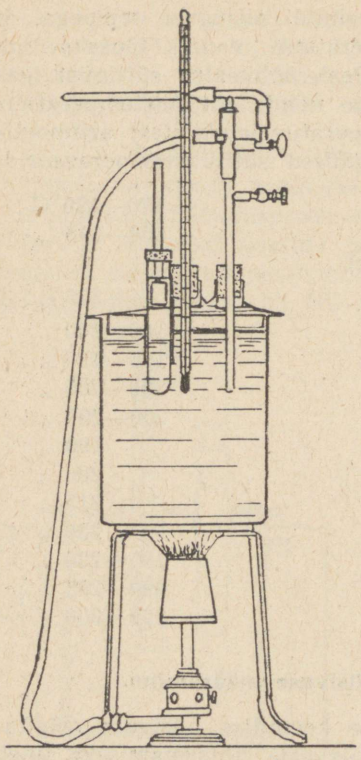
Paukuval elavhõbedal	170—180°C
Tina-asiidil	308—345 „
Tinatrinitroresortsinaadil (Teneres)	
$PbC_6HN_3O_8 . Pb(OH)_2$	276 „
Suitsuta püssirohul	180—200 „
Püroksiliinil	185—195 „
Kolloodiumvillal	200—205 „
Nitroglütseriinil	200—205 „
Želatineeritud dünamiidil (63%)	190 „
Lõhkeželatiinil	200 „
Ten'il (pentriidil)	215 „
Heksogen'il	230 „
Tetrüülil	195—220 „
Trotüülil	290—295 „
Pikriinhappel	290—300 „

3. Lõhkeaine keemilise püsivuse määramine.

Kuna analüütilisel teel lõhkeaine keemilise püsivuse selgitamine on väga keeruline toiming, siis asja lihtsustamiseks tuleb kasutada kvalitatiivseid meetodeid.

Kas lõhkeaine laos seistes keemiliselt püsiv on, võiks selgitada ainult selle mitmeaastaline laos olemine; kuna aga see tegelikult on võimatu, siis vähendatakse seda aega sel teel, et püsivus määratakse kõrgemates temperatuurides, kus lõhkeaine lagunemisprotsessid kiiremini ilmsiks tulla võivad, nagu lämmastikoksüüdide eraldumine lõhkeainest pruunide gaaside näol, kui lõhkeainet mõni aeg soojendada. Üks säärastest kvalitatiivmeetoditest on Inglismaal laialt tarvitatav järgmine Abel'i proov: plastiliste dünamiitide proovimisel lõigatakse luust noaga dünamiitpadruni küljest tükike dünamiiti 3,24 g suuruses, peenendatakse ja segatakse puust uhmris puust pulga abil 6,48 g talgiga, mis

hoolsalt läbi pestud ja kuivatatud 70 °C juures ja millega läbi tehtud eri eelkatsed; siis pannakse segu katseklaasi, pikkusega umbes 14 sm ja mahuga umbes 25 sm^3, mis seatakse veevanni, millel on temperatuur 75 °C. Vanni ehk termostaadi temperatuur võib kõikuda mitte rohkem kui 0,5% võrra, mispärast termostaat peab olema varustatud täpse termomeetri ja termoregulaatoriga. Katseklaasi lahtine ots suletakse korgiga, mida läbib klaaspulgake, mille otsas on plaatina- või klaashaagike; selle otsa riputatakse filtreerimispaberiribake 1 × 2 sm, mis on immutatud vees lahustatud tärklise ja joodkaaliumiga selleks ettenähtud reegli järgi; see paberiribake niisutatakse ülemises osas pooleni glütseriini lahuga vees (1:1). Kui nüüd ülalkirjeldatud katseklaasi, milles on vastavalt prepareeritud lõhkeaine ja mis suletud ülalnimetatud korgiga, vannis püsivalt soojendada 75 °C juures, siis võivad aja jooksul proovitavast lõhkeainest eralduda lämmastikoksüüdgaasid (NO_2), mis annavad ühendi joodkaaliumiga ja tärklisega immutatud paberiribakesega, kusjuures eraldub vaba jood, vastavalt järgmisele valemile:



Joonis 78. Abel'i proovi seadeldise skeem.

$$2\ KJ + NO_2 + H_2O = 2\ KOH + NO + J_2.$$

Vaba joodi mõjul tekib paberiribakese kuiva ja niisutatud osade piiril sinikas-pruun veer. Vastupidav dünamiit peab avaldama kirjeldatud tunnuse mitte enne 10 minutit.

Pulbrisarnaste dünamiitide proovimine Abel'i meetodi järgi toimub samuti, nagu eelpool kirjeldatud, kuid seda ei ole vaja segada talgiga.

Püroksiliini proovimine Abel'i menetluse järgi erineb järgmiselt: proovimiseks võetakse 1,3 g lõhkeainet ja katse toimub 65°C juures; proovitav lõhkeaine tehakse hästi peeneks, siis pestakse destilleeritud vees ja kuivatatakse kuni püsiva kaaluni. Vastupidav püroksiliin ei tohi enne 20 minutit avaldada lagunemistunnuseid samadel tingimustel, mis dünamiidi proovimiselgi.

Tärklise-joodkaalipaberi valmistamine lõhkeainete püsivuse tõestamiseks toimub järgmiselt: kolm grammi valget nisutärklist pestakse külma veega. Pestud tärklis lahustatakse 250 sm^3 puhtas vees ja segu keedetakse 10 minutit. Siis lahustatakse 1 g puhast joodkaalit, mis ei tohi sisaldada joodhapet, 250 sm^3 vees. Mõlemad lahud segatakse. Nüüd võetakse kõige paremat filtreerimise paberit ja kastetakse valmistatud sekku ning kuivatatakse siis pimedas, kuivas kohas. Katsel kastetakse ülemine osa paberit glütseriini ja vee (mida võetakse võrdselt) sekku. Sel viisil valmistatud paber ei tohi 15 minuti jooksul oma värvust muuta.

4. Lõhkeaine niiskuse ja lenduvate olluste määramine.

Niiskuse määramine on tarvilik kõige rohkem ammoniitidel, kui väga hügroskoopsetel lõhkeainetel.

Selleks võetakse 5% kogu lõhkeainete kastidest, igast kastist 1 padrun, milledest võetakse 100-grammiline keskmine proov. Keskmisest proovist võetakse 30 grammi lõhkeainet, mille niiskus tulebki määramisele, mis toimub järgmiselt: proovitav lõhkeaine (30 grammi) pannakse madalasse klaassilindrisse, läbimõõduga umbes 70 mm ja lihvitud kaanega; lõhkeaine kuivatamine toimub siis kuivatuskapis 60—65°C juures kuni püsiva kaaluni; peale selle pannakse silinder eksikaatorisse väävelhappega ja hoitakse seal ½ tundi; pärast seda silinder kaalutakse, kusjuures võrreldes kaalukadu algkaaluga saadakse niiskuse suurus grammides, mida väljendatakse %-des; 0,5% niiskus peetakse normaalseks, kuna üle 1,5% niiskuse korral peab ammoniiti kuivatama või hävitama vastavate määruste kohaselt.

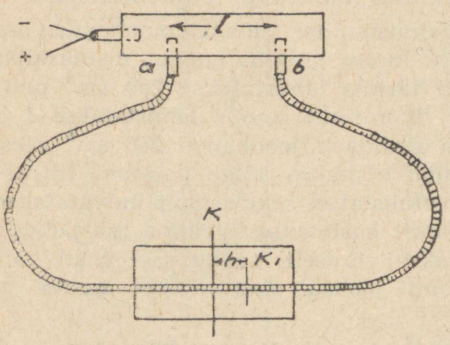
5. Lõhkeaine tiheduse ehk erikaalu määramine.

Seda tehakse harilikul teel nagu tahketel ainetel. Kaalutakse tükk lõhkeainet grammides K ja määratakse selle tükimaht sm^3-tes V, saadud andmete jagatis $d = \frac{K}{V}$ on lõhkeaine tihedus ehk erikaal.

6. Lõhkeaine detonatsiooni kiiruse määramine.

See määratakse harilikult Dautriche'i järgi, mis on küllaldase täpsusega, järgmiselt, vaata joonis 79.

Proovitav lõhkeaine võetakse pikerguse laenguna 0,3—0,4 m, mis pannakse metalltorusse, millesse on tehtud 2 augukest a ja b, mis teineteisest $l = 0{,}1—0{,}2$ m kaugel; aukudesse a ja b pannakse detoneeruva süütenööri otsad, mis on varustatud lõhkekapslitega; detoneeruva nööri pikkus A võetakse umbes 2 m. Nööri keskkoht asub 3 mm paksul tinaplaadil, mille laius ja pikkus on umbes 0,2—0,3 m; tinaplaat ise lamab tihedalt paksu metallplaadi peal. Nööri keskkoht tinaplaadil märgitakse joonega „K". Proovitav lõhkeaine viiakse lõhkemisele lõhkekapsli abil, mis omakorda süüdatakse elektrisütikuga. Lõhkeaine plahvatamisel süttib ka detoneeruv nöör enne a- ja pärast b-otsas ja kuna nööri detonatsiooni edasiandmine sünnib mõlemast nööriotsast vastupidises suunas, siis põrkavad need detonatsioonilained teineteisele vastu, mis jätab jälje tinalehele (muljutud kohana); selle koha kaugus h detoneeruva nööri keskkohast (joonest K, mõõdetakse meetrites) on joonisel 79 märgitud „K_1" joonega.



Joonis 79. Detonatsiooni kiiruse määramisviisi skeem Dautriche'i järgi.

Arusaadav, et detonatsiooni ajad detoneeruva nööri „a-" ja „b-" otstest nööri keskpaiga poole kuni detoneeruvate lainete kokkupuutumiseni peavad olema võrdsed; öeldut arvesse võttes ja tähistades nööri pikkust tähe A-ga, saame järgmised valemid:

detonatsiooni edasiandmise aeg pahemal pool nööri keskpaika kuni lainete kokkupuutumiseni $t_1 = \frac{0{,}5\,A + h}{V_1}$

vastav aeg paremal pool $t_2 = \frac{1}{V} + \frac{0{,}5\,A - h}{V_1}$,

kus V_1 = on detoneeruva nööri detonatsiooni kiirus, mis on teada,

V = on otsitava lõhkeaine detonatsiooni kiirus,

ehk kuna $t_1 = t_2$, siis $\frac{0{,}5\,A + h}{V_1} = \frac{1}{V} + \frac{0{,}5\,A - h}{V_1}$,

kust $V = \frac{V_1}{2\,h}$ m/sek.

Selle valemi abil saadud detonatsiooni kiirused on näha järgmisest tabelist. Lõhkeainete vastuvõtmisel ladudes tehakse ainult detonatsiooni edasiandmise katseid, mis tuleb nii korraldada, nagu see on ette nähtud vastavates lõhkeainete hoidmise ja tarvitamise juhendi III peatükis.

Lõhkeained	Tihedus	Detonatsiooni kiirus m/sek.
Heksogen	1,67	8460
Ten	1,62	8400
Tetrüül	1,63	7200
Pikriinhape	0,81	4670
„ tihendatud	1,30	4670
„ pressitud	1,69	7280
Trotüül	0,94	4700
„ tihendatud	1,40	6200
„ pressitud	1,55	7200
Püroksiliin, kuiv	1,30	6300
„ niiske	1,30	6800
Nitrog ütseriin	1,6	8242
Lõhkeželatiin 93%	1,63	7700
Želatiin-dünamiit 63%	1,58	6500
„ „ 40%	1,7	6200
Grisutiin 29%		4300
„ 11%		2600
Ammoniit nr. 1	1,05	3000
„ nr. 5	0,76	3700
Kloratiit nr. 1	1,57	5000
„ nr. 3	1,05	3300
Perkloratiit nr. 1	1,58	5100
Püssirohi	1,2	400
Paukuv elavhõbe	3,3	4490
Tina-asiid	3,8	4500

7. Lõhkeaine soojushulga määramine.

Lõhkeaine lõhkemisel vabakssaanud energiat nimetatakse üldiselt plahvatus- ehk lõhkeaine soojuseks, mida määratakse kas termokeemiliste seaduste alusel teoreetiliselt või praktiliselt kalorimeetri abil.

a. Lõhkeaine soojushulga määramine teoreetilisel teel.

Seda võib kätte saada maha arvates lõhkeaine kogu energiast enne lõhkemist lõhkeaine lagunemisproduktide energia hulk pärast plahvatamist, s. o. lõhkeaine osade kogu tekkimissoojusest tuleb maha arvata pärast plahvatamist lagunemisproduktide tekkimise soojuste summa.

Ühe aine tekkimissoojuse all mõistetakse seda soojushulka, mis on vaja, et seda ainet luua nendest elementidest, millest ta koosneb; seega on elementide enda tekkimissoojus null. Ainete tekkimissoojuste arvud võetakse seejuures vastavatest termokeemilistest tabelitest.

Nendest tabelitest on näha, et mõned ained on positiivse tekkimissoojusega, s. o. et selle aine moodustamisel algelementidest tekib ka teatav soojushulk; nii näiteks on 1 kg nitroglütseriinil $C_3H_5(ONO_2)_3$ tekkimise soojushulk +415 kkal ja ammonsalpeetril NH_4NO_3 +1110 kkal. Kuid on ka aineid, millede tekkimissoojuse hulk on negatiivne; need on ained, mis nende moodustamisel elementidest nõuavad soojuse juurde andmist, näiteks: 1 kg paukuval elavhõbedal $C_2N_2O_2Hg$ on tekkimissoojus —221,5 kkal ja 1 kg tina-asiidil $Pb(N_3)_2$ —364 kkal.

Kui aga tahetakse aineid taastada algelementideks, siis tuleb positiivse tekkimissoojusega ainetele lisada hulk soojust, mis võrdub nende tekkimissoojusele; negatiivse tekkimissoojusega ained aga lagunemisel algelementidesse annavad vastava hulga soojust tagasi, mis vaja oli lisada, et neid moodustada elementidest. Seega on negatiivse tekkimissoojusega aineid palju kergem plahvatama panna, mispärast neid ka tarvitatakse lõhkekapslite valmistamiseks.

Kui nüüd teada on lõhkeainete ja nende lagunemisproduktide keemiline koosseis peale plahvatust, kusjuures eeldame, et teatav lõhkeaine alguses laguneb täiesti algelementidesse, mis pärast omavahel moodustavad juba lõplikud lagunemisproduktid, — siis võib, arvesse võttes iga aine tekkimissoojust, välja arvata lõhkeaine soojusenergia või tema plahvatussoojuse hulga. (Vaata alljärgnev tabel lk. 129.)

Selgitame öeldut näiteks nitroglütseriini plahvatussoojuse arvutamisega. Nitroglütseriin laguneb valemi järgi:

$$32\ C_3H_5(ONO_2)_3 = 96\ CO_2 + 80\ H_2O + 6\ NO + 45\ N_2 + 5\ O_2$$

Toome siin mõned tähtsamad näited lõhkeainete ja nende lagunemisproduktide keemilisest koosseisust:

Jrk. nr.	Aine nimetus	Molekulaarkaal	Võrdmärgi taga on oletatavate lagunemisproduktide koosseis
1	Nitroglütseriin	227,1	$4\ C_3H_5(ONO_2)_3 = 12\ CO_2 + 10\ H_2O + 6\ N_2 + O_2$
2	Dinitrokloorhüdriin	200,5	$C_3H_5Cl(ONO_2)_2 = 3\ CO_2 + 2\ H_2O + N_2 + O_2 + HCl$
3	Püroksiliin	1143,3	$4\ C_{24}H_{29}O_9(ONO_2)_{11} = 96\ CO_2 + 58\ H_2O + 22\ N_2 - 41\ O_2$
4	Kolloodiumvill	1053,3	$4\ C_{24}H_{31}O_{11}(ONO_2)_9 = 96\ CO_2 + 62\ H_2O + 18\ N_2 - 51\ O_2$
5	Dinitroglükool	152,1	$C_2H_4(ONO_2)_2 = 2\ CO_2 + 2\ H_2O + N_2$
6	Trinitrotoluool (trotüül)	227,1	$4\ C_6H_2(CH_3)(NO_2)_3 = 28\ CO_2 + 10\ H_2O + 6\ N_2 - 21\ O_2$
7	Mononitronaftaliin	173,1	$4\ C_{10}H_7(NO_2) = 40\ CO_2 + 14\ H_2O + 2\ N_2 - 43\ O_2$
8	Dinitronaftaliin	218,1	$2\ C_{10}H_6(NO_2)_2 = 20\ CO_2 + 6\ H_2O + 2\ N_2 - 19\ O_2$
9	Trinitronaftaliin	263,1	$4\ C_{10}H_5(NO_2)_3 = 40\ CO_2 + 10\ H_2O + 6\ N_2 - 33\ O_2$
10	Pikriinhape	229,0	$4\ C_6H_2(OH)(NO_2)_3 = 24\ CO_2 + 6\ H_2O + 6\ N_2 - 13\ O_2$
11	Süsinik (nõgi, puusüsi)	12	$C = CO_2 - O_2$
12	Tselluloos	162,1	$C_6H_{10}O_5 = 6\ CO_2 + 5\ H_2O - 6\ O_2$
13	Antratseen	178,1	$2\ C_{14}H_{10} = 28\ CO_2 + 10\ H_2O - 33\ O_2$
14	Naftaliin	128,1	$C_{10}H_8 = 10\ CO_2 + 4\ H_2O - 12\ O_2$
15	Parafiin (vaseliin)	umbes 352,4	$C_{25}H_{52} = 25\ CO_2 + 26\ H_2O - 32\ O_2$
16	Glütseriin	92,1	$2\ C_3H_5(OH)_3 = 6\ CO_2 + 8\ H_2O - 7\ O_2$
17	Petrooleum	umbes 96,1	$C_7H_{12} = 7\ CO_2 + 6\ H_2O - 10\ O_2$
18	Kaalisalpeeter	101,1	$4\ KNO_3 = 2\ K_2O + 2\ N_2 + 5\ O_2$
19	Naatronsalpeeter	85,0	$4\ NaNO_3 = 2\ Na_2O + 2\ N_2 + 5\ O_2$
20	Ammonsalpeeter	80,05	$2\ NH_4NO_3 = 4\ H_2O + 2\ N_2 + O_2$
21	Kaaliumkloraat	122,6	$2\ KClO_3 = 2\ KCl + 3\ O_2$
22	Naatriumkloraat	106,5	$2\ NaClO_3 = 2\ NaCl + 3\ O_2$
23	Kaaliumperkloraat	138,6	$KClO_4 = KCl + 2\ O_2$
24	Naatriumperkloraat	122,5	$NaClO_4 = NaCl + 2\ O_2$
25	Ammoonperkloraat	117,5	$4\ NH_4ClO_4 = 6\ H_2O + 2\ N_2 + 5\ O_2 + 4\ HCl$
26	Naatriumbikarbonaat	84,0	$2\ NaHCO_3 = Na_2O + 2\ CO_2 + H_2O$
27	Ammoonsulfaat	132,2	$(NH_4)_2SO_4 = 4\ H_2O + N_2 - O_2 + SO_2$
28	Ammoonkloriid	53,5	$4\ NH_4Cl = 6\ H_2O + 2\ N_2 - 3\ O_2 + 4\ HCl$
29	Väävel	32,07	$S = SO_2 - O_2$
30	Alumiinium	26,97	$4\ Al = 2\ Al_2O_3 - 3\ O_2$
31	Kaltsiumsilitsiid	96,2	$2\ CaSi_2 = 2\ CaO + 4\ SiO_2 - O_2$

Kui arvesse võtame, et

CO_2	1 grammi molekuli tekkimise soojus on	94,3
H_2O	1 grammi molekuli tekkimise soojus on	57,84
NO	1 grammi molekuli tekkimise soojus on	—21,6
$C_3H_5(ONO_2)_3$	1 grammi molekuli tekkimise soojus on	+94,2,

siis saame nitroglütseriini lagunemisproduktide tekkimissoojuste summa järgmiselt:

CO_2	96 . 94,3	= 9053 kkal.
H_2O	80 . 57,84	= 4627 „
NO	6 · —21,6	= —130 „
		13550 kkal.,

millest tuleb nitroglütseriini tekkimissoojuse hulk:
32 . 94,2 = 3014 kkal. maha arvata, et leida nitroglütseriini 32 mol. plahvatussoojuse hulga $\frac{-3014}{10536}$ kkal.

Nitroglütseriini 1 molekuli plahvatussoojus on seega $\frac{10536}{32}$ = = 329,2 kkal; kuna nitroglütseriini molekulaarkaal on 227,1, siis 1 kg nitroglütseriinil on plahvatussoojus: $\frac{329{,}2 \cdot 1000}{227} \simeq$ 1450 kkal.

Analoogiliselt saab iga lõhkeaine kohta välja arvata tema plahvatussoojuse, kui on teada nende komponentide keemilised koosseisud, molekulaarkaalud ja nende tekkimissoojus; seesama peab teada olema ka lõhkeaine lagunemisproduktide kohta. Järgmine tabel illustreerib plahvatussoojust kkal-tes mitmete üldtunnustatud lõhkeaine kohta, arvestatud nii 1 kg kui ka 1 liitri kohta:

Jrk. nr.	Lõhkeaine nimetus	Plahvatus-soojus 1 kg kohta kkal-tes	Lõhkeaine tihedus	Plahvatus-soojus 1 liitri kohta kkal-tes
1	Püssirohi (komprimeeritud)	713	1,2	855
2	Lõhkeželatiin	1555	1,63	2540
3	Dünamiit 1	1329	1,53	2040
4	Ammoniit 1	964	1,1	1060
5	Kloratiit 3	1123	1,6	1800
6	Paukuv vesinik	3242	0,0005	1,62

Sellest tabelist on näha, et olgugi 1 kg paukuval vesinikgaasil väga kõrge plahvatussoojus, kuid seevastu on sama aine 1 liitril plahvatussoojus = 1,62 kkal. liiga väike, et seda kasutada võiks lõhketöödeks; sellega on ka seletatav, et lõhketöödel gaasid lõhkeainena kasutamist ei leia, kuna nende laadimistihedus oleks

väga väike. Et võimaldada plahvatussoojuse arvestusi mitmesuguste lõhkeainete jaoks, toon alljärgneva tabeli:

A. Lõhkeainete komponentide tekkimissoojused.

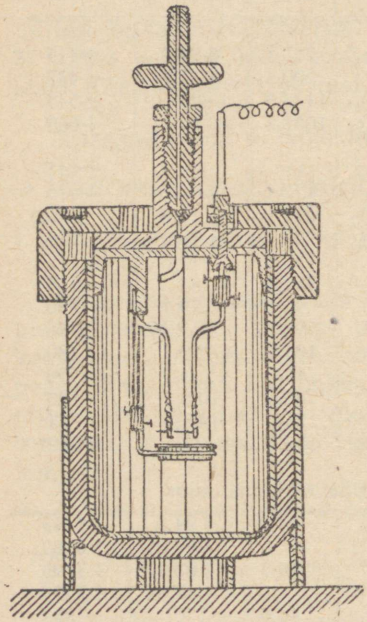
Jrk. nr.	Aine nimetus	Keemiline valem (koosseis)	Molekulaarkaal	Tekkimissoojus	
				1 g mol. jaoks kkal.	1 kg jaoks kkal.
1	Nitroglütseriin	$C_3H_5(ONO_2)_3$	227,1	+94,2	+415
2	Dinitroklorhüdriin	$C_3H_5Cl(ONO_2)_2$	200,5	+87,7	+437
3	Püroksiliin	$C_{24}H_{29}O_9(ONO_2)_{11}$	1143,3	+624	+545
4	Kolloodiumvill	$C_{24}H_{31}O_{11}(ONO_2)_9$	1053,3	+705	+669
5	Želat. nitroglütseriin	96,5% nitroglüt.+ 3,5% kollood. villa	—	—	+445
6	Dinitroglükool	$C_2H_4(ONO_2)_2$	152,1	+67,7	+445
7	Trinitrotoluool	$C_6H_2(CH_3)(NO_2)_3$	227,1	+16,0	+70,5
8	Pikriinhape	$C_6H_2(OH)(NO_2)_3$	229	+49,1	+214
9	Naftaliin	$C_{10}H_8$	128,1	−19,6	−153
10	Parafiin	$C_{25}H_{52}$	352,4	+183	+518
11	Glütseriin	$C_3H_5(OH)_3$	92,1	+159,1	+1730
12	Petrooleum	C_7H_{12}	96,1	+3,46	+36
13	Kaalisalpeeter	KNO_3	101,1	+119,5	+1180
14	Naatronsalpeeter	$NaNO_3$	85,0	+111,2	+1190
15	Ammonsalpeeter	NH_4NO_3	80,05	+88,1	+1100
16	Kaaliumkloraat	$KClO_3$	122,6	+95,9	+781
17	Kaaliumperkloraat	$KClO_4$	138,6	+113,5	+819

B. Lõhkeainete lagunemisproduktide tekkimissoojus.

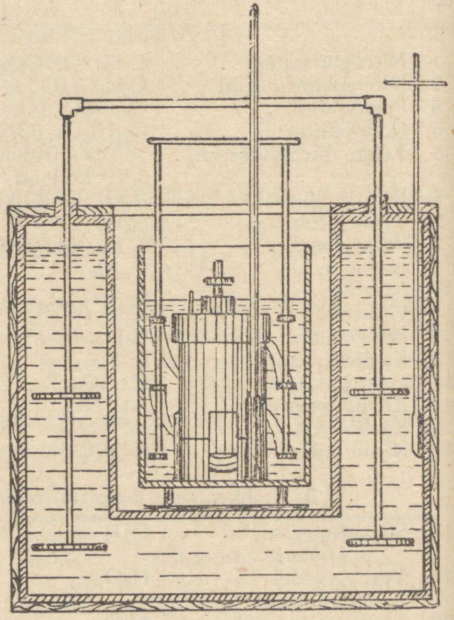
18	Söehape (gaas)	CO_2	44,0	+94,3	+2143
19	Vesi: jääna	H_2O	18,2	+69,95	+3882
	Vesi: vedel			+68,37	+3793
	Vesi: auruna			+57,84	+3209
20	Lämmastikoksüduul	N_2O	44,0	−150 vedel	−341 vedel
21	Lämmastikoksüüd (gaas)	NO	30	−17,7 gaas	−402 gaas
22	Vääveldioksüüd	SO_2	64,1	−21,6	−720
23	Väävelvesinik	H_2S	34,1	+70,9	+1105
24	Söeoksüüd	CO	28	+5	+147
25	Metaan	CH_4	16	+26,4	+943
26	Atsetüleen	C_2H_2	26	+18,11	+1131
27	Kaaliumkarbonaat	K_2CO_3	138,2	−54,8	−2107
28	Naatriumkarbonaat	Na_2CO_3	106	+281,1	+2033
29	Ammooniumkarbonaat	$(NH_4)_2CO_3$	96,1	+272,6	+2571
				+228	+2372

b. Lõhkeaine soojuse määramine katseliselt (kalorimeetris).

Peale teoreetilise arvutamisviisi on võimalik lõhkeaine soojushulka määrata ka katsega kalorimeetri abil, mis teostatakse järgmiselt (joonisel 80 ja 81). Teraspommis, mille maht on 300 sm^3 kuni 30 liitrini ja rohkem, lastakse plahvatada kuni 100 g lõhkeainet.



Joonis 80. Kalorimeetriline pomm.



Joonis 81. Kalorimeetriline pomm kalorimeetris.

Pomm on seestpoolt kaetud paksu plaatinakorraga ja teda võib ühendada toru kaudu väljapoole; toru läheb kahest pommi kaanest läbi ja tal on kraan, mille kaudu võib lõhkegaase torust välja lasta või neid pommis kinni hoida. Väljastpoolt on pomm nikeldatud. Läbi pommi kaane läheb 2 plaatinatraati, mille kaudu võib lõhkeaine elektrivoolu abil plahvatama panna. Seesmine kaas liigub vabalt pommi silindris, kuna väline kruvitakse hermeetiliselt ja tugevasti pommi alumise silindritaolise osa külge. Pomm ise paigutatakse vee-kalorimeetrisse. Peale lõhkeaine süü-

tamist tekib selle lagunemine ja sellega ühes ka lõhkesoojus, mis soojendab pommi ja sellega ühes ka ümbritsevat vett. Kui jälgida temperatuuri muutusi kalorimeetris, siis võib arvutada soojushulga, mille lõhkeaine tekitas peale plahvatamist pommis.

Et vee soojendamine toimuks kalorimeetris ühetaoliselt, peavad seal olema automaatsed veesegajad ja termomeetrid.

Lõhkesoojuse määra g võib arvutada järgmise valemi abil:

$$g = \frac{(t_2 - t_1)(P + W}{C};$$ kus t_2 on tegelik maksimaalne vee temperatuur peale plahvatamist; t_1 — tegelik vee temperatuur enne lõhkemist; P — vee kaal kalorimeetris; W — vee ekvivalents kalorimeetri metallosades ja C — katseks võetud lõhkeaine kaal.

Vee ekvivalentsiks kalorimeetri metallosades nimetatakse vee hulka, mis nõuab enda 1° võrra soojendamiseks sama suurt soojuse hulka, kui kõikide kalorimeetri osade soojendamine. Kalorimeetriline vee ekvivalents määratakse ühekordselt järgmiselt: pommis, mis on täidetud puhta hapnikuga teatava kõrgendatud rõhumise all, põletatakse üks osake naftaliini või teisi aineid, mille põlemissoojus on kindlasti teada; jälgides seejuures kalorimeetri metallosade tegelikku temperatuuri tõusu, arvutatakse vee ekvivalents järgmise võrrandi alusel:

$$q = \frac{\Delta t\,(P + W)}{C},$$ kust

$$W = \frac{qc - \Delta t \cdot P}{\Delta t},$$ kus q on teatava

aine (naftaliini) põlemissoojus, mis on teada, P — kalorimeetris oleva vee kaal, Δ t — temperatuuri tõus kalorimeetri metallosades, C — katseksvõetud põlevaine (naftaliini) kaal ja W — otsitav vee ekvivalents.

Temperatuuride mõõtmine jagub mitmesse (kolme) järku: I — enne lõhkeaine süütamist pommis 5 minuti jooksul, II — peale süütamist ka 5 minuti jooksul ja III — samuti 5 minuti jooksul, kui temperatuur hakkab langema. Temperatuurivaatlused järgnevad igakord peale ühe minuti möödumist. Soovitav on, et temperatuuride lugemine termomeetril toimuks 2—3 meetrit kaugemal kalorimeetrist pikksilma abil, kusjuures vaatleja ise asub kaitseseina taga, et pommi lõhkemise puhul mitte vigastatud saada. Termomeetril peab olema nii peen jaotus, et võiks temperatuuri määrata 0,01°C täpsusega.

Nii teoreetiliselt või katse teel määratud teatava lõhkeaine plahvatamissoojuse hulk või õigemini — lõhkeaine kogu energia hulk on kindlasti suurem, kui see tegelik soojushulk, mis peale plahvatamist on vabaks saanud ja mis kasutatakse lõhkumistööks plahvatusgaaside paisumise tõttu puuraugus; gaaside paisumine aga sünnib suure plahvatustemperatuuri tõttu. Põhjused, mis vähendavad lõhkeaine energiat või tekitatud plahvatussoojust, on järgmised:

α) üks osa lõhkeaine energiast või soojusest kulub detonatsioonilaine tekitamiseks ja edasikandmiseks ühes sellega kaasas käiva suure surveavaldusega;

β) kuna lõhkemise algmomendil lõhkeaine kõiki puuraugu läheduses olevaid õõnsusi harilikult ei ole täitnud, siis tekib gaaside paisumine selles ruumis lõhkeaine kasuliku energia arvel;

γ) peale detonatsiooni-laine tekitamist omavad lõhkegaasid suurt liikumiskiirust, mis võib tekitada suure kineetilise energia, kui laeng ei ole küllalt tihe ja augu seinad ei pane rõhumisele vastu. Kui aga puurauk on tihedalt laaditud ja puurauk laiali ei paisku, siis võib kineetiline energia muutuda nulliks ja siirduda soojusenergiaks.

Kõik need ülalnimetatud põhjused võivad lõhkeaine soojuse hulka vähendada. Seda soojuse vähenemist hinnatakse C. Beyling'i ja K. Drekopf'i järgi vähemalt 100 kkal. iga lõhkeaine kilogrammi kohta.

8. Lõhkeaine plahvatustemperatuuri leidmine.

Lõhkeaine plahvatustemperatuuri otsene leidmine on peaaegu võimatu mitte üksinda sellepärast, et on tegemist suurte temperatuuridega, millede otsene mõõtmine on väga raske, vaid peamiselt sellepärast, et plahvatustemperatuurid on väga muutlikud ja nende mõjuaeg liiga lühike, mille jooksul ei saa ühtegi otsest mõõtmist ette võtta.

Öeldut arvesse võttes on plahvatustemperatuuri võimalik leida ainult kaudsel teel, arvutuste abil. Selleks kasutatakse sidet plahvatussoojuse ja plahvatustemperatuuri vahel, mis väljendatakse valemis $Q = GC\,(t_2—t_1)$, kus Q on plahvatussoojus kkal., G — lõhkeaine kaal, C — aine erisoojus (soojushulk, mida vaja ainele lisada, et tõsta selle temperatuuri 1°C võrra), t_1 — aine algtemperatuur enne plahvatamist (keskmiselt umbes 20°C) ja t_2 — aine lõpptemperatuur otse peale plahvatamist, mille kõrgus on umbes 1500—4000°C, olenedes lõhkeainest. Kui on tegemist

mitmesuguste ainetega, siis tuleb arvestada iga üksiku aine soojusega eraldi üldise ühise temperatuuri juures. Nii saaksime valemi:

$$Q = G_1C_1 (t_2—t_1) + G_2C_2 (t_2—t_1) + ... + G_n C_n (t_2—t_1) =$$

$$= (G_1C_1 + G_2C_2 + ... + G_n C_n) (t_2—t_1) = \Sigma GC . (t_2—t_1).$$

Kuna t_1 (20°) on võrreldes t_2-ga väike, siis võib selle jätta tähele panemata ja võtta t_2 ehk lihtsalt plahvatustemperatuur $t = \frac{Q}{\Sigma GC}$.

Kuna lõhkeaine lagunemisproduktid on peamiselt gaasid, siis tuleb tähele panna, kas temperatuuri tõus toimub alalisel survel või alalisel mahul; kui temperatuuri tõus toimub alalisel survel, siis paisuvad gaasid selletõttu ja teevad plahvatussoojuse arvel mingisuguse töö; see plahvatussoojuse hulk, mis on tarvis gaasi temperatuuri tõstmiseks, peab alalise surve puhul olema suurem kui alalise mahu puhul, kuna viimasel juhul ei ole soojusel vaja lisatööd teha; kui märgime gaasi erisoojuse alalise surve puhul C_p ja alalise mahu puhul C_v, siis peab 1°C võrra gaasi temperatuuri tõstmiseks C_p suurem olema kui C_v ehk $C_p > C_v$; kuna lõhketöödel puurlaeng plahvatab alalisel mahul, siis on meil seejuures peaaegu alati tegemist gaaside erisoojusega alalisel mahul, s. o. C_v-ga.

Kuid gaaside erisoojus ei ole konstantne suurus, vaid suureneb üldiselt temperatuuri tõusuga, mispärast ka valemit $Q = GC_v (t_2—t_1)$ võib kasutada temperatuuride kõikumise kitsas piirkonnas. On leitud aga, et kui gaaside erisoojust C_v võtta mitmesuguste temperatuuride keskmise väärtusena, siis eeltoodud valemit võib täiel määral kasutada plahvatustemperatuuri arvutamiseks.

C_v keskmise väärtuse leidmine toimuks siis valemi abil: $C_v = a — \frac{b}{T}$, kus T on absoluutne (Kelvini) plahvatustemperatuur ($T = t°C + 273$), keskm. erisoojus märgitakse 1 kg lõhkeaine jaoks C_v ja 1 gramm-molekuli jaoks C_v Järgmises tabelis on toodud need eelmise valemi koefitsiendid a ja b, mille põhjal saab arvutada lõhkeaine plahvatustemperatuuri; toodud andmed põhjenevad Nernst'i ja Wohl'i katseliselt saadud arvudel; ainult veeauru kohta kõrgel temperatuuril on aluseks võetud Bjerrum'i andmed.

Jrk. nr.	Gaasi-nimetus	Valem	$\overline{C}_v = a - \frac{b}{T}$ moolile	Valemi ulatusala T kraadides	$\overline{C}v = a - \frac{b}{T}$ kilogrammile
1.	Söehape	CO_2	$\frac{12{,}75}{1000} - \frac{3{,}860}{T}$	üle 1200° abs	$0{,}29 - \frac{87{,}8}{T}$
2.	Vesi	H_2O a	$\frac{10{,}58}{1000} - \frac{4{,}980}{T}$	1600-2400° „	$0{,}586 - \frac{276}{T}$
		H_2O b	$\frac{17{,}00}{1000} - \frac{20{,}80}{T}$	üle 2400° „	$0{,}943 - \frac{1153}{T}$
3.	Lämmastik	N_2	$\frac{6{,}58}{1000} - \frac{1{,}372}{T}$	„ 1200° „	$0{,}234 - \frac{49{,}0}{T}$
4.	Hapnik	O_2	$\frac{6{,}78}{1000} - \frac{1{,}100}{T}$	„ 800° „	$0{,}212 - \frac{34{,}4}{T}$
5.	Söeoksüüd	CO	$\frac{6{,}90}{1000} - \frac{1{,}882}{T}$	„ 1200° „	$0{,}246 - \frac{67{,}7}{T}$
6.	Vesinik	H_2	$\frac{6{,}26}{1000} - \frac{1{,}73}{T}$	„ 1200° „	$3{,}11 - \frac{860}{T}$
7.	2-aatomilised gaasid	NO ja sarnased	$\frac{6{,}63}{1000} - \frac{1{,}521}{T}$	„ 1200° „	vastavalt molekulaar-kaalule
8.	4-aatomilised gaasid	NH_3 ja sarnased	$\frac{13{,}26}{1000} - \frac{3{,}042}{T}$	„ 1200° „	
9.	5-aatomilised gaasid	CH_4 ja sarnased	$\frac{16{,}58}{1000} - \frac{3{,}803}{T}$	„ 1200° „	

Mitmesuguste tahkete ainete keskmised molekulaar- ja erisoojused, mis harilikult võivad esineda plahvatuse järelgaasides:

Jrk. nr.	Ainete nimetus	Valem	$\overline{C}$ kkal./g-mol.	$\overline{C}$ kkal./kg
1.	Kaaliumsulfiid	K_2S	0,0192	0,174
2.	Kaaliumsulfaat	K_2SO_4	0,0448	0,257
3.	Kaaliumkarbonaat	K_2CO_3	0,0384	0,278
4.	Kaaliumkloriid	KCl	0,0128	0,172
5.	Naatriumsulfiid	Na_2S	0,0192	0,246
6.	Naatriumsulfaat	Na_2SO_4	0,0448	0,315
7.	Naatriumkarbonaat	Na_2CO_3	0,0384	0,362
8.	Naatriumkloriid	NaCl	0,0128	0,219
9.	Ammooniumkarbonaat . .	$(NH_4)_2CO_3$	0,0896	0,932

Viimane tabel on koostatud Dulong-Petit ja Kopp-Neumanni seaduse alusel, mille järgi keskmise molekulaarsoojuse leidmiseks tuleb võtta tahke aine iga valemiaatomi peale 0,0064 kkal. Selle oletuse põhjal oleks keedusoola (NaCl) keskmine molekulaarsoojus 2 . 0,0064 = 0,0128 kkal; kuna keedusool koosneb 2 aatomist ja ta molekulaarkaal on 58,46, siis oleks 1 g erisoojus $\frac{0{,}0128}{58{,}46} =$ = 0,000219 kkal ehk ühe keedusoola kilogrammi erisoojus 0,219 kkal.

Nagu ülalöeldust nähtub, ei ole tahkete ainete erisoojused mitte väga usaldusväärsed, kuna nende arvestus ei põhjene eriti täpsetel oletustel; paremate puudumisel tuleb neid aga siiski lõhkeainete plahvatustemperatuuride arvutamisel kasutada.

Näiteks arvutame nitroglütseriini plahvatustemperatuuri. Võtame arvesse juba varem (lk. 128) oletatud nitroglütseriini lagunemise, kus osa lämmastikku on lõhkeaine järelgaasides ühenduses hapnikuga, nimelt:

$$32\ C_3H_5(ONO_2)_3 = 96\ CO_2 + 80\ H_2O + 6\ NO + 45\ N_2 + 5\ O_2$$

Arvutame $G\bar{C}_v$ järgmiselt:

$\bar{C}_v$	(keskmine molekulaarsoojus) kkal molekulaarkaalul grammides	96 CO_2	molekuli jaoks:	$96\left(\frac{12{,}75}{1000} - \frac{3{,}860}{T}\right) =$	$= 1{,}225 - 370\ \frac{1}{T}$
$\bar{C}_v$	"	80 H_2O	" "	$80\left(\frac{17{,}00}{1000} - \frac{20{,}8}{T}\right) =$	$= 1{,}360 - 1664\ \frac{1}{T}$
$\bar{C}_v$	"	6 NO	" "	$6\left(\frac{6{,}63}{1000} - \frac{1{,}521}{T}\right) =$	$= 0{,}040 - 9\ \frac{1}{T}$
$\bar{C}_v$	"	45 N_2	" "	$45\left(\frac{6{,}58}{1000} - \frac{1{,}372}{T}\right) =$	$= 0{,}296 - 62\ \frac{1}{T}$
$\bar{C}_v$	"	5 O_2	" "	$5\left(\frac{6{,}78}{1000} - \frac{1{,}100}{T}\right) =$	$= 0{,}034 - 6\ \frac{1}{T}$
				$\Sigma\ G\bar{C}_v$	$= 2{,}955 - 2111\ \frac{1}{T}$

Eelpool oli ühe nitroglütseriini molekuli plahvatussoojus leitud 329,2 kkal. See soojus oli leitud oletusel, et plahvatusgaaside paisumine toimub püsival rõhumisel; kuna aga lõhkeainete lagunemisproduktide paisumine peale plahvatust toimub püsival mahul, siis peab plahvatussoojus olema suurem kui püsiva rõhu puhul, mispärast leitud nitroglütseriini plahvatussoojusele peab tegema vastava paranduse, nimelt: iga liitri gaasi kohta, mis tekib lõhkeaine lagunemisest, tuleb lisada plahvatussoojusele 0,0242 kkal; kuna Avogadro seaduse järgi iga gaasi gramm-molekul 20°C ja 760 mm kõrge elavhõbeda tulba rõhumisel hõivab 24,046-liitrilise ruumi, siis tuleks ühe gramm-molekuli lõhkesoojusele lisada 0,0242 . 24,046 = 0,582 kkal; kuid 32 nitroglütseriini molekuli lõhkemisel tekib järelgaasidena (96 + 80 + 6 + 45 +5) = 232 molekuli gaasi ehk 1 nitroglütseriini molekuli kohta $\frac{232}{32} = 7{,}25$ molekuli gaasi; seega tuleks eelpool arvutatud nitroglütseriini ühe molekuli lõhkesoojust suurendada 0,582 · 7,25 = 4,2 kkal võrra ehk 1 molekuli nitroglütseriini lõhkesoojus oleks siis 329,2 + 4,2 = 333,4 kkal.

Asendades valemis $t = \frac{Q}{\Sigma GC}$ t absoluut-temperatuuriga T, kuna kogu arvutus on tehtud absoluut-temperatuurides, saame $T \cdot \Sigma G \cdot C_v = Q$, kus Q on 32 molekuli nitroglütseriini plahvatussoojus ja võrdub = 32 . 333,4 = 10669 kkal; $\Sigma G \cdot C_v = 2{,}955 - 2111 \frac{1}{T}$ ehk asetades saadud andmed valemisse, saame lõplikult:

$$T\,(2{,}955 - 2111\,\tfrac{1}{T}) = 10669 \text{ ehk } T = 4320^\circ\text{abs};$$

lahutades 273°, saame lõplikult nitroglütseriini lõhketemperatuuri t = 4047°C. Niimoodi saadud nitroglütseriini lõhketemperatuur on suurem, kui see peaks olema (umbkaudu arvates 550°C võrra), mis on seletatav sellega, et mitte kõik nitroglütseriini energia ei muutunud soojusenergiaks, vaid osa sellest kulub detonatsiooni ja lõhkegaaside kiiruse sünnitamiseks.

Samuti võib arvutada plahvatustemperatuure ka lõhkeainetel, mille lagunemisproduktides ilmnevad tahked jäägid, nagu püssirohtudel või gaasis ja tolmus ohututel lõhkeainetel. Kuna aga nende soojendamine, sulamine ja keemine nõuab ka osa üldisest lõhkeaine energiast, siis tuleb eelmisel teel arvutatud lõhketemperatuure vähendada vastavalt selle võrra, kui palju on nõudnud nende kõvade jääkide vähemalt sulatamine energiat, mille võrra

vähenes järelgaaside soojendamise või temperatuuri tõstmise energia. Nii kulub kloornaatriumi 1 grammi sulatamiseks 0,124 kkal, mis tuleb maha arvata soojuse üldenergiast, kuna see ei mõjuta temperatuuri tõusu.

Lõhkeainete plahvatustemperatuurid on C. Beyling'i ja K. Drekopf'i järgi:

Jrk. nr.	Lõhkeaine nimetus	Plahvatustemperatuur C°
1.	Püssirohi	2320
2.	Lõhkeželatiin	4210
3.	Dünamiit 1	3600
4.	Ammonželatiin 1	2880
5.	Ammoniit 1	2460
6.	Kloratiit 3	3880
7.	Wetter-Nobeliit B	1670

Plahvatustemperatuuri saab arvutada ka erisurve valemi $f = \frac{P_0 V_0 T}{273}$ abil, mille tuletame allpool.

9. Lõhkeaine järelgaaside erimahu (V_0) suuruse leidmine.

Peale lõhkeaine plahvatamist laguneb lõhkeaine peamiselt gaasideks, osalt ka tahkeiks ja vedelaiks aineteks („lagunemisproduktid"); kuna lõhkeaine lagunemisel tekib ka soojus, mis tõstab lagunemisproduktide temperatuuri, siis järelgaasid paisuvad tugevasti, sünnitades suurt, enamail juhtudel purustavat survet ümbritsevale keskusele; mida rohkem järelgaase on lõhkeainel, seda tugevamalt ta lõhub; seepärast on väga tähtis teada järelgaaside mahtu lõhkemise momendil. Ühe kilogrammi lõhkeaine järelgaaside mahu 0°C 1 atmosfääri rõhumisel nimetatakse erimahuks (V_0). Lõhkeaine järelgaaside erimahtu võib määrata ka kahel teel:

a) lõhkeaine lagunemisreaktsioonide alusel,

b) katse teel — lõhkeaine järelgaaside mahu otsese mõõtmisega normaaltingimustel.

A. Lõhkeaine järelgaaside erimahu määramine arvutuse teel lagunemisreaktsioonide alusel.

Lõhkeaine lagunemisreaktsioon võib olla antud järgmise üldise valemi järgi:

$$m_1M_1 = n_1N_1 + n_2N_2 + n_3N_3 + \ldots\ldots\ldots$$

kus m_1 on lõhkeaine gramm-molekulide arv; M_1 — gramm-mole-

kuli kaal; n_1, n_2, n_3... lagunemisproduktide gramm-molekulide arv ja N_1, N_2, N_3... lagunemisproduktide gramm-molekulide kaalud.

Avogadro seaduse alusel on kõikide gaaside võrdsetes mahtudes võrdne arv gramm-molekule ja gaasi üks gramm-molekul 0° 760 mm Hg rõhumisel nõuab mahtu 22,42 l.

Öelduga arvestades on lõhkeaine ühe gramm-molekuli lagunemisel tekkiva gaaside segu erimaht 0°C ja 760 mm puhul:

$$V_{om} = \frac{22{,}42\ (n_1 + n_2 + n_3 + \ldots.)}{m_1} \text{ liitrit,}$$

ja ühe kg lõhkeaine lagunemisel:

$$V_{ok} = \frac{22{,}42\ (n_1 + n_2 + n_3 + \ldots) \cdot 1000}{m_1\ M_1} \text{ liitrit,}$$

kui on tegemist lõhkeaine seguga, siis:

$$V_{ok} = \frac{22{,}42\ (n_1 + n_2 + n_3 + \ldots.) \cdot 1000}{m_1\ M_1 + m_2 M_2 + m_3 M_3 + \ldots.} \text{ liitrit 0° ja 760 mm}$$

Hg tulba rõhumisel, kus m_1, m_2, m_3... on komponent-lõhkeainete gramm-molekulide arv ja M_1, M_2 jne. vastavad molekulkaalud grammides.

Kui tahetakse lõhkeaine erimaht 0° juures siirda näiteks 15°C ja 760 mm Hg tulba rõhumisele, siis toimub arvutus järgmise valemi järgi:

$$V_{15k} = V_{ok}\ (1 + \frac{15}{273}) = 1\,055\ V_{ok}$$

Vesi võetakse gaasina (auruna); kui mitte, siis tehakse vastav märge ja arvutatakse vastavalt. Kui lõhkeaine lagunemisvalem on teada, on ülaltoodud alusel kerge arvutada lõhkeaine järelgaaside erimaht 0° ja 760 mm puhul liitrites. Selleks olgu toodud mõned näited:

α) Nitroglütseriini järelgaaside erimahu arvutamine:

Kui ei oletata NO tekkimist, siis on nitroglütseriini lagunemine järgmine:

$4\ C_3H_5\ (ONO_2)_3 = 12\ CO_2 + 10\ H_2O + 6\ N_2 + O_2$, mille põhjal

$$V_{ok} = \frac{22{,}42\ (12 + 10 + 6 + 1) \cdot 1000}{4 \cdot 227{,}1} = \frac{650180}{908{,}1} = 716 \text{ liitrit.}$$

β) Ammonsalpeetri järelgaaside erimahu arvutamine.

Ammonsalpeetri lagunemine toimub järgmise valemi järgi:

$$2\ NH_4NO_3 = 4\ H_2O + 2\ N_2 + O_2$$

$$V_{ok}\ \frac{22{,}42\ (4 + 2 + 1)\ \ 1000}{2 \cdot 80{,}005} = 980 \text{ liitrit.}$$

γ) Määrata 1 kg ammoniidi järelgaaside erimaht, kui see sisaldab 17% trotüüli ja 83% ammonsalpeetrit, järgmise reaktsiooni valemi alusel:

$$CH_3C_6H_2(NO_2)_3 + 13{,}85\ NH_4NO_3 = 7\ CO_2 + 30{,}2\ H_2O + 15{,}35\ N_2 + 1{,}675\ O_2$$

$$V_{ok} = \frac{22{,}42\ (7 + 30{,}2 + 15{,}35 + 1{,}675) \cdot 1000}{227{,}1 + 13{,}8 \cdot 80{,}005} =$$

$$= \frac{22{,}42 \cdot 54{,}225 \cdot 1000}{1335} = 910{,}65 \text{ liitrit } 0^\circ \text{ ja } 760 \text{ mm juures.}$$

B. Lõhkeaine järelgaaside erimahu määramine katsete alusel.

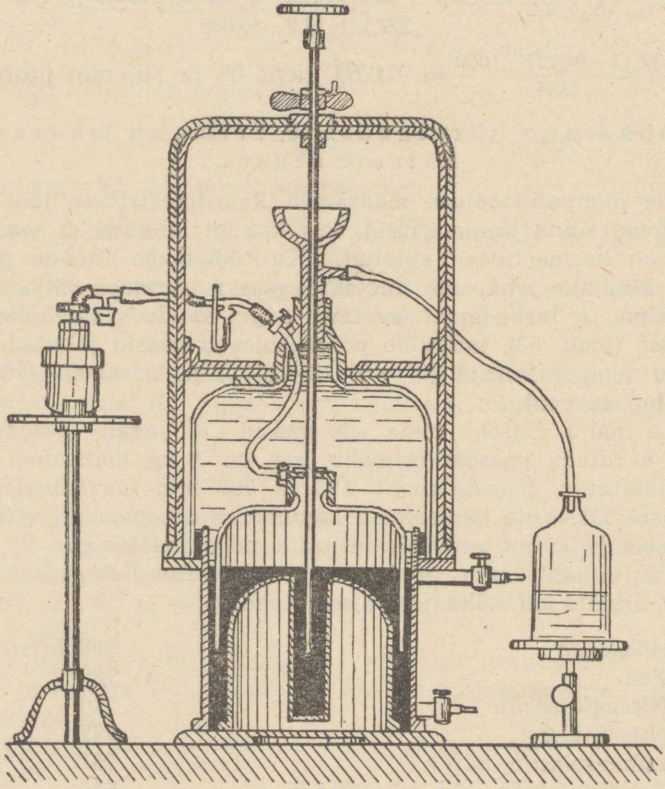
Peale plahvatussoojuse määramist kalorimeetrilises lõhkepommis jäävad sinna järele gaasid, mis kuhugi lahkuda ei saa, kuna pomm on hermeetiliselt suletud. Kui tahetakse nende gaaside mahtu kindlaks teha, siis imetakse gaasid pommist välja selleks ettenähtud ja tarbekorral avatava augu kaudu, elavhõbe-gasomeetrisse (joon. 82), kus võib pommisolevad gaasid jahutada kuni hariliku temperatuurini (0° või 15—20°C) ja normaal- (760 mm Hg tulba) surveni.

Selle mahu alusel, mida siis gaasid hõivavad gasomeetris, võibki arvutada gaaside erimahu, see on 1 kg lõhkeaine lõhkemisel tekitatud gaaside maht 0°C ja 760 mm elavhõbeda tulba rõhumisel. Üksikute lõhkeainete lagunemise komponente võib kvalitatiivselt ja kvantitatiivselt määrata mahuanalüüsiga.

Üksikute tähtsamate lõhkeainete plahvatus-järelgaaside erimahud liitrites on näha järgmisest tabelist:

Heksogen	908 liitrit
Ten	780 „
Nitroglütseriin	716 „
Nitroglükool	737 „
Lõhkeželatiin 93%	751 „
Želatineeritud dünamiit 63,5%	639 „
Grisutiin 29%	740 „
Grisutiin 12%	780 „
Püroksiliin 15% niiske segu	910 „
Kolloodiumvill	975 „
Trotüül	688 „
Pikriinhape	690 „
Tetrüül	750 „

Ammonsalpeeter	980 liitrit
Paukuv elavhõbe	310 „
Tina-asiid	310 „
Tina trinitroresortsinaat (TNRS)	470 „



Joonis 82. Elavhõbe-gasomeeter.

10. Lõhkesurve arvutamine.

Lõhkesurve väljendub plahvatusgaaside ja detonatsiooni surves; viimase mõõduks on detonantsi väärtus, mis arvutatakse Kast'i valemi alusel (vaata I üldosa, peatükk 6).

Plahvatusgaaside surve.

See on surve, mida tekitavad plahvatusgaasid oma rõhumise tõttu puurauku ümbritsevale massile; plahvatusgaaside surve avaldub seega rohkem tõukes, näiteks kahuris, kust mürsk gaasi survel välja tõugatakse. Gaasi survet saab arvutada, kui peale lõhkeruumi suuruse on veel teada gaaside hulk, mis seda täidab, ja gaaside temperatuur. Arvatavasti on lõhkeruum kohe peale lõhkemist seesama mis ennegi, s. o. ruum, mida hõivas tihedalt topitud laeng. Kuna laengu suurus on teada, siis peab teada olema ka gaaside hulk. Plahvatustemperatuuri võib ka arvutada, kui on teada plahvatussoojus ja plahvatusgaaside molekulaar- või erisoojus. Nende eeldustega võib leida gaasi surve, kui on teada seos gaaside surve, mahu, temperatuuri ja kaalu vahel. See seos väljendub Gay-Lussac'i ja Boyle-Mariotte'i seaduses, mille järgi:

(a) $PV = GRT$, kus P on gaasi surve $\frac{kg}{sm^2}$ ehk atmosfäärides, V — gaasi maht liitrites, T — absoluutne temperatuur = 273 + + t°C, G — gaasihulga kaal g-des, R on konstantne suurus, mida nimetatakse gaasikonstandiks.

Olgu nüüd G_0 kogu gaaside kaal, mis saadakse 1 kg lõhkeaine detoneerumisel; P_0 on 760 mm Hg tulba surve = 1,033 kg/sm², T_0 = temperatuur võrdne 20°C = 293 abs.; V_0 = gaasi erimaht liitrites, mis ülalnimetatud lõhkegaasid hõivaksid; selle mahu võib ka eeltoodud andmete alusel arvutada. Need suurused peavad omavahel ka seotud olema eelnimetatud seadusega, nii et ka nende kohta võib kirjutada:

(b) $P_0V_0 = G_0RT_0$; sellest on näha, et $R = \frac{P_0 V_0}{G_0 T_0}$ ja on seega arvutatav, kuna kõik suurused, millest ta sõltub, on teada.

Märgime G_1 = lõhke-järelgaaside kaalu, mis saadud G kg lõhkeainest, siis saame

$$PV = G_1 RT$$

jagame saadud valemi valemiga (b)

siis saame valemi $\frac{PV}{P_0V_0} = \frac{G_1}{G_0} \cdot \frac{T}{T_0}$; kuid $\frac{G_1}{G_0}$ suhe peab olema seesama, mis vastavate lõhkeainete kaalud, s. o. $\frac{G_1}{G_0} = \frac{G}{1} = G$; tehes selle asenduse eeltoodud valemis, saame: c) $P = \frac{T P_0 V_0}{T_0} \cdot \frac{G}{V}$; seega on leitud gaasisurve võrrand. Temas leiduvat valemit $\frac{T P_0 V_0}{T_0}$ nimetatakse vastavat

lõhkeainet iseloomustavaks erisurveks ja tähistatakse tähega f, nii et $P = f.\frac{G}{V}$. Olgu lõhkeaine kaal G = 1 kg ja V = 1 l, siis saame P = f; seega on f plahvatusgaaside surve, kui pannakse plahvatama 1 kg lõhkeainet ja plahvatusgaasidel on kohe peale plahvatust ruumi 1 liiter. f võib arvutada järgmise valemi järgi: $f = \frac{T.1{,}033\,V_0}{293} = 0{,}003525\ V_0\ (273 + t)$, kus t on plahvatustemperatuur Celsiuse kraadides.

Nii näiteks arvutame nitroglütseriini erisurve, kuna V_0 erimaht nitroglütseriinil on = 737 liitrit ja t plahvatustemperatuur nitroglütseriinil on = 4047°C, siis saame f = 0,003525 · 737 (273 + + 4047) = 11223 at.

Järgmises tabelis on toodud mõnede lõhkeainete erisurved atmosfäärides, mis on arvutatud eelnäidatud viisil:

Jrk. nr.	Lõhkeaine nimetus	Erisurve atmosfäärides
1.	Püssirohi	2540
2.	Lõhkeželatiin	12020
3.	Dünamiit 1	8910
4.	Ammoonželatiin 1	9170
5.	Ammoniit 1	9400
6.	Kloratiit 3	4980
7.	Wetter-Nobeliit	3690

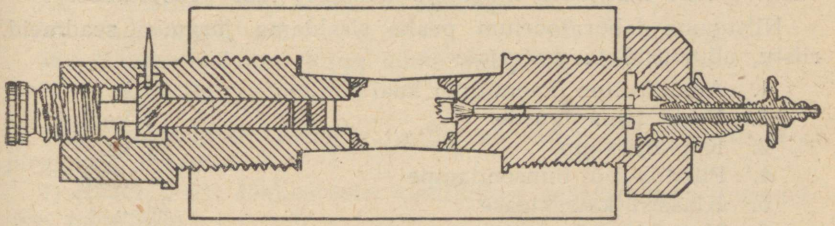
Kuid lõhkesurve arvutamine valemi $p = f\ \frac{C}{V}$ järgi ei ole lihtne ega ka täpne, põhjusel, mis on seletatud juba varemalt I üldosas p. 5 all, mille järgi $p = f\ \frac{\Delta}{1 - \alpha\Delta}$.

Lõhkesurvet katselisel teel võib määrata Sarrau' ja Vieille'i manomeetrilise pommi (joon. 83) abil järgmiselt.

Paksus terassilindris, mis on valmistatud mitmest erisorti terase kihtidest, on olemas silindriline auk silindri telje suunas, mille läbimõõt on umbes 35% silindri läbimõõdust.

Terassilindri otstesse on sisse kruvitud paksud tugevad teraskorgid, mille vahele pannakse lõhkeaine ja mis süüdatakse elektri abil plaatinatraadi hõõgumapaneku teel. Teises silindri otsas on

ka õõnes teraskork, mis on kruvitud hermeetiliselt ja kindlalt terassilindrisse. Selles õõnsas terasest korgis liigub hästilihvitud pulk, mille üks ots on ühenduses silindrilise õõnsusega, kuhu on paigutatud lõhkeaine, teine aga ulatub korgi õõnsusse, mille väline ots on tugevasti suletud teraskruviga. Liikuva pulga ja välise



Joonis 83. Sarrau' ja Vieille'i manomeetriline pomm.

korgi vahele pannakse vasksilinder, mida nimetatakse krõšeriks (Crusher); selle silindri pikkus on 13 mm ja läbimõõt 8 mm. Kui nüüd lõhkeaine süüdatakse, siis tekkiva plahvatuse mõjul surub teraspulk krõšeri kokku; kokkusurumise suuruse järgi arvutatakse surve suurus, võrreldes erikatsetega, ilma lõhkeaineteta määratud survesuurustega, mis krõšerit sama palju deformeerisid. Lähemalt Sarrau ja Vieille'i manomeetrilise pommi kohta vt. N. A. Sokolovi venekeelses raamatus „Lõhkeainete teoreetiline kursus" 1937. a., lk. 272—285.

Kui lõhkesurve määratakse katseliselt, siis on võimalik arvutada võrrandi $P = f \frac{\Delta}{-\alpha\Delta}$ abil f ja Δ, tehes 2 määramist, kuna on tegemist 2 tundmatuga f ja Δ.

Kui f on leitud, siis on võimalik arvutada ka lõhkeaine abs. plahvatustemperatuuri võrrandi $f = \frac{T\ P_i V_0}{T_0}$ abil, kust $T = \frac{f \cdot T_0}{P_0 V_0'}$ kuna T_0, P_0, V_0 on teatavate lõhkeainete kohta teada.

11. Muud lõhkeainete proovimised.

Kõik teised lõhkeainete ja süütamisvahendite proovimised, mida eelpool ei ole käsitatud, toimuvad „Lõhkeainete hoidmise ja tarvitamise juhendi" III peatüki alusel ja tarviduse korral Riikliku Mäetehnilise Inspektuuri poolt antud instruktsioonide ja ettekirjutuste kohaselt.

12. Lõhkeainete katselaboratooriumi hädavajaline sisustus.

Et enam-vähem selgust saada, missuguste lõhkeainetega varustatakse ettevõtte lõhkeaineladu, peab ettevõtte juures asuma lõhkeainete katselaboratoorium, kus lõhkeained enne nende lõplikku vastuvõtmist kehtivate määruste kohaselt läbi proovitakse.

Niisugune laboratoorium peaks sisaldama järgmisi seadmeid, riistu, abinõusid ja materjale:

1.	Analüütiline (keemiline) kaal	1 tk.
2.	Vihid tema juurde	1 kompl.
3.	Kuivatuskapp	1 tk.
4.	Piiritus- või bunsenilampe	2 „
5.	Klaasist katseklaase	20 „
6.	Katseklaaside statiiv	1 „
7.	Vask- või tsingitud veevann	1 „
8.	Portselankausikesi	5 „
9.	Klaaspulgakesi	500 g
10.	Korke mitmesuguseid	500 „
11.	Nuge korkide jaoks	1 kompl.
12.	Kummist korke	1 kg
13.	Joodtärklispaberit	1 pakk
14.	Kontrollpaberit	1 pakk
15.	Luust nuge	2 tk.
16.	Puust müüsri (uhmri)	1 „
17.	Keemiliselt puhast talki	1 kg
18.	Sekundimõõtja (stopper) süütenööri põlemiskiiruse mõõtmiseks	1 tk.
19.	Seade tinaplaatide läbilöömiseks	1 „
20.	Seade elektrisütikute sillakese kõlblikkuse proovimiseks	1 „
21.	Süüteaparaat elektrivooluga	1 „
22.	Oommeeter	1 „
23.	Lõhkemise prooviaparaat või galvanoskoop	1 „
24.	Takistuste magasin	1 „
25.	Eksikaator	1 „
26.	Väävelhapet	2 kg
27.	Klaasist madalaid silindreid lihvitud kaantega	5 tk.
28.	Termomeetreid jaotustega 0° kuni 100°C	2 „
29.	Tumedast klaasist purke joodtärklispaberikeste jaoks	2 „

30. Pinsette 1 tk.
31. Tarvisminev arv puust laudu, kaetud raudplekiga dünamiitide ja ammoniitide detoneerimiskatseteks
32. Torusid katuseplekist
33. Vorme tinasilindrite valamiseks
34. Seesama tinaplaatide valamiseks
35. Puhastatud tina 100 kg
36. Suurendusklaas (luup) lõhkekapslite ja elektrisütikute vaatamiseks 1 tk.

Peale nimetatud esemete peaks laboratooriumis olema veel järgmised seadmed:

1) Kast'i seade lõhkeainete tundlikkuse määramiseks mehaanilisel mõjutusel.
2) Hädavajalised reaktiivid keemilisteks analüüsideks.
3) Parafiini või Wood'i sulatisega vann lõhkeaine süttimise proovimiseks.
4) Termostaat Abel'i katseks.
5) Dautriche'i aparaat detonatsiooni kiiruse määramiseks.
6) Kalorimeeter lõhkeaine lõhkesoojuse määramiseks.
7) Elavhõbegasomeeter lõhkeaine erimahu määramiseks.
8) Aparatuur mahu analüüsimiseks.
9) Sarrau' ja Vieille'i pommiseade lõhkesurve määramiseks.

PUURAUKUDE (LÕHKEAUKUDE) PUURIMINE.

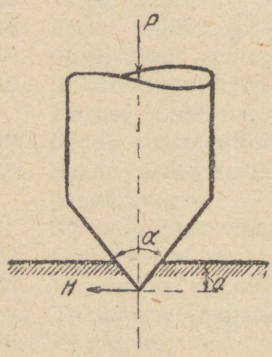
Dotsent L. Kaalman.

Puuraukudeks nimetatakse mannerainesse puuritavaid auke, mida laetakse lõhkeainega mannerainete purustamiseks ja üldmassist eraldamiseks.

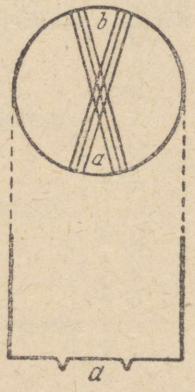
Puurauke võib puurida käsitsi ja masinatega igas vajalikus suunas (horisontaalselt, üles, alla jne.).

Tööviisilt puurimine jaguneb löök- ja keerdpuurimiseks.

Keerdpuurimisel tarvitatakse sellekohaseid keerdpuure, mis keereldes lõikavad oma teradega puuraugu põhjast manneraine tükikesi ja toovad neid keerdude abil august välja.



Joonis 84. Puuri tungimine mannerainesse. α — puuri teritusnurk.



Joonis 85. Murduvad sektorid *a* ja *b*.

Löökpuurimisel tarvitatakse terasvarbadest puure, mille üks ots teritatakse peitlikujuliselt, kuna teine jäetakse tömbiks. Löögist tömbile otsale tungib puuritera mannerainesse, sügavu-

selt a, purustades seda ja tekitades kraavikese (joon. 84). Siis pööratakse puuri mõnevõrra tema piki telje ümber ja antakse järgmine löök. Puuritera tungib endiselt mannerainesse, tekitades uue kraavikese, kuid ühtlasi puuri põskede surumisel murduvad ka kraavikeste vahelised sektorid (a) ja (b) (joon. 85).

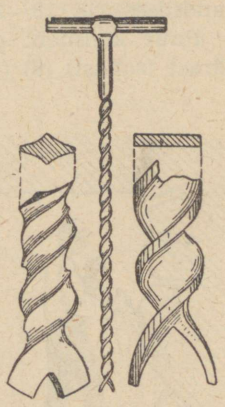
Kui korrata lööke ja puuri pööramist 180° võrra (peitlikujuline puur), siis sügavneb kogu puurauk puuritera ühe löögi mõjul mannerainesse tungimise („a" joonisel nr. 84) võrra.

Löökpuurimisel peab purustatud mannerainet (puurjahu) puuraugust ühel või teisel viisil kõrvaldama.

Käsitsi-puurimine.

Käsitsi-puurimist võib korraldada lihtsate tööriistade ja väikeste kulutustega, mispärast seda eelistatakse kohtades, kus puurimistööde hulk on väike ja kalliste masinate ning jõuallikate omandamine ei ole tasuv.

Käsitsi keerdpuurimist tarvitatakse eriliselt pehmete mannerainete puurimisel. Puuri keeramine toimub kas vända või pulga abil ja pealerõhumisel rinna või kätega. See puurimine sarnaneb kõigiti aukude puurimisega puusse (joon. 86 ja 87).



Joonis 86. Pulga abil pööratav käsikeerdpuur.

Käsitsi löökpuurimisel võib üht puurauku puurida üksi, kahekesi ja kolmekesi (joon. 88 ja 89).

Puurida võib kas kuivalt või veega (märg puurimine).

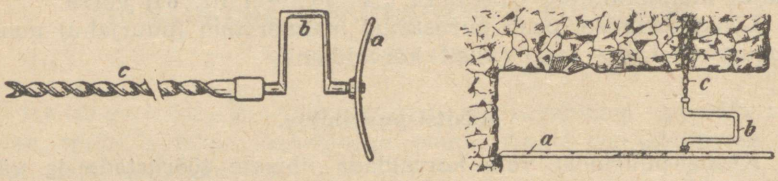
Veega (märg) puurimine seisneb selles, et puurimise ajal juhitakse puurauku vett. Selle puurimisviisi puhul väheneb hõõrdumine ja puurjahu segatult veega takistab vähem puuritera lööke. Vesi hoiab puuri kuumenemast ja kiirendab augu puurjahust puhastamist. Veega puurimist eelistatakse igal pool, kus see on võimalik.

Puuraugu sügavus ei ületa üksinda-puurimisel 1,5 m ja kahe- või kolmekesi-puurimisel 2,5 m.

Lahtistes kaevandustes puuritakse allapoole-juhitud puurauke mõnikord puurkangi (puurvarda) abil, mis on 2—4 m pikkune

mõlemast otsast teritatud puur. Puurija tõstab seda puurkangi kahe käega ja tõukab hooga augu põhja (joon. 90). Iga löögi järele pöörab ta kangi. Nii võib puurida kuni 4 m sügavusi puurauke.

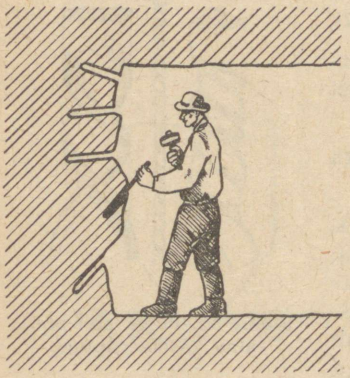
Käsitsi-puurimisel tarvitatakse järgmisi tööriistu: puuri, vasarat, puhastuslusikat ja erilisi tange katkiläinud puuritükkide august väljatõmbamiseks.



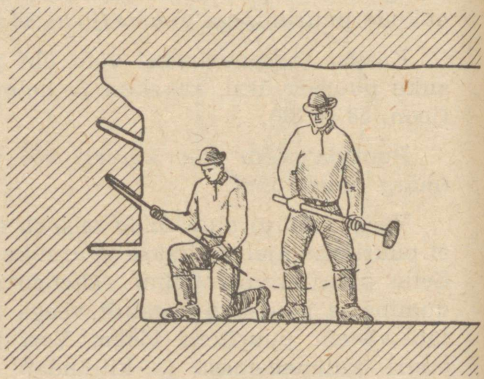
Joonis 87. Vända abil pööratav käsikeerdpuur.

Puur (joon. 91) valmistatakse ümmargusest, kuue- või kaheksakandilisest ja 18—25 mm jämedusest terasvarvast.

Puur koosneb: peast (1), põskedest (2), terast (3), varrest (5), pärast (sabast) (6) (joon. 91).



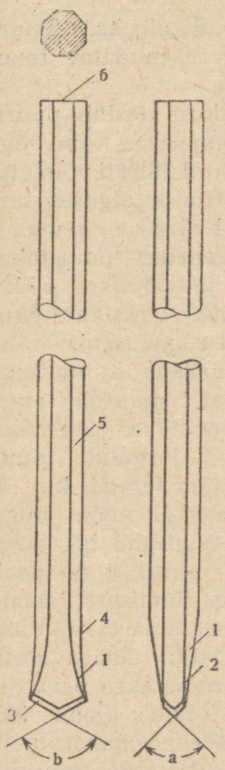
Joonis 88. Üksinda-puurimine.



Joonis 89. Kahekesi-puurimine.

Puuripeaks nimetatakse puuri eelmist osa, mille abil purustatakse mannerainet. Tömpi otsa, millele taotakse vasaraga, nimetatakse päraks ehk sabaks.

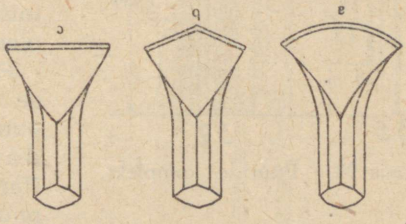
Puuripea võib olla mitmesugune. Käsitsipuurimisel tarvitatakse enamasti lihtsat peitlikujulist puuripead (joon. 91), mille tera (lõikeäär) võib olla sirg-, kaar- või nurkjooneline (joon. 92). Puurimisel eelistatakse kaht viimast, kuna sirgjoonelisel nurgad



Joonis 91. Puur käsitsipuurimiseks.



Joonis 90. Puurvardaga puurimine.



Joonis 92. Peitelpuuride lõikeääre kujud.

ruttu kuluvad ja murduvad. Nurkjoonelist tera tarvitatakse kõvemate mannerainete puurimisel. Selle nurga suurus on harilikult 140°.

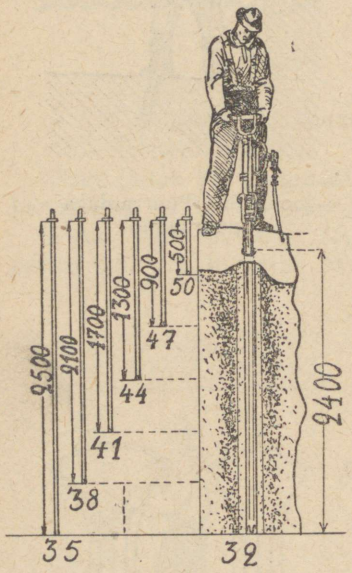
Puuritera laius peab olema varre diameetrist laiem vähemalt 7 mm. Vähema laiuse puhul muutub hõõrdumine puuri ja augu

seinte vahel liiga suureks. Harilikult on puuritera laius puurivarre diameetrist 1,3—2,5 korda suurem. Mida kõvem on puuritav manneraine, seda vähem on nende laiuse vahe.

Nurka puuripõskede vahel nimetatakse teritusnurgaks (joon. 84). Teritusnurk suureneb puuritava manneraine kõvadusega ja kõigub harilikult 60—120° vahel.

Töötamisel puuriterad kuluvad ja muutuvad nüriks. Puure tuleb vahetada seda sagedamini, mida kõvem on puuritav manneraine.

Alustada puurimist pika puuriga, mille pikkus võrdub puuritava augu sügavusega, on väga raske ja mõnikord täiesti võimatu. Seepärast puurimise alguses tarvitatakse lühikest puuri. Puuraugu süvenedes puuritakse keskmise ja lõpuks pika puuriga, mis võimaldab puurimist vajaliku sügavuseni.



Joonis 93. Puuride komplekt.

Puuritera nurkade kulumisega puurimise ajal muutub augu diameeter mõnevõrra vähemaks. Kui vahetusel järgmine puur võtta niisama laia teraga, kui oli eelmine, siis see ei mahu augu põhja. Sellest tingituna iga järgmise pikema puuri tera peab olema 2—3 mm eelmisest vähem.

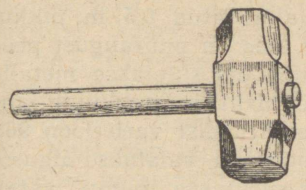
Puuride kogu, mida tarvitatakse augu vajaliku sügavuseni puurimiseks, nimetatakse puuride komplektiks (joon. 93). Haruldaselt kõvade mannerainete puurimisel tarvitatakse puuride komplekti, milles iga järgmine puur on eelmisest 300 mm võrra pikem. Keskmise kõvadusega mannerainetes see vahekord suureneb 400—500 mm ja pehmetes 500—750 mm.

Vasarat (joon. 94) tarvitatakse puuri tõmbile otsale löömiseks. Vasar on terasest; ta raskus ei või olla vähem kui puuril.

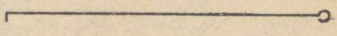
Ühekäe-vasarad (üksinda puurimisel) on 2—3 kg, kahekäevasarad (kahe- ja kolmekesi-puurimisel) 4—8 kg raskused.

Vasara põhjad (löögipinnad) on veidi kumerad, et löök puurile oleks tsentraalne.

Puhastuslusika (joon. 95) abil kõrvaldatakse puuraugust purustatud mannerainet — puurjahu ehk puurmuda (märjal puurimi-



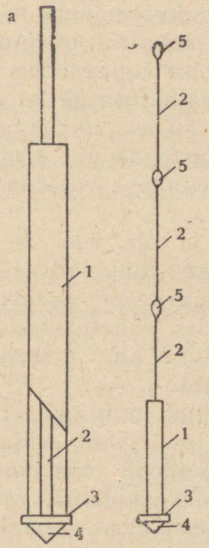
Joonis 94. Vasar käsitsi-puurimiseks.



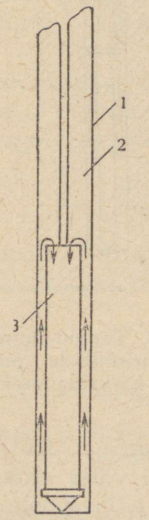
Joonis 95. Puhastuslusikas.

sel). Puhastuslusika pikkus peab võrduma kõige sügavama puurauguga; ta valmistatakse jämedast traadist, mille üks ots on laiaks löödud ja kõveraks painutatud, kuna teine on rõngasse keeratud, et töötamisel ei libiseks käest.

Kahe- ja kolmekesi-puurimine erineb eelkirjeldatust niipalju,



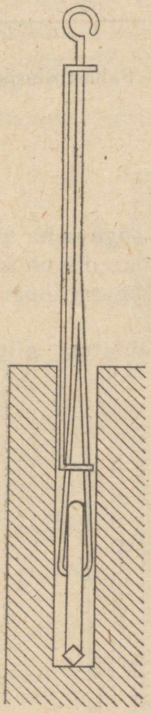
Joonis 96. Puuraugu puhastus-pump. 1 — silinder; 2 — varb; 4 — koonusekujuline põhi; 5 — varva lülide liikmed.



Joonis 97. Puuraugu puhastamine pumba abil. 1 — puurauk; 2 — veega segatud puurjahu; 3 — pump.

et puuri hoidmist ja pööramist toimetab üks tööline, kuna teised annavad kahekäe-vasaratega puuri pärale hoope.

Sügavate puuraukude puhastamiseks tarvitatakse erilist riista, mida nimetatakse „pumbaks". See on valmistatud 0,5 m pikkusest metalltorust, mis on puuraugust peenem. Toru alumine ots suletakse metallpõhjaga ja ülemise lahtise otsa külge kinnitatakse tugevast traadist varb (joon. 96). Puuraugu puhastamisel valatakse alguses auku vett ja siis surutakse „pump" varva abil augu põhja, surudes vee ja puurjahu segu ülespoole, mis üle ääre valgudes satub „pumbasse" ja sellega ühes tõmmatakse august välja (joon. 97).



Joonis 98. Tangid murdunud puuritükkide puurauguist kõrvaldamiseks.

Kõvade mannerainete puurimisel juhtub sagedasti puuri murdumisi. Puuritükkide väljatoomiseks tarvitatakse erilisi tange (joon. 98).

Käsitsipuurimist toimetatakse järgmiselt. Puurija valib puuraugu koha ja suuna ning tasandab selle koha nii, et puuritera ei libise ära puurimise alguses. Siis võtab ta lühikese puuri vasakusse kätte, asetab tera valitud kohale nii, et puuritava augu ja puuri telg moodustavad ühe sirgjoone, ja lööb paremas käes oleva vasaraga puuri pärale.

Seni kui puur ei ole veel 2—3 sm võrra mannerainesse tunginud, lüüakse tasemini; pärast puuritakse normaalselt. Puuraugu sügavnedes vahetatakse kordkorralt pikemaid puure kuni nõutava sügavuse saavutamiseni.

Puurimisel koguneb puurauku purustatud mannerainet (puurjahu), mida peab kõrvaldama. Kui puurauk on suunatud ülespoole, siis puurjahu pudeneb välja oma raskuse mõjul. Allapoole suunatud, rõhtsaid ja v ä h e ülespoole suunatud puurauke puhastatakse varemkirjeldatud puhastuslusika ja „pumba" abil.

Käsitsi-puurimine nõuab suurt jõukulu ja on madala tööviljakusega, mispärast sellest tuleb loobuda igal pool, kus see võimalik, ja asendada puurimisega masinate abil mehaanilisel jõul.

Masinatega puurimine.

Mehhanisme, millega toimetatakse puuraukude puurimist, nimetatakse perforaatoriteks. Oma tööviisilt jagunevad perforaatorid keerd- ja löökpuurivaiks. Perforaatoreid käitatakse inim-, elektrijõul ja suruõhuga.

Inimjõul töötavad löökperforaatorid ei ole leidnud laiemat tarvitamist. Kasutamisel on ainult keerdpuurijad-käsiperforaatorid. Neid võib tarvitada võrdlemisi pehmetes mannerainetes, nagu kivisüsi ja savikiltkivi. Ka nendegi mannerainete puurimisel on inimjõul töötavate perforaatorite tööviljakus üpris madal.

Mehaanilist keerdpuurimist tarvitati kuni viimase ajani mannerainetes kõvadusega kuni f = 2 Protodjakonovi kõvadustabeli järgi (tabel nr. 1), kuna kõvemate mannerainete puurimist toimetati löökpuurmasinate abil. Kõvade sulatiste tarvituselevõtmine võimaldab keerdpuurimist ka kõvemate mannerainete puurimisel.

Löök-elektriperforaatorid ei ole seni veel laiemat tarvitamist leidnud nende keeruka konstruktsiooni ja kalliduse tõttu. Ka sagedased rikked alandavad nende masinate väärtust. Viimasel ajal on leiutatud uusi konstruktsioone, mis katsetel on näidanud häid tulemusi. Viimistletult võivad nad tulla tarvitusele mäetööstuses.

Keerd-elektriperforaatorid on laialdaselt tarvitusel eelmainitud kõvadusega mannerainete puurimisel, kust nad on peaaegu igal pool välja tõrjunud löökpuurmasinad oma kõrge tööviljakuse ja vähese elektrienergia tarvitamisega.

Tabel nr. 1.

M. M. Protodjakonovi mannerainete kõvaduste võrdlustabel.

Manneraine kategooria kõvaduse järgi	Mannerainete kõvaduste kraad (aste)	Mannerained	f
I	Kõige suurema kõvadusega mannerained	Kõige kõvemad, tihedamad ja visamad kvartsiidid ja basaldid. Muud kõige kõvemad mannerained	20
II	Väga kõvad mannerained	Väga kõvad graniitmannerained. Kvartsporfiir, väga kõva graniit, ränikiltkivi, vähema kõvadusega kui eelmainitud kvartsiidid. Kõige kõvemad liivakivid ja lubjakivid.	15

III	Kõvad mannerained	Tihe graniit ja graniitmannerained. Väga kõvad liivakivid ja lubjakivid. Räni ja maagi sooned. Kõva konglomeraat. Väga kõvad rauamaagid .	10
IIIa	„	Kõvad lubjakivid. Mittekõva graniit. Kõvad liivakivid. Kõva marmor, dolomiit, püriidid	8
IV	Üsna kõvad mannerained	Harilik liivakivi. Rauamaagid . . .	6
IVa	„	Liivasegu kiltkivid. Kiltliivakivid . .	5
V	Keskmised mannerained	Kõva savine kiltkivi. Mittekõva liivakivi ja lubjakivi, pehme konglomeraat	4
Va	„	Mitmesugused mittekõvad kiltkivid. Tihe mergel	3
VI	Üsna pehmed mannerained	Pehme kiltkivi, väga pehme lubjakivi, kriit, kivisool, kips. Külmunud maapind, antratsiit-kivisüsi. Mergel, harilik. Purunenud liivakivi, tsementeerunud kruus ja killustik, kivine maapind	2
VIa	„	Killustikune maapind. Purunenud kiltkivi. Lamanud kruus ja killustik, kõva kivisüsi, kõvanenud savi	1,5
VII	Pehmed mannerained	Savi (plink). Pehme kivisüsi. Kõva maapind. Savine maapind	1,0
VIIa	„	Kerge liivane savi, lõss, kruus	0,8
VIII	Muldsed mannerained	Muld. Turvas. Kerge savikas liiv. Märg liiv	0,6
IX	Pudedad mannerained	Liiv, peenike kruus, pude muld, toodetud kivisüsi	0,5
X	Vesiliivsed mannerained	Vesiliiv. Soomuda. Vedel lõss ja teised vedeldatud maapinna mannerained .	0,3

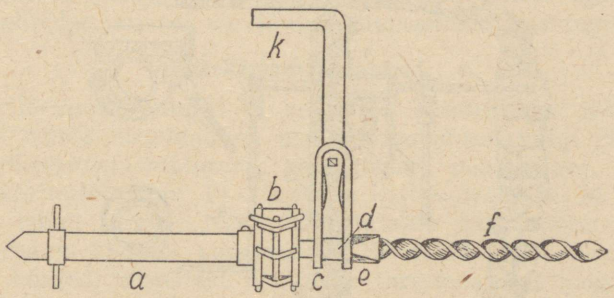
Suruõhu- (pneumaatilised) löökperforaatorid on kõikjal tarvitusel kõvade mannerainete puurimisel. Suruõhu-puurmasinate lihtne ehitus ja kõrge tööviljakus tõstab neid eelistatud seisukohta.

Suruõhu-keerdperforaatoreid ei ole laialdaselt tarvitusel, sest nad ei tööta paremini kui elektrikeerdperforaatorid, kuna suruõhk, mida nad tarvitavad, on märksa kallim kui elektrienergia.

Perforaatoreid valmistatakse arenenud mäetööstuslikes maades paljudes tehastes, kuid konstruktiivselt on neil palju sarnasust. Allpool kirjeldame nende tüüpilisi esindajaid, mis on laiemalt tarvitusel.

Käsimasinatega puurimine.

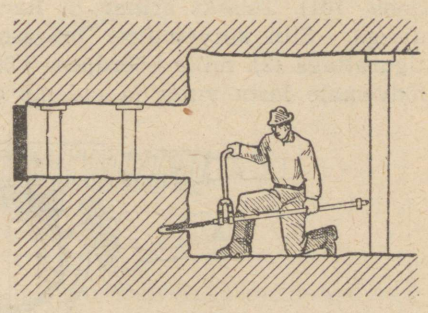
Võrreldes käsitsipuurimisega on käsiperforaatoritega puurimine pehmetes mannerainetes viljakam, kuna puuraugud võivad olla jämedamad ja sügavamad. Nende puuduseks on asjaolu, et alati ei ole võimalik kõige kasulikumalt puurauke asetada ja suunata.



Joonis 99. Racett'i perforaator.

Inimjõul töötavatest käsiperforaatoritest on enam tarvitust leidnud Racett'i ja Elliot'i perforaatorid.

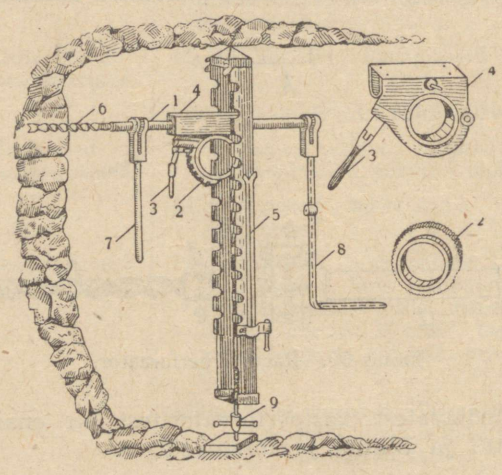
Racett'i perforaator (joon. 99) koosneb torust (a), mille ühte otsa on paigutatud kahest poolest koosnev mutter (b). Seda mutrit läbib pikk kruvi (c), mille otsas on puuripesa (e). Viimasesse asetatakse puur. Kruvi (c) keeratakse käepideme (k) abil, mis on ühendatud kärisrattaga (d). Kärisratas võimaldab kruvi (c) ja ühtlasi ka puuri (f) ühepoolset pööramist. Puurimisel kõigutatakse käepidet (k) edasitagasi, mis paneb kruvi (c) ja puuri (f) pöörlema. Ühteaegu väljub kruvi (c) mutrist (b) ja surub puuripea tugevasti puuraugu põhja. Kui kruvi (c) on kogu oma pikkuses torust (a) välja kruvitud, vabastatakse mutri (b) pooled teineteisest, kruvi (c) surutakse tagasi torusse (a), mutri pooled



Joon. 100. Racett'i perforaator tööasendis.

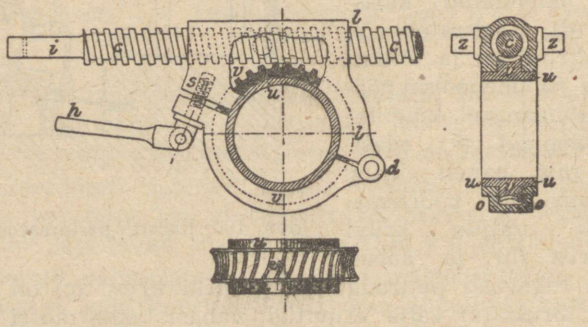
ühendatakse uuesti ja puurimist jätkatakse uue, pikema puuriga. Puurimisel toetatakse Racett'i perforaator eesse selleks asetatud toe vastu (joon. 100). Kirjeldatud perforaator kaalub 16 kg.

Elliot'i perforaator on varustatud erilise kokkukäiva toega, mille abil võib masinat kinnitada erineva kõrgusega etesse



Joonis 101. Elliot'i perforaator tööasendis.

(joon. 101). Teiseks erineb ta Racett'i perforaatorist surveseadeldisega. Siin survemutter on asendatud rõngakujulise pronksist tigurattaga (2), mille hõõrdpesa võib soovi järgi kokku suruda või lõdvemale lasta vindi ja pideme (3) abil (joon. 101). Puurvarda



Joonis 102. Elliot'i perforaatori surveseadeldis.

(c) vindid on ühenduses kirjeldatud surverattaga (u) (joon. 102), mille hõõrdumise reguleerimisega võib mannerainesse puuri tera suruda nõutava jõuga.

Kirjeldatud seade võimaldab puuri edasitungimise kiirust reguleerida, mis on oluline erineva kõvadusega mannerainete puurimisel. Suur kaal (65 kg) raskendab selle perforaatori tarvitamist.

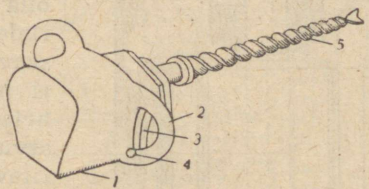
Kirjeldatud perforaatoreid võib kasutada ainult ajutise abinõuna kohtades, kus ei ole jõutud jõumasinaid kasutusele võtta.

Elektriperforaatorid.

Elektrilöökperforaatorid ei oma veel tööstuslikku tähtsust ja seepärast nende kirjeldamine on ruumipuudusel välja jäetud.

Elektrikeerdperforaatoreid kasutatakse pehmemate mannerainete puurimisel (kuni VI kõvaduse kategooriani M. M. Protodjakonovi tabeli järgi). Neid valmistatakse kaht tüüpi: 1) käelt puurimiseks ja 2) toelt puurimiseks. Esimesed on võrdlemisi väikesed ja kerged, mispärast neid saab tarvitada igas paigas, kuhu pääseb inimene, kuid see tarvitamine on piiratud pehmemate mannerainetega. Toelt töötavaid puurmasinaid saab kasutada ka kõvemate mannerainete puurimisel, nende teenindamine on aga seotud võrdlemisi raske toe töökohta toimetamise ja ülesseadmisega, mis on ebamugav ja aegaviitev.

Elektrikäsiperforaatoreid (joon. 103) kasutatakse laialdaselt kivisöekaevandustes koristustöödel (Eesti põlevkivikaevandustes



Joonis 103. Elektrikäsipuurmasina üldvaade. 1 — kere; 2 — käepide; 3 — voolu lülituslink; 4 - juhtmete avaus; 5 - puur.

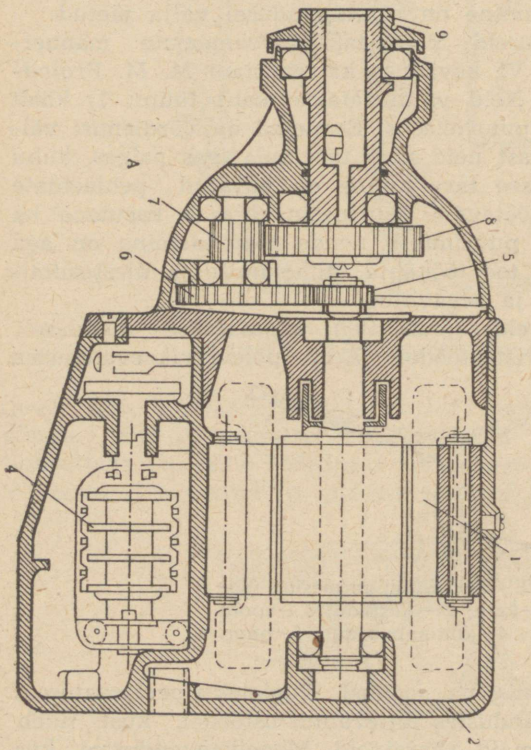
nende tarvitamine on niisama soodus). Tugielektriperforaatoreid kasutatakse kivisöekaevandustes ettevalmistustöödel, kust tuleb puurida peale söe kõvemaid aheraineid. Maagikaevandustes, kus tuleb puurida kõvu ja väga kõvu mannerainеid, keerdpuurmasinad ei ole levinud.

Nõukogude Liidus valmistatakse elektriperforaatoreid Konotopis (tehas „Krasnõi Metallist"), Tomskis ja Gorlovkas.

Andmeid elektrikäsiperforaatorite kohta toob alljärgnev tabel:

Tabel nr. 2.

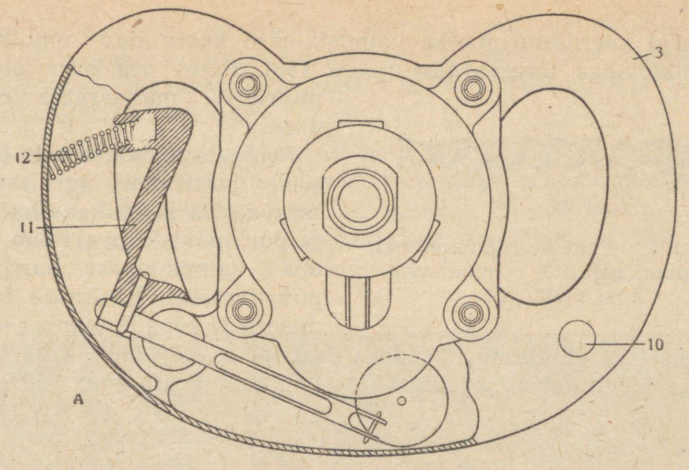
Nimetused	Üksused	Tüüp ja tehas	
		Konotopi ПМ · ЭБР	Tomski МР-1 ЭР-3 ЭР-4
Suurusmõõdud	mm	320 x 213 x 300	234 x 300 x 308
Kaal	kg	16,5	15,0 14,5 12,5
Mootori võimsus	kw	0,5	0,5 0,5 0,45
Spindli tiirude arv	min.	325; 750	325 325 750 450



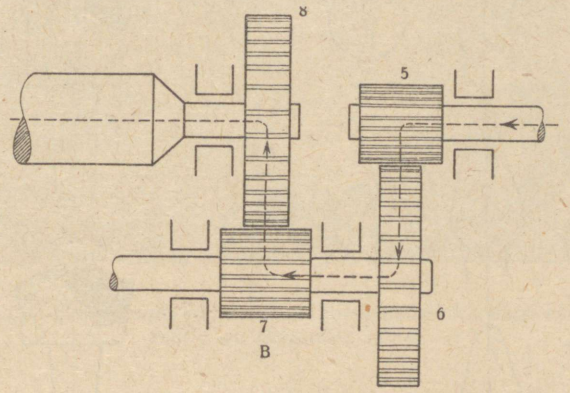
Joonis 104. Elektrikäsipuurmasina tüüp PM, valmistatud Konotopi tehases.
1 — mootor; 2 — kest; 3 — käepidemed; 4 — lülitaja; 5, 6, 7, 8 — hammasrattad; 9 — puurispindel.

Elektrikäsipuurmasin koosneb järgmistest põhiosadest (joon. 104): elektrimootor (1), kate (2), mille küljes on käepidemed (3), voolulülitaja (4), hammasrattad (5, 6, 7, 8), mille abil tiirlemine kantakse mootorilt puurispindlile (9).

Puurispindli tiirude arv minutis võib olla mitmesugune. Tiirude arvu muutmist saavutatakse ühe paari hammasrataste vahetamisega. Tiirude arvu valik oleneb puuritava manneraine kõvadusest. Kõvemais mannerainetes ja kõvadest sulatistest puuriterade puhul on kasulikum tõsta tiirude arvu. Viimasel ajal on hakatud valmistama vahetatavaid rattapaare, mille abil võib tiirude arvu tõsta 1024-ni minutis.



Joonis 104. A — eestvaade. 10 — avaus voolu juhtmete jaoks; 11 — lülituslink; 12 — vedru.



Joonis 104. B — tiirlemise ülekande skeem mootorilt puurispindlile (ülekande suund on näidatud nooltega punktliinil).

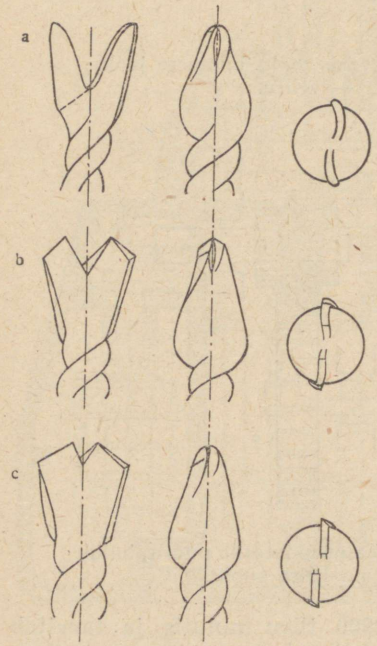
Mootor on asünkroonne, teeb 2800 tiiru minutis ja tarvitab 3-faasilist voolu 120/220 V. Vool juhitakse mootorisse painduva kummikaabli abil, millel on neljas juhe masina maandamiseks. Puurmasina külge kinnitatakse 10—15 m pikkune kaabel, mis lõpeb stöpsliga.

Puurid keerdpuurimiseks valmistatakse keerutatud rombikujulise põiklõikega terasvardast (joon. 105). Puuri pea kuju oleneb puuritava manneraine kõvadusest.

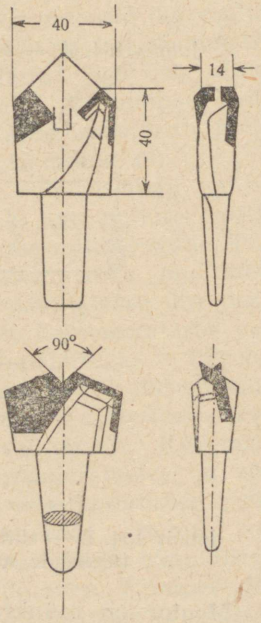


Joonis 105. Puur keerdpuurimiseks. 1 — puuri pära; 2 — puuri vars; 3 — puuri pea.

Pehmete mannerainete (kivisüsi) puurimisel tarvitatakse terava otsa ja pikkade harudega puuripäid (kuju a) (joon. 106), mis valmistatakse harilikust puuriterasest. Keskmise kõvadusega ja kõvade mannerainete puurimisel — lühikeste harudega puuripäid (kujud b ja c), mille teradeks tarvitatakse sagedasti kõva sulatist P9-8 (joon. 107).



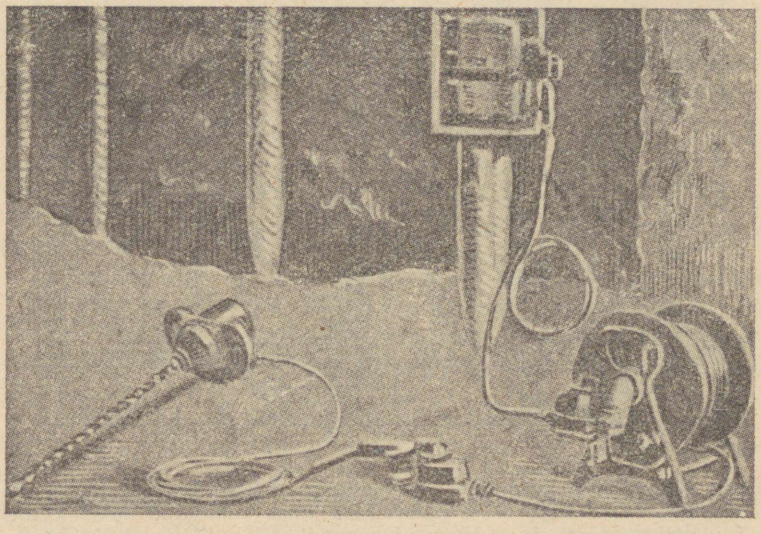
Joonis 106. Puuripeade kujud harilikust terasest. *a* — pehmetes, *b* — keskmistes ja *c* — kõvemates mannerainetes puurimiseks.



Joonis 107. Vahetatavad puuripead, varustatud kõvadest sulatistest teradega.

Ikka sagedamini tarvitatakse viimasel ajal vahetatavate peadega puure, mis on ökonoomsemad ja töötamisel soodsamad. Neid valmistatakse paremaist teraseist ja tarbekorral varustatakse kõvast sulatisest teradega.

Kõvade sulatistega varustatud puuri tööviljakus võrreldes hariliku puuriga on tunduvalt suurem kõvemates mannerainetes. Ühe teritamisega võib säärase puuriga puurida 20—30 korda rohkem kui hariliku puuriga. Voolu juhtmed ja seadmed on näha joonisel 108.

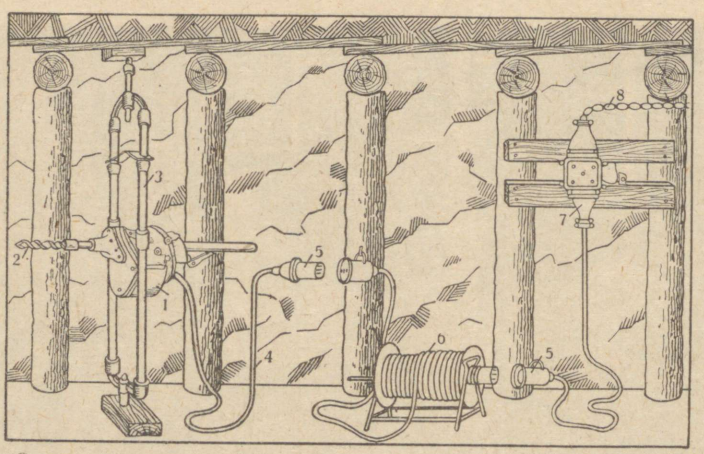


Joonis 108. Elektrivoolu juhtmed ja lülitusseadmed elektri-käsipuurmasinaga töötamise kohal.

Töötades elektrikäsipuuriga, tööline hoiab seda käepidemete abil enda ees, surub spindlisse asetatud puuri vastu puuritavat mannerainet ja lülitab voolu käepidemesse paigutatud lülitaja abil. Mida kõvem on puuritav manneraine, seda tugevamini peab puuri suruma.

Surutuna tugevasti puuraugu põhja, puuriterad lõikavad tiireldes ja killustavad mannerainet. Ühtaegu toovad puuri keerud murendatud osakesed puuraugust välja.

Toelttöötava elektriperforaatori üldvaadet näitab joonis 109. Tugi koosneb kahest osast, mis on valmistatud torudest nii, et ülemise osa harud võivad liikuda (üles-alla) alumistes (3), moodustades ühise kahetoelise raami, mida võib tarbekorral pikendada ja lühendada. Kasutades torudes olevaid auke, võib poltide abil anda toele kindel kõrgus. Toe ülemine osa lõpeb kruviga, mille abil kinnitatakse tugi ees põranda ja lae vahele.



Joonis 109. Tugielektripuurmasina ülevaade tööasendis. 1 — puurmasin, 2 — puur, 3 — tugi, 4 — puurmasina külge kinnitatud kummikaabel, 5 — lülitusstöpsel, 6 — trummel kummikaabliga, 7 — lülitaja karp, 8 — soomuskaabel.

Perforaator asetatakse nõutavasse kõrgusse raami vahele poltide abil. Seade võimaldab perforaatori pööramist vertikaal- ja horisontaaltasapinnas. Seega on puuraukude puurimine võimalik igas suunas.

Puuri edasinihkumine toimub automaatselt 600 kg survega. Juhtumil, kui puur satub tööprotsessis ootamatult kõvadesse mannerainetesse, võimaldab surveseadme friktsioon libisemist ja väldib ülekoormust ning rikkeid (joon. 110).

Tehnilised andmed kodumaal valmistatud toelttöötavate elektripuurmasinate kohta esinevad tabelis nr. 3.

Tabel nr. 3.

Nimetused	Üksused	Tehas ja tüüp		
		Konotopi ЭБК	Tomski ЭК-2	Gorlovka ЭСК-1
Kaal	kg	175	175	160
Mootori võimsus	kW	2,3	2,3	3,0
Spindli tiirude arv	min.	193 257 286	428 520	286 427 518
Nihkumiskiirus	mm/min.	180 210 260	400 1400	260 400 1460
		380 450 540	522 1300	540 800 1960
		570 670 820	1220	820 1220 1660
		1660		

Rikked, mis esinevad sagedamini elektriperforaatoritel:

1. Puur tiirleb vastupidiselt kellaosutile. Voolufaasid ei ole õigesti ühendatud, neid tuleb vahetada.

2. Puurmasinas on elektrivool tunda. Kaabli paljastatud traadid puudutavad masinakesta või on mähise isolatsioon vigastatud.

3. Mootor undab ega tiirle. Üks faas ei anna voolu. Faas on rebenenud, kontakt puudub ühendusklambrites või on kaitse läbi põlenud.

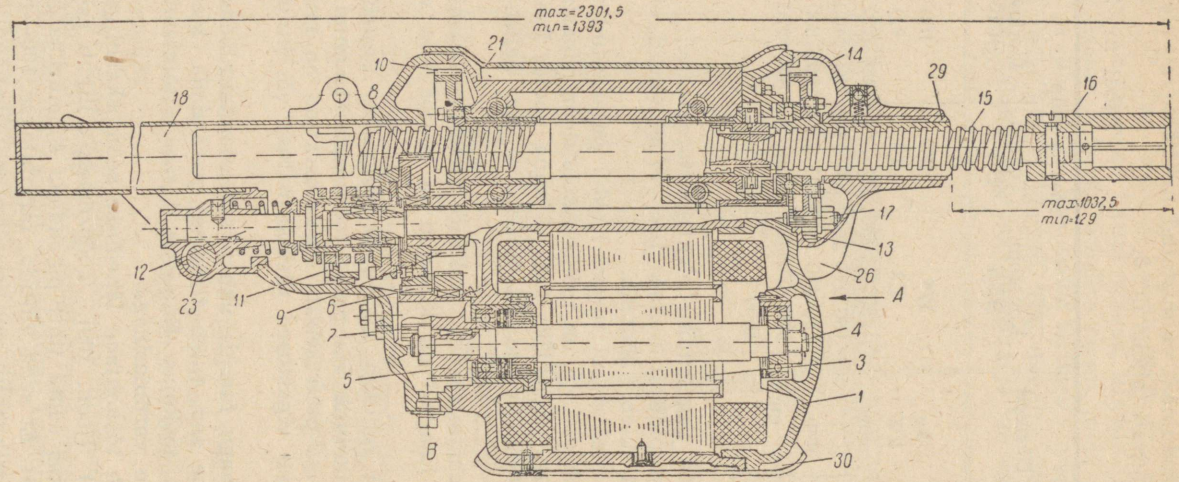
4. Mootor undab ebatavaliselt, hakkab tiirlema tõrksalt ja läheb ruttu kuumaks. Laagrid on kulunud ja rootor alla vajunud.

5. Puurmasina kest muutub ülearuselt kuumaks. Puuriterad on nürinenud, õlitus puudulik või pinge tunduvalt alanenud.

6. Mootor tiirleb, aga puur seisab. Hammasrattad on murdunud või muud sisemised vigastused ülekoormatuse või kulumise tagajärjel.

Vähemaid rikkeid, nagu faaside vahetamine, kontaktühenduste puhastamine, määrimine jne. tuleb töökohal parandada. Masinat võib lahti võtta ainult töökojas. Rikestunud masin toimetatakse töökotta ja vahetatakse varumasinaga.

Elektrivool juhitakse töökohtade lähedusse soomuskaabliga (8), mis lõpeb lülitajaga (7) (joon. 109). Tööprotsessis liigub esi iga päev edasi. Oleks tülikas sama tihti pikendada soomuskaablit ja paigutada edasi lülitajat. Et seda vältida, tarvitatakse 100—150 m pikkust painduvat kummikaablit, mis keritakse erilisele trumlile (6).



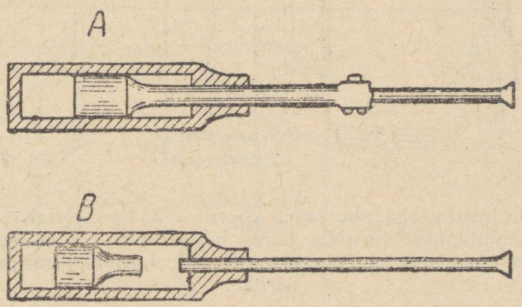
Joonis 110. Tugielektripuurmasina ЭСК — 1 läbilõige. A — mootor; 1 — kaitsekate; 2 — staator; 3 — rootor; 4 — rootori võll; 5 — rootori hammasratas; 6, 7, 8, 9 — tiirlemist edasiandvad hammasrattad; 11 — surveseadme lülitaja; 12 — lülitaja võll; 13, 14 — surveseadme hammasrattad; 15 — töövõll; 16 — puuripesa; 17 — surveseadme võll; 18 — töövõlli kaitsetoru; 21 — pealmine kaitsekate; 23 — põikvõll; 29 — surveseadme mutter, mille paneb tiirlema hammasratas; 14. Mainitud mutter tiirleb töövõllist kiiremini ja surub viimast vintide abil ettepoole välja; 30 — alumine kaitse.

Selle kaabli üks ots ühendatakse trumlile paigutatud stöpselmuhviga, kuna teine ulatub eesse ja lõpeb kantava stöpselmuhviga. Viimasega ühendatakse puurmasina külge kinnitatud juhe (4). Trumli ja soomuskaabli lülituskasti vaheliseks ühenduseks tarvitatakse lühikest painduvat kaablit.

Suruõhu-perforaatorid.

Suruõhu abil puurimine on mäetööstuses laialdaselt tarvitusel ja püsib kindlasti esikohal kõvade mannerainete puurimisel.

Selle puurimisviisi paremuseks on: 1) võimalus tarbekorral jämedamaid ja sügavamaid puurauke puurida ja 2) võimalus puurida ükskõik missuguse kõvadusega manneraineid.



Joonis 111. Suruõhu-perforaatorite skeemid.

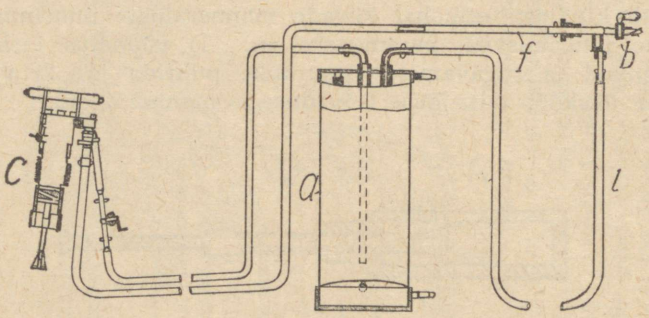
Puudusteks on: 1) suured esialgsed kulutused kompressori, torustiku jne. omandamisel, 2) väike kasuliku tegevuse koefitsient (suured energiakaod suruõhu tootmisel ja torustikus selle juhtimisel töökohtadesse).

Pehmemate mannerainete puurimisel (põlevkivi ja kivisöe kõvaduseni) on löökpuurimine vähema tööviljakusega kui keerdpuurimine, mispärast on ratsionaalne tarvitada suruõhu-perforaatoreid ainult kõvemate mannerainete puurimisel.

Konstruktiivselt jagunevad suruõhu-löökperforaatorid kahte tüüpi: ühtedel puur on kinnitatud kolvivarre külge ja liigub ühes kolviga (joon. 111 A), teistel kolb liigub eraldi, andes lööke vasara kombel puuri pärale (joon. 111 B). Viimast tüüpi nimetatakse p u u r v a s a r a k s. Praegusel ajal tarvitatakse mäetööstuses eranditult puurvasaraid.

Puurvasaraid valmistatakse automaatse puuri pöördeseadmega ja ilma selleta. Viimastega puurides peab tööline puurimise ajal pöörama puurvasarat (ühes puuriga) puuri telje ümber, mis raskendab tööd, sellepärast on nende tarvitamine piiratud.

Puurjahu kõrvaldatakse puuraugust kas suruõhuga väljapuhumisel või loputatakse veega välja. Suruõhk või vesi juhitakse selleks puuraugu põhja puuri sees oleva õõnsuse kaudu.



Joonis 112. Loputusveega puurimise skeem. *a* — veepaak; *b* — suruõhutoru; *l* — kummivoolik suruõhu paaki juhtimiseks; *d* — kummivoolik vee juhtimiseks perforaatorisse; *f* — kummivoolik suruõhu juhtimiseks perforaatorisse.

Viimasel ajal tarvitatakse ikka enam loputusseadmega perforaatoreid (joon. 112). Loputusega puurimisel on rida paremusi:

1) loputusvesi läbides puuri õõnsuse hoiab puuri kuumenemisest,

2) vähendab puuri hõõrdumist puuraugu seinte vastu,

3) kõrvaldab intensiivselt puurjahu,

4) väldib tolmu tekkimist ja parandab tervishoidlikke töötingimusi.

Pealeselle on kindlaks tehtud, et loputusvesi võtab aktiivselt osa mannerainete puurimise protsessist. Vesi tungib kõige vähematesse praokestesse puuritava manneraine pinnas ja tegutsedes neis kiiludena alandab manneraine vastupanu puurimisjõule.

Et vee praokestesse tungimist suurendada, on hakatud veele lisama keemilisi aineid, mis suurendavad vee niisutusvõimet. Neid aineid on hakatud nimetama kõvadusealandajateks.

Kui teatava petrograafilise koosseisuga manneraine jaoks on valitud õige kõvadusealandaja ja tema kontsentratsioon, siis suureneb puurimise kiirus 20—60% võrreldes puhta veega puurimisega (vaata tabel nr. 4). Ühtlasi alaneb ka puuride kulu 10—35% võrra.

Tabel nr. 4.

Kõvadustalandavate lahuste tarvitamise tulemusi puurimisel.

Jrk. nr.	Kaevandused ja mannerained	Kõvadusealandaja lahuse kontsentratsioon	Perforaatorid ja puurid	Puurimiskiirus mm/min.		Puurimiskiiruse tõus %
				veega	kõvadusealandajaga	
1.	Uural, Kizel, kaevandus nr 6. Peenteraline räni	Alumiiniumkloriid 0,3%	Perforaator HP-2. Puurid pobediit-teradega	91	120	32
			Teraspuuridega	34	47	30—35
2.	Sealsamas	Sooda 0,2—0,5%	Samad tööriistad	97	110	12—16
3.	Sealsamas	Naftaseep 0,1%	„	54	65	15—20
4.	Sealsamas	Vesi	„	24—32 ilma veeta	40—60 veega	70
5.	Krivoi-Rog, Lenini kaevandus. Raudasisaldav kvartsiit	Alumiiniumkloriid 0,10—0,15%	Raske perforaator ПС Teraspuurid	33	44	36
6.	Uural, Kotškarzoloto. K. Marksi nim. kaevandus. Kvartsiit	Keedusool 0,25%	Tugiperforaator. Teraspuurid	68	102	16—38
7.	Kazahstan, kullakaevandus Stepnjak. Peeneteraline liivakivi	Alumiiniumkloriid 0,2%	Perforaator CP-5 Teraspuurid	105	194	61—85

Suruõhu-puurvasaraid jagatakse tööviiside ja nende raskuse järgi nelja rühma (tabel nr. 5).

Tabel nr. 5.

Suruõhu-puurvasarate jaotus.

Rühmad	Kaal kilogrammides (kg)	Maksimaalne puuraugu sügavus meetrites (m)	Puuraugu keskmine diameeter (mm)	Tööliste arv	Tööviis
I rühm — kerged käsipuurvasarad	11—25	2—4	35—40	1	käelt
II rühm — rasked käsipuurvasarad	25—35	3,5—5	40—50	1	käelt või toelt
III rühm — teleskoopilised puurvasarad	kuni 40	5	50	1	toelt
IV rühm — toelttöötavad puurvasarad	65—90 ja enam	4,5—10	50—70	1—2	toelt ja kolmjalalt

Esimese rühma puurvasaraid tarvitatakse peamiselt horisontaalsete või kallakute kaevandusõõnsuste rajamisel ja koristustöödel.

Teise rühma puurvasaraid tarvitatakse allapoolesuunatud puurimisel ja horisontaalsete kaevandusõõnsuste rajamisel väga kõvadesse mannerainetesse. Viimasel juhtumil tarvitatakse puurmasina hoidmiseks ka kerget tuge.

Teleskoopilisi perforaatoreid (joon. 113) tarvitatakse ülespoolesuunatud aukude puurimiseks.

Neljandasse rühma kuuluvate raskete perforaatoritega saab töötada ainult toelt. Neid tarvitatakse kõvade ja väga kõvade mannerainete puurimisel.

Käsipuurvasarad.

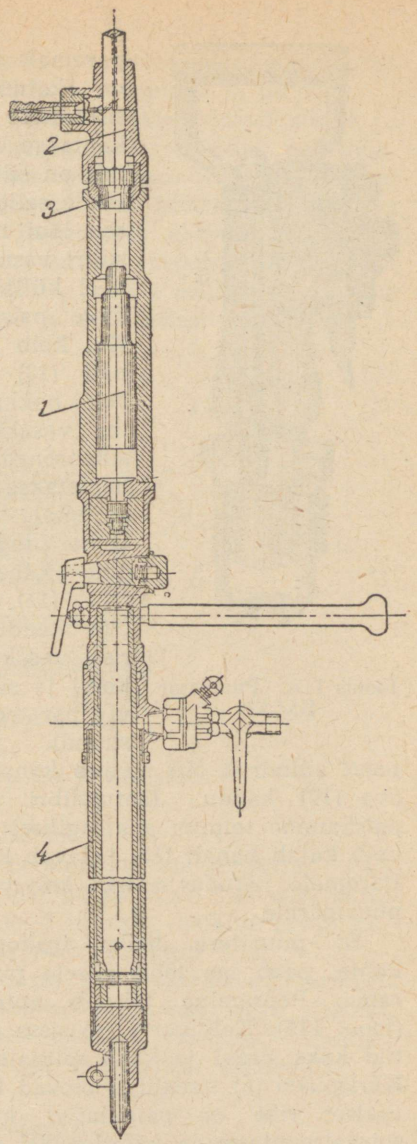
Kõik suruõhu-puurvasarad sarnlevad konstruktiivselt ükssteisega. Erinevus seisneb ainult õhujaotuses, puuri pöördeseadises või mõnes muus vähemtähtsamas detailis.

Allpool kirjeldame tüüpilisemaid ja NSVL-is enam tarvitatavamaid puurvasaraid.

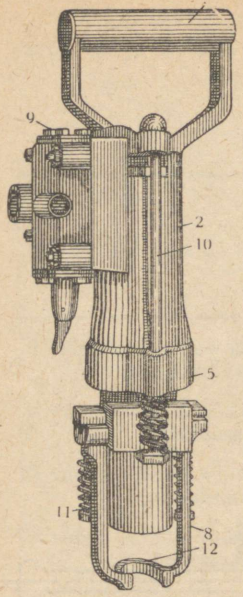
Puurvasar БМ-13 (tehas „Pnevmatika" Leningradis). Puurvasar БМ-13 koosneb järgmistest osadest (joon. 114, 115): käepide (1), töösilinder (2), kolb (3) ühes kolvivarrega (4), kest (5), pöördeseadis (6), puuripööraja ühes puuripesaga (7), puurihoidja (8), õhu jaotuskarp (9). Käepide (1), silinder (2) ja kest (5) on ühendatud sidepoltide (10) abil. Puurihoidja, mis on varustatud vedrudega (11), hoiab puuri tööseisundis pesas. Puuri vahetamisel puurihoidja lükatakse kõrvale.

Õhujaotuskarbis (joon. 116) on siiber (1), kaks hülssi (2) ja kaks (ülemine ja alumine) sulgu (3).

Puurvasar БМ-13 töötab järgmiselt. Kui kolb on punktjoonega märgitud seisundis ja jaotussiiber (1) asetatud äärmiselt paremale poole (joon. 116), siis voolab õhk voolikust kanalitesse (4), (5), (6), millimeetrilisse auku (7) ja kanali (8) kaudu satub töösilindrisse ning lükkab kolvi vasakule. Vasakul pool kolbi olev õhk väljub silindrist kanali (9) ja ava (10) kaudu. Samal ajal seisab jaotussiiber äärmises vasakpoolses asendis õhu surve mõjul, mis surub siibri

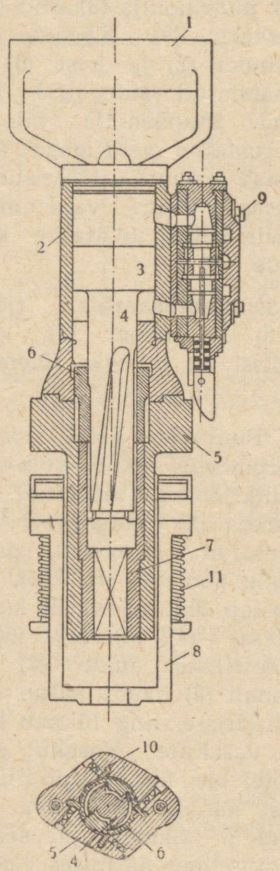


Joonis 113. Teleskoopilise perforaatori läbilõige. 1 — kolb; 2 — puuripära; 3 — löögi edasiandja; 4 — teleskoopiline tugi.



Joonis 114. Puurvasar БМ-13.

paremale otsale. Kui kolb liikudes vasakule on katnud kanali (9), algab vasakpoole silindrisse jäänud õhu surumine. See surve kantakse üle ka jaotussiibri vasakule otsale, mis on silindriga kanalite kaudu ühenduses. Peale selle, osa suruõhust kanalist (12) pääseb läbi millimeetrilise ava (11) ja surub siibri vasakpoolsele otsale. See surve ei ole veel küllaldane siibri parempoolsesse asendisse paiskamiseks. Kui kolb avab kanali (13) ja suruõhk hakkab suruma vasakult poolt siibrirõngast (14), heidetakse siiber paremale poole. Kohe tungib suruõhk kanalite (4), (12), (11), (15) ja (16) kaudu silindrisse vasakule poole kolbi ja surub kolvi paremale (töö suund). Paremalt poolt silindrist õhk väljub kanali (13) ja ava (10) kaudu. Jaotussiibri vasakulepaiskamine toimub analoogiliselt siis, kui kolb katab kanali (13) ja avab kanali (9). Paremale liikudes annab kolvivars löögi puuripärale.

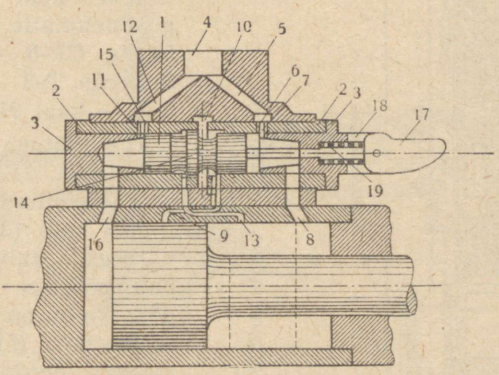


Joonis 115. Puurvasara БМ-13 läbilõige.

Et puuritera lööks igakord uude kohta, peab iga löögi järele puuri pööramа. Pööramine toimub automaatselt (joon. 115). Kolvivarre (4) sisse on lõigatud kaks sirget ja kaks spiraalset soont. Kärispuksi (6) siseküljel olevad kaks spiraalset ribi on paigutatud kolvivarre spiraalsoontesse ja pöördepuksi sisemised ribid kolvivarre sirgetesse soontesse. Kolvivarre puuri pära poole liikudes pööravad tema spiraalsooned kärispuksi. Tagasi

liikudes lingid ei võimalda kärispuksi teisele poole pöördumist ja siis pöördub kolb ja kolvivars ühes pöördepuksi ja puuriga.

Tööprotsessis osa suruõhku juhitakse ülalkirjeldatud ribide ja soonte vahelisi avasid ja puuris olevat auku mööda puuraugu põhja selleks, et sealt välja puhuda puurjahu. Vajaduse korral võib suunata kõik suruõhk kirjeldatud teel puurauku „otseseks puhumiseks". Selleks pööratakse jaotuskarbi alumise osa külge kinnitatud linki 17 (joon. 116), see surub vardale (18) ja edasi jaotussiibrile, lükates viimase vasakule, avades sellega õhuvoolule vaba tee silindri esipoolsesse osasse ja sealt edasi puurauku.



Joonis 116. Puurvasara БМ-13 õhujaotus.

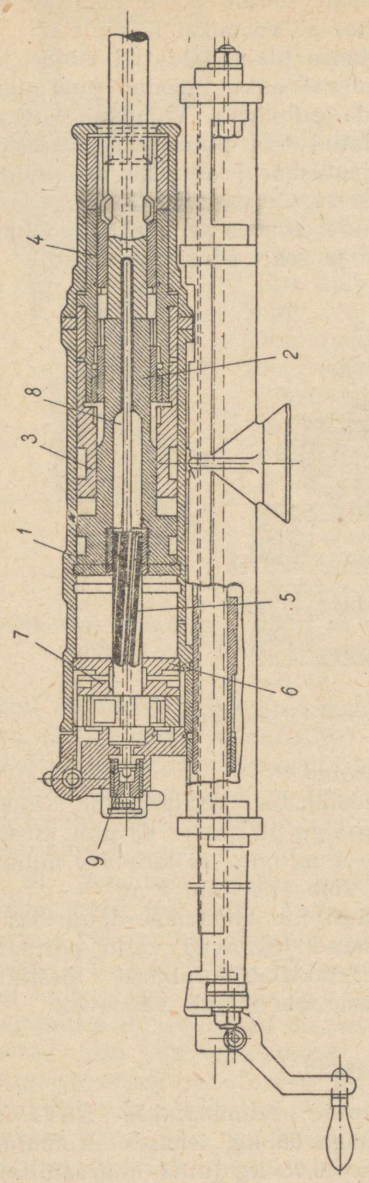
Otsese puhumise ajal vasar ei tööta.

Puurvasara БМ-13 tehniline iseloomustus on järgmine: kaal — 17,5 kg, pikkus — 495 mm, kolvikäigu pikkus — 48 mm, suruõhu surve — 5 at, suruõhu kulu 1,8—2 m^3/min., löökide arv minutis 1600—1700. Puuraukude sügavus võib olla kuni 4 m.

Käsipuurvasaraga töötatakse samuti kui elektrikeerdpuurmasinaga. Võrreldes viimasega puurvasarad tekitavad valju põrinat, mis ohtlikkudes kohtades töötamisel takistab kuulmast toestiku ragisemist, ja raputavad puurija käsi, mis mõjub väsitavalt.

Tugipuurvasarad.

Toelttöötavaid suruõhu-perforaatoreid valmistatakse NSVL-is Nevjanski tehases mark НК-1, kaaluga 56 kg, tehases „Kommunist" (Krivoi-Rog) mark ПЕ, kaaluga 38,75 kg (ilma liugraamita),



Joonis 117. Tugipuurvasara ПС läbilõige.

ПС, kaaluga 85 kg. Alates 1939. a. valmistatakse Kõštõmi tehases perforaatoreid mark L-75, kaaluga 66 kg ja marke, mida enne valmistas Nevjanski tehas.

Välismaal valmistatud seda tüüpi perforaatoreist on laialt tuntud Ingersoll-Rand L-74 — kaal 53 kg, L-75 — kaal 66 kg, Chicago-Pneumatic CP — kaal 54 kg, CP-6 — kaal 66 kg, Sullivan T-3 — kaal 71 kg, T-5 — kaal 91 kg ja teised.

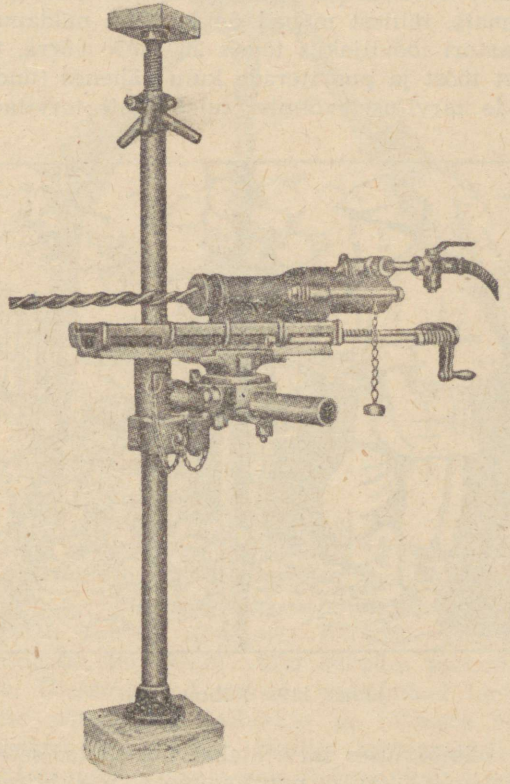
Toelttöötava perforaatori ПС (joon. 117) tähtsamad osad on silinder (1), milles liigub kolb (2) ühes kolvivarrega, suundepuks (3), puuripööraja (4). Vasakul pool kolbi on tigusooneline pöördevarb (5) ühes käärisrattaga, õhujaotusseade (6), mis koosneb kahest kaanest ja rõngasklapist (7).

Kirjeldatav perforaator kõrvaldab puurjahu veeloputusega. Vesi juhitakse puuriõõnsusse toru (8) abil.

Perforaatori määrimine toimub automaatselt. Õlikamber on ühendatud määretvajavate hõõrdekohtadega kanalikeste abil, mida mööda töötamise ajal imbub õli vajalikul määral.

Perforaator ПС on asetatud liugraamile. Perforaatori kere külge on kinnitatud mutter, mida läbib

liugraami kruvivarras. Keerates kruvivarda otsa asetatud vändast ühele või teisele poole, võib perforaatorit liugraamil suunata kas edasi või tagasi. Liugraam kinnitatakse toe külge sõõrikujulise jala abil, mis võimaldab raami pööramist jala asendi tasapinnas. Vertikaalpinnas pööramist võimaldab toe konstruktsioon (joon. 118).



Joonis 118. Tugipuurvasar tööasendis.

Toed erinevad konstruktsioonilt vastavalt töö ülesannetele. Allmaatöödel kasutatakse püst- (joon. 118) ja rõhttugesid (joon. 119). Esimesed kinnitatakse kaevandusõõnsuse lae ja põranda vahele, teised kahelpool olevate õõnsuse seinte vahele. Toe kinnitamisel asetatakse tema otsade alla puuklotsid. Tugede pikkus on 1,5—2,5 m ja kaal 35—140 kg. Lahtistes kaevandustes kasutatakse

perforaatori hoidmiseks erilisi kolmjalgu (joon. 120) või neljale jalale monteeritud rõhttugesid, millede jalgade külge kinnitatakse raskused paigalpüsivuse suurendamiseks.

Perforaatori edasinihutamine tööprotsessis inimjõul on jõudukulutav ja mitte küllaldaselt kooskõlastatud puurmasina võimete ja mannerainete kõvadusega. Viimasel ajal on konstrueeritud rida nihutusautomaate, millest mõned on katsetel näidanud häid tulemusi. Perforaatori tööviljakus tõusis 25—30% võrra, tööline vabanes väsitavast tööst ja puuriterade kulu vähenes tunduvalt. Nihutusautomaatide tarvituselevõtmist tuleb igati tervitada.

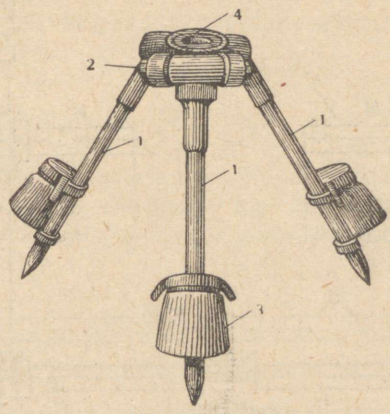


Joonis 119. Rõhtne tugi.

Ameerika mäetööstuses tarvitatakse horisontaalsete kaevandusõõnsuste läbistamisel erilisi puurvaguneid, mis kiirendavad tunduvalt puurimistöid. Tugedes Ameerika kogemustele on meil konstrueeritud kaks sellist puurvaguni tüüpi.

Puurvagun (joon. 121) koosneb ratastel liikuvast platvormist, millele on monteeritud perforaatorite toed, edasi on loputusveepaak, puuride kast ja muud puurimisel vajalikud esemed. Joonisel 121 kujutatud puurvaguni vertikaaltoed kinnitatakse töökohta lae ja põranda vahele. Tugede sarvede (konsoolide) M külge võib üheaegselt tööle paigutada 4—8 automaatsete nihutajatega perfo-

dise kiire töövalmisseadmine ja äraviimine võimaldavad suurt aja kokkuhoidu. Puurvagunilt töötades võib üks tööline teenindada 3—4 puurvasarat.



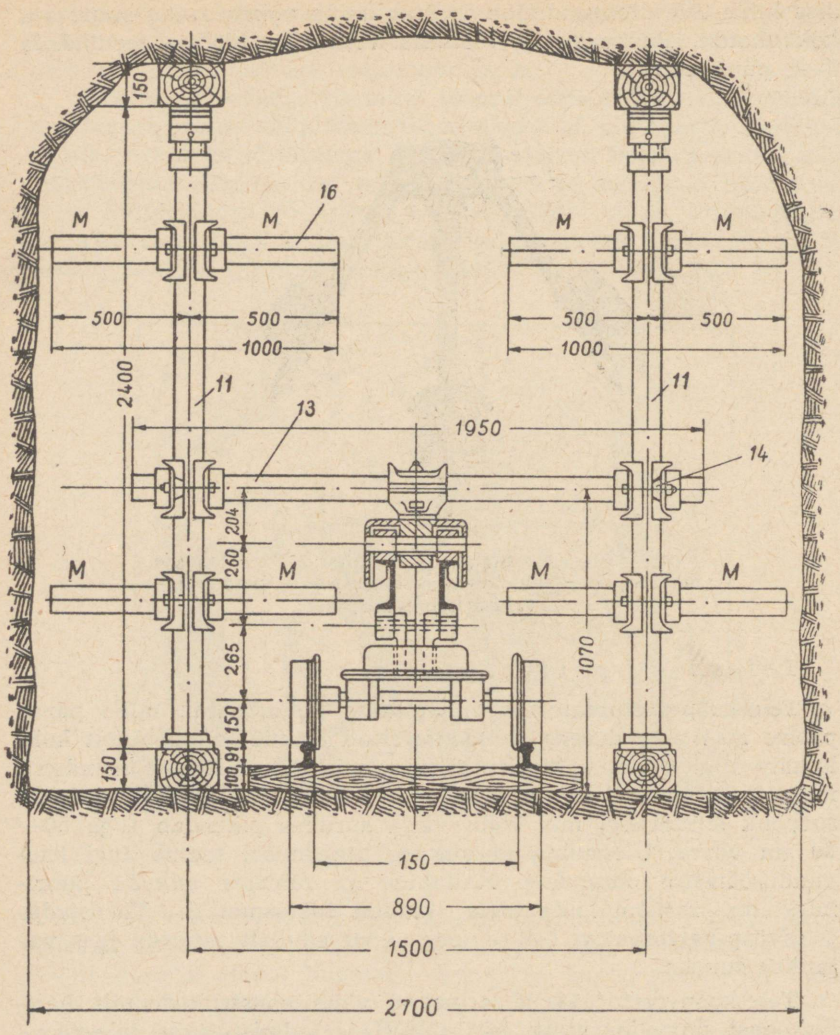
Joonis 120. Kolmjalg. 1 — jalad; 2 — jalgade liikmed; 3 — massiivsed raskused; 4 — pesa puurvasara kinnitamiseks.

Teleskoop-perforaatorid.

Teleskoop-perforaatoriks nimetatakse puurvasarat, mille pärapoolse otsa pikenduseks on monteeritud eriline teleskoopselt kokkukäiv tugi (joon. 113). See tugi valmistatakse kahest silindrist, millest üks võib kolvina teise sees liikuda. Töö ajal juhitakse suruõhk silindrisse, mis kolbi välja surudes pikendab tuge 50—60 sm võrra. Ülessuunatud aukude puurimisel toetub tugi kaevandusõõnsuse põrandale. Kallakute ja rõhtsate aukude puurimisel on raskem leida toele kindlat toetuspunkti. Varustades teleskoop-perforaatori erilise toega võib edukalt puurida igas vajalikus suunas.

Teleskoop-perforaatorid erinevad vähe konstruktsioonilt harilikkudest puurvasaratest. Meil NSVL-is valmistatakse teleskoop-perforaatoreid Kõštõmi tehases (Uural) ja tehases „Kommunist" (Krivoi-Rog). Välismaal valmistavad neid kõik suuremad puurvasaraid tootvad firmad.

Ühenduses stahhaanovlike töömeetodite rakendamisega rauamaagikaevandustes (Krivoi-Rog) levines vajadus puurida perfo-



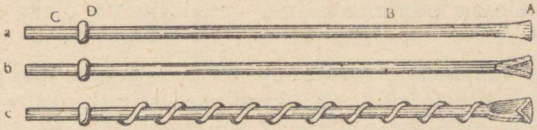
Joonis 121. Puurimisvagun vertikaaltugedega. 11 — toed; 13 — rõhtne ühendustugi; 14 — pingutusühendused; M — konsoolid puurvasarate kinnitamiseks.

raatoritega sügavaid puurauke, mis võimaldavad korraga eraldada ja purustada suuremat hulka mannerainet.

Sügavate aukude puurimisel tarvitatakse jämedamaid puure ja jätkatavaid puurivarbu. Nii võib teleskoopsete ja raskete toelttöötavate puurvasaratega puurida auke sügavusega üle 10 m.

Puurid.

Puurvasara tööorganiks on puur (joon. 122), mis koosneb peast — A, vardast — B, pärast — C ja õlast — D. Puurid võivad olla väliselt ümmargused, kuuekandilised, kaheksakandilised või keermega, ja sisemiselt kas õõnsad või täied. Õõnsaid puure tarvitatakse igal pool, kus puurjahu kõrvaldatakse mehaa-



Joonis 122. Pneumaatiliste perforaatorite puurid. *a* — umbne; *b* — õõnes; *c* — keermega; A — puuripea; B — puuri vars; C — puuri pära; D — õlg.

niliselt, kas veega väljaloputamise teel või suruõhuga välja puhudes. Täisi puure võib kasutada ainult ülessuunatud aukude puurimisel, kui puurjahu oma raskuse mõjul variseb välja.

Täite puuride kasutamine on seega piiratud.

„Stalsbõt" turustab puuride valmistamiseks teraslatte järgmistes mõõtudes:

Lati diameeter mm . . .	19	22	25	28	32	35	38
Õõnsuse diameeter mm .	5,0	6,0	6,4	7,0	8,0	9,5	9,5

Neist tarvitatakse laiemalt:

1) käsivasarate jaoks — kuuekandilist õõnsat d = 22 mm,

2) teleskoopsete jaoks — ümmargust õõnsat või täit d = 25 mm,

3) raskete toelttöötavate vasarate jaoks — ümmargust õõnsat d = 32 mm.

Eespool nägime, et tööprotsessis puuripea (tera) kulub kitsamaks ja sellega ühenduses muutub puurauk peenemaks. Harilikust terasest puuriterad kuluvad märksa kiiremini kui kõvadest sulatistest. Keskmise kõvadusega mannerainetes kulub harilik puuritera 3 mm kitsamaks iga 0,6—0,7 m puurimisel. Kui kahe meetri sügavuse augu puurimisel vahetatakse 3 puuri, saame augu lõppdiameetri 9 mm võrra vähema tema algusest. Hariliku lõhkeainepadruni läbimõõt on 30 mm. Vastavalt peab puuraugu lõppdiameeter olema vähemalt 32 mm. Järelikult esimese puuri pea peab olema 41 mm.

Korralik puuripea peab vastama järgmistele nõuetele:

1) suur vastupidavus kulumisele ja murdumisele,
2) ei tohi takistada puurjahu kõrvaldamist,
3) ei kiildu kinni,
4) peab olema sümmeetriline, et kuluvus oleks igalt poolt võrdne.

Puuripea tähtsamaks osaks on tera. Tegelike andmete ja teoreetiliste arvestuste abil on kindlaks tehtud, et vooljamad — vähema nurga all teritatud terad tungivad vähema jõukulutusega sügavamale mannerainesse. Ja vastupidi — mida suurema nurga all on puurid teritatud, seda kauem nad püsivad teravad.

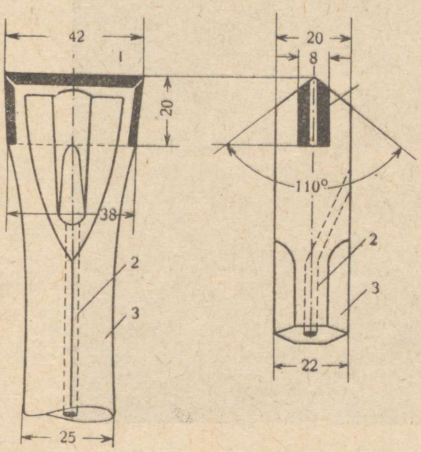
Tegelike katsete abil leitakse antud mannerainele kohane puuri teritusnurk. Harilikult kasutatakse pehmetes mannerainetes teritusnurka 60—70°, keskmistes ja kõvades 90—120°.

Ühtlasi on selgunud tegelikest töödest, et ühesugustes tingimustes peitlikujulise puuripea tööviljakus on märksa suurem kui ristikujulisel, ja ristikujulisel suurem kui tähekujulisel. Seepärast soovitatakse igal pool, kus mannerained lubavad, kasutada peitlikujulist puuripead. Ka on viimaste valmistamine odavam. Pragulistes mannerainetes tuleb kasutada ristikujulist või kaksik-peitlikujulist puuripead.

Juba pikemat aega tarvitatakse puuriteradeks kõvu sulatisi. Eksperimentaalsete uurimiste tulemusena leiti, et mitmesuguste kõvade sulatiste kuluvus erilistes mannerainetes on erinev. Vastavalt nende uurimuste tulemustele valmistatakse meil NSVL-is puuriterade jaoks plaadikesi:

1) ühtlaste keskmise kõvadusega mannerainete puurimiseks mark РЭ-8,
2) kõvu tükikesi sisaldava keskmise kõvadusega mannerainete puurimiseks mark РЭ-12,
3) kõvade mannerainete puurimiseks — mark РЭ-15.

Kõvade sulatistega varustatakse ainult peitlikujulise puuri päid (joon. 123). Plaadikesed selleks otstarbeks valmistatakse 8—10 mm paksud ja 13—20 mm kõrged. Plaadikesed kinnitatakse jootes punase vasega.



Joonis 123. Puuripea kõvast sulatisest teraga. 1 — kõva sulatis; 2 — õõnsus suruõhu juhtimiseks; 3 — puuri pea.

Keskmiste ja kõvade mannerainete puurimisel kiirendab kõvade sulatiste tarvitamine puurimistöid ja on tunduvalt odavam.

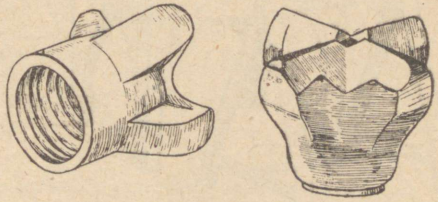
Kõvade mannerainete puurimisel tuleb tihti vahetada puure. Puurijal tuleb enesega kaasas kanda kitsastes allmaa tingimustes rasket puuride komplekti, mis on väga tülikas. Ka on suure hulga nüride puuride sepikotta toimetamine tülikas.

Et seda tülikat toimetust vältida, on hakatud kasutama vahetatavate peadega puure. NSVL-is tarvitatakse selleks lihtsaid puuripäid (joon. 124) terasest CT 7X ja kõvadest sulatistest teradega. Esimesi valmistatakse peitlikujulise ja ristikujulise teraga, teisi — ainult peitlikujulisi.

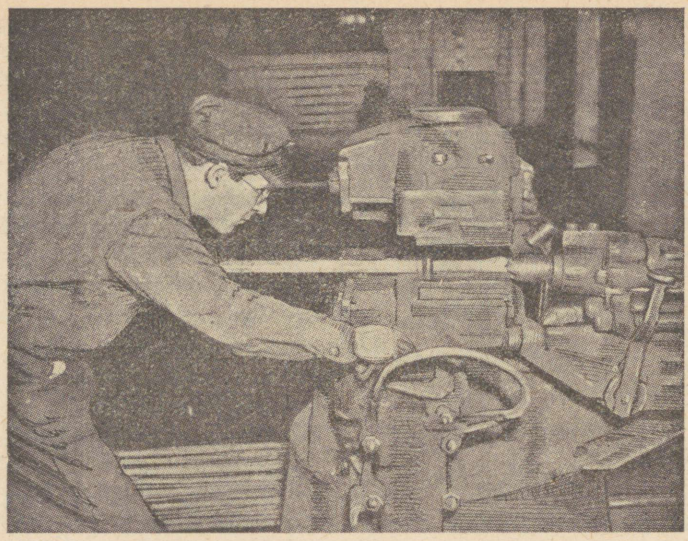
Puuride teritamist toimetatakse kas sepikojas käsitsi harilikkude sepatööriistadega või selleks konstrueeritud erilise teritusmasina abil (joon. 125).

Käsitsi-teritamist tarvitatakse juhtumil, kui teritatavate puuride hulk ei ole suur.

Masinaga teritamine on mitmeti kasulikum: 1) puuriotsad saavad täpse vormi ja mõõted, 2) väheneb terase kulu, 3) kiireneb terituse käik ja 4) vähenevad töökulud.

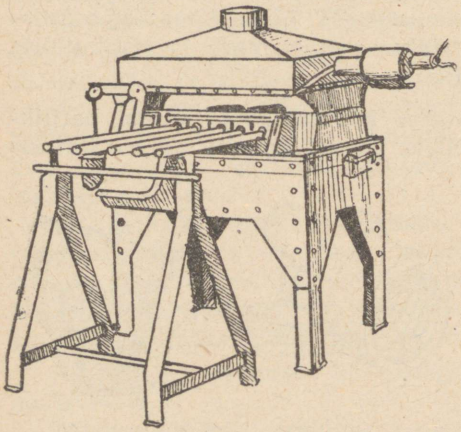


Joonis 124. Vahetatavad puuripead.



Joonis 125. Puuride teritusmasin.

Ühe teritusmasinaga võib teritada 60—100 puuri 8-tunnilise tööpäevaga, mis ületab kiiruselt käsitsi-teritamise 4—5 korda.



Joonis 126. Naftaääs puuride kuumendamiseks.

Puuride teritusmasinaid valmistatakse meil NSVL-is Nevjanskis ja tehases „Kommunist" Krivoi-Rogis.

Teritatud puuride otsad karastatakse. Karastamine seisneb selles, et puuride otsad uuesti kuumutatakse 750—800° (olenevalt terase sordist) ja jahutatakse kiiresti külmas vees või õlis 10—15 mm pikkuselt. Silma järgi kuumutamine ei ole küllalt täpne: puuride terad võivad jääda kas liiga pehmeks või muutuda rabedaks (ülekuumutuse puhul). Mõlemal juhul alaneb puuri

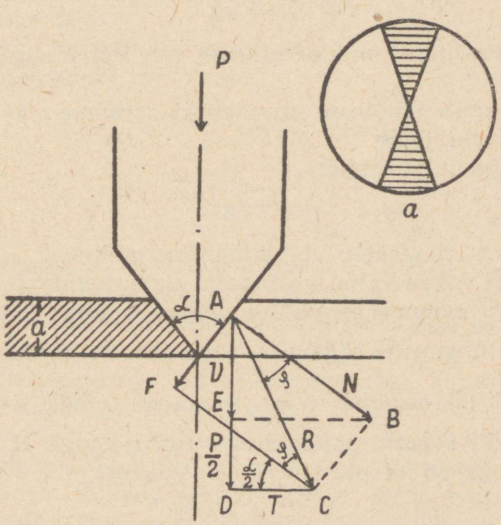
väärtus. Vastava temperatuuri määramiseks tarvitatakse mitmesuguseid püromeetreid.

Suurema hulga puuride kuumutamiseks tarvitatakse naftaga köetavaid ääse (joon. 126).

Löökpuurimise teooria.[1])

Puuri pärale antud löögi mõjul tungib puuri tera mannerainesse. Märgime löögi jõu tähega P. Jõu P mõjul tekivad mingis tera punktis A: jõud N, mis surub mannerainele, ja hõõrdumisjõud F (joon. 127). (Ülesande lahenduse lihtsustamiseks on F suunatud allapoole). Jõudude N ja F liitmisel saame neile võrdse jõu R.

Jõu P mõjul manneraine puruneb ja murdub. Märgime purustava jõu tähega V ja murdmisjõu tähega T.



Joonis 127. Löökpuurimisel esinevad jõud.

[1]) А. М. Терпигорев и другие. „Горные машины для выемки пластовых полезных ископаемых" изд. 1940 г.

Selgitame need jõud.

Kolmnurgast ADC leiame tasavägise jõu R.

$$R = \frac{P}{2\sin\left(\frac{\alpha}{2}+\varphi\right)} \qquad 1)$$

kus φ — hõõrdumisnurk

α — puuri teritusnurk

Kolmnurgast ABC leiame jõu N.

$$N = R\cos\varphi = \frac{P\cos\varphi}{2\sin\left(\frac{\alpha}{2}+\varphi\right)} \qquad 2)$$

Kolmnurgast ABE leiame purustava jõu V.

$$V = N\sin\frac{\alpha}{2} = \frac{P\cos\varphi\cdot\sin\frac{\alpha}{2}}{2\sin\left(\frac{\alpha}{2}+\varphi\right)} \qquad 3)$$

Kolmnurgast ADC leiame murdmisjõu T.

$$T = \frac{P}{2}\operatorname{ctg}\left(\frac{\alpha}{2}+\varphi\right) \qquad 4)$$

Nüüd leiame puuri mannerainesse tungimise sügavuse τ ühel löögil.

Puuritera mannerainesse tungimisel viimane avaldab vastupanu purustavale jõule.

See vastupanu võrdneb:

$$d\,k\,\tau\,\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} \qquad 5)$$

kus d = puuri diameeter või puuritera pikkus.

k — 1 sm^2 manneraine vastupanu purustavale jõule.

τ — puuri mannerainesse tungimise sügavus ühel löögil.

$\tau\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$ sissetungimise sügavuse projektsioon rõhtpinnale.

Et väljend (5) sisaldab puuri teraalust pinda $d\tau\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$, mis on korrutatud 1 sm^2 manneraine vastupanuga K purustavale jõule V, sellega on ta purustava jõu suurus:

$$V = d\,k\,\tau\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} \qquad 6)$$

Järelikult:

$$d\,k\,\tau\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} = \frac{P\cos\varphi\sin\frac{\alpha}{2}}{2\sin\left(\frac{\alpha}{2}+\varphi\right)} \qquad 7)$$

Viimasest võrrandist leiame τ

$$\tau = \frac{P \cos \varphi \sin \frac{\alpha}{2}}{2 \sin \left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right) dk tg \frac{\alpha}{2}} = \frac{P \cos \varphi \cos \frac{\alpha}{2}}{2 dk \sin \left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right)} \qquad 8)$$

Väljendist (8) näeme, et mannerainesse tungimine suureneb löögijõu (P) suurenemisega ja väheneb teritusnurga (α) suurenemisega, puuraugu diameetri (d) suurenemisega ning manneraine vastupanu (k) suurenemisega.

Edasi leiame kolvi löökide arvu n puuri pära pihta.

Igale löögile järgneb puuri pööramine mingi nurga võrra; ühtlasi murdub manneraine segmentidelt, mille pindala on $\frac{\pi d^2}{4n}$ (joon. 127 a).

Murdmisjõud väljendub:

$$T = \frac{\pi d^2}{4n} C \qquad 9)$$

kus d — puuraugu diameeter
n — löökide arv
C — 1 sm^2 manneraine vastupanu murdmisele.

Väljendid (4) ja (9) on võrdsed.

$$\frac{\pi d^2}{4n} C = \frac{P}{2} ctg \left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right)$$

$$\text{siit} \quad n = \frac{\pi d^2 C}{2 P ctg \left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right)} \qquad 10)$$

Saadud valemist (10) võime näha, et löökide arv puuraugu ringmõõdus on proportsionaalne puuraugu diameetri ruuduga. Löökide arv suureneb kõvade mannerainete puurimisel ja väheneb (C) vähenemisega.

Lööke nõutakse vähem, kui suurendada löögijõudu (P) ja vähendada teritusnurga suurust (α).

Puurimisprotsessi analüüsides selgub, et löökpuurimise tööviljakus oleneb murdmisjõududest, mis on suunatud perpendikulaarselt puuraugu teljele. Samuti selgub, mida vähem on puuri teritusnurk, seda suurem on puurimiskiirus (kui muud olud ei muutuks).

Tööpraktikas teritusnurga suurus kõigub 60—120° vahel ja võrdub keskmiselt 90°. Vähemate teritusnurkade tarvitamisel nürineb puur kiiresti või kiilub kinni, mis tunduvalt alandab tööviljakust.

Kogemustest selgub, et puuri pea kuju mõjub tunduvalt puurimise kiirusele. Ühtlasi peab puuri suurus vastama puuritava manneraine vastupanule. Kui võimsate löökide puhul on puuri pöördenurk liiga suur, siis puuritera ei murra segmente ühetasaselt ja augu põhi muutub astmeliseks, mis alandab tööviljakust. Vastupidi: kui pöördenurk on väiksem vajalikust, siis langeb ka töö efektiivsus ja perforaatori võimsust ei saa täielikult kasutada.

Üldine põhimõte puuripeade vormi valikul seisneb selles, et puuri terade arv (peitlikujuline, topeltpeitel, ristikujuline jne.) vastaks perforaatori löögijõule ja puuri pöördenurgale.

Puurvasara võimsuse N ja kasuliku tegevuse koefitsiendi η arvutamiseks võib kasutada insener J. M. Malahhovi valemeid:

$$N = \frac{C_o}{1+\alpha} \cdot D^3 \sqrt{\frac{S}{m_1}} \cdot P \sqrt{P}, \quad \text{kus } C_o = \left(\frac{\pi}{4}\right)^{3/2} \cdot \frac{1}{75\sqrt{D}}$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{F_1}{F_2}} \quad \text{ja} \quad \eta = \frac{m_1 \cdot m_2 \ (1+K^2)^2}{(m_1 + m_2)^2}$$

Sümbolite tähendused:

N — puurvasara võimsus kg m/sek.
D — silindri diameeter sm.
S — kolvi käik sm.
m_1 — kolvi mass, võrdne $\frac{G}{g}$
m_2 — löögisaaja (puuri) mass.
P — suruõhu surve.
K — materjali konstant (taastamiskoefitsient).
F_1 — kolvi pindala, millele surub õhk löögi suunas.
F_2 — . . . . . tagasi liikudes.

Esimesest valemist selgub:

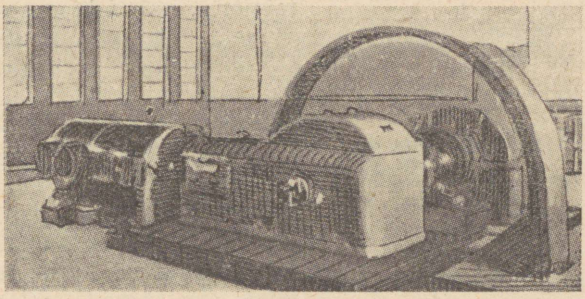
1) perforaatori võimsus on proportsionaalne silindri diameetriga kuubis,

2) perforaatori võimsus oleneb suruõhu survest ja on selle $^3/_2$ astmega proportsionaalne.

Teisest valemist näeme, et kasulikkuse koefitsient suureneb kolvi kaalu vähenemisega, mispärast peab hoiduma raskete puuride tarvitamisest.

Suruõhk ja suruõhu torustik.

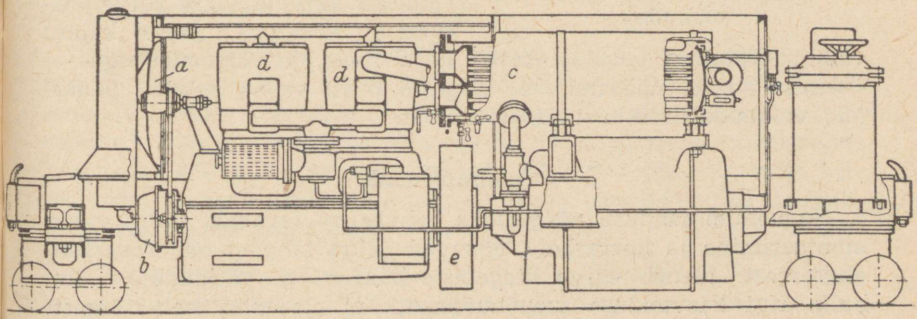
Masinaid, mis töötavad suruõhu-perforaatorite ja teiste pneumaatiliste mehhanismide käitamiseks, nimetatakse kompressoriteks. Kompressoreid valmistatakse kolme erinevat tüüpi:



Joonis 128. Statsionaarne kompressor.

kolbkompressorid, rotatsioonkompressorid ja turbokompressorid. Esimesed kaks tüüpi on leidnud laialdast tarvitamist mäetööstuses. Turbokompressoreid eelistavad suured suruõhu tarvitajad.

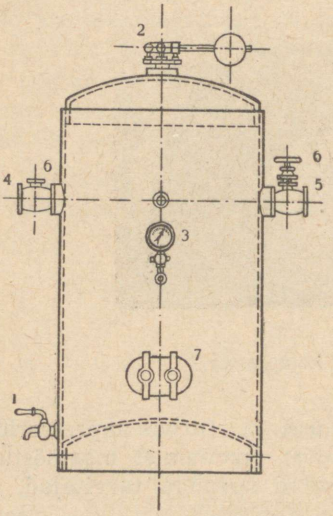
Kompressorid võivad olla statsionaarsed (joon. 128), monteeritud kindlatele alustele, ja liikuvad (joon. 129), asetatud ratastele, mis võimaldab neid viia kaevanduse rööbasteedel töökohtadele.



Joonis 129. Rööbastel liikuva kompressori skeem.

Statsionaarsed kompressorid asetatakse harilikult selleks ehitatud erilisse hoonesse, võimalikult lähemale suruõhu tarvitajatele, šahtide ehk šurfide suudmete lähedusse maa peale.

Kompressoris vähendatakse õhu mahtu, mille tulemuseks on tema surve ja temperatuuri tõusmine. Kokkusurutud õhk jahutatakse ja juhitakse kogujasse, mis on asetatud kompressori lähedusse. Kogujast liigub suruõhk edasihargneva torustiku kaudu üksikutesse etesse, kus asetsevad suruõhku tarvitavad masinad.



Joonis 130. Suruõhukoguja. 1 — veekõrvalduskraan; 2 — kaitseventiil; 3 — manomeeter; 4 — juurdevooluklapp; 5 — äravoolu-ventiil; 6 — kraan; 7 — ava sisemiseks kontrolliks.

Suruõhukoguja (joon. 130) on metallreservuaar, mis on lülitatud suruõhutorustiku võrku ja milles on teatav hulk suruõhku. Kogujas sadestub õhust tolm, õliosakesed, mis on õhku sattunud kompressorist, ja niiskus, mis on ühes õhuga sisse imetud. Ka suruõhu lõplik jahtumine välise temperatuurini toimub kogujas.

Tähtsamaks koguja ülesandeks on tasandada kõikumist, mis tekib mitteühtlase suruõhu juurdevoolu ja tarvitamise tagajärjel. Iga koguja peab olema varustatud: kaitseventiiliga, mille kaudu võib õhk väljuda liigse surve juhtumeil, kraaniga, mille kaudu võib sadestunud vett ja õlisid välja lasta, ja manomeetriga — sisemise surve määramiseks. Kogujal peab olema suletav avaus, mis võimaldab sisemist järelevaatust.

Suruõhutorustik.

Suruõhumajanduse nõrgemaks kohaks on torustik, mille valik, monteerimine ja korrashoid nõuavad suurt tähelepanu. Torustiku olukorrast oleneb surve langemise suurus ja väljaimbuva õhu hulk. Kui kaevanduse suruõhutorustik ei ole tehniliselt õigesti arvestatud või tema üksikud osad on järelevalve puudusel korratus olekus, siis on kogu kaevandustöö vilets ja korratu.

Suruõhutorustiku jaoks tarvitatakse normaalseid (standardseid) terastorusid, mis ühendatakse harilikult äärikute abil. Viimaste tihendus peab olema täiuslik. Peened torud (kuni 50 mm) ühendatakse keermetega muhvide abil. Viimasel ajal on hakatud torusid ühendama kokkukeevitamisega.

Suruõhutorustik peab olema järskude pööreteta. Pöörete raadiused peavad olema võimalikult suured. Üleminekud jämedamatelt torudelt peenematele peavad toimuma pikaldaselt koonusvahelülide abil.

Hargnemisel ühendatakse toru kas ülalt või kõrvalt terava nurga all õhuliikumise suunale. Iga haru peab olema hargnemise juures varustatud ventiiliga, mis võimaldab selle haruliini väljalülitamist, kui sellel ajutiselt puuduvad suruõhu tarvitajad. Kõige peenemad torud ei või olla alla 25 mm.

Torustik peab ulatuma võimalikult lähemale eele selleks, et kummivoolikud, mille abil torud ühendatakse masinaga, tuleksid lühemad.

Suruõhutorustiku monteerimisel ja järelevalvel peab juhtima erilist tähelepanu ühenduste tihenduste korralikkusele. Torud peavad olema seest puhtad, sest kõik võõrkehad ja mustus kantakse õhuvooluga pneumaatiliste tööriistade ja masinate sisemusse, mille tagajärjel viimased muutuvad töökõlbmatuks.

Torustik asetatakse kaevandusõõnsustes võimalikult kõrgele küljeseina lähedale, tõusuga 3—5 mm 1 m peale õhu voolu suunas. Madalamatesse kohtadesse, kuhu võib koguneda niiskest õhust eralduvat vett, asetatakse vee väljalaskmise seadeldised, mis on varustatud selleks kraaniga.

Suruõhu liikumisel torustikus alaneb tema surve. Surve alanemist põhjustavad: 1) liikumise vastupanu torustikus, mis suureneb torustiku läbimõõdu vähenemisega; 2) liikumissuuna muutumine (pööre), mida järsum pööre, seda suurem vastupanu; 3) torude peenemaks muutumine, mis põhjustab õhu liikumise kiirenemist ja vastupanu suurenemist; mida järsumalt see toimub, seda suurem on vastupanu.

Tihti põhjustab surve langemist peenike torustik. Tabelis nr. 6 on toodud surve kaod 1000 m pikkuses erineva jämedusega torustikus mitmesuguse õhuhulga jaoks 6-atmosfäärilise surve puhul. Neid andmeid võib kasutada torustiku valiku arvestamisel.

Tabel nr. 6.

Suruõhu surve kadu atmosfäärides 1000 m pikkuses sirges torustikus.

Sisseimetud õhu hulk m^3/tunnis	Torustiku sisemine diameeter millimeetrites										
	50	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500
200	0,4										
500	2,5	0,2									
1000	—	0,9	0,3	0,1							
1500	—	1,8	0,6	0,2							
2000	—	3,0	1,0	0,3	0,1						
3000	—	—	2,0	0,7	0,3						
4000	—	—	—	1,3	0,5	0,1					
5000	—	—	—	2,0	0,7	0,2					
6000	—	—	—	2,5	1,0	0,3					
8000	—	—	—	—	1,7	0,4	0,1				
10000	—	—	—	—	2,5	0,6	0,2				
12000	—	—	—	—	—	0,9	0,3	0,1			
15000	—	—	—	—	—	1,3	0,4	0,2			
20000	—	—	—	—	—	2,2	0,7	0,3	0,1		
25000	—	—	—	—	—	—	1,0	0,4	0,2	0,1	
30000	—	—	—	—	—	—	1,5	0,6	0,3	0,2	
40000	—	—	—	—	—	—	2,6	1,0	0,5	0,3	
50000	—	—	—	—	—	—	—	1,5	0,7	0,4	0,1

Tabel nr. 7.

Õhutorustiku armatuuri ekvivalentsed pikkused meetrites.

Torustiku sisemine diameeter, mm	25	50	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500
Otsene sulgemisventiil	6	15	25	35	50	60	85	110	140	170	200	260
Nurkne sulgemisventiil	3	7	11	15	20	25	35	50	60	70	85	100
Siiber	0,3	0,7	1	1,5	2	2,5	3,5	5	6	7	8,5	11
Normaalne pööre .	0,2	0,4	0,7	1	1,4	1,7	2,4	3,7	4	5	6	7
Kolmik . . .	2	4	7	10	14	17	24	32	40	50	60	70
Siire ühelt jämeduselt teisele . .	0,5	1	2	2,5	3,5	4	6	8	10	12	15	18

Peale mainitud survekadude torustikus tuleb arvestada kadudega, mida tekitab armatuur ja muud vahelülid. Selleks, et ühtlustada arvestust, asendatakse need ekvivalentse vastupanuga sirgete torudega. Andmed ekvivalentsete torude pikkuse kohta on toodud tabelis nr. 7.

Torustiku arvestusel tuleb valida torude diameeter nii, et surve alanemine torustikus kompressori ja kõige kaugema töökoha vahel väikestel ja keskmistel suruõhu-seadmetel ei oleks üle ühe atmosfääri. Sellejuures tuleb arvestada maksimaalse arvu suruõhumasinate töölerakendamisega.

Toome torustiku arvestuse näite:

Ülesanne: Leida surve kadu torustikus pikkusega 1,5 km ja sisemise diameetriga 100 mm, milles on 10 pöörangut ja üks nurkventiil, kui juhitava suruõhu hulk on 33 m^3 minutis survega 6 at (7 at abs.).

Lahendus: Võtame tabelist nr. 7 ekvivalentsed torupikkused, mis moodustavad võrdsed takistused pöörangutele ja nurkventiilile ja lisame need torustiku üldpikkusele.

$$1500 + 15 + 1 \times 10 = 1525 \text{ m.}$$

Tabelist leidsime, et 100 mm torude nurkventiilile vastab 15 m sirget toru ja ühele pöörangule 1 m sirget toru.

Leiame tabelist nr. 6 torustiku vastupanu vastavalt ülesande tingimustele (d = 100 mm; õhu hulk 33 m^3/min. = 1980 m^3 tun-

nis). Antud õhu hulga arv ei ühtu täpselt tabeli arvuga; võtame lähema suurema arvu, 2000 m^3 tunnis; sellele vastab surve kadu 1,0 at 1000 m peale.

Meie torustikus oleks see:

$$\frac{1}{1000} \cdot 1525 = 1{,}525 \text{ at.}$$

See kadu on võrdlemisi suur. Antud tingimustel tuleb võtta jämedamad torud d = 125 mm.

Tabelist nr. 7 leiame, et selle jämedusega nurkventiilile vastab sirget toru 20 m ja pöörangule 1,4 m.

Torustiku arvestuspikkus on:

$$1500 + 20 + 1{,}4 \times 10 = 1534 \text{ m.}$$

Leiame surve kao, mis on 125 mm torustikus 0,3 at 1000 m peale. Kogu arvestuspikkuse kohta annab see:

$$\frac{0{,}3}{1000} \cdot 1534 \cong 0{,}46 \text{ at,}$$

mis on vastuvõetav. Meile jääb võimalus tarbekorral kas suurendada mõnevõrra õhu hulka või pikendada torustikku.

Puurimistöö organiseerimisest.

Puurimistöö on tähtsam osa lõhketööde kompleksis. Töölised-puurijad omavad kaevanduses juhtivat tähtsust, eelkõige nende tööst oleneb kaevanduse tootmisplaani täitmine ja ettevalmistuskäikude rajamine.

Puurimistööde organiseerimise tähtsamaks ülesandeks on saavutada kõrget tööviljakust.

Tööviljakus oleneb: töölisest enesest ja töötingimustest.

Nõukogude töölised on näidanud tahet saavutada kõrget sotsialistlikku tööviljakust, mille paremaks näitajaks on stahhaanovlik liikumine.

Kõrget tööviljakust võib saavutada ainult siis, kui tööprotsess on õigesti organiseeritud. Õige tööprotsessi aluseks on: 1) töötsükli organiseerimine; 2) õige tööjõu paigutamine; 3) tööpäeva täielik kasutamine; 4) töökoha ettevalmistamine; 5) töönormimine; 6) tööpalk; 7) töökaitse.

Kõikjal kaevandustööstustes töö toimub tsüklitena. Tsükkel koosneb reast tööoperatsioonidest, mille tulemuseks on teatava hulga kaevetise tootmine ehk teataval mõõdul kaevandusõõnsuse edasinihkumine.

Käikude rajamisel koosneb tsükkel järgmistest põhitöödest: puurimine, laadimine ja lõhkumine, tuulutamine, purustatud kaevetiste koristamine, toestamine ja rööbastee jätkamine. Edasi need tööd korduvad samas kindlas järjekorras.

Koristustöödel (tootmistöödel) koosneb tsükkel samuti kindlaist tööoperatsioonidest, milles puurimis- ja lõhketööd peaaegu kõikjal omavad suurt ning otsustavat osatähtsust. Mida kõvemad on toodetavad maavarad, seda suurem osatähtsus on puurimis- ja lõhketöödel.

Eesti põlevkivi- ja fosforiidikaevandustes on puurimis- ja lõhketöödel otsustav tähtsus nii käikude rajamisel kui ka tootmisprotsessis koristustöödel. Olenevalt sellest, kuidas kaevanduses on organiseeritud puurimistööd, täidab kaevandus tootmisplaani. Puurimistöö meie kaevandustes on juhtivaks alaks, seepärast puurijad peavad olema võrreldes teiste kaevandustöölistega eelistatumas olukorras. Nemad on ju ka kõrgema kvalifikatsiooniga oskustöölised.

Mida kiiremini kordub tsükkel, seda kiiremini liiguvad edasi ettevalmistuskäigud, seda suurem on kaevetise toodang koristusetest.

Tsüklit moodustavad operatsioonid (tööd) on üksteisega tihedalt seotud ning olenevad üksteisest. Kui üks neist ei valmi õigeks ajaks, rikneb kogu tsükli normaalne töö ja kogu tööprotsess muutub aeglasemaks. Kui tsükkel kordub igas vahetuses, siis nimetatakse seda töökorraldust ühetsükliliseks, kordudes vahetuses poolteist või kaks korda — poolteise- või kahetsükliliseks jne.

Tsüklilise töötamissüsteemi korral peab tööd korraldama rangelt graafiku järgi, milles on täpselt märgitud, missugune töö toimub igal tunnil.

Kaevandustöödel töögraafik on seadus, millele alluvad kõik tööprotsessid — töögraafikut peab rangelt täidetama.

Puurija töökoht on ees nii tootmistöödel kui ka käikude rajamisel. Esi, kus toimub puurimistöö, peab olema varustatud kõigega, mis töötamisel vajalik (perforaatorid, puurid, voolikud, ventilaator jne.).

Töökohta peab teenindama nii, et puurijal oleks võimalus töötada stahhaanovlikult. Töölised peavad olema paigutatud kooskõlas töökohtade graafikutega ja kogu kaevanduse tööde plaaniga.

Esi, kuhu saadetakse puurija tööle, peab olema korras, s. o. kõik eelmised tööd peavad olema lõpetatud, esi toestatud, nõuta-

valt tuulutatud ja puhastatud kõigest liigsest, mis tööd võiks takistada.

Kui puurimist alustatakse laias ees (koristustöödel), kus korraga toimub mitu tööprotsessi, peab olema valmistatud töö alguseks teatav rinne, kus puurija võib viibimata tööle hakata.

Enne tööalgust peab puurija kontrollima, kas perforaator, suruõhuvoolikud, lähedane torustik ja kraanid (ventiilid) on korras.

Elektripuuridega töötades peab samuti kontrollima tööalguses elektrijuhtmeid ja aparatuuri.

Suruõhu-perforaatorite töövõimsus oleneb täielikult korralikust õhusurvest, mis ei või laskuda töökohal alla 5 at.

Tähtsamaks tingimuseks puurijate töö korraldamisel ja tööjõu paigutamisel on: 1) puurijale alalise töökoha tagamine (üks või rohkem esi), 2) igale puurijale alaliste tööriistade (perforaatori jne.) pidevaks töötamiseks kinnistamine, ilma et keegi teine võiks neid kasutada tema puhkeajal.

Tuleb hoiduda puurijaid kõrvalistele ja abitöödele suunamast.

Töötades normaalsetes oludes puurija töö sisaldab järgmisi elemente:

1) puurimine,
2) puurimismasina eesse ülesseadmine ja lahtivõtmine,
3) puuride vahetamine,
4) puuraukude puhastamine,
5) puhkus.

Kaevandustest saadud andmed näitavad, et puurimiseks ei tarvitata üle 50—55% ajast, ülejäänud aeg kuulub p-des 2, 3, 4 märgitud töödele ja ka pahatihti säärastele, mida peavad tegema vähema oskusega abitööjõud. See näitab, kui suured võimalused on meie kaevandustes tõsta puurijate tööviljakust.

Kinnitan.
2. 07. 1945. Nr. 86.

Vihalem
Eesti NSV töö rahvakomissar.

JUHEND LÕHKEAINETE HOIDMISE JA TARVITAMISE KOHTA.

I. Mäetööstuses tarvitatavate lõhkeainete hoidmine.

§ 1. Ladudes hoida ja mäetööstuslikuks otstarbeks kasutada võib ainult niisuguseid padruneeritud lõhkeaineid, millede koostis ja omadused on täpselt teada ja mis käesoleva juhendi lisas nimetatud.

Mäetehniline Inspektuur võib lubada ka muid lisas nimetamata lõhkeaineid kasutada, kui selleks on olemas mõjuvad põhjused ja kui nende tarvitamine on küllalt ohutu.

Vastavalt iga lõhkeaine rühmale peab padruni kestal (pakendil) olema mustavärviline vabriku märk, mille vorm on kinnitatud Riikliku Mäetehnilise Inspektuuri poolt ja peale selle peab olema padruni pakendi värv:

a) kivisöe lõhkumisel gaasis ja orgaanilises tolmus ohututel lõhkeainetel — kollane,

b) ohututel lõhkeainetel, kuid aheraines tarvitatavatel — sinine,

c) lõhkeainetel gaasi ja tolmu poolest mitte ohtlikkudes maa-alustes kaevandustes tarvitatavatel — valge,

d) lõhkeainetel lahtistes kaevandustes töötamisel tarvitatavatel — punane.

A. Maapealsed laod.

§ 2. Lõhkeained hoitakse erilises laos, millega mõistetakse ka ladude rühma, mis asub ühel isoleeritud territooriumil. Lõhkeainete laod jagunevad müüma- ehk põhi- ja kaevanduste ehk tarvitamisladudeks.

a) Müüma- ehk põhiladude all mõeldakse ladusid, mis varustavad lõhkeainetega kaevanduste ehk tarvitamisladusid. Nendes on ka keelatud lõhkeainekastide avamine ja samuti lõhkeainete väljaandmine minööridele. Kui selgub, et lõhkeainete transportimisel on mõni kast avatud või rikutud, peab seda aktiga tõestatama. Kastide avamised lõhkeaineproovide võtmiseks peavad toi-

muma väljaspool põhilaohoonet, mitte vähem kui 25 m kaugusel eriruumis või katusealuse all. Pealaod võib ehitada maapealsetena, süvendatutena maa sisse, või maa-alustena.

b) Kaevanduste ehk tarvitamisladudest varustatakse lõhkeainetega kas samasuguseid ladusid, mis asuvad lähemal lõhketöödele, või antakse lõhkeained otseselt välja minööridele ja nende abilistele.

Kaevanduste ehk tarvitamislaod ehitatakse maapealsetena, poolsüvendatutena või täiesti maa sisse süvendatutena ja maa-alustena. Nad võivad olla:

1) alalised, kestusega üle 2 aasta,
2) ajutised, kestusega kuni 2 aastat,
3) lühiajalised, kestusega kuni 3 kuud.

§ 3. Põhi- ja tarvitamisladude ja üksikute lõhkeainete hoiuruumide ehitus ja rekonstrueerimine võimaldatakse TT Miilitsa organite ja tuletõrje järelevalve loal projektide alusel, mis on heaks kiidetud Riikliku Mäetehnilise Inspektuuri poolt.

Ladusid võib avada Eesti NS Vabariikliku TT Miilitsavalitsuse loal.

Loa taotlemine toimub korras, mis on kindlaks määratud TT Miilitsa organite poolt.

§ 4. Igas laos on lubatud hoida lõhkeaineid mitte rohkem sellest hulgast, milleks on antud luba TT Miilitsa organite poolt.

§ 5. Olemasolevad, uuestiehitatud või ümberehitatud laod ja lõhkeainete hoiukohad peavad olema registreeritud kohalistes TT Miilitsa organites ja ettevõte, kellel on lõhkeainete ladu, peab omama kirjalikku luba, mis on saadud § 3 ettenähtud korras.

Need load antakse välja laoülevaate-komisjoni aktide alusel; see komisjon koosneb TT Miilitsa organi (eesistuja), tuletõrje järelevalve ja Riikliku Mäetehnilise Inspektuuri esindajatest, millest võtab osa ka lubataotleva majandusliku organisatsiooni esindaja. Seda luba peab alati hoitama laos ja peab ette näidatama järelevalve-isikutele, kes ladu külastavad, esimesel nõudmisel.

Laos peab olema inspektsiooni raamat, kuhu Riikliku Mäetehnilise Inspektuuri esindajad lao revideerimisel sisse kannavad nende poolt tehtud märkused ja ettepanekud läbiviimise tähtaegadega ja märkmed selle kohta, kas ja millal on nende poolt tehtud korraldused täidetud, ja kui see ei ole toimunud, siis põhjuste ettetoomine, mis on takistanud korralduste täitmist.

Samasse raamatusse kantakse ka märkused, mis on tehtud kõrgemalseisvate organisatsioonide esindajate poolt.

§ 6. Põhiladude asutamisel peab täidetama järgmised nõuded:

a) asukoha asend peab võimaldama lahedat liikumist üksikute ladude vahel, dreneerimis- ja pinnavete kõrvaldamist;

b) laod peavad võimalikult ümbritsetud olema lehtpuumetsaga või nende asukoht peab omama vastavat reljeefi, mis kergendaks nende maskeerimist õhuluure puhul, kaitseks tule levimise vastu ühe lao juurest teise juurde ja takistaks lao plahvatuse puhul lööklaine edasipaiskumist.

Ladude ehitamisel peab arvestama õhutõrjega, et laod oleksid paremini kaitstud õhurünnakute vastu.

§ 7. Kõik uuesti-püstitatavad põhi- ja tarvitamislaod nitroglütseriini sisaldavate lõhkeainete jaoks peavad olema varustatud kütteseadmega, mis asub lõhkeaine hoiukohast tulekindla müüriga eraldatud ruumis; soe õhk viimasest ruumist pääseb lõhkeainete hoiuruumi ainult läbi aukude, mis on kaetud võrguga.

Kütmist lubatakse korraldada vee, auru või elektri abil.

Lõhkeainelao temperatuur peab olema 15—20°C piirides.

Ainult mõnedel üksikutel juhtudel võib Riikliku Mäetehnilise Inspektuuri nõusolekul sellest (§ 7) nõudmisest, arvestades kohalikkude oludega, teha mõningaid kõrvalekaldumisi.

§ 8. Iga eri rühma kuuluvaid lõhkeaineid peab põhilaos hoitama eraldatud hoones või maa-aluse lao kambris. Vahekaugus kahe naaberlao vahel, kui nende ümber on olemas vallid, peab olema:

a) lõhkeaineladude vahel mitte vähem kui 200 m;

b) lõhkumisvahendi-lao kaugus lõhkeainelaost 50 m.

Kui ladudel vallid puuduvad, siis suurenevad ladude-vahelised kaugused kolmekordselt. Nitroglütseriini sisaldavate lõhkeainete ja püssirohtude laod peavad tingimusteta olema ümbritsetud vallidega.

Ühes laos võib hoida mitmesse rühma kuuluvaid lõhkeaineid ainult harukordsetel juhtudel, kui on tegemist tarvitamis- või kaevanduslaoga ja kui selleks on nõusoleku andnud Riiklik Mäetehniline Inspektuur, kusjuures tuleb kinni pidada järgmistest tingimustest:

a) laod ei tohi sisaldada rohkem lõhkeaineid, kui on lubatud neis hoida;

b) laos ei tohi hoida lõhkekapsleid ega elektrisütikuid üle 10 000 tüki, kusjuures kastid nendega tuleb üles laduda riiulitele välisseina juurde;

c) erinevaid lõhkeaineid tuleb hoida eri ruumides või maa-alustes kambrites, mis eraldatud teineteisest tiheda telliskivi- või betoonseinaga, mille paksus on vähemalt 25 sm.

§ 9. Maa-ala, kus peal asuvad lõhkeainelaod, peab olema ümber piiratud okastraataiaga, kõrgusega mitte vähem kui 2 m, või kindla tiheda planguga, kõrgusega mitte vähem kui 2,5 m, mille ülemist äärt mööda on tõmmatud okastraat või millesse on löödud sagedasti raudnaelad terava otsaga ülespoole. Piirde kaugus lähemast lõhkeainelaost peab olema mitte vähem kui 40 m. Piirdeks juurdesõidu-tee kohal peab olema värav või uks, millel lukk ees ja mille võtmed peavad olema lõhkeainelao valveülema käes.

§ 10. Laoplatsil ja ka 100 meetrit selle ümber peab okaspuumets olema maha raiutud ja kuiv hein ning teised kergestisüttivad ained kõrvaldatud.

§ 11. Lõhkeainelao katused peavad olema tehtud tulekindlast materjalist ja maskeeritud kaitsevärviga vastavalt ümbritsevale maastikule õhukaitse nõuete kohaselt.

§ 12. Sissekäigu-uksed lõhkeainelao eeskotta tehakse kahekordsed: välisuks on tihe, seesmine — restitaoline. Uksed maapealsetes ladudes peavad olema tehtud akende asukoha vastaspoolsesse külge.

§ 13. Lõhkeainete hoiuruumidel peavad olema väljatõmbetorud siibritega või reguleeritavate klappidega ruumide tuuletamiseks.

§ 14. Kõik laouksed ja -aknad peavad lahti käima väljapoole. Aknahinged, riivid, lukud jne. võivad olla rauast, kuid kaetud emailvärviga.

§ 15. Lõhkeaineladude hoonete põrandad peavad olema asfaldist või puust (tuulutamisvõimalusega põranda all). Ajutistes ladudes võivad olla muldpõrandad, kuid puust kattega. Püssirohu-ladudes peab põrand olema kaetud mattidega või presendiga, mis peale töö lõppu tuleb väljaspool ladu tolmust puhastada.

§ 16. Lõhkeainete kastid peavad olema paigutatud riiulitele kaantega ülespoole. Süütenöör võib olla ka virnades, kuid vahedega kastide ja virnade vahel, mis võimaldavad nende tuuletamist. Riiulite või virnade vahele peab jäetama läbikäik laiusega mitte vähem kui 1,3 meetrit. Ülemise riiuli kõrgus põrandapinnast peab olema nitroglütseriini-sisaldavate lõhkeainete, kapslite, elektrisütikute ja detoneeruva nööri paigutamisel mitte üle 1,65

meetri, ja muude süütamisabinõude paigutamisel mitte üle 2 meetri.

Riiulite kinnitamiseks ladudes, kus hoitakse nitroglütseriinisisaldavaid lõhkeaineid ja püssirohtu, peavad naelad ja poldid olema metallist, mis ei anna sädet; kui aga seda ei ole saadaval, siis peavad naelte ja poltide pead olema asetatud puusse, kaetud värnitsaga ja kititud. Niisamuti peavad säärastes ladudes lukud, riivid, konksud ja teised hõõrduvad osad olema vasest, pronksist või alumiiniumist.

Teiste lõhkeainete ja süütamisvahendite ladudes võib tarvitada samaks otstarbeks ka raudosi.

§ 17. Lõhkeainete laoruumid peavad olema sedavõrd avarad, et lõhkeainete kastid ei oleks liiga tihedalt teine-teise kõrvale asetatud, mis takistaks nende mahavõtmist ja riiulile panemist. Lõhkeainete kastid, samuti ka riiulid, peavad olema paigutatud vähemalt 20 sm kaugusele seinast. Kastide vahe peab olema vähemalt 4 sm. Kastide pealkirjad peavad olema väljapoole.

§ 18. Iga lao eeskojas peavad olema matid jalgade puhastamiseks ja tugevad madalad kantavad trepid riiuleilt tolmu pühkimiseks, lõhkeainekastide riiulile panemiseks ja sealt mahavõtmiseks. Püssirohu-ladudes peavad olema ka pehmed (vildist) jalanõud.

§ 19. Temperatuuri jälgimiseks lõhkeainelaos peab seal olema termomeeter; samuti peab olema laos hügromeeter õhu niiskuse järelevalvamiseks.

Lõhkeainelao juhataja peab regulaarselt iga öö-päeva kohta üles kirjutama laos oleva temperatuuri ja niiskuse arvud.

§ 20. Lõhkeaineladudes ei ole lubatav peale lõhkeaine vastuvõtmise ja väljaandmise tervete kastide viisi teha mingisuguseid teisi töid. Kastide lahtipakkimine peab toimuma selleks eriti määratud kohal (§ 2). Kui on vaja laos teha remonti või teostada ümberehitusi, peab ladu lõhkeainetest ajutiselt vabastatama. Laos, kus on tegemist nitroglütseriini sisaldavate lõhkeainetega või püssirohuga, peab lõhkeainekastide avamisel või kinnipanemisel tarvitama vasest tööriistu (vasar, kruvikeeraja jne.). Kastide avamine ja lahti- või kinnipakkimine peab toimuma presendi peal.

Ladudes, kus hoitakse peamiselt ammonsalpeetrit-sisaldavaid lõhkeaineid, võib tarvitada kastide avamisel ka rauast tööriistu. Lõhkeainekastide lahti- ja ümberpakkimist võivad toimetada ainult minöörid, kes sellistena on töötanud vähemalt ühe aasta.

§ 21. Üksikute põhiladude hoiuruumidesse ei või mahutada üle 70 tonni nitroglütseriini-sisaldavaid lõhkeaineid ja püssirohtu,

240 tonni peamiselt ammonsalpeetrit-sisaldavaid ja teisi lõhkeaineid,

120 tonni (bruto) lõhkeainete süütamise vahendeid.

§ 22. Põhiladudes ei tohi hoida lõhkeaineid suuremal määral, kui seda tarvitada võivad ettenähtud plaani kohaselt need ettevõtted, keda teatav põhiladu nelja kuu vältel on kohustatud lõhkeainetega varustama. Kui põhiladu asub liiga kaugel raudteejaamast, siis võib laos hoida lõhkeainet vastavalt kaevanduste 6 kuu tarvitusele. Lõhkeaineid, milledel on olemas garanteeritud iga, ei tule hoida üle selle ea ilma vastava proovikatseta.

§ 23. Põhilaod peavad asuma väljaspool ehituste territooriumi ja peavad olema:

a) üksikutest hoonetest, suurtest ja külavahelistest teedest mitte vähem kui 400 meetri kaugusel;

b) lähematest raudteedest (välja arvatud raudteed lao juurde), laevasõiduks kõlblikkudest jõgedest ja kanalitest mitte vähem kui 800 meetri kaugusel;

c) riikliku tähtsusega ehitustest (jaamahoonetest, sildadest, tunnelitest jne.) mitte vähem kui 1500 meetri kaugusel;

d) elamute rajoonide piiridest, vabrikute, tehaste, raudteejaamade ja kõrgepinge-liinide piirkonnast mitte lähemal kui 1500 meetrit;

e) kergestisüttivate materjalide ladudest mitte vähem kui 3000 meetri kaugusel;

f) lõhkeainelaost kuni vahiruumini mitte vähem kui 200 meetrit.

Märge: Kui on olemas lõhkeaineladude ümber loomulikud takistused (mäed, kõrge mets) võib äärmist kaugust lõhkeainelaost kuni ümbritsevate ehitusteni Riikliku Mäetehnilise Inspektuuri nõusolekul vähendada, kuid mitte rohkem kui poole võrra.

§ 24. Põhilao ja teised lõhkeainelao hooned peavad olema ehitatud tulele vastupidavalt lahjast betoonist, milles kruusa terad ei ole suuremad kui 2 sm.

Üksikutel juhtudel Riikliku Mäetehnilise Inspektuuri nõusolekul ja tuletõrje järelevalve-organite loal võivad põhilaohooned olla telliskivist, kivist, betoonkivist, palkidest ja kahekordse laudseina näol, mille vahed on täidetud lahja betooniga või saepuruga,

mis on hoolsalt läbi immutatud vedela lubjapiimaga. Kõik puust ja laudadest tehtud seinad peavad olema kaetud tulekindla värviga või krohvitud nii seest- kui ka väljastpoolt. Laopõrandad peavad olema tasased, ilma pragudeta. Ladu peab olema nii ehitatud, et õhu soojus ei saaks nendes tõusta üle 30° C. Laoruumid peavad olema kaitstud nendesse niiskuse sattumise eest (põhjaveest ja teistel põhjustel).

Puhtusehoidmiseks peavad seinad olema seestpoolt lubjatud; kui seinad on kivist, siis peavad veel kivide vahed olema tasandatud.

Laoruumide suuruse järgi võib seal olla 2 kuni 4 väljapääsu; kui aga lattu mahub vähem kui 20 tonni lõhkeaineid, võib olla ka üks väljapääs. Kahel äärmisel väljapääsul laohoonest peavad olema tulekindlad eeskojad mõõtmetega mitte vähem kui 3×4 m^2.

Teised väljapääsude eeskojad võivad olla ehitatud katusealusena tulekindlatel postidel, kusjuures katus on samast materjalist mis peahoonelgi.

Igal väljapääsul laost peab olema kolm kahepoolega ust, mis väljapoole lahti käivad; kaks nendest viivad väljastpoolt eeskotta ja kolmas eeskojast lattu. Esimene (välispoolne) uks õuest eeskotta peab olema tihe, millele on löödud vilt ja selle peale raudplekk, mis kaetud kaitsevärviga; teine uks väljastpoolt eeskotta on restitaoline. Uks eeskojast lattu peab olema tihe. Ukse avause laius peab olema vähemalt 1,4 m ja kõrgus vähemalt 2,25 meetrit. Sissekäigud lattu peavad olema asetatud vallisolevate avauste vastu. Aknaraamid võivad olla ühe- või kahepoolsed või osaliselt ka kinnised. Laohoonete katused peavad olema kerge konstruktsiooniga ja nendes üheraamilised aknaavaused, mis on kaetud traatvõrguga. Sissepääs pööningule peab olema võimaldatud katuseakna kaudu redeli abil.

§ 25. Maapealsed lõhkeainete tarvitamislaod võivad olla rühmitatud kuude klassi järgmise äärmise mahutavusega kilogrammides:

Klass	I	II	III	IV	V	VI
Mahutavus kg-des	250	500	2000	8000	16 000	32 000

Kui hoitakse laos 62% dünamiiti või võimelt võrdseid lõhkeaineid, siis mahutavus igas klassis väheneb $^1/_3$ võrra.

§ 26. Olenevalt sellest, millisesse klassi on arvatud lõhkeainelaod, peavad olema ka nende äärmised kaugused meetrites mit-

mesugustest hoonetest ja ehitustest, nagu see nähtub järgmisest tabelist:

Minimaalsed kaugused meetrites lõhkeaineladudest kuni	Ladude klassid					
	I	II	III	IV	V	VI
1) Kergestisüttivate lõhkeainete ladudeni ja lõhkeainete vabrikuteni	300	500	750	1000	1500	2000
2) Raudteele võõrandatud riba, linna, töölisasula ja teiste elamute rajooni piirideni, vabrikuteni, tehasteni, raudteejaamadeni ja teiste hooneteni, kaevandusteni ja kõrgepingeliinideni	200	250	500	750	1000	1250
3) Üksikute elamuteni, suurte ja külavaheliste teedeni, laevakäiguks kõlblikkude jõgedeni ja kanaliteni	150	200	300	350	400	400
4) Alaliste tarvitamisladude valveruumideni	50	75	100	125	150	200

Lõhkeainelao kaugust kuni kõrgepingeliinini võib ümbruskonna reljeefi (mäed ja m.) ja teiste heade tingimuste juures Riikliku Mäetehnilise Inspektuuri nõusolekul ja TT Miilitsa organite ja tuletõrje järelevalve loal vähendada.

Kui lõhkeainelao ümbruses on loomulikke tõkkeid (mäed, kõrge mets), võib nõutavaid äärmisi kaugusi lõhkeaineladudest kuni ümbritsevate esemeteni Riikliku Mäetehnilise Inspektuuri nõusolekul vähendada, kuid mitte rohkem kui kahekordselt.

§ 27. Iga lõhkeaine tarvitamislaohoone peab koosnema:

a) ruumist lõhkeaine mahutamiseks,

b) eeskojast, kus lõhkeainet välja antakse või jagatakse. Peale selle lubatakse ehitada eriruum või seada eeskotta kapp minööride tühjade kottide hoidmiseks.

§ 28. Lõhkekapsleid ja elektrisütikuid, üldises arvus mitte üle 6000 tüki, lubatakse hoida ettevõttes eneses, kuid mitte eluhoones, kuivas mitteköetavas ruumis, erilises kapis, mis on lukustatud ja plommitud lõhkeainete väljaandja poolt, kusjuures peavad olema abinõud kukkumiste ja löökide vastu.

Ühes lõhkekapslitega võib hoida ka 600 ringi süütenööri ja 650 m detoneeruvat nööri. Kui hoones on olemas elekter, siis tuleb see välja lülitada.

§ 29. Lõhkekapslite ja elektrisütikute kaste võib hoida riiulitel ainult ühel real (mitte üksteise peal). Riiulid peavad olema kaetud vildiga ja sellele peab olema löödud present või see peab olema kaetud mitte vähem kui 3 mm paksuse kummiplaadiga.

§ 30. Lõhkekapsleid ja elektrisütikuid on lubatud välja anda ainult lao eeskojas, seejuures lõhkekapslid tuleb asetada lauale, millele on kinnitatud vilt, present või kummiplaat (§ 29) ja milledel on ülespoole keeratud ääred.

§ 31. Kui selgub, et lõhkekapslitel ja elektrisütikutel on vabrikupakend rikutud, siis peab neid kastidest välja võtma väljaspool ladu katuse all (§ 2) vildil, presendil või vastaval laual (§ 30).

§ 32. Ajutised lõhkeainete laohooned ehitatakse kõrgemates ja kuivemates kohtades ja võivad olla laud-, savi- või koobasehitused. Lubatakse kasutada lõhkeainete hoidmiseks ka muid hooneid (mitte eluhooneid), korralikke kuure, koopaid ja teisi olemasolevaid ruume, kusjuures aga kõik ahjude ja pliitide avaused peavad olema hoolsalt kinni müüritud. Ammonsalpeetrit-sisaldavad lõhkeained peavad olema niiskuse eest kaitstud ja neid peab olema võimalik hästi tuulutada. Ladudel peavad olema laudpõrandad.

§ 33. Ajutised lõhkeainelaod peavad asuma ehitistest sama kaugel kui teised lõhkeainelaod, vastavalt § 26 normidele.

§ 34. Lõhkumisvahendite hoidmiseks üle 6000 kapsli või elektrisütiku ehitatakse eri koopad või kasutatakse vanu, mitte lähemal kui 25 m kaugusel ajutisest lõhkeainelaost. Koobas peab olema kuiv; selles võib hoida ka teisi lõhkumisvahendeid, iga sort eraldatud kastides.

Kui lõhkekapslite või elektrisütikute arv ei ületa 6000 tükki, siis võib neid hoida lõhkeainelaos lukustatud puukapis riiulitega, mis on kaetud vildiga või kummiplaadiga, kusjuures see osa ruumist, milles asub kapp, peab olema eraldatud tulekindla seinaga, paksusega mitte vähem kui 25 sm.

§ 35. Ajutise lao piire, mis asub vähemalt 40 m kaugusel laost enesest, võib olla tehtud laudadest või teivastest. Vallid peavad olema ainult nitroglütseriini-sisaldavatel lõhkeaineladudel.

§ 36. Ajutistel ladudel peab olema elektri-signalisatsioon või alarmkell.

§ 37. Kõik muud nõuded on ajutiste ladude suhtes samad mis alalistel ladudelgi.

§ 38. Juhul, kui lõhketööd omavad liikuvat iseloomu, on lubatud ehitada laudadest kergesti-lahtivõetavaid vihma ja niiskuse vastu kaitstud ladusid, milledes võib hoida mitte üle 3000 kg ammonsalpeeter-lõhkeaineid, 15 000 lõhkekapslit või elektrisütikut ühes tarvilise arvu süütenööri ja 600 m detoneeruva nööriga; seejuures lõhkumisvahendeid peab hoidma erilaos mitte lähemal kui 25 m kaugusel lõhkeainelaost.

§ 39. Lühiaegsed lõhkeainete hoidmise punktid mitte kauemaks kui 90 päevaks võivad olla telkides või koobastes, mis kaitsevad lõhkeainet vihma ja päikesekiirte eest. Lõhkeainekastid peavad olema asetatud alustele, mitte aga otsekohe maa peale ja peavad olema presendiga pealt kaetud; niisugustes punktides võib hoida lõhkeainet mitte üle 250 kg ammonsalpeetri-sisaldusega ja 1000 tükki lõhkekapsleid või elektrisütikuid vastava hulga süütenööriga, kusjuures detoneerimisabinõud peavad olema lukustatavas puukastis, mis on seest löödud vildiga või pehme materjaliga ja mis asub lõhkeainetele mitte lähemal kui 2 m.

Lõhkeainete hoidmise punktid peavad olema elamutele, tööliste paigutamise kohtadele, suurtele maanteedele ja raudteedele mitte lähemal kui 100 m ja lõhketöödele — mitte vähem kui 200 m. Punkt peab piiratud olema teivasaiaga või okastraadiga.

§ 40. Kõiki nitroglütseriini-sisaldavaid lõhkeaineid ja püssirohte peab hoitama ladudes, mis on ümbritsetud mullavallidega. Mullavallid võivad ära jääda ammonsalpeetrit-sisaldavatel lõhkeaineladudel, kui on kinni peetud nõutavatest äärmistest kaugustest lõhkeaineladude vahel (§ 23, 26). Mullavallid peavad olema 1,5 m kõrgemad lõhkeainelao hoone karniisist; valli ülemine laius peab olema vähemalt 1 m, alumine laius määratakse kindlaks selle materjali loomuliku kallaku nurga alusel, millest koosneb mullavall. Valli alumise ääre ja laohoone vahe peab olema 1 m ja mitte rohkem kui 3 m, kusjuures sellesse vahesse peavad mahtuma vee- ja drenaažikraavid. Vallis peab olema küllalt avar väljumisavaus, mille ees on vähemalt 1 m kaugusel, lugedes mõlema valli alumisest äärest, kaitsevall (traavers) samade mõõtmetega kui ümbritsev vall. Selle kaitsevalli pikkus peab ülalt mõõtes olema vähemalt 4 m suurem kui vallisoleva avause laius.

§ 41. Kõik lõhkeainete hoidmise põhi- ja alatised tarvitamislaod peavad varustatud olema täiesti korras olevate piksekaitsetega kehtivate instruktsioonide kohaselt.

Riiklik Mäetehniline Inspektuur peab piksekaitse püstitamiseks andma vastavad instruktsioonid ja võimalikult üks kord aastas, vastavate ametnikkude kaudu, piksekaitseid üle vaatama ja nende tegevust kontrollima.

§ 42. Lõhkeainete hoiuruumidel peavad olema väljatõmbetorud siibritega või drossel- (kägi) klapiga, mis tagavad nende tuulutamist.

§ 43. Lõhkeainete laoruumid peavad olema nii valgustatud, et oleks võimalik lugeda kastide pealkirju. Päikesepoolsed aknad peavad olema tuhmklaasist või kaetud valge värviga. Aknad peavad varustatud olema tiheda raudvõrega ühes võrguga, mis kaetud heleda emailvärviga. Püssirohulaos peavad akendel olema veel välisluugid, mis väljastpoolt on löödud raudplekiga vildi peale; luugid peavad olema värvitud kaitsetoonis õlivärviga.

Lõhkeaineruumide valgustamiseks võib tarvitada nii kantavaid kui ka alatisi valgusallikaid. Kantav valgustusabinõu võib olla ka elektri-akumulaator; kuid alatiseks valgustusseadmeks võib kasutada ainult elektrit, kusjuures valgustusallikas oleks ise väljaspool hoonet ja valgustaks ruume ainult läbi akna. Elektrijuhtmed ja lülitusseade võivad olla pinge puhul alla 220 V seina välispoolsel küljel. Juhtmed peavad olema hästi isoleeritud ja paigutatud metalltorudesse. Lülitusseadet peab hoitama lukustatud kastis. Ladudes, kus hoitakse elektridetonaatoreid, ei või elektriliin laohoone välisseinale lähemal olla kui 1 m. On keelatud igasugune elektrijuhtmete viimine üle lõhkeaineladude.

B. Maa-alused laod.

§ 44. Maa-alustes kaevandustes on lubatud lõhkeaineid hoida selleks ehitatud eri ladudes, mis koosnevad mitmest kambrist. Äärmine lõhkeainelao maht ei tohi ületada 3 öö-päeva kaevanduse tarvitust. Ühe kambri maht ei või olla suurem kui 1000 kg.

Nitroglütseriini kuni 62% sisalduse puhul võib lõhkeaineid ühes kambris hoida ⅓ võrra vähem, kui eelmises lõikes on lubatud.

Üle selle määra lõhkeaineid hoida maa-aluses laos võib ainult Riikliku Mäetehnilise Inspektuuri nõusolekul.

§ 45. Lõhkeainelao kambrid peavad olema paigutatud nii kaugele teineteisest, et lõhkemine ühes ei põhjustaks detoneerumist teises; see kaugus peab olema vähemalt 50 m. Lõhkeainete kambrite paigutamine igal üksikul juhul peab toimuma Riikliku

Mäetehnilise Inspektuuri nõusolekul, kusjuures peab kinni pidama järgmistest nõuetest:

a) lõhkeainelao kaugus šahtist peab olema vähemalt 100 m ja teistest kambritest, mis asuvad šahti läheduses, mitte vähem kui 50 m;

b) lõhkeainelaod peavad olema eraldatud tervikuga lähematest käikudest, mida mööda liiguvad inimesed; selle terviku paksus peab olema vähemalt 25 m;

c) ladu peab olema vähemalt 60 meetri kaugusel tuulutamisustest, mille purustamine võiks võimatuks teha värske õhu juurdevoolu kogu kaevandusse või suurematesse kaevanduse osadesse;

d) laod ei või olla otseses ühenduses peakäikudega, vaid peavad ühendatud olema viimastega käikude abil, mis moodustavad vähemalt 3 käänakut 90° nurkadega; iga käänakukäigu läbilõige peab olema vähemalt 4 m^2 ja lõppema ummikkäiguga, mille pikkus vähemalt 2 m;

e) lõhkeainelao sügavus maapinnast peab olema mitte vähem kui 30 m; kui see aga on väiksem, siis võib ladu paigutada maa alla ainult Riikliku Mäetehnilise Inspektuuri nõusolekul, kusjuures maapind lõhkeainelao kohal kui ohtlik peab vastavas suuruses olema eraldatud traataiaga.

§ 46. Maa-alused lõhkeainelaod peavad koosnema mitte vähem kui viiest kambrist:

a) lõhkeaine hoidmiseks;

b) lõhkumisvahendite hoidmiseks;

c) lõhkeaine väljaandmiseks;

d) süütemasinate ja minööride paunade hoidmiseks;

e) süütenööri ühendamiseks kapslitega või elektrisütikute proovimiseks ja kontrollimiseks.

Märge: On lubatud ehitada maa-aluseid lõhkeaineladusid lihtsustatud skeemi alusel, kui selleks on saadud nõusolek igal üksikul juhul Riikliku Mäetehnilise Inspektuuri poolt.

§ 47. Kõik kambrid peavad olema toestatud telliskivimüüriga või betooniga. Üksikutel juhtudel Riikliku Mäetehnilise Inspektuuri nõusolekul on lubatud toestada lõhkeaineladusid ka puuga, kusjuures puu kaetakse tsementkrohviga raudvõrgul, mille paksus ei oleks vähem kui 5 sm.

§ 48. Lõhkeainelao kambrites ja selle juurde viivates käikudes peab olema elektrivalgustus, kusjuures lampide pesad on viimastes paigutatud lakke; sellega valgustatakse nii käigud kui ukse-pealse akna läbi ka iga ladu ise elektrilambist tuleva viltulangeva

valgusejoaga. Kui statsionaarset valgustust laos ei ole, siis võib seda valgustada ka kantavate elektriakumulaatorlampide või mõne muu lambi abil, mille tuli on ümbritsetud läbipaistva tulekindla kattega. Viimase süütamine ja kustutamine on laos kui ka lähemates käikudes keelatud.

§ 49. Käigud, mis ühendavad lõhkeaineladusid teiste käikudega, peavad olema nii paigutatud, et minöörid, kes lähevad lõhkeaine järele, ei satuks vastu nendele, kes laost lõhkeainet viivad.

§ 50. Igasuguste hoonete ja kaevanduse käikude paigutamine pealpoole maa-aluste lõhkeainete ladusid on keelatud.

§ 51. Maa-aluste lõhkeaineladude ruumidel peavad olema tuulutamisseadmed.

§ 52. Lõhkeainete paigutamine maa-alustes ladudes riiulitele toimub samuti, kui see on ette nähtud maapealsetes ladudes.

II. Lõhkeainete vedu.

1. Üldeeskirjad.

§ 53. Lõhkeainete vedu raudteedel ja veeteedel peab toimuma teede-, jõgede- ja meretranspordi rahvakomissaride eeskirjade kohaselt lubade alusel, mis on välja antud Tööliste ja Talupoegade Miilitsa organite poolt, vedu maanteedel aga eeskirjade kohaselt, mis toodud allpool § 57—72.

§ 54. Lõhkeainete vedu vabrikutest ja põhiladudest tarvitamisladude juurde peab toimuma mitte teisiti, kui samas korralikus ja plombeeritud pakendis, milles nad on välja saadetud valmistava vabriku või põhilao poolt. Ilma vabriku plommita võib vedada põhiladudest lõhkeainet tarvitamisladudesse ainult niisuguseis kastides ja pakendeis, milledest põhiladudes võeti lõhkeaineid proovide tegemiseks.

§ 55. Lõhkeainete vedu tarvitamisladudest töökohale peab toimuma peale kastide avamist lahtisel kujul, kuid pakendites, mis teevad võimatuks lõhkeaine laialipuistamise veo ajal ja ühtlasi tagaksid, et vedu toimub ohutult.

§ 56. Lennukiga võib vedada nimelt ammonsalpeetri-lõhkeaineid vabriku pakendis.

2. Lõhkeainete vedu maanteedel.

§ 57. Lõhkeainete vedu maanteedel võib toimuda veoautodega ja hobustega vankritel või regedel, kusjuures peab tingimata olema vastutav isik (minöör). Vastutav isik lõhkeainete vedamisel

peab olema esimese veoauto kabiinis või veokil. Viimases veoautos või veokis peab olema ka üks valveisikuist, kelle kohuseks on valvata selle järele, et transpordi sabale mõni võõras veoauto või veok ei läheneks ligemale kui 100 m.

§ 58. Lõhkeainete vedamiseks peab määratama täiesti korras veoautod, mis peavad vastama järgmistele tingimustele:

a) Veoautodel peavad olema korras kiirusemõõtjad, amortisaatorid ja vedrud, mis võimaldavad täiesti tõugedeta käigu; ratastel peavad olema ketid või teised abinõud libisemise vastu porisel ja libedal teel; summutajad peavad olema varustatud sädemekustutajatega, ilma milledeta lõhkeainete vedu veoautol on keelatud.

b) Veoautol peab olema 2 täiesti korras vahuga tulekustutajat või teised abinõud tule kustutamiseks; peale selle peavad veoautol olema tööriistad ja tagavara, mis vajalikud kerge remondi tegemiseks; autojuht peab hästi oskama tulekustutamisabinõusid kohelda. Peale autojuhi peab veoautol veel olema teine isik, kes oskab autot juhtida. Kui autojuht äärmistel tarvetel auto juurest eemaldub, peab teine auto juurde jääma.

c) Veoauto kere peab seestpoolt olema polsterdatud pehmete materjalidega (vildiga) ja tal ei tohi olla pragusid ei põhjas ega seintes.

d) Akumulaatori patareid ja elektrijuhtmed peavad veoautos olema paigutatud nii, et nad ei puutuks otseselt kokku lõhkeaine pakenditega, juhtmed peavad olema hästi isoleeritud, et ei tekiks lühiühendust.

e) Veoautol, milles veetakse lõhkeaineid, peab olema kaks valget elektrilampi (laternat) ees ja üks punane latern autokere taga. Laternad tuleb süüdata kohe peale päikese loojenemist või halva nähtavuse puhul ka varem.

§ 59. Lõhkeaine laadimiskohast ja laaditavast autost peavad tühjad veoautod olema vähemalt 50 m kaugusel; peale lõhkeainega täislaadimist sõidab veoauto vähemalt 125 m kaugusele laadimiskohast, kus ta ootab teiste autode järelejõudmist; seejuures ei tohi aga üks laaditud veoauto teisele lähemal olla kui 50 m.

§ 60. Sõiduautol võib vedada kaasa mitte rohkem kui 1 kast (25 kg) nitroglütseriin- ja mitte rohkem kui 100 kg ammonsalpeeter-lõhkeaineid, kuid ilma reisijateta.

On keelatud vedada harilikel veokitel nitroglütseriin-lõhkeaineid, kui välistemperatuur on alla +10°C ja veo kestus kauem kui 2 tundi. Vastasel korral peab vedu toimuma niisugustel veo-

kitel, mis tagavad nitroglütseriini mittekülmumist, mis võib alata juba allpool + 10°C.

§ 61. Lõhkeainete vedamisel peab lõhkeainete kastid asetama veokile kaanega ülespoole, tihedalt üksteise külge; nad peavad olema presendiga kaetud ja nööridega tugevasti kinni seotud. Kastid peavad olema nii paigutatud, et nad ei peksaks veokikere vastu ega hõõrduks rataste vastu.

§ 62. Lubatav lõhkeainete kaal, mida võib mahutada veokile, on järgmine: veoautodele mitte rohkem kui ⅔ kandejõust, kusjuures lõhkeainekastid peavad asetatud olema kaanega ülespoole, kuid mitte üle kahe rea; kastide alla ja vahele tuleb panna pehmet materjali, mis väldiks nende kloppimist ja hõõrdumist üksteise vastu. Ühehobuveokile võib paigutada lõhkeaineid mitte rohkem kui 300 kg (bruto) ja kahehobuveokile mitte üle 500 kg, kusjuures kastid asetatakse veokile ühe reana kaanega ülespoole. Ammonsalpeeter-lõhkeaineid võib vedada harilikkudel veotingimustel.

§ 63. Lõhkeainete vedu koos nende süütamisabinõudega peab üldse vältima. Lubatud on koos vedada ainult 200 kg lõhkeaineid ja 200 tükki süütamisabinõusid (lõhkekapsleid ja elektridetonaatoreid jne.), kuid sellejuures peavad süütamisabinõud olema pakitud hästi pehmesti ja tihedalt eri kasti ja hoitama kaugemal lõhkeainest.

Kui tahetakse koos vedada mitmesuguseid lõhkeaineid ühes süütamisabinõudega, siis võib see äärmisel juhul toimuda Riikliku Mäetehnilise Inspektsiooni eriloal ja tingimustel.

§ 64. Lõhkeainete peale- ja mahalaadimine peab toimuma päeva ajal või kunstlikul valgustusel selleks määratud eri kohas lõhkeaine veo eest vastutava isiku juuresolekul, kusjuures on keelatud võõraste isikute viibimine. Lõhkeainete peale- ja mahalaadimisel ei tohi tarvitada metallesemeid.

§ 65. Tööde ajal lõhkeainete veol ei tohi suitsetada, lahtist tuld teha ega mingisuguseid operatsioone ette võtta, kus on tulega tegemist. Lõhkeainete peale- ja mahalaadimise koha valgustuseks võib kasutada elektri statsionaarset valgustust, elektriakumulaatoreid ja korrasolevaid ohutuid bensiinilampe, millede süütamine ja kustutamine on lubatud mitte lähemal lõhkeaine asukohast kui 50 m.

Suitsetamine ja tuletegemine lõhkeainete transpordi peatamise puhul teel võib toimuda ainult 250 m kaugusel voorist. Suitseta-

mismaterjal ja abinõud võivad olla ainult lõhkeaine veo eest vastutaval isikul.

§ 66. Kõik lõhkeainete materjalid peavad olema veo ajal eri sõjariistus salga valve all, kes tehniliselt veo teostamise suhtes alluvad veo eest vastutavale isikule (minöörile). Sõjariistus salga arvulise koosseisu määrab kohalik TT Miilitsa organ.

§ 67. Lõhkeainete transpordi eristamiseks harilikest transportvahenditest peab esimesele ja viimasele transportvahendile üles seadma plakati, millele on kirjutatud sõna „Ohtlik!" Pealkirja tähtede kõrgus peab olema vähemalt 200 mm.

§ 68. Lõhkeainete veovoor peab liikuma kindla plaani järgi, kui seda ei sunni muutma mõned kohalikud asjaolud, mis enne plaani koostamist teada ei olnud. Hädavajalisi muudatusi võib ette võtta ainult lõhkeainete veo eest vastutav isik, kes viibib veovoori juures. Kui teel olles nähakse lahtist tuld (tuleriit, tulikahi), siis peab sellest mööduma võimalikult kaugelt, vähemalt 200 m pealtpoolt või vähemalt 300 m altpoolt tuult. Äikese ajal lagedal kohal peab voor seisma jääma vähemalt 200 m kaugusel metsast, elumajadest ja teest, asetades üksikud veokid vähemalt 100 m kaugusele teineteisest, kusjuures veoloomad peab lahti rakendama. Jõgedest läbiminekul peab püüdma, et lõhkeaine ei saaks niiskeks. Raudteest üleminekul peab hoolitsema selle eest, et see toimuks õigel ajal. Kui siiski on karta, et ei jõuta enne rongi möödumist raudteest üle saada, siis peab voor seisma jääma kuni rongi möödumiseni vähemalt 200 m kaugusel raudteeliinist.

§ 69. Loomade abil veetav lõhkeainetega laaditud veovoor peab liikuma sammu. Veoauto kiirus hea nähtavuse puhul peab olema mitte rohkem kui 20 km tunnis; kui tuleb liikuda tolmus või tuisus, siis peab liikumise kiirust vähendama kahekordselt.

On keelatud lõhkeainevabrikust või -laost lõhkeainet veoks välja anda, kui ilm on udune.

Kui on tegemist ainult ammonsalpeeter-lõhkeainega, võib loomadega vedada ka jooksul ja veoautol hariliku lubatud veokiirusega.

§ 70. Kui veovooris on mitu veokit, siis peab nende liikumisel ja peatumisel kinni pidama järgmistest vahekaugustest üksikute veokite vahel:

a) liikumisel tasasel teel ja peatumisel:

1. loomadega vedamisel koorma vahekaugus 10 meetrit
2. veoautodega vedamisel üksikute autode vahekaugus 50 „

b) liikumisel mäest alla:

1. loomadega vedamisel koormate vahekaugus 100 meetrit
2. veoautodega vedamisel üksikute autode vahekaugus 300 „

§ 71. Veovoori peatus puhkamiseks võib toimuda ainult väljaspool elamispunkte, mitte lähemal kui 100 m maanteest ja 200 m kaugusel üksikutest elamutest, kusjuures veoautode mootorid peavad olema seisma pandud ja loomad lahti rakendatud. Peaks mõni lõhkeaineladu olema tee läheduses, siis võib veovoor sinna ööseks minna.

Lõhkeainetega laaditud veoautol või hobuveokil on keelatud seisma jääda, kas või ajutiselt, eragaraažis või -tallis.

§ 72. Kui mõni veoauto või hobuveok teel rivist välja langeb (tõsine rike või looma haigestumine), siis võetakse koorem neilt maha ja pannakse võimalikult võrdsetes osades teistele veokitele. Kui veoki riket saab kergesti parandada kohal, siis peab koorma veokilt maha võtma ja maha panema mitte lähemale kui 100 m rikkiläinud veokist.

III. Lõhkeainete vastuvõtmine ja proovimine ettevõtetes.

1. Üldised seisukohad.

§ 73. Lõhkeainete vastuvõtmine lattu peab toimuma tingimata lõhkeainelao juhataja juuresolekul; lõhkeainete proovimist toimetatakse laojuhataja ja ettevõtte peainseneri määratud isiku poolt järgmistel tingimustel ja tähtaegadel:

a) proovitama peab kõik teatava vabriku partiisse kuuluvad lõhkeained, mida kavatsetakse tarvitamiseks välja anda;

b) samuti kõik lõhkeained, vaatamata sellele, kui kaua nad on seisnud laos, kui tekivad kahtlused nende kõlblikkuses;

c) nitroglütseriini-sisaldavaid lõhkeaineid peab proovitama peale laos olemise garantii-tähtaega:

ohututel lõhkeainetel	3 kuu pärast
dünamiitidel naatriumsalpeetriga	4 „ „
dünamiitidel kaalisalpeetriga ja nitroglükooliga	6 „ „

d) ammonsalpeeter-lõhkeained, püssirohi, lõhkekapslid, elektrisütikud, süüte- ja detoneeruv nöör peale 3 kuud laosolemist.

§ 74. Iga proovimise kohta koostatakse akt ühes vabriku margi, partii numbri, saatekirja ja kasti numbri märkimisega. Juhul, kui proovimise järeldused ei ole rahuldavad, saadetakse aktist ärakiri Riiklikule Mäetehnilisele Inspektuurile.

2. Nitroglütseriin-lõhkeainete proovimine.

§ 75. Kõik nitroglütseriin-lõhkeained peavad alluma järgmistele katsetele: a) pakendi välisülevaatusele; b) ekssudatsiooni-katsele; c) detonatsiooni edasiandmise võimaluse selgitamisele; d) vastupidavuskatsele Abel'i menetluse järgi. Viimane katse ei ole kohustuslik tarvitamisladudes.

a) Väliselt vaadatakse üle kõik lõhkeainekastid. Kahtlased kastid avatakse kuuris või löövis, mis asub vähemalt 25 m kaugusel põhilaost, kusjuures tehakse kindlaks, kas kasti pakend on korras ja normaalne vastavalt varem seatud nõuetele; kas padrunid on terved ja paber nende ümber mitte rikutud ja kas padruni avamisel ümbrikust ei ole märgata lõhkeaine lagunemise tundemärke.

b) Ekssudatsioonikatse läbiviimisel enne laosolemise tähtaja möödumist tuleb võtta 2% kaste igast saadud partiist, aga mitte vähem kui 2 kasti; kui katsel ilmneb ekssudatsiooninähteid, siis praagitakse terve partii; kui ekssudatsioonikatse tehakse peale laos hoidmise garantiiaja möödumist, peab võtma 3% kaste igast vabrikupartiist, kuid mitte vähem kui 5 kasti.

Ekssudatsioonikatse tehakse järgmiselt:

1) kontrollimisele kuuluvad kõik igast kastist võetud ühe karbi padrunid;

2) lõhkeainepadruni lahtitegemisel ei tohi märgata olla seespool padruni kesta nitroglütseriini ekssudaati; on lubatud ainult 5 mm laiune hele riba seal kohal, kus üks kesta äär katab teist;

3) kui selgub katsetel, et on tegemist kas või ühe ekssudeeruva padruniga, praagitakse terve vastav partii vabriku poolt saadetud lõhkeaineid.

c) Detonatsiooni edasiandmise katse läbiviimiseks on vaja võtta igast vabrikupartiist 1% kaste, kuid mitte vähem kui 2 kasti; igast kastist võtta 1 karp ja igast karbist võrdne arv padruneid, et saada katse tegemiseks tarvisminev arv padruneid.

Detonatsioonikatse tuleb läbi viia järgmiselt: puust lauale, mille paksus 10 mm ja laius võrdub 3 padruni diameetriga, mis

kaetud 6-kg-se katuse raudplekiga, pannakse 5 padrunit, seejuures esimesed kaks otstega vastamisi kokku, kolmas padrun ühte ritta teise padruni otsa, vahekaugusega 1 sm, neljas padrun samuti kolmandale, kuid vahekaugusega 2 sm ja viies padrun samuti, kuid vahekaugusega 3 sm, kusjuures paberit padruni kesta otstelt ei tule kõrvaldada. Katse tuleb läbi viia padrunite temperatuuril +15—+30°C. Katsel tuleb kasutada samu kapsleid, mis on tarvitusel kaevanduses. Detonatsiooni ülekanne peab seejuures olema täielik, ilma et lõhkeainet järele jääks.

Proov tuleb läbi viia 3 paralleelkatsega. Kui ka ainult ühel katsel ei lõhke üks padrun, siis peab katseid kordama, milleks valitakse partiist 5% kaste, mitte aga vähem kui 5 kasti, kusjuures katsete arv kahekordistatakse. Kui katse kordamisel jällegi ei lõhke padrunid, või kui esimesel katsel lõhkeb 3 või vähem kui 3 padrunit, siis peab kõlbmatuks tunnistama kogu partii lõhkeainet.

§ 76. Neid nitroglütseriin-lõhkeaineid, mis on peale garantiiaja möödumist välja kannatanud ekssudatsiooni- ja detonatsioonikatsed, võib peainseneri loal ja Riikliku Mäetehnilise Inspektuuri nõusolekul edasi tarvitada.

§ 77. Lõhkeaine vastupidavusproovi tegemine Abel'i menetluse järgi peab toimuma OCT-i (Üleliidulise standardi) nõuete kohaselt.

§ 78. Nitroglütseriin-lõhkeaineid, mis proovimist Abel'i menetluse järgi ei ole välja kannatanud, on andnud aga tagajärge mitte vähem kui 7 minutit, peab tarvitama 20 päeva jooksul. Kui aga osutub võimatuks 20 päeva jooksul neid lõhkeaineid ära kulutada, tuleb neid proovida teist korda ja olenevalt katsete tulemustest kuuluvad nad äratarvitamisele väljaspool järjekorda lähema 10 päeva jooksul, või hävitamisele.

Nitroglütseriin-lõhkeained, mis on näidanud vastupidavust alla 7 minuti, kuuluvad otse hävitamisele. Nitroglütseriin-lõhkeained, mis on näidanud püsivust üle 10 minuti, tulevad peale garanteeritud hoidmisaja möödumist uuesti katsetamisele Abel'i menetluse järgi iga 30 päeva tagant.

3. Ammonsalpeetriliste lõhkeainete proovimine.

§ 79. Ammonsalpeetriliste lõhkeainete juures peab proovima a) niiskust ja lenduvate olluste sisaldavust, b) tundlikkust tule vastu, c) padruni tihedust, d) padrunite kaalu ja läbimõõtu,

e) brisantsust, f) võimet detonatsiooni edasiandmiseks. Kõik need proovimised on sunduslikud lõhkeainete juures, mida hoitakse põhiladudes; lõhkeaineid, mida hoitakse tarvitamisladudes, proovitakse ainult detonatsiooni edasiandmises.

Brisantsuse proovimist toimetatakse OCT-i nõuete kohaselt. Proovimisteks võetakse 5% kogu kastide arvust. Niiskuseproovimiseks võetakse igast proovideks väljavalitud kastist üks padrun, millest võetakse 100-grammiline keskmine proov.

Brisantsuse ja detonatsiooni proovimiseks võetakse võrdne arv padruneid igast kastist.

Niiskuse ja lenduvate olluste määramine toimub OCT-i nõuete kohaselt.

Ammonsalpeetrilised lõhkeained lastakse välja vabrikutest niiskuse sisaldusega maa-aluste tööde jaoks 0,2%, lahtiste tööde jaoks aga mitte rohkem kui 0,5%.

Lõhketöödeks lubatakse tarvitada ammonsalpeetrilisi lõhkeaineid niiskusega üle 0,5% — maa-alustel töödel ja mitte üle 1,5% — lahtistel töödel.

Niiskuse suurenemisel üle nende normide tuleb lõhkeaine täiendavalt kuivatada või hävitada, nagu seda nõuavad vastavad määrused.

Enne niiskuse määramist tuleb padruneid käte vahel hoolsalt muljuda või hõõruda kuni täieliku pulbritaolise konsistentsini. Detonatsiooni edasiandmise katse tehakse ammoniitidel OCT-i nõuete kohaselt. Padrunid üldkaaluga 1500 grammi viiakse lõhkemisele lõhkekapsliga, mida harilikult tarvitatakse kaevandustes vastava lõhkeaine jaoks. Katset tuleb korrata 3 korda. Detonatsiooni edasiandmine peab olema täielik, ilma et lõhkeainet järele jääks. Kui proovimise tagajärjed ei ole rahuldavad, tuleb katseid korrata 6 korda ja kui siis ka üks ainuski padrun ei lõhke, praagitakse terve partii.

Peaks ammonsalpeeter-lõhkeained tulema tarvitusele padruneerimata kujul, siis peab neid enne mainitud katset padruneerima, kusjuures padrunite läbimõõt peab olema 31 ±1 mm, padruni kaal olles 100 grammi ja tihedus 1.

§ 80. Miinipüssirohu kõlblikkust peab kontrollima 2% kastide välise vaatluse teel, kuid mitte vähem kui 2 kasti. Püssirohuterad peavad olema tumehallikat värvust, siledad, läikivad, käega katsumisel kõvad ja sõrmede vahel mitte purunevad. Püssirohi ei pea sisaldama tolmu. Pealeselle tuleb määrata niiskus menetluse

alusel, mis on ette nähtud OCT-is miinipüssirohtudele, kusjuures äärmine niiskus ei tohi ületada 2%.

Kui püssirohuterad lasevad end pehmelt sõrmede vahel purustada, kui terade pind on tume, kui nad on kaetud valgevärvilise korraga — kristalliseerunud salpeetri jälgedega, siis niisugune püssirohi tuleb praakida.

§ 81. Lõhkekapsleid peab proovima: a) välise vaatluse teel ja b) brisantsusele, mis on süttimise mõõdupuuks.

Välisvaatlusele kuulub üks kast lõhkekapsleid, kust on välja võetud 10 karpi, igast karbist kümme lõhkekapslit, seega kokku 100 tükki.

Proovimine brisantsusele toimub seatinalehtede läbilöömise teel.

Kõik proovimised peavad toimuma OCT-i nõuete kohaselt. Partiid, mis ei ole proovikatseid välja kannatanud, kuuluvad praakimisele.

§ 82. Elektrisütikute kõlblikkust tehakse kindlaks:

a) välise vaatluse teel,

b) selgitamisega, kas sillake on terve ja kas takistus on ühetaoline,

c) brisantsuse proovimise teel ja

d) veekindlate juhtmetega elektrisütikutel — vees leotamise teel.

Väline vaatlus toimub samuti kui lõhkekapslitel.

Ühetaolise takistuse ja sillakese terveoleku kontrollimisel peab võtma igast kastist 100 elektrisütikut ja neid kontrollima takistusele. Sillakese terveoleku kontrollimine peab toimuma oommeetri või Wheatstone'i sillakese abil, ühes ühetaolise takistuse suuruse kontrollimisega. Ühetaolise takistuse ja sillakese terveoleku kontrollimine peab toimuma metallist või paksust puust kilbi taga, millel olemas väike auk juhtme otsade läbiviimiseks. Töötaja peab olema ühelpool ja kontrollitav elektrisütik teiselpool kilpi. Ühes ja samas karbis takistuste vahe ei pea olema üle 0,05 oomi sütiku takistusel 1 oom, ja mitte üle 0,1 oomi — takistusel 1—2 oomi. Ebaõnnestunud tagajärje puhul peab partii ümber sorteeritama või praagitama.

Katse brisantsusele peab toimuma OCT-i nõuete kohaselt.

Elektrisütikuid veekindlate juhtmetega peab hoitama vees ühe tunni jooksul 0,5 m sügavusel ja siis proovitama, kusjuures nad peavad vastama kõigile ülalloeteldud nõuetele.

Aegelektrisütikute proovimine toimub Riikliku Mäetehnilise Inspektuuri kinnitatud juhiste järgi.

§ 83. Süütenööri kõlblikkust peab määratama: a) välise vaatluse teel ja b) põlemiskiirusele ja täielikule põlemisele. Välisele vaatlusele peab võtma 10% süütenöörikastidest igast vabrikupartiist ja kõikidest kastidest peab välja valima vähemalt 75 rõngast, mis on võetud mitmesugustest pakkidest. Süütenööri välisel kestal ei pea olema paksemaid ega peenemaid kohti, mis ületavad sellekohaseid OCT-i nõudeid, samuti ei pea nööril olema kägaraid, pragusid, murde ja jälgi märjas kohas viibimisest.

Kui selgub, et üle 5% väljavalitud proovidest ei rahulda ülaltoodud nõudeid, siis peab kogu süütenöör praagitama.

Põlemiskiirusele ja täielikule põlemisele proovitav süütenööri hulk peab olema 1% kogu süütenööri kogusest, kuid mitte vähem kui 75 rõngast. Süütenööri proovimine kiirusele ja täielikule põlemisele tehakse OCT-i nõuete kohaselt.

§ 84. Detoneeruva nööri proovimine toimub Riikliku Mäetehnilise Inspektuuri kinnitatud juhiste kohaselt.

IV. Lõhkeainete kuivatamine, padruneerimine ja sulatamine.

1. Lõhkeainete kuivatamine.

§ 85. Ammonsalpeetrilisi lõhkeaineid niiskusega üle 0,5% peab kuivatatama. 0,5% kuni 1,5% niiskuse puhul võib ammonsalpeeter-lõhkeainet kuivatada padrunites olevas vabriku kestas. Peale niiskuse alandamist lõhkeaine padrunites alla 0,5% võib neid kasutada maa-alustes töödes.

Ammonsalpeetriliste lõhkeainete padruneid niiskuse puhul 1,5% ja rohkem peab kuivatatama nii, nagu see on ette nähtud järgmises §-is. Peale kuivatamist võib neid lõhkeaineid kasutada ainult lahtistel töödel.

Kui kuivatamine toimub lõhkeaine ümberpadruneerimise teel lahtiselt, siis peale niiskuse allaviimist selliseid ammonsalpeetrilisi lõhkeaineid maa-alustes töödes enam tarvitusele ei tule võtta.

§ 86. Niiskeks muutunud ammonsalpeetriliste lõhkeainete kuivatamine niiskuse puhul üle 1,5% peab toimuma lahtiselt temperatuuril mitte üle 50°C ja mitte rohkem kui 500 kg koguses järgmistel tingimustel.

Kuival suve ajal õhu käes katusealuse all, mitte lähemal kui 25 m lõhkeainelaost puistatakse lõhkeaine presendile kihina, mille kõrgus ei oleks suurem kui 10 sm, kusjuures seda vaja segada

puust labidatega. Kui lõhkeaine kuivatamine toimub riiulitel või laudadel presentide peal, siis tükkiläinud lõhkeaine litsutakse puruks käsitsi puust rulli abil.

Vihmasel aastaajal ja ka talvel peab kuivatamine toimuma nii, nagu see on ette nähtud nitroglütseriin-lõhkeainete soojendamisel, mis aga peab olema vähemalt 150 m kaugusel lõhkeaineladudest ja elamutest; talvistel kuivatustel lõhkeaine kihi kõrgus ei tohi ületada 5 sm.

Peale töö lõppu tuleb riiuleid ja laudu hoolsalt märja lapiga küürida ja presendid lõhkeaine jälgedest puhtaks pesta.

§ 87. Partiid ammonsalpeetrilisi lõhkeaineid kõrgema niiskuse sisaldusega peale kuivatamist ja niiskuse protsendi allaviimist ei tohi ühendada samakoosseisulise lõhkeainega, millel niiskuse protsent on samasugune ilma kuivatamiseta, vaid peab esimeses järjekorras ära tarvitatama.

2. Lõhkeainete padruneerimine.

§ 88. Ettevõtetes lubatakse padruneerida ainult püssirohtu ja ammonsalpeetrilisi lõhkeaineid. Ettevõttes padruneeritud lõhkeainet võib tarvitada ainult lahtistel töödel; lõhkeainete padruneerimine maa-aluste tööde jaoks on võimaldatud igal üksikul juhtumil ainult Riikliku Mäetehnilise Inspektuuri nõusolekul. Ka viimasel juhul võib see toimuda ainult maa peal.

§ 89. Padruneerimine peab toimuma ainult selleks määratud ruumis, mis peab olema vähemalt 50 m kaugusel lõhkeaineladude piiridest, elamutest, tehnilistest ja majanduslikest hoonetest, raud- ja maanteedest.

Padruneerimise järele peab valvama isik, kellele on usaldatud lõhketööde korraldamine.

§ 90. Padruneerimisruumid peale eeskoja koosnevad veel kahest ruumist: ühes hoitakse lõhkeaine, mis kuulub padruneerimisele, teises toimub padruneerimine. Juhul, kui padrunid kaetakse niiskust mitteläbilaskva isolatsiooniga (tõrvamine, parafineerimine), peab olema veel kolmas ruum. Padruneerimisruumi kütmine peab toimuma samuti, nagu nitroglütseriini-sisaldavate lõhkeainete ülessoojendamiselgi.

Padruneerimisruumi lubatakse sisse tuua üheaegselt ammonsalpeetrilisi lõhkeaineid mitte rohkem kui 25 kg ühe padruneerija peale, aga üldse mitte rohkem kui 100 kg, püssirohtu aga mitte rohkem kui 20 kg.

Padruneeritud lõhkeained viiakse peale töö lõppu töökohale või vastavasse lattu. Padruneerimisruum peab varustatud olema tuulutamisseadme ja tulekustutamisabinõudega. Padruneerimisruumi põrand peab kaetud olema presendiga või tiheda purjeriidega selleks, et iga päev peale töö lõppu ruumi pühitaks ja kõik pühkmed hävitataks, nagu seda näevad ette vastavate lõhkeainete hävitamise nõuded.

Padruneerimisruumide eeskojas peavad olema samad esemed ja maksma sama kord, nagu see nõutav vastavate lõhkeaineladude eeskodades.

§ 91. Nii miinipüssirohu padruneerimine kui ka selle tihendamine kestades peab toimuma ilma ühegi rauast riistata. Kestadeks võib tarvitada kas tihedat pakkimispaberit või puuvillast riiet. On keelatud püssirohu paigutamine metallist kestadesse ühes pärastise kinnijootmisega.

§ 92. Parafineerimise või tõrvamise segu ülessoojendamine võib toimuda padruneerimisruumis ainult elektriahju peal, mida peale töö lõppu peab välja lülitama. Elektriahju puudumisel tuleb segu üles soojendada harilikul koldel tulega, mis on kinnises hoones padruneerimisruumist vähemalt 25 m kaugusel.

On keelatud padrunite tõrvamine ja parafineerimine maa-aluste tööde jaoks, välja arvatud tööd, mis tehakse šahti kaevuse ja uurimissurfide läbistamisel ja laengkambrite tegemisel lahtistel töödel.

3. Külmunud nitroglütseriin-lõhkeainete ülessulatamine.

§ 93. On keelatud külmunud ja poolkülmunud nitroglütseriin-lõhkeainete tarvitamine ja nende muljumine, murdmine, lõikamine, padrunitelt kesta kõrvaldamine jne. Kui lõhkeaine laotemperatuur on alla + 10°C, tuleb nitroglütseriin-lõhkeaine enne selle väljaandmist üles sulatada.

Kui nitroglütseriin-lõhkeained on toodud lattu külmunud või poolkülmunud kujul, peab nad ikka üles sulatatama, sellele vaatamata, missugune on välistemperatuur.

§ 94. Lõhkeaine ülessulatamine üldreeglina peab toimuma tervete kastidena köetavates, nii maapealsetes kui ka maa-alustes lõhkeaineladudes, temperatuuril 15° kuni 20°C. Ülessulatamise aja kontrollimiseks peab märkima üles iga lõhkeaine sissetulemise ja väljaandmise aja.

§ 95. Köetavate ladude puudumisel külmunud lõhkeainete ülessulatamine võib toimuda: a) kantavates soojendajates, b) erilistes sulatamisruumides.

Kantavates soojendajates on lubatud ülessulatamist läbi viia hoonetes, mis peavad lõhkeainete ladudest olema samal kaugusel kui teisedki vastavad kergestisüttivate lõhkeainete laod. Ülessulatamine peab toimuma vee abil, mis on soojendatud mitte üle + 40°C. Üheaegselt võib ühes aparaadis üles sulatada mitte üle 10 kg lõhkeainet, kusjuures ühes hoones ei tohi hoida rohkem, kui kaks soojendamisaparaati.

Kui lõhkeaine kulu öö-päeva jooksul on suurem kui 50 kg, siis peab lõhkeaine ülessulatamine toimuma eriruumides temperatuuril 22° kuni 25°C. Lõhkeaine ülessoojendamishoone tuleb ehitada samadest materjalidest, milledest lubatakse ehitada lõhkeaineladusid. Selle hoone kütmine peab toimuma vee või elektri abil või telliskivist ahjuga. Ülessulatamisruum, mida köetakse elektri või telliskivist ahju abil, peab koosnema kahest osast, mis teineteisest lahus ja milledel on igaühel oma sissekäik välisruumist; kui kütmine toimub sooja vee abil, siis võivad veeküttepatareid olla samas ruumis, kus toimub ka lõhkeaine ülessulatamine.

Ruumide valgustamine toimub samuti kui lõhkeaineladudes.

Lõhkeaine ülessulatamise hooned peavad olema lõhkeaineladudest vähemalt 200 m kaugusel, teistest hoonetest ja teedest samal kaugusel, nagu see on ette nähtud I klassi lõhkeainete ladudele (§ 26). Kui ühekorraga ja üheaegselt tuleb üles sulatada üle 25 kg lõhkeainet, siis peab ülessulatamishoone ümbritsetud olema valliga, nagu see on ette nähtud lõhkeainete ladude jaoks vastavalt käesoleva sundmääruse § 40-le. Üheaegselt ülessulatatav lõhkeainete hulk ei tohi selleks ettenähtud hoonetes ületada 150 kg.

On keelatud lõhkeaineid üles sulatada kastides. Lõhkeainekarbid või -padrunid on lubatud asetada laudadele ja riiulitele. Lauad ja riiulid peavad olema siledad, ilma pragudeta, äärelistude kõrgusega 5 sm ja kaetud vahariidega, mille peale on pandud paberilehed, mida aga iga kord peale tarvitamist vahetatakse. Laudade ja riiulite kaugus kuni ahjuni või patareini ei tohi olla vähem kui 1 m. Riiuleid ja laudu peab iga 6 päeva tagant pestama seebise või 3%-lise soodaveega.

§ 96. On keelatud ülessulatamisruumidesse lasta üheaegselt üle kahe töölise. Ka on keelatud samades ruumides suitsetada,

kanda kaasas tikke või lahtist tuld, või teha mingisugust teist tööd peale ülessulatamise.

Kõikides köetavates maapealsetes ja maa-alustes ruumides, milles toimub ülessulatamine, peavad olema kontrollaparaadid, mis signaliseerivad temperatuuri tõusu üle lubatava (elektrikellad termopaari või metallisulamise põhimõtte alusel jne.), ruumides elektriküttega aga peale selle veel automaatsed temperatuuri regulaatorid.

V. Lõhkeaineladude valvamine ja tuleohu vastu kaitsemine.

1. Lõhkeaineladude valvamine.

§ 97. Iga lõhkeainelao ümber peab olema keelutsoon laiusega piirdest mitte vähem kui 100 m; tsoonipiirid ja selle kasutamise kord peavad olema määratud TT Miilitsa organite ja tuletõrje järelevalve osavõtul.

§ 98. Kõik lõhkeainete laoruumid nii maa all kui ka maa peal peavad olema lukustatud ja plombeeritud lao juhataja või tema asetäitja poolt. Iga lao juurde peab viima juurdeveotee. Igas laos peab olema signalisatsioon kellade näol. Põhi- ja tarvitamislaod alates III klassist peavad varustatud olema telefonilise ühendusega punktiga, kus on alaline valve. Maa-alused laod peavad olema telefonilises ühenduses kaevanduse keskjaamaga. Ladudes, kus ei ole nõutav telefoniline ühendus, peab olema tagasi-signaliseerimise võimalus laost valvepunkti.

Kõik signaliseerimis- ja telefoneerimisabinõud lõhkeaineladude juures peavad olema paigutatud vähemalt 2 m kaugusele väljaspool laohoonet või valveputkasse. Maa-alune telefoniühendus peab olema ehitatud vastavalt sellekohastele nõuetele.

§ 99. Iga lõhkeainelao juures peab olema alatine relvastatud valve. Maa-aluse lao valve peab varustatud olema ainult külma relvaga. Valvepostide hulk määratakse kindlaks komisjoni poolt vastavalt käesoleva määruse § 5-le. Valvepostide koosseis, hulk ja asupaigad kinnitatakse ENSV Vabariikliku TT Miilitsavalitsuse poolt. Mitte harvem kui kord aastas komisjon, mis koosneb ettevõtte administratsiooni ja Riikliku Mäetehnilise Inspektuuri esindajatest, peab läbi vaatama kõik lõhkeainete hoidmiseks ja tehnilisteks tarveteks vajalikud ruumid ja hooned, nende ehitusliku seisukorra ja lõhkeainete ohutu hoidmise tingimustest kinnipidamise mõttes; sellekohane vastav sissekanne tehakse siis ka inspektsiooni-raamatusse (§ 5).

2. Maapealsete ja maa-aluste ladude tuleohu vastu kaitsmine.

§ 100. Lõhkeainete lao territooriumil on keelatud tuletegemine ja suitsetamine. Lõhkeainete lao valvurid on kohustatud laoterritooriumile tulevailt isikuilt võtma tikud, tulemasinad, suitsetamistarbed ja tulirelvad.

§ 101. Metsa- ja väljatulekahjudest tekkiva ohu ärahoidmiseks peab tarvitusele võetama järgmised abinõud:

a) Iga hoone ümbrusest peab kamar kõrvaldatama 5 m kauguselt, ja kamarast vabastatud maapinda peab perioodiliselt puhastatama.

b) Maapealse lõhkeainelao rajoon peab ümbritsetud olema 10 m kauguselt laopiiridest kraaviga, mille laius ülalt oleks vähemalt 2 m ja sügavus mitte vähem kui 1 m.

§ 102. Kõik teed lõhkeainelao territooriumil, veejuhtimiskraavid ja veebasseinid peab hoitama täies korras. Talvel peavad kõik teed lao territooriumil olema lumest puhtad; lumi katustelt peab regulaarselt maha pillutama ja vallidelt ja seinte äärest kaugemale visatama.

§ 103. Laoterritooriumi peab valgustatama elektriga; äärmisel juhul on lubatud ka valgustamine petrooleumhõõglampide või ka petrooleumlampide ja korrasolevate kinniste laternate abil tingimusel, et nad asuksid mitte lähemal kui 10 m kaugusel laoterritooriumi piirdest (kraavi taga) ja vähemalt 50 m kaugusel lähemast lõhkeainete hoiukohast.

§ 104. Tühjade lõhkeainekastide hoidmiseks peab olema kuur, mis asub väljaspool laoterritooriumi vähemalt 20 m kaugusel selle piirdest. Maa-alustest lõhkeaineladudest peavad tühjendatud lõhkeainete kastid kohe antama üles maa peale.

§ 105. Kõik hoonete suitsukorstnad, mis asuvad lõhkeaineladude keelutsoonis, peavad varustatud olema sädemetepüüdjatega, selle hulgas ka keskkütteseadmete korstnad, mis peavad asuma vähemalt 75 m kaugusel lähema lõhkeainelao seintest.

§ 106. Kõik lõhkeainelaod peavad varustatud olema küllaldasel arvul tuletõrje-abinõudega, mis on tarvis tule kustutamiseks tulekahju tekkimisel (käsipumbad, tulesummutajad, tünnid täidetud veega, kastid liivaga, redelid, ämbrid jt.). Tuletõrje-abinõude nomenklatuur, nende hulk ja asetus määratakse kindlaks kohaliku tuletõrje valve poolt. Terve lõhkeaineladude personal ja valvurid peavad hästi käsitada oskama kõiki tuletõrje-abinõusid. Kõik lõhkeainelaod peavad olema varustatud veevärgiga või kül-

laldaste loomulikkude või kunstlikkude veekogustega edukaks tuletõrjeks, samuti peavad käepärast olema ka liivaga täidetud kastid. Kõikide loomulikkude ja kunstlikkude veekogude juurde peavad viima korralikud juurdepääsuteed.

Külmal ajal kõik paagid ja reservuaarid vee hoidmiseks kohtades, kus temperatuur võib langeda alla 0°, peab hoitama soojana ja tulekustutajad peavad varustatud olema mittekülmuvate täitematerjalidega.

§ 107. Valve selle järele, et kõik tuletõrje-riistad ja -seadmed oleksid korras ja et täidetaks kõik määratud ettevaatusabinõud, lasub lõhkeaine lao juhatajal ja tuletõrje valveülemal. Need isikud peavad välja töötama juhised tegutsemiseks tuleohu puhul ja eeskirjad lao tuletõrjevalve korraldamiseks. Need juhised ja eeskirjad peavad olema suurte tähtedega trükitud ja välja pandud hästi nähtaval kohal lao rajooni sissekäigu kohal ja samuti ka valvurite valveruumides. Administratsioon peab kontrollima valvurite valmisolekut ja korraldama õppealarme.

§ 108. Lõhkeaineladude valvurite-ruumi ehitamisel ja kordaseadmisel peab silmas pidama järgmisi kaitseabinõusid tulekahju vältimiseks: ahjud peavad olema alati korras; ahjud, mis ei ole ümbritsetud raudplekiga või kahhelkiviga, peavad olema valgendatud. Nii ahjud kui ka suitsulõõrid peavad olema hästi isoleeritud maja puuseintest vahedega, nii et suitsulõõrist kuni puuni oleks vähemalt 50 sm. Lõõrid, mis ühendavad korstna suitsulõõri ahjuga, peavad olema ümbritsetud 6-kg-lise raudlehega. Telliskivist korstnad pööningu piirides peavad olema valgendatud; korstna peal peavad olema sädemetepüüdjad; nõe ärakoristamine peab toimuma tähtaegadel, mis on ette nähtud tuletõrje valve poolt.

§ 109. Esimestel tulekahju tundemärkidel laos eneses või lao naabruses peab valve kohe abinõud tarvitusele võtma tulekahju kustutamiseks, välja kutsuma laosoleva signalisatsiooni abil tuletõrje ja teatama sellest laojuhatajale ja TT Miilitsa organitele.

§ 110. Tulekahju likvideerimine ammonsalpeetrilise lõhkeaine laos võib toimuda peale üldiste tuletõrje-abinõude tarvitusele võtmise veel põlevate lõhkeainekastide veega ülevalamise ja laialitassimise teel.

§ 111. Kui selgub, et tulest enam jagu ei saa, et viimane haarab juba lõhkekapslite, elektrisütikute, püssirohu ja nitroglütseriinlõhkeainete kaste, peab kõik inimesed laiali aetama ohutule kaugusele.

VI. Lõhkeainete väljaandmine, arvestus ja tarvitamise kontroll.

1. Lõhkeainete arvestamine ja arvestamise kontroll.

§ 112. Ettevõtted on kohustatud pidama lõhkeainete sissetuleku ja väljamineku arvestamist vormide nr. 1, 2, 3, 4 ja 4a järgi (vaata lisa).

Kohe peale lõhkeainete transpordi jõudmist ettevõttesse tuleb lõhkeained vastu võtta laojuhataja või ta abi poolt, paigutades neid lattu ja kandes sisse vastavasse nöörraamatusse. Nöörraamatu leheküljed peavad olema nummerdatud ja raamat ise registreeritud Riiklikus Mäetehnilises Inspektuuris vastava numbri all, mis kinnitatud Riikliku Mäetehnilise Inspektuuri pitseriga ja mäetööstuse inspektori allkirjaga.

§ 113. Lõhkeaineladude juhatajad kontrollivad süstemaatiliselt, kuid mitte harvem kui üks kord kuus, lõhkeainete tegelikku hulka ladudes ja võrdlevad seda nöörraamatust saadud andmetega. Riikliku Mäetehnilise Inspektuuri mäetööstuse inspektor ja ettevõtte peainsener korraldavad samasugust kontrolli vähemalt iga kolme kuu tagant, kusjuures peab ka selgitatama igakülgselt lõhkeainete tegeliku hoidmise ja tarvitamise korda kohal. Kontrollimise tagajärjed kantakse lõhkeainete arvestuse nöörraamatutesse; niisugusel kontrollimisel ei ole tarvis terveid, lahtitegemata lõhkeainekaste avada, vaid on vaja ainult kastid üle lugeda ja kindlaks teha, et nende pakend ja vabriku plomb ei ole rikutud.

2. Lõhkeainete hoidmise ja tarvitamise järelevalve.

§ 114. Et tagada lõhkeainete hoidmise ja tarvitamise korralikku järelevalvet, Riiklik Mäetehniline Inspektuur peab pidama järgmisi nimekirju:

a) Kõikide lõhkeainete hoidmiseks tarvitatavate ladude nimekirja, kusjuures iga lao kohta peab olema täieline kirjeldus sellest, missugust ja kui palju lõhkeainet seal võib hoida, mis ta üldse sisaldab ja missugustele nõuetele ta peab vastama. Samasugune laokirjeldus (pass) peab ka olema igas laos, mille vormi kinnitab Riiklik Mäetehniline Inspektuur.

b) Lõhkeainete muretsemiseks ja ümberpaigutamiseks vajalikkude tunnistuste (lubade) täielikku nimekirja, sellele vaatamata, kas antud tunnistused on täieliselt või osaliselt ära kasutatud.

Peale selle peavad Riiklikus Mäetehnilises Inspektuuris olema ärakirjad kõikidest komisjoni aktidest, mis olid organiseeritud lõhkeainete otstarbekohase hoidmise ja tarvitamise küsimuste selgitamiseks.

3. Lõhkeainete väljaandmine.

§ 115. Ettevõtte peainsener koostab üldplaani lõhkeainete tarvitamise viiside ja hulga kohta; viimase ja ka mäetööde plaani kohaselt seatakse kokku peainseneri poolt lõhkeainete tarvitamise kuuplaan, märkides iga lõhkeaine ja lõhkevahendi kohta eraldi selle hulga ja kulu väljakaevatud üksuse (1 tonni, 1 m^3) peale; seejuures peab organiseerima kontrolli igapäev tegelikult äratarvitatud lõhkeaine hulga kohta, võrreldes seda plaanikohase täitmise nõudega; nimetatud kontrolli peab teostama rajooni tehniline järelevalve. Kui selgub, et mõned töökohad on lõhkeainet ülekulutanud võrreldes plaaniga, siis toimub lõhkeaine väljaandmine edaspidi ainult ettevõtte peainseneri kirjaliku korralduse alusel.

Lõhkeaineladude juhatajatele tuleb välja anda nende isikute allkirja eeskujud (faksimile'd), kelledele on antud õigus nõudelehte lõhkeainete saamiseks välja kirjutada; teistele isikutele, kelle allkiri tundmatu, lõhkeainet üldse välja ei anta. Lõhkeaineladude juhatajad valvavad selle järele, et lõhkeainet tarvitataks selles järjekorras, kuidas ta lattu on vastu võetud. Lõhkeaine väljaandmiseks lahtipakitud kastidele, kuid mitte veel täiesti tühjadele, peab enne lattu hoiule tagasiandmist, kaaned tagasi peale pandama ja kinni löödama.

4. Lõhkeainete kandmine laost tarvitamiskohtadeni.

a) Üldreeglid.

§ 116. Lõhkeainete kandmine laost nende tarvitamiskohtadeni peab toimuma minööride poolt, kusjuures neid võivad abistada viimaste vastutusel ka õppinud ja hästi instrueeritud töölised. Lõhkekapsleid ja elektrisütikuid võivad kaasa võtta ja kanda ainult minöörid. Lõhkeainete kandmisel mitme isiku poolt korraga peab üksikute kandjate vahemaa olema vähemalt 10 m, ammonsalpeetriliste lõhkeainete kandmisel aga vähemalt 5 m. Lõhkeainekastide viskamine, lohistamine ja kärudel vedamine on

keelatud. Lõhkeainete ümberpaigutamisel on suitsetamine keelatud.

§ 117. Lõhkeainete kandmine peab toimuma present- või nahkkottides ja ka puust või tsinkkastides, kusjuures lõhkevahendid (kapslid, elektrisütikud) peavad olema eraldatud kastides või kottides.

Nitroglütseriin-lõhkeainete kandmine temperatuuris alla + 10°C peab toimuma soojuskindlates kandeabinõudes või kottides. On keelatud lõhkeaineid kanda taskutes või riietuse all.

b) Lõhkeainete kandmine lahtistel töödel.

§ 118. Ühel meestöölisel on lubatud kanda ammonsalpeetrilisi lõhkeaineid kuni 1 kastini (25 kg) ja teisi lõhkeaineid 10 kg; naistöölistel on lubatud kanda mõlemal juhul 10 kg. Töölised, kes kannavad lõhkeaineid, ei tohi kuski peatuda, vaid peavad otsekohe minema töö juurde, kus lõhkeaineid tarvis, möödudes rahva kogunemiskohtadest.

c) Lõhkeainete edasitoimetamine tõstešahti pidi ja maa-alustes käikudes.

§ 119. Lõhkeainete edasitoimetamine šahti kaudu ühel ajal tööliste allalaskmise ja ülestõstmisega on keelatud. Lõhkeainete jätmine tõstehoonesse ilma valveta kas või lühikeseks ajaks on keelatud.

Lõhkeaine ümberpaigutamine šahti kaudu peab toimuma ainult etteteatamise teel tõstevärgi masinistile ning ülemise ja alumise laadimisplatvormi tõstetööde korraldajatele või signaliseerijatele.

Lõhkeainekaste on lubatud paigutada kongi ainult ühe reana; ammonsalpeetriliste lõhkeainete kaste võib paigutada mitmes reas, kuid mitte üle ⅓ kongi kõrgusest. Lõhkekapslid ja elektrisütikud peavad alla lastama eraldi teistest lõhkeainetest. Lõhkeainete paigutamise ajal kongi ja kongist välja ei tohi nii ülemisel kui ka alumisel laadimisplatvormil olla kõrvalisi töölisi. Lõhkeainete transportimine šahti juurest kuni maa-aluse lõhkeainelaoni suuremal määral kui 25 kg peab toimuma vähemalt 2 töölise abil. Ühes lõhkeainekastidega ei tohi kongis lasta alla ka inimesi. Minööril võib kongis laskumisel või ülestõstmisel olla kaasas vastavas kotis mitte rohkem kui 10 kg lõhkeaineid. On lubatud väljaspool järjekorda üheaegne allalaskumine ja ülestõstmine igas kongi korras 2 minööril ühes 10 kg lõhkeainega igal ühel. Lõhkeainete veo kiirus püst- või kallakšahtis ei tohi ületada

2 m/sek. Masinist peab tõstemasina käiku laskma või peatama aeglaselt, järk-järgult. Minöörid, kes on šahti laadimisplatvormidel all või ülal, peavad ettevaatlikult võtma kongist või tõrrest lõhkeainekastid ja -kotid ja neid edasi andma selleks ettenähtud töölistele. Seal, kus tõstmine või allalaskmine toimub vinnaga hobuste abil, peavad hobusemehed toimetama lõhkeaine allalaskmist aeglaselt, hoides hobuseid valjastest kinni.

§ 120. Lõhkeainete veol maa-alustes käikudes peab lõhkeaine pandama erivagonettidesse, mis on seestpoolt polsterdatud vildiga. Lõhkeainekastid pannakse vastavatesse vagonettidesse ühe reana, kui aga on tegemist ammonsalpeetriliste lõhkeainetega, siis võib neid paigutada vagonetti kuni selle ülemise ääreni. Lõhkekapsleid ja elektrisütikuid peab vedama lahus teistest lõhkeainetest. Lõhkeaine vedu maa all peab toimuma eraldi teistest asjadest, lõhkeainelao juhataja või tema abi juuresolekul.

Minöörid ja töölised, kes on otseselt tegevad lõhkeainete veol, ei tohi ise kanda lampe ega laternaid, vaid selleks on eri saatjad, kelledel peavad olema korralikud maa-alusteks töödeks lubatud lambid või akumulaator-valgustusabinõud. Töölised, kes on tegutsemas lõhkeainete kandmisega, peavad hoiatama lähedusesolevaid isikuid erikõlaliste signaalidega (vile, pasun), et on lähenemas lõhkeaine. Lõhkeaine veo ajal štrekkides peab olema katkestatud teiste kraamide vedu, tühjade vagonettide ja kõrvaliste inimeste liikumine samadel teedel.

§ 121. On lubatud lõhkeaineid vedada maa all lõhkeaineladudesse elektrilokomotiividega, kinni pidades järgmistest tingimustest:

a) on keelatud elektrisütikute vedu kontaktelektrilokomotiividega;

b) lõhkeaineid ja süütevahendeid peab veetama eraldatud rongides;

c) lõhkeainete vedu peab toimuma erilistes vedrudega varustatud vagonettides, mis on seestpoolt pehme materjaliga vooderdatud (kummiplaat või vilt) ja millel on mitteavatav kaas, kuid lahtikäivad küljed;

d) elektrilokomotiivi masinistid, haakijad ja minöörid, kes on ka ühtlasi rongisaatjad, peavad tundma juhiseid, mis käsitavad lõhkeainete vedu elektrimootoritega; peale mainitud tööliste ei tohi rongis kedagi olla;

f) lõhkeainetega vagonett võib olla ainult tühjade vagonettide rongi keskpaigas, ja nii paigutatud, et temasse ei saaks sattuda säde kontaktist ülemjuhtmega;

g) liikumiskiirus ei tohi ületada 1,5 m/sek.;

h) elektrilokomotiivi eesotsas ja rongi taga peavad olema erilised valgusmärgid;

i) on keelatud peale lõhkeainete samas rongis vedada teisi asju ja instrumente;

k) lõhkeainete veo ajaks peab samal teel katkestatud olema igasugune teine liikumine.

§ 122. Minöör ei tohi kanda lõhkeaineid üle 10 kg vastava arvu lõhkekapslitega, kuid need peavad olema lahus teineteisest, eraldatud kottides. Saades kätte lõhkeained peab minöör minema otsekohe määratud töökohta peatumata kuski mujal; lõhkeaineid kas või ajutiselt kellegi teise kätte hoiule anda või kuhugi panna on minööril, kelle kätte on usaldatud lõhkeained, kõvasti keelatud. Käies peab minöör oma lambi nii hoidma, et selle soojus ei tekitaks lõhkeaine soojenemist.

5. Väljaantud lõhkeainete hoidmine töökohtades.

§ 123. Väljaantud lõhkeaineid peab maa-alustes töödes hoitama kottides või anumates, mis kaitsevad lõhkeainet külmumise eest, ohututes kohtades, töökohtadest kaugemal; need lõhkeainete hoiukohad peavad olema kätte näidatud lõhketööde eest vastutavate isikute poolt; lõhkeaineid ei või kuhugi jätta ilma järelevalveta. Lahtistes töödes ööpäeva peale väljaantud lõhkeaineid peab hoitama erilistes lukustatavates kastides, varjatud kohtades või padruneerimisruumides, kus lõhkeaine ei tohi kunagi jääda järelevalveta. Vahetuse jooksul mitteäratarvitatud lõhkeained peab vahetuse lõpul lõhkeainete tarvitamislao väljaandjale tagasi antama arvestuse (kaalu) alusel.

On keelatud lõhkeaineid ettevõttest kaasa võtta. Süüdlased lõhkeainete omavolilises äraviimises võetakse kriminaalkorras vastutusele.

6. Järelevalve ja kontroll õige lõhketööde läbiviimise ja lõhkeainete kulutamise üle töökohtades.

§ 124. Lõhketööd võetakse vastu minööridelt rajooni tehnilise personali ja eestöötajate poolt, kusjuures kirjutatakse alla lõhketööde aruannetele, kust on näha, kuipalju on minöörid lõhketöid teinud ja kuipalju on selleks tegelikult lõhkeaineid kulutatud.

7. Personal lõhketööde läbiviimiseks.

§ 125. Lõhketöid võivad juhatada:

a) insener-minöörid, lõhkeainete tehnoloogid ja mäeinsenerid;

b) tehnikud-minöörid ja mäetehnikud (šteigerid või meistrid);

c) isikud, kes on sooritanud erieksamid polütehnilises instituudis või mäetehnikumis.

Tegelikult lõhketööde läbiviijateks võivad olla isikud, kes on töötanud mäetöödel mitte vähem kui üks aasta ja on läbi teinud minööride erikursuse ühes eksami sooritamisega vastavas komisjonis kvalifitseeritud tööjõu õiguse saamiseks lõhketööde alal. Nimetatud eksamikomisjoni koosseis moodustatakse Riikliku Mäetehnilise Inspektuuri poolt.

Lahtistel töödel võivad lõhketöid läbi viia ka isikud, kes on vastavates väeosades tegelnud lõhketööde alal.

§ 126. Minöörid ja lõhketööde eestöötegijad võivad peale lõhketööde tegemist vabal ajal veel teist tööd teha, välja arvatud lõhkeainelao juhataja kohustused ja lõhkeainete laost väljaandmine.

§ 127. Lõhkeainete väljaandjateks peavad olema isikud, kes on töötanud minööridena vähemalt üks aasta. Lõhkeainete põhi- ja tarvitamisladude juhatajateks võib määrata isikuid, kelledel on õigus lõhketöid teha.

I, II ja III klassi lõhkeaineladude juhatajateks võivad olla isikud, kes ühel ajal kohakaasluse alusel on ka mäetööde või lõhketööde juhatajateks, või ka mõni teine isik tehnilisest personalist, kellel on õigus mäe- ja lõhketöid korraldada. Samade ladude juhatajateks võib määrata ka minööre, kes sellena ametis on olnud vähemalt 1 aasta, kuid ei või kohakaasluse alusel minööridena edasi olla.

§ 128. Vastutus õige ja ohutu lõhketööde läbiviimise eest lasub rajooni ülemal, kellele alluvad vanem minöör ja viimase kaudu ka kõik teised minöörid.

Lõhkeainelao juhataja või tema abi kohustused on järgmised: lõhkeainete allesolu kontrollimine, nende proovimine, valvamine selle järele, et täidetaks kõik lõhkeainete hoidmise määrused ja juhised, lõhkeainete paigutamine lattu, nende vastuvõtmine, väljaandmine ja lõhkeainete hulga arvestus, lõhkeainete ümberpakkimise järele valvamine (kui taara ei olnud korras, ja peale lõhkeainete proovide võtmist), lõhkeainelao ümbruse seisukorra ja

tuletõrje-inventari korrasoleku järelevalve, lõhkeainelao valvurite ja tuletõrje komando kontrollimine, et nad õigesti täidaksid oma kohustusi, ja laovõtmete hoidmine.

VII. Lõhkeainete tarvitamine lõhketöödel.

1. Süütenööri ühendamine lõhkekapsliga.

§ 129. Enne süütenööri tarvituselevõtmist tuleb see proovida vastavalt § 83 nõuetele; kui seejuures selgub, et mitmest süütenöörirõngast väljalõigatud tükid 50-sentimeetriliste pikkustega põlevad läbi igaüks rutem kui ühe minuti jooksul, ei tule kaevanduses tarvitusele võtta neid süütenöörirõngaid, kust olid välja lõigatud need süütenööritükid, milledel ei olnud nõutavat põlemiskiirust. Laengu süütenööri pikkus peab olema nõnda arvestatud, et pärast süütamist jääks kuni laengu lõhkemiseni vähemalt 10 sekundit ohutu peljupaiga ja lõhkemise vahelise tee iga 10 m jaoks, kuid igal juhul mitte vähem kui 30 sekundit.

Kui süüdatakse korraga mitu laengut, siis arvestatakse süütenööride pikkused nii, et viimase laengu süütamise ja esimesena süüdatud laengu lõhkemise aja vahe annaks välja eelmises lõikes määratud eemaldumisajad.

Et vältida tõrkeid, peab süütenööri rõngast enne tarvituselevõtmist hoolsalt läbi vaatama, kas tal ei ole mingisuguseid väliseid puudusi, nagu: liiga jämedaid või peenikesi või muljutud kohti nööris, nöörikoe rikkeid jne.; need rikutud kohad tuleb nöörist välja lõigata; ka tuleb nööri lahtistelt otstelt enne selle tarvitusele võtmist umbes 5 sm pikkused tükid maha lõigata, kuna nad võisid juhuslikult niiskeks saada, mis takistaks nende süütamist. Süütenööri vastavas pikkuses peab lõikama risti nööri teljele terava ja puhta noaga.

§ 130. Süütenööri valmislõigatud tükke tuleb ühendada lõhkekapslitega selleks eriti määratud kohas. On keelatud süütenööre ühendada lõhkekapslitega ruumides, kus hoitakse ja välja antakse lõhkeaineid, eluruumides, lõhketööde kohal või ajal ja kõrvaliste isikute juuresolekul. Lõhkekapsli süütenööriga ühendamistöö peab toimuma järgmiste tingimuste täitmisel:

a) kohale, kus toimub lõhkekapslite ühendamine süütenööriga, ei tohi tuua üle 100 lõhkekapsli;

b) enne lõhkekapsli asetamist süütenööri otsa, peab veenduma selles, et kapslikesta sisemine pind oleks puhas ja et kesta sees

ei oleks kõrvalisi osakesi, mida tuleb kõrvaldada kapsli lahtise otsa koputamisega sõrmeküüne vastu;

c) on keelatud lõhkekapsli kestast kõrvaldada sinna sattunud purutükikesi mingisuguste asjadega või kapslist välja puhumise teel;

d) süütenööri värskeltlõigatud ots tuleb viia lõhkekapsli kesta sisse kuni kerge puutumiseni kestas oleva ülespoole keeratud kausikese auklise põhjaga, mis eraldab seal sees oleva lõhkeaine segu ülemisest kapsli kesta osast. Kui see on toimunud, tuleb süütenööri ots õige vähe tagasi tõmmata selleks, et järgneval kapsli kinnipigistamisel süütenööri külge ei tekiks süütenööri otsa ohtlik surumine kapslisolevale lõhkeainele.

Süütenööri kinnitamine metallist lõhkekapsli külge toimub kapsli ülemise ääre kinnipigistamise teel eriliste pigistamistangidega või erilise seadme abil raudkastis; sellejuures peab kapsli kinnipigistamine süütenööri otsa külge toimuma nii, et süütenööri püssirohtu sisaldavat südamikku ei rikutaks ja et lõhkekapsli kestas ei tekiks praod. Keelatud on lõhkekapslit sellest kohast pigistada, kus on olemas lõhkeainesegu; samuti on kõvasti keelatud kapsli kinnipigistamine süütenööri külge hammastega. Kui lõhkekapsli kest on paberist, siis toimub selle kinnitamine süütenööri külge sel teel, et süütenööri otsa ümber mähitakse paberit kuni lõhkekapsli sisemise läbimõõdu suuruseni; peale seda litsutakse sel teel jämedamaks tehtud süütenööri ots kapslisse ja mähitakse veel tarviduse korral välispoolt paberist mähisega või niidiga kinni.

§ 131. Kuivades töökohtades tuleb tarvitada valget süütenööri, niisketes kohtades — asfalteeritud või tõrvatud nööri, vees aga — guttapertšnööri. Kapsli ühenduskoht süütenööriga niisketes või vesistes töökohtades peab olema isoleeritud erilise isoleermassiga või isoleerpaelaga.

2. Löökpadrunite valmistamine.

§ 132. Löökpadruneid on luba valmistada ainult lõhketööde kohal ja mitte enne aukude laadimist lõhkeainega. Löökpadruneid ei tohi teha rohkem, kui läheb tarvis ettenähtud aukude lõhkumiseks.

Ainult šahtide läbimisel või süvendamisel on lubatud kokkuleppel Riikliku Mäetehnilise inspektoriga valmistada ette löökpadruneid eraldi selleks määratud ruumis, kusjuures nende pad-

runite kandmisel töökoha juurde peab kinni pidama järgmistest tingimustest:

a) löökpadruneid vedada ei või; neid võib ainult minöör kotis töökohale viia, kusjuures kott peab olema seestpoolt vildiga vooderdatud;

b) kotis, kus on löökpadrunid, ei tohi olla teisi lõhkeaineid ega lõhkevahendeid;

c) kotte löökpadrunitega ei või šahtis alla lasta koos teiste lõhkeainetega ja inimestega, kusjuures allalaske kiirus ei tohi ületada 1 m/sekundis.

§ 133. Nitroglütseriini-sisaldavaid padruneid võib lõigata ainult puust, luust või vasest noaga.

§ 134. Löökpadruni valmistamiseks peab tegema hariliku lõhkeainepadruni otsa sisse puust pulgaga augu sama läbimõõduga kui lõhkekapslil ja sinna sisse tuleb lükata lõhkekapsel, mis juba varem on ühendatud süütenööriga; auk padrunisse tuleb teha padruni otsa keskkohta ja padruni telje suunas sügavusega, mis vastab ⅔ kapsli pikkusele nii, et süütenöör ei saaks kuidagi puutuda lõhkeainega kokku ja seda oma põlemisel enneaegselt süüdata. Kui on tegemist ammonsalpeetriliste lõhkeainetega, siis viimane nõue ei ole nende kohta kehtiv. Kui lõhkeaine kest on paberist, siis viimase ots enne lõhkekapsli sisseviimist padrunisse tehakse lahti ja peale kapsli sissepanemist seotakse niidiga ümber süütenööri või juhtme kinni. Niisketes või märgades töökohtades peab see koht, kuhu lõhkekapsel või elektrisütik on lõhkeainepadrunisse sisse pandud, isoleeritama vastava seguga.

Kui on tegemist aegsütikutega, siis peab eriti valvama selle järele, et lõhkekapslit ei pandaks sügavamale padrunisse kui ⅔ tema pikkusest.

§ 135. Äratarvitamata löökpadrunid tuleb kohal hävitada; kui seda aga teha ei saa, siis tuleb need maa peale tagasi viia; mõlemal juhul ülejäänud löökpadruni hävitamise või ärakasutamise kord määratakse kindlaks rajooni ülema poolt.

3. Puuraukude laadimine lõhkeainega.

§ 136. Enne puuraugu laadimist lõhkeainega peab kontrollima selle sügavust ja läbimõõtu ja puhastama auk vastava puhastajalusikaga puurjahust, manneraine tükikestest ja teistest kõrvalistest osakestest. Kui töötatakse pragulistes mannerainetes, peab laadimiskepiga hõõruma puuraugu pinda plastilise saviga. On keelatud niiskesse auku sisse panna hügroskoopilisi lõhkeaineid,

mis ei ole küllaldaselt isoleeritud niiskuse vastu või on rikkiläinud kestaga.

§ 137. On keelatud aukude laadimist, elektrijuhtmete ja detoneeruva nööri korda- ja ülesseadmist teha pimedas.

§ 138. Aukude laadimisel lõhkeainega peab padrunid lükkama kohale neid laadimiskepiga kokku litsudes; löökpadrun tuleb auku panna ettevaatlikult, lükates teda tasa laengu juurde, kuid mitte litsudes kõvasti sinna külge. Kõikide aukude laadimistööde juures ei tohi tarvitada metallist, vaid peab kasutama puust laadimiskeppe, millede otstesse vastupidavuse suurendamise mõttes on lubatud panna vasest toruotsad kõrgusega 5 sm.

§ 139. Kui laeng süüdatakse süütenööriga, mille mähis võib hõõguma hakata, tuleb löökpadrun asetada auku viimasena; erandeid sellest reeglist võib lubada ammonsalpeetriliste lõhkeainete puhul, kus löökpadrunit võib asetada ka laengu keskele või lõppu.

On keelatud asetada löökpadrunit laengu keskele, kui viimaseid tahetakse süüdata elektrisütikute või aegsütikute abil, milledes on süütenööri (Bikfordi nööri) tükikesi; see nõue ei ole kehtiv ammonsalpeetriliste lõhkeainete kohta.

§ 140. On keelatud alla lasta puuraukudesse löökpadruneid, mille raskus on üle 0,2 kg, riputatult Bikfordi nööri või juhtmetraadikese külge, vaid see peab toimuma sidumisnööri või traadi abil.

§ 141. Enne laadimist peab lõhkeaineid, mis laosseismisest on tükki läinud (peamiselt ammonsalpeetrilised lõhkeained), kätes muljuma, nii et ei tunduks enam padruneis olevaid kõvu tükke; seda peab aga tegema ettevaatlikult, et mitte rikkuda padrunikesta. Ammonsalpeetrilisi lõhkeaineid metallkestades tuleb enne tarvitamiselevõtmist raputada või kergesti koputada puust tugipuud või lauda vastu.

Nitroglütseriin-lõhkeaineid võib kätes muljuda ainult siis, kui on kindlaks tehtud, et nad ei ole külmunud olekus.

§ 142. On keelatud ammonsalpeetriliste laengute ületihendamine puuraukude laadimisel. Puuraukude laadimine ammonsalpeetriliste lõhkeainetega peab toimuma järgmiselt:

a) ammonsalpeetrilise lõhkeaine padrunid laaditakse auku igaüks üksikult, lükates neid auku laadimiskepiga, kusjuures tuleb valvata selle järele, et padrunid tihedalt puutuksid teineteisega kokku. Kui on tegemist kuiva puurauguga, siis on soovitav enne padruni auku panemist nende kestade otstest kesta paber kõrval-

dada, et seega saavutada lõhkeaine otsest ühendust padrunites oma vahel, mis aitaks kaasa tõrgete vähendamiseks. Padrunite panemisel auku on lubatud ainult kerge rõhumine kepiga padrunitele, mitte aga kõvad tõuked ja löögid;

b) puuraukude laadimisel pulbrisarnase ammonsalpeetrilise lõhkeainega tuleb lõhkeaine puurauku puistata läbi tsingitud plekklehtri, gradueeritud anumatega; lõhkeaine puistamine puurauku peab toimuma korduvalt, kusjuures igakord puistatud lõhkeaine tihendatakse kergesti laadimiskepiga. Auku puistatud lõhkeaine hulka mõõdetakse gradueeritud anumaga (kruusiga).

§ 143. Et löökpadrun kindlasti funktsioneeriks, peab selle järele valvama, et ammonsalpeetrilised lõhkeained, mis ümbritsevad lõhkekapslit, oleksid tingimata kobedas olekus (enne löökpadrunite valmisseadmist peab neid tingimata muljuma käte vahel, metallpadruneid aga — raputama).

§ 144. Puuraukude laadimisel ja süütamisel tuleb tarvitada ainult akumulaator- või teisi lampe, mis on lubatud kaevandustes tarvitada.

§ 145. Kui puurauke tuleb laadida ees, mis moodustab üle 2 m kõrgusega rinde, siis peab see toimuma treppide abil või minööri köie külge kinnitamise teel.

4. Aukude toppimine.

§ 146. On keelatud puuraukude lõhkumine ilma topendita. Topendi materjaliks on lubatud tarvitada inertmaterjale sõmeral või plastilisel kujul (inerttolm, liiv, savi jne.), mis tihedalt täidab auku.

Topend peab täitma augu kuni tema suuni ja täitma vähemalt pool augu pikkusest, mingil tingimusel aga mitte vähem kui 30 sm. Toppimismaterjali peab töökohal tagavaraks olema küllaldasel määral. Soovitav on, et see materjal oleks juba enne toppimist silindritaoliste kehadena valmistatud kujul töökohal olemas, kas paberkestades või savipulkades. Topend litsutakse puust laadimiskepiga auku ja ainult augu suu ees 30 sm ulatuses tihendatakse kergete löökidega. Aukudes, mis täituvad veega, võib topendi aset täita vesi.

5. Süütamine ja lõhkumine.

a) Üldreeglid.

§ 147. On keelatud puuraukude laadimist ja lõhkumist teha kõrvaliste isikute juuresolekul, kelledel ei ole midagi tegemist lõhketöödega. Kõik kõrvalised isikud peavad peale signaali and-

mist minema ohutusse tsooni. Häälesignaale võib anda sarve, toru, kella, metall-lehe, roopatüki ja teiste abil, mis hästi kuuldavad. Lahtistel töödel tuleb tarvitada järgmisi signaale:

a) päeval — punaseid lippe kõikidel nähtavatel kohtadel ja üks lipp erilisel tornil, mis on nähtav vähemalt 300 m kaugusel lõhkumiskohast;

b) pimeduses — punaseid laternatulesid, mis on välja pandud kogu ohutu tsooni piiri mööda;

c) lõhketööde tegemine pimeda aja saabumisel on lubatud tingimusel, et töökoht on küllaldaselt valgustatud kunstliku valgustusega.

Enne puuraukude laadimist ja enne nende süütamist peavad olema asetatud inimesed (vahid) selleks, et nad peale valgussignaalide veel oma hüüdega hoiataks ümbrusesolevaid inimesi tekkiva ohu eest.

§ 148. Signaalide andmine peab toimuma vastutava lõhketööde kordasaatja korraldusel järgmises korras.

Esimene signaal (hoiatav): Valvemeeskond peab oma kohtadel asuma (lahtistel töödel kõikidel teedel, mis läbistavad lõhketööde kohta kuni 200 m kauguselt). Ühel ajal peavad signaalid olema välja pandud ja minöörid peavad tooma lõhkumiskohale lõhkeaineid ja algama aukude laadimisega. Kõik töölised, kes ei tegele lõhketöödega, peavad minema kohta, mis varem teatavaks tehtud lõhketööde eest vastutava isiku poolt. Samasse kohta peavad minema ka minöörid peale laengute süütamist ühes oma tööriistadega; see punkt peab lõhkemiskohast olema vähemalt 200 m kaugusel, kui ümbrus on lage.

Teine signaal (etteteatav) antakse siis, kui inimesi lõhketööde läheduses enam ei ole. Peale seda signaali valmistavad minöörid süütenööri süütamiseks, elektri abil süütamisel aga mõõdavad elektrijuhtmete takistust ja siis ühendavad juhtme otsad süütamismasinatega.

Kolmas (valmisoleku-) signaal antakse mitte varem kui ühe minuti möödumisel peale teise signaali andmist. Minöör peale signaali andmist süütab laengud ja läheb varjatud kohta või elektriga süütamisel lülitab voolu sisse.

Neljas (lõpp-) signaal tähendab, et lõhkemised on lõppenud ja minöörid võivad läheneda töökohale lõhkumise tulemuste selgitamiseks; üheaegselt sellega kõrvaldatakse ka punased lipud (laternad).

§ 149. Kui minöör märkab, et mõned laengud on jäänud lõhkemata, siis peab ta teatama sellest tehnilisele järelevalvele ja teistele minööridele ja toimima vastavalt § 168—172 nõuetele.

§ 150. Peale seda kui laengud on lõhkenud, on minöör kohustatud lõhkumiskoha üle vaatama, et selgusele jõuda, kas kõik lõhkeaine on lõhkenud ja kas ei ole olemas tõrkeid (mittelõhkenud laenguid); lõhkeainete tükkide leidumisel peab viimased kohe töökohast kõrvaldama; peale seda, enne lahtilõhutud manneraine koristamise ja sorteerimise algust, peavad vanemad töölised, kümnikud ja järelevalveisikud teostama tööee hoolsat ülevaatust selleks, et kindlaks teha, kas ei ole olemas pragusid, kas ei ole karta sissevarisemisi jne. Alles peale hoolikat ülevaatust, kui töökoht on täiesti korras, võib töölisi lasta tööeesse tööle.

Kui ei ole võimalik töökohta korda seada lühikese aja jooksul, peab ohtlikud kohad ära märkima ristidega või plakatitega, milles keelatakse töötamine teatavas kohas või teatatakse tarvidusest töötada ettevaatlikult.

b) Laengute süütamine tulega.

§ 151. Ühe seeria süütenööride süütamisel peab kõige lühema süütenööri pikkus olema vähemalt 1,5 m ja esimesena peab süütama kõige pikema süütenööri selleks, et esimene pauk peale viimase süütenööri süütamist tuleks mitte varem kui 1,5 minuti pärast. Süütamisaja kontrolliks peab tarvitama kontrollnööri (Bikfordi nöör paberist lõhkekapsliga), mille süütenööri pikkus on 60 sm võrra lühem kõige lühemast süütenööri pikkusest ühes laengute seerias. Kontrollkest tuleb süüdata esimesena. Peale kontrollkesta lõhkemist peab minöör tingimata süütenööride süütamise katkestama ja kindlasse varjupaika minema.

§ 152. Ühes ees korraga käsitsi-süüdatavate laengute arvu ülemmäär on 8. Erandina võib seda arvu suurendada kuni 24-ni, kui lõhkumine toimub horisontaalseis etes, vaba väljapääsuga kahele poole. Üle 12 laengu korraga süütamist peab toimetama tööde juhataja poolt määratud eri süüteabinõuga kahe minööri poolt.

§ 153. Minööril peab kaasas olema taskukell ja ta peab lugema pauke; kui arvult on lõhkenud kõik paugud, siis võib varjupaigast kohe peale viimase puuraugu laengu lõhkemist välja tulla. Tööetele läheneda lahtistel töödel on lubatud mitte enne 5 minutit, maa-alustel töödel aga mitte enne 10 minuti möödumist peale lõhkemist, kuid igal juhul mitte enne küllaldast töö-

koha tuulutamist. Kui paukude arv osutus vähemaks süüdatud laengute arvust või kui paukude lugemine oli raskendatud, siis ei tohi varjupaigast välja tulla enne 15 minuti möödumist peale viimast pauku.

Kui töötavad mitu minööri, siis tuleb oodata üldist lõppsignaali vastavalt § 148 nõuetele.

§ 154. Süütenööri süütamine on lubatud ainult kanepinööriga, süütenööriga või erilise küünlaga, mis on lubatud tarvitusele võtta Riikliku Mäetehnilise Inspektuuri poolt. Igasugused teised süütamisviisid on keelatud.

§ 155. Tulega laengute süütamine on keelatud juhtumitel, kui juurdepääs lõhkumise kohale on raskendatud ja nõuab selleks erilist seadet (treppe, nööre, redeleid, rõdusid jne.). Juhtudel kui minööril on võimatu õigeks ajaks pääseda ohutusse kohta, peab laengute süütamine toimuma elektriga.

c) Laengute süütamine elektriga.

§ 156. Kõik süütamismasinad, mõõtmis- ja kontrollimisseadmed, patareid ja lülitajad peavad olema nii valmistatud, et ilma erilise võtmeta, käepidemeta jne. ei oleks võimalik läbi viia elektriga süütamist.

Vooluallikate ja elektrimõõduriistade korralikkust peab kontrollitama vähemalt 4 korda aastas ettevõtte elektrotehnikatöökojas, kandes kontrollimise tulemused selleks ettenähtud raamatusse. Eriti peab selle järele valvama, et voolutugevus, mis määratud oommeetrites ja Wheatstone'i sillakeste seadeldistes, ei ületaks suurust, mis sütitab elektrisütikuid (s. o. mitte üle 50 milliampri), ja et mõõduseadmete elektriallikate kontaktid oleksid karbis hästi kaetud, et vältida juhuslikku puutumist nende külge.

Elektrimõõduriistu, nagu: lõhkemise proovijad, oommeetrid, sillakesed ja teised riistad — peab kontrollitama ohutuse mõttes millivoltampermeetriga, mis lülitatud aparaadi külge, kusjuures äärmine voolutugevus ei tohi ületada 0,2 amprit.

§ 157. Enne elektrisütikute väljaandmist minööridele peab neid väliselt üle vaatama ja kontrollima nende kõlblikkust (kas on sillake terve) oommeetri, Wheatstone'i-sillakese või lõhkumise prooviaparaadi abil. On keelatud läbiproovimata elektrisütikuid tarvitada.

Elektrisütikute ja selleks tarvisminevate aparaatide proovimisel peab kontrolliv isik ühes proovimisaparaadiga olema kilbi taga, mis on tehtud kas raudplekist paksusega 3 mm või puust paksusega mitte vähem kui 30 mm; sellejuures peab proovitav elektri-

sütik ise olema teiselpool kilpi, millest läbivad elektrisütikute juhtmete otsad mõõtmisaparaadi juurde läbi kitsa augu.

Elektrisütikute proovimine peab toimuma lahtises õhus või selleks ettenähtud eri ruumis. Niisketes ja märgades kohtades tuleb tarvitada elektrisütikuid ühes juhtmetega, milledel peab olema kummist isolatsioon. Kõik kõlbmatuks tunnistatud elektrisütikud tuleb hävitada.

§ 158. Mitme puuraugu järjelisel ühendamisel peab elektrisütikuid võtma ühest karbist võrdsete takistustega või valima neid nõnda, et takistuste vahed üksikute sütikute vahel ei ületaks 0,05 oomi elektrisütikutel, millede takistus on 1 oom, ja 0,1 oomi, millede takistus on 1—2 oomi.

Kõik ühendusjuhtmed võrgus peavad olema täiesti korras ja omama email- või kummi-isolatsiooni. Magistraaljuhtmed ei või lühemad olla kui 50 m. Teistsuguse isolatsiooniga juhtmeid võib tarvitusele võtta ainult Riikliku Mäetehnilise Inspektuuri nõusolekul.

§ 159. Puuraukude süütamisel elektri abil ei tohi kasutada maad (käigu külgesid, lage ja põhja) ja metallosi tagasivoolu juhtmena. (Peab abinõud tarvitusele võtma, mis väldiksid magistraaljuhtmete juhuslikku maaühendust nende rikkimineku või ühenduse tõttu teiste juhtmetega.) Juhtmete ühendamisel peab nende otsad enne hästi noaga puhastama ja pärast ühendamist hoolikalt isoleerpaelaga kinni mähkima. Juhtmed, mis viivad üksikult lahtilõhutavate puuraukude juurde, ei tohi kokku puutuda teistega, selleks et ühe lõhkemise asemel ei lõhkeks ka teised kõrvalolevad.

§ 160. Enne laengute süütamist puuraukudes on vaja läbi viia kogu süütamisvõrgu takistuse mõõtmine ja samuti ka juhtmete isoleerimine lühi- ja maaühenduse kõrvaldamiseks. Mõõtmisaparaatide puudumisel tuleb võrgu korrasolekut kontrollida süütevõrgu proovija (millivoltampermeeter) või galvanoskoobi abil. Kui võrgu mõõtmised ja proovimised näitavad, et võrk ei ole korras, tuleb kontrollida kõik juhtmete ühendused, tuleb leida rikkekoht, kõrvaldada viimane ja alles peale seda teostada lõhkumist. Magistraaljuhtmeid peab üles riputatama nii, et nad oleksid õhus ega puutuks metallesemete külge (roopad, torud jne.). Kõik elektriga süütamisel tarvituselolevad juhtmed peavad olema isoleeritud. Juhtmete võrgu kontrollimine peab ette võetama siis, kui kõik töölised, välja arvatud minöörid, peale esimese signaali andmist enne lõhkumist on läinud varjupaika. Peale võrgu kontrollimist peab magistraaljuhtmete otsad hoitama lühiühenduses nii-

kaua, kuni nad ühendatakse vooluallikaga lõhkumise läbiviimiseks.

Süütevõrgu proovija kasutamine elektrisütikute ja süütevõrgu kontrollimiseks on lubatud kõikides maa-alustes kaevandustes, kus on lubatud elektri abil süütamine, tingimusel, et kuivelementide patareipinge süütevõrgu proovijas ei langeks alla 3 voldi. Süütevõrgu proovija karp peab olema alati kruvidega tihedalt kinni pandud. Patarei vahetamist süütevõrgu proovijas on lubatud teostada ainult isikul, kes hästi tunneb selle konstruktsiooni, kusjuures peab rõhku pandama õigele ja hoolsale ühendamisele aparaadis eneses.

§ 161. Lülituskast lülititega (mis lülitavad välja voolu üheaegselt kõikidest poolustest) peab alati olema lukustatud. Kasti võti peab olema minööri käes. Järjestikku nimetatud lülititega asetsev lõhkumiselüliti on varustatud seadeldisega, mis automaatselt peale vajutamise lõppu lülitab välja voolu ringi.

Lõhkumisel statsionaarse voolu abil peab olema voltmeeter ja ampermeeter valgustusvõrgu voolutugevuse ja pinge kontrollimiseks.

§ 162. Juhtmeteks lõhkumistöödel peab tarvitama hästi isoleeritud juhtmeid läbilõikega mitte vähem kui 0,8 mm^2. Sellejuures peab nimetatud juhtmete panek toimuma lahus elektrivõrgu juhtmetest.

§ 163. On lubatud tarvitada aegelektrisütikuid, kusjuures üksikute rühmade lõhkemisaja vahe ei oleks väiksem kui 1 sekund.

§ 164. Nendes töökohtades, kus on karta elektrihulkurvoolude olemasolu, tuleb kõik elektrisütikud, mis on välja antud minööridele, omavahel lühi-ühendada, et vältida mainitud voolude tõttu juhuslikku lõhkemist. Elektrisütikute juhtmeotsade lahtitegemine on lubatud ainult enne nende sisselülitamist võrku. Magistraaljuhtmete otsad peab hoolikalt hoitama lühiühenduses. Magistraaljuhtmed ei tohi lamada maa peal, puutuda kokku metallasjadega ega omada rikutud isolatsiooni.

§ 165. Laengute süütamisel elektri abil peab määrama minöörile abiks ühe hästi instrueeritud kogenud töölise. Laengute süütamist peab teostama minöör, olles ise varjatud kohas. Minööril ei ole õigust kellelegi üle anda süütamismasina vänta ega lõhkepatarei või lõhkelülitikasti võtit, ega kedagi lasta nende asjade juurde.

§ 166. Peale lõhkumist elektri abil on lubatud töökoha juurde tulla lahtistel töödel peale 5 minuti möödumist, maa-alustel töödel aga peale tööete küllaldast tuulutamist. Aegsütikute tarvitamisel on lubatud varjupaigast välja tulla 5 minuti möödumisel peale voolu sisselülitamist.

Kui peale voolu sisselülitamist või süütamismasina käimapanemist pauku ei tulnud, peab minöör magistraaljuhtmed eraldama vooluallika küljest, nende otsad lühiühendusse panema, ja selgitama tõrke põhjuse. Seljuhul pole lubatud lõhkumiskohta minna enne 10 minuti möödumist. Kui olid tarvitusel aegsütikud, siis võib, kui on tegemist tõrkega, läheneda lõhkumiskohale alles peale 15 minuti möödumist, lugedes voolu sisselülitamise ajast.

§ 167. Äikese lähenemise ja tegevuse ajal on keelatud laengute süütamine elektri abil lahtistel töödel.

6. Tõrges-puurlaengute likvideerimine.

§ 168. Mittelõhkenud või osaliselt lõhkenud puurlaengute (tõrges-puurlaengud) likvideerimine on lubatud ainult järgmistel viisidel:

a) lõhkumisel laenguga puuraugus, mis asub lõhkematajäänud august mitte lähemal kui 30 sm, kusjuures puuraugu asukoht ja suund peab olema valitud tehnilise järelevalve poolt antud näpunäite kohaselt. Enne säärase puuraugu puurimist, kui laengu süütamine oli elektriline, peab mittelõhkenud puuraugu sütiku juhtmete otsad lühiühendusse panema;

b) tõrges-puuraugu väljauhtumise või väljapuhumise teel;

c) uue löökpadruni puurauku panemise teel.

Tõrges-puurlaengute likvideerimist kõrvalepuuritud augu abil võib tarvitusele võtta kõikidel juhtudel, mil puurlaeng ei lõhkenud; et tõrgestanud puuraugu suunda kindlaks teha, on lubatud puuraugust topend 10 sm ulatuses välja võtta.

Tõrgestanud puurlaengu väljapuhumine või väljauhtumine võib toimuda ainult siis, kui lõhkeaine on pulbritaoline ja kui ta auku sattus puistamise teel, seejuures peab ka topend olema kuiv puistaine; enne asumist puurlaengu väljapuhumisele või väljauhtumisele peab puhastamislusika abil ettevaatlikult kõrvaldama augu suust savitopi, kui see on olemas. Peale seda puhutakse või uhutakse auk puhtaks vastavalt suruõhuga või hüdropuldist saadud veejoaga. Puhumisel paneb minöör silmade kaitseks vastavad prillid ette. Sel teel kättesaadud elektrisütik hävitatakse selleks

ettenähtud viisil. Uue löökpadruni puurauku panemine on lubatud siis, kui jäi osa lõhkeaineid puuraugu pesades lõhkemata; see võib sündida ainult maapealsetes töödes, kuid allmaatöödes ainult säärastes, mis ei ole gaasi ega tolmu poolest ohtlikud ja ka siis, kui on olemas veetopend.

§ 169. Tõrgestanud (mittelõhkenud) laengu juurde uue löökpadruni asetamine on võimalik ainult siis, kui topendiks on vesi ja kui löökpadrun vabalt läheb tõrgestanud puurauku, mispärast on ka vaja enne selgitada, kas tõrges-laenguga puurauk ei ole eelmisest lõhkumisest prahiga täitunud.

§ 170. On keelatud: a) löökpadruni väljavõtmine puuraugust, kus on olemas tõrges-laeng; b) elektrisütikute väljatõmbamine löökpadrunist, sütikujuhtmetest kinnihaaramise teel; c) laengute puuraugust väljapuurimine või võtmine; d) puuraugu pesade edasisüvendamine puurimise teel; e) laaditud puuraukude jätmine mittelõhkenud olukorda.

§ 171. Tõrgestanud puurlaengute likvideerimist peab toimetama minöör ise, kusjuures ei tohi viibida teisi isikuid, kelle töö ei ole ühenduses tõrgestanud puurlaengute likvideerimisega.

§ 172. Kui naaberlaengud on osa puuraugu laengust puutumata jätnud või lõhkemata olekus lõhkeaine laiali paisanud, on minöör kohustatud hoolikalt läbi vaatama lahtilõhutud manneraine ja kokku korjama lõhkeaine prahi hulgast; ainult peale seda on lubatud töölistel asuda lahtilõhutud manneraine sorteerimisele ja koristamisele. Kui minööril on raske kindlaks teha, kas kõik puurlaengud on lõhkenud (alumiste puurlaengute kinnimatmine ülemiste puuraukude poolt lahtilõhutud manneraine), peab ta sellest teatama kaevanduse tehnilisele järelevalvele, kes siis vastavad abinõud peab tarvitusele võtma võimaliku hädaohu kõrvaldamiseks.

Kui võimatu on ühe töövahetuse jooksul likvideerida tõrgestanud puurlaengut, peab minöör üles seadma hoiatava märgi ja teatama tekkinud olukorrast kaevanduse jaoskonnas tehnilisele järelevalvele ja järgmise vahetuse minöörile, tehes vastava sissekande selleks ettenähtud žurnaali, mille vormi peab kinnitama Riiklik Mäetehniline Inspektuur.

On keelatud enne tõrges-puurlaengu likvideerimist teha igasuguseid teisi töid vastavas tööees.

7. Erilõhkumisvahendite tarvitamine kaevandustes.

§ 173. Erivabrikutes valmistatud poorseid kloorhappekaaliumi ($KClO_3$) padruneid on lubatud kaevandustöödel muuta lõhkeaineteks, immutades neid vedelate süsivesinikkude segudega, näiteks mirbaanõliga (dinitrofenool, dinitrotoluool), petrooleumi või naftaga, kusjuures võib tarvitada ainult Riikliku Mäetehnilise Inspektuuri poolt tunnustatud immutamismeetodeid.

§ 174. Kaevandustöödel võib muuta lõhkevateks padruneid, mis sisaldavad sütt ja muid orgaaniliste ja metallainete puru, immutades neid vedela hapnikuga (O_2), milline immutamine võib toimuda ainult Riikliku Mäetehnilise Inspektuuri poolt lubatud viisil. Vedela hapniku trasportimise, hoidmise ja tarvitamise viisid vajavad samuti Riikliku Mäetehnilise Inspektuuri heakskiitmist.

8. Lõhketööde eriinstruktsioon.

§ 175. Igas ettevõttes, kus tehakse lõhketöid, peab olema välja töötatud eriinstruktsioon minööridele, mis peab kinnitatud olema Riikliku Mäetehnilise Inspektuuri poolt. See instruktsioon peab üksikasjaliselt seletama, välja minnes kohalistest oludest, kõik võimalused lõhkeainete tarvitamisel ja ette nägema kõik abinõud, mis tagavad ohutut tööde läbiviimist vastavalt üldistele lõhketööde ohutu läbiviimise määrustele.

VIII. Rikkiläinud lõhkeainete hävitamine.

a) Üldeeskirjad.

§ 176. Rikkiläinud lõhkeained, mis käesoleva määruse kohaselt kuuluvad hävitamisele, peab hävitama ühel kolmest ettenähtud viisist: a) uputamise või lahustamise teel vees, b) põletamisega, c) lõhkamise teel, kusjuures viimast viisi tuleks võimalikult eelistada teistele. Kui see aga võimalik ei ole, siis tuleb lõhkeaine hävitamine uputamise või lahustamise teel vees eelistada põletamisele.

§ 177. Lõhkeainete hävitamine võib teostuda ettevõtte juhatuse poolt ainult siis, kui on sellest vähemalt 5 päeva ette teatatud Riiklikule Mäetehnilisele Inspektuurile ja TT Miilitsa organitele ja kui nendelt on selleks saadud vastav nõusolek, kusjuures peab üles antud olema hävitatava lõhkeaine kogus, hävitamise koht ja aeg.

Lõhkeainete hävitamist võivad toimetada ainult isikud, kel on õigus lõhketöid läbi viia ja see peab toimuma lõhkeaine laojuhataja, ettevõtte esindaja, Riikliku Mäetehnilise inspektori ja TT Miilitsa esindaja juuresolekul.

Iga lõhkeaine hävitamise kohta peab koostatama akt, kuhu kõik ülalnimetatud isikud peavad alla kirjutama.

b) Lõhkeainete hävitamine uputamise või lahustamise teel.

§ 178. Lõhkeainete hävitamist uputamise või lahustamise teel toimetatakse: a) lahtises meres, b) järvedes, tiikides ja jõgedes kohaliku sanitaarjärelevalve loal ja viimase poolt kättejuhatatud kohtades.

§ 179. Lahtises meres (sügavates kohtades) on lubatud uputada igasuguseid lõhkeaineid samas pakendis, milles nad olid, kuid nendele tuleb külge siduda raskusi.

Järvedes, tiikides, jõgedes ja samuti ka tünnides ja teistes anumates, mis täidetud veega, on lubatud hävitada uputamise või lahustamise teel dünamoone, püssirohtu ja kardokspadrunite segu; teisi ammonsalpeetrilisi lõhkeaineid on lubatud hävitada ainult lahustamise teel tünnides või teistes anumates veega.

Tünnides-lahustamisel tuleb võtta 15 kg padrunite kestadest väljavõetud lõhkeaine kohta 125 liitrit vett; sel teel saadud segu segada puust segajaga ja jätta seisma ½—1 tundi, millejärele lahustus pealt ära valada kuhugi auku ja ülejäänud osale peale valada uuesti 125 l vett. Seda operatsiooni tuleb korrata 3—4 korda. Mittelahustunud jäägi peab kokku korjama ja ära hävitama põletamise teel, nagu see alljärgnevais paragrahves on ette nähtud.

§ 180. Nitroglütseriin-lõhkeaineid ja süütamisvahendeid on keelatud hävitada uputamise ja lahustamise teel.

c) Lõhkeainete hävitamine põletamise teel.

§ 181. Põletamise teel võib hävitada kõiki lõhkeaineid, välja arvatud lõhkekapslid, elektrisütikud ja detoneeruv nöör.

Hävitamine põletamise teel on lubatud ainult siis, kui on kindel, et lõhkeainete hulka ei ole sattunud lõhkekapsel või elektrisütik, vastasel korral tuleb lõhkeaineid hävitada lõhkamise teel. Lõhkeainete põletamist võib ette võtta ainult kuival ilmal.

§ 182. Arvestades seda, et põletamisel võib tekkida plahvatus, peab põletamise jaoks välja valima sündsa koha, mis peab olema vähemalt 300 m kaugusel elamutest, teedest ja lõhkeaine-

ladudest, kusjuures ühekorraga võib põletada kuni 15 kg lõhkeainet; kui aga on vaja korraga põletada 15—25 kg lõhkeaineid, siis peab põletamiskoht olema vähemalt 500 m kaugusel elamutest, teedest ja lõhkeaineladudest.

Kui hävitatava lõhkeaine kogus ületab 25 kg, siis peab nende põletamine toimuma partiides, mis ei ületa 25 kg. Lõhkeaine põletamiseks peab ette valmistama lageda koha, mis hoolsalt peab puhastatud olema kividest, okstest ja murumätastest. On keelatud lõhkeaine põletamine kivisel alusel. Kui kohal ei ole loomulikult kaitstud varjupaika, siis peab seda tegema mingisuguse kunstliku ehituse näol (nagu sein palkidest, mullavall), mille taga võiksid leida varju isikud, kes teostavad lõhkeaine põletamist; see ehitus peab olema vähemalt 50 m kaugusel põletamiskohast. Lõhkeainet tuleb põletamisele tuua partiides, mis ei ületa 150 kg ja see peab ka asuma varjatud kohas vähemalt 50 m kaugusel põletamiskohast. Süütenööriga võib otsekohe süüdata lõhkeaineid, mis kergesti süttivad ja energiliselt põlevad.

Püssirohtu hävitatakse sel teel, et seda puistatakse kitsa ribana maha ja pannakse põlema.

Plastilised lõhkeained pannakse padrunites ots-otsa vastu ühte ritta, kusjuures padruniotstest rebitakse paber ära, et põlemine anduks paremini edasi; peab hoolega kontrollima, et padrunite hulgas, mis kuuluvad põletamisele, ei oleks lõhkekapsleid. Lõhkeainekarpe ja -kesti peab kokku korjama ja eraldi ära põletama. Lõhkeainete riba ja padrunite rea süütamine peab toimuma vastu tuult süütenööri (ilma kapslita) abil, peale süütamise lõppu peab isik, kes süütas, ise kohe minema varjatud paika. Läheneda põletamiskohale võib ainult siis, kui on kindel, et lõhkeaine põlemine on lõppenud. Peale põletamise lõppu on vaja kindlaks teha, et põletamiskohale ei ole järele jäänud põlemata lõhkeainet. Selleks on vaja ettevaatlikult tuhka liigutada puust labidaga ja põlemata-jäänud lõhkeaine osad kokku korjata ja eraldi ära põletada tuliriidal.

Järgmise partii põletamisele võib asuda, kui on kindlaks tehtud, et põletamiskohale ei ole jäänud jäänuseid ega tuld eelmisest põletamisest.

Halvasti-põlevaid lõhkeaineid, nagu ammonsalpeeter, võib põletada lõkketulel, kusjuures tuliriit peab olema nii suur, et sinna ei oleks vaja põletamise ajal uut põletisainet juurde lisada. Kui on tegemist vähese arvu lõhkeaine põletamisega, siis on lubatav lõhkeainepadruneid üksteise järele tuliriita visata, kusjuures ei

tohi enne uut padrunit visata, kui eelmine ei ole täiesti ära põlenud. Samuti tuleb hävitada ka rikkiläinud süütenöör.

Detoneeruvat nööri võib hävitada ainult lõhkamise teel.

Nitroglütseriin-lõhkeaineid võib hävitada põletamise teel, saates aga inimesed varjatud paika.

Uus tuliriit tuleb asetada uude kohta. On keelatud lõhkeainete põletamine ühes kastidega.

d) Lõhkeaine hävitamine lõhkamise teel.

§ 183. On lubatud hävitada lõhkamise teel nii üksikuid padruneid kui ka terveid karpe padrunitega. On keelatud hävitada lõhkeaineid tervete kastidena. Üheaegselt lõhatavate lõhkeainete hulk ei tohi ületada 10 kg.

Lõhkeainete hävitamine toimub samadel tingimustel ja samadest ettevaatusabinõudest kinnipidamisel, kui hävitamisel põletamise teel, kuid kindla varjupaiga asukoht peab lõhkeaine hävitamise paigast olema vähemalt 50 m ja elamutest ning lõhkeaineladudest vähemalt 500 m kaugusel.

Et saavutada täit lõhkemist, on vaja lõhata eri augus umbes 0,5 m^3 mahuga, mis kaevatud lõhkeainete hävitamiseks väljavalitud kohal. Lõhkamine tuleb läbi viia elektrisütikute abil ja ainult äärmisel juhul lubatakse süüdata ka süütenööri abil, sellejuures ei tohi süütenööri pikkus vähem olla kui 8 m ja ta peab juhitud olema hävitatava lõhkeaine juurde vastu tuult.

Löökpadrunite valmistamiseks peab tarvitama kõlblikku lõhkeainet, mis tekitaks täielise plahvatuse. Samal viisil, kuid kinni pidades § 182 nõuetest, peab hävitama ka jäägid mittetäielisest lõhkemisest, kui neid ilmsiks tuleb. (Kõrvaldatud kestad ja tühjad karbid, mis järele jäävad peale lõhkeaine hävitamist, peab tuliriidal ära põletama.)

§ 184. Lõhkekapsleid ja elektrisütikuid tuleb hävitada samuti augus, nagu see eelmises paragrahvis kirjeldatud, kuid vabriku pakendis ja mitte rohkem kui 1000 tükki korraga; nende peale pannakse ühe pakina 4—5 padrunit kõlblikku lõhkeainet, milledest vähemalt üks padrun peab olema löögipadrun, mis süüdatakse elektri teel; äärmisel juhul võib ka süütenööri abil süüdata, kuid kinni pidades eelmise paragrahvi nõuetest.

e) Lõhkeainete tühjade kastide kasutamine ja hävitamine.

§ 185. Tühjad kastid ja pakendid, milledes hoiti nitroglütseriini-sisaldusega lõhkeaineid, peab kohe peale nende vabakssaamist

ära viidama kohta, mis asub vähemalt 60 m kaugusel lõhkeainelaost; kastid, milledes ei ole nitroglütseriini jälgi (rasvaseid plekke), eraldatakse ja neid võib veel edasi tarvitada lõhkeainete pakkimiseks; kastid ja pakendid nitroglütseriini jälgedega kuuluvad hävitamisele põletamise teel lõkketules lahtises õhus, kaugel elamutest ja vähemalt 500 m kaugusel lõhkeaineladudest. Kastide põletamine peab toimuma lõhkeainelao juhataja järelevalvel.

Peale lõhkeaine kastide sorteerimist peab kõlblikud kastid ära veetama lõhkeainelao territooriumilt ja alles hoitama laos, mis peab vastama tulekaitse nõuetele nii asukoha kui ka muude sellekohaste abinõude suhtes. Sellest laost võib kaste tarviduse järgi lõhkeainevabrikutesse edasi saata.

Kaste, mis sisaldasid ammonsalpeetrilisi lõhkeaineid, ei ole tarvis hävitada ja neid võib edasi kasutada lõhkeainete pakkimiseks vabrikutes, kui nad on selleks küllalt kõlblikud.

IX. Piksekaitse.

1. Üldised seisukohad.

§ 186. Kõikidel maapealsetel lõhkeaineladudel peab olema piksekaitse varraste näol mastidel.

§ 187. Iga varras-piksekaitse peab koosnema kolmest osast:

a) ülemisest vardast (vastuvõtjast),

b) ühendusjuhtmest,

c) maandusest,

kusjuures kaks esimest osa võivad moodustada ühe terviku. Kõik varda osad peavad olema korralikult tehtud; materjaliks kasutada valtsitud rauda igas profiilis.

Ühendusjuhtme valmistamiseks võib tarvitada ka raud- ja vaskvaiereid.

Ühendusjuhtme valmistamine mitmesugusest materjalist ei ole lubatav.

Ühendusjuhtmel ei tohi olla järske suunamuutusi, vaid kõik suuna muutmised peavad olema tehtud kerge kõveriku näol võimalikult suure raadiusega.

§ 188. Piksekaitse osade ühendamine omavahel peab olema tehtud eriti hoolikalt ja nii, et takistus ühenduskohas ei oleks suurem kui juhtmetes enestes. Üksikute piksekaitse osade otsad peavad olema kokku keevitatud või joodetud, seal kus kokkukeevitamine ja -jootmine ei ole teostatav, peab olema tehtud vastupidav, tihe ühendus kokkupuutuva pinnaga vähemalt 10 mm^2, kusjuures mõlemad otsad peavad olema tinutatud.

§ 189. Igal I ja II klassi lõhkeainelao hoonel peab olema mitte vähem kui üks mast, III klassi laohoonel — mitte vähem kui 2 masti, IV klassi laohoonel — mitte vähem kui 3 masti ja V, VI klassi- ja põhiladudel — mitte vähem kui neli masti. Mastide kõrgus peab olema niisugune, et nende mõjuraadius, mis võrdne masti kõrgusega, haaraks enesega kogu platsi, mis laohoone enese alla võtab.

Kui ladu on piiratud vallidega, siis peavad mastid vallidel olema asetatud sümmeetriliselt, mitte aga valli nurkades. Kui valle ei ole, peavad mastid olema üles pandud erilistel tugedel. Masti kaugus laohoonest peab olema 4—6 m piirides.

2. Vastuvõtuvarraste ehitus.

§ 190. Kinnitid vastuvõtuvarraste kinnitamiseks peavad olema küllalt tugevad, tuulte mõjudele küllaldaselt vastupidavad ning võimaldama vastuvõtuvarrast nende külge tugevasti kinnitada. Kui mast ei ole eriti kõrge, võib vastuvõtuvarda moodustada ühe tervik-mastina (pikk metallvarras valtsitud rauast, mis võib ühel ajal olla vastuvõtuvardaks ja ühendus-juhtmeks).

Niisuguse masti kinnitamiseks võib olla mitte kõrge post vertikaalse kanaliga varda kinnitamiseks posti sees.

Mast kinnitatakse 3—4 trossist tõmmitsa abil, mille alumised otsad on ankru abil kinnitatud maasse.

§ 191. Vastuvõtuvardal peab läbilõike pind olema 10 kuni 20 sm^2 ja ta võib olla tehtud rauast, valgest vasest või vasest. Vaskvardal võib olla kaks korda väiksem põiklõige. Varda põiklõige võib omada igasugust kuju. Torukujulise varda ülemine ots peab olema õhukindlalt suletud. Ülemine varda ots peab omama eelistatult (15°-list) koonilist kuju. Vastuvõtuvarras peab olema üles seatud püstloodis ja tugevasti masti külge kinnitatud.

3. Ühendusjuhtmete ehitus.

§ 192. Ühendusjuhtmete materjaliks võib olla raud, valge või punane vask. Raud- ja valgevask-juhtmete läbilõige peab olema 250 kuni 400 mm^2, vaskvarrastel — 125 kuni 200 mm^2. Trossi tarvitamisel üksikute traatide läbimõõt ei või olla väiksem kui 2 mm. Trosside ühendamine vastuvõtuvarrastega peab toimuma muhvide abil, millede läbimõõt ja kõrgus on umbes 25 mm ja millede välisele pinnale on tehtud ümmargune renn, mille läbimõõt võrdub köie läbimõõduga. Köie ots seotakse traadiga ja joodetakse kinni kogu renni pikkuselt.

§ 193. Raudühendusjuhtmete kaitseks roostetamise vastu peavad nad olema tsingitud või värvitud.

Ühendusjuhtmete alumine osa 2 m kõrguselt maapinnast peab olema ümbritsetud puust kestaga juhtme kaitseks mehaaniliste vigastuste vastu.

4. Maandusseadme ehitus.

§ 194. Maa-alused juhtmed peavad olema viidud kuni põhjavee horisondini, lastud järve, jõkke või tiiki.

Nende tingimuste puudumisel kaevatakse eriline auk, mis on täidetud söe või räbuga (šlakiga). Täide peab olema alaliselt niiske, mispärast teda on vaja perioodiliselt niisutada veega.

§ 195. Maandus tehakse kas metalltorudest läbimõõduga mitte vähem kui 5 sm ja pikkusega mitte vähem kui 2 m, mis vertikaalselt maasse lastud ja asetatud teineteisest mitte kaugemale kui 2 m, või metallribast paksusega mitte vähem kui 3 mm ja laiusega mitte vähem kui 25 mm, mis asetatud maasse horisontaalselt mitte vähem kui 50 sm sügavusse (sel juhul riba võib painutatud olla sik-sakiliselt, nii et hamba käik oleks vähemalt 2 korda suurem sik-saki hamba kõrgusest), või ka raudkeppide ja kaablite näol, mis maasse on kaevatud horisontaalselt, sügavusse mitte vähem kui 50 sm. Torude, keppide arv ja raudriba pikkus peab võetama nii, et nende summaarne maandamistakistus ei ületaks 10 oomi.

Raudmaandused peavad olema tsingitud, vaskmaandused — tinutatud

§ 196. Pealmaajuhtmete ühendus allmaa omadega toimub kinnitamise teel poltidega või eriliste klambritega.

§ 197. Maandamisel lahtistesse basseinidesse peab juhtme ots kaevatama mitte vähem kui 1 m allapoole püsivat põhjavee pinda kalda nõlvakusse, mis peab olema kindlustatud väljauhtumise vastu. Traatide otsad peavad olema paigutatud basseini põhja ja hästi kinnitatud.

§ 198. Kui maa-aluste veekogumite loomiseks on vaja kaevata kaeve, siis nende seinu tuleb toestada, põhi aga jäetakse lahtiseks. Kaevud peavad olema süvendatud põhjavette mitte vähem kui 1 m ja nad ei tohi kuivaks jääda. Liiga kuivas maas maa-alused juhtmed kaevudes kaetakse kinni purustatud koksiga, koksipuruga ja puusöega, segatud väikese hulga keedusoolaga.

Maa-alused juhtmed kinnitatakse kaevu seina külge klambritega või kahvlisarnaste konksude abil, mis on asetatud teineteisest 1,5 m kaugusele. Kaevu seinte külge kinnitatakse ka maa-alused

maandused plaatide või torude näol selleks, et nendel oleks vertikaalne asend ja et nad oleksid täiesti viidud põhjavette.

Ühte kaevu on lubatud paigutada mitu juhet, kuid nad ei tohi olla omavahel ühendatud ei väljaspool kaevu ega kaevus eneses, vaid iga juhe üksikult peab ühendatud olema plaadi või toruga.

§ 199. Väljaspool valli, mis ümbritseb lõhkeainelao hoonet, peab mitte sügavasse maa sisse pandama juhe (maandus) ümber kogu laohoone, millega tugevasti ja tihedalt peavad ühendatud olema vastuvõtuvarrastelt tulevad kõrvaljuhtmed. Niisiis mitu varrast ühendatakse omavahel ja ühendatakse vastavate juhtmete abil maandustega.

5. Piksekaitse ülevaatus ja kontroll.

§ 200. Iga piksekaitset peab üle vaadatama ja kontrollitama ettevõtte administratsiooni poolt mitte harvemini kui 2 korda aastas (sügise lõpul ja kevade algul), ja peale iga äikest. Viimasel juhul piksekaitset kontrollitakse ainult juhtivusele.

§ 201. Piksekaitse ülevaatusel pööratakse tähelepanu järgmisele:

a) kas on terve vastuvõtuvarras ja kas ta on küllalt tugevasti kinnitatud; kas ei ole ülemine ots murdunud või ära sulanud, kas ei ole värv kadunud vardalt ja kas ta ei ole roostetanud;

b) kas piksevardal on säilinud õige ja tugev ühendus ühendusjuhtmega; kas ei ole ühenduskohal roostet, kas pole rikutud värv või juhtme kinnitus;

c) kas on korras piksekaitse maa-alune osa;

d) kas ei ole rikutud kogu süsteemi kinnitus; kas on terved mastid ja seda hoidvad alused.

Peale selle tehakse piksekaitse takistuste mõõtmine.

§ 202. Takistuste mõõtmine jaguneb takistuste mõõtmiseks maapealses osas, varda süsteemis ja maanduse mõõtmiseks mõlemale süsteemile.

Takistuste mõõtmist maapealses osas tehakse ainult siis, kui ta koosneb mitmest omavahel järjestikku ühendatud osast. Piksekaitseühenduste takistuse suurust mõõdetakse oommeetri, Wheatstone'i-Kohlrausch'i sillakese või teiste taoliste mõõduriistade abil, ühendades nendega uuritav piksekaitse abijuhtmetega.

Saadud takistusest tuleb maha arvata abijuhtmete takistus ja piksevarda enese takistus, võttes seda tervikuna. Varda takistus määratakse kindlaks tema pikkuse ja läbilõike alusel. Mõõtmisaparaat peab olema nii tundlik, et ta annaks võimalusi mõõta takistusi kuni 0,05 oomini. Iga jätku äärmiseks lubatavaks takistuseks peetakse 0,1 oomi.

Kõik märgatud puudused peab kohe kõrvaldatama.

Iga kontrollimine ja selle resultaadid tuleb sisse kanda eri piksekaitse kontrollraamatusse, mida hoitakse lõhkeainelao juhataja juures.

LISA

„Lõhkeainete hoidmise ja tarvitamise juhendi" juurde.

A. Tarvitamiseks lubatud lõhkeainete nimestik.

Nimekiri nr. 1. Lõhkeained.

Jrk. nr.	Lõhkeainete nimetus	Lõhkeaine koostis	Lõhkeainete tarvitamise tingimused
		I. Antigrisuutsed (ohutud) lõhkeained.	
		1. Lõhkeained, mida tarvitatakse kaevandustes, mis ohtlikud söetolmu ja gaasi plahvatamise ja maa-aluste tulikahjude poolest.	
		a) Nitroglütseriin-lõhkeained.	
1.	Grisutiin 12 %	Nitroglütseriini 11,5—12 % Kolloodiumvilla 0,2—0,24 % Ammonsalpeetrit 87—88 % Soodat ja kriiti 0—0,5 % Niiskust 0—0,5 %	Piirlaeng 800 g. Elektridetonaatorid nr. 8, paukuvelavhõbe koos tetrüüliga vaskkapslis
2.	Grisutiin, soolane 12 %	Nitroglütseriini 11—12 % Kolloodiumvilla 0,2—0,24 % Ammonsalpeetrit 76—75 % Kloornaatriumi 12—13 % Niiskust 0—0,5 %	Needsamad
		b) Ammonsalpeetrilised lõhkeained.	
3.	Antigrisuutne ammoniit nr. 1	Ammonsalpeetrit 78,5 ± 1,5 % Trotüüli 10 ± 1 % Kloornaatriumi 10 ± 1 % Puujahu 1,5 ± 0,2 % Niiskust 0—0,2 %	Piirlaengu suurus 800 g. Elektridetonaator nr. 8, paukuvelavhõbe tetrüüliga vaskkapslis
4.	Amasool	Ammonsalpeetrit 54 % Trotüüli 12 % Kivisoola 34 % Niiskust 0—0,2 %	Needsamad

Jrk. nr.	Lõhkeainete nimetus	Lõhkeaine koostis		Lõhkeainete tarvitamise tingimused
		c) Vedeldatud gaasidega lõhkumisvahendid.		
5.	Kardoks	Vedelsõehape		Igat soojendamise elementide partiid peab proovima nende ohutuse mõttes gaasi ja tolmu vastu juhendi alusel, mis on kinnitatud Riikliku Mäetehnilise Peainspektuuri poolt
		2. Lõhkeained, mida tarvitatakse kaevandustes, mis ohtlikud söetolmu ja gaasi plahvatamise ja maa-aluste tulikahjude poolest, käikude rajamisel aheraine kihtides.		
		a) Nitroglütseriin-lõhkeained.		
6.	Grisutiin 29 %	Nitroglütseriini	29—30 %	Piirlaengu suurus 800 g. Elektridetonaatorid nr. 8, paukuvelavhõbe koos tetrüüliga vaskkapslis
		Kolloodiumvilla	0,8—1 %	
		Ammonsalpeetrit	69—69,5 %	
		Soodat ja kriiti	0—0,5 %	
		Niiskust	0—0,5 %	
		II. Mitteantigrisuutsed (gaasis ja söetolmus ohtlikud) lõhkeained.		
		1. Lõhkeained, mida on lubatud tarvitada nii maa all, kus ei ole plahvatavaid gaase ja tolmu, kui ka maa peal.		
		a) Nitroglütseriin-lõhkeained.		
1.	62%-line naatrium-dünamiit	Nitroglütseriini	62—63 %	Elektrisütikud ja lõhkekapslid igat sorti, nimekirja nr. 2 alusel
		Kolloodiumvilla	2,7—3,2 %	
		Naatrisalpeetrit	25—27 %	
		Puujahu	7—8,5%	
		Niiskust	0—0,5 %	
2.	62%-line kaalium-dünamiit	Nitroglütseriini	62—63 %	Seesama
		Kolloodiumvilla	2,7—3,2 %	
		Kaalisalpeetrit	25—27 %	
		Puujahu	7,5—8,5 %	
		Niiskust	0—0,5 %	
3.	62%-line nitroglükool-dünamiit	Nitroglütseriini	43,4—44,1 %	Seesama
		Nitroglükooli	18,6—17,9%	
		Kolloodiumvilla	3,3—3,5 %	
		Kaalisalpeetrit	25—27%	
		Puujahu	7—8%	
		Niiskust	0—0,5%	

Jrk. nr.	Lõhkeainete nimetus	Lõhkeaine koostis		Lõhkeainete tarvitamise tingimused
		b) Ammonsalpeetrilised lõhkeained.		
4.	Ammoniit nr. 2T	Ammonsalpeetrit Trinitrotoluooli Niiskust	88 ± 1,5% 12 ± 1% 0—0,2%	Needsamad
5.	Ammoniit nr. 2K	Ammonsalpeetrit Ksiliili Niiskust	88 ± 1,5% 12 ± 1% 0—0,2%	"
6.	Ammoniit nr. 2 võimne	Ammonsalpeetrit Trinitrotoluooli Niiskust	88 ± 1,5% 12 ± 1% 0—0,2%	"
7.	Dinaftaliit teralisel kujul	Ammonsalpeetrit Dinitronaftaliini Niiskust	88 ± 1,5% 12 ± 1% 0—0,2%	"
		2. Lõhkeained, mida on lubatud tarvitada ainult lahtistel töödel.		
		a) Ammonsalpeetrilised lõhkeained.		
8.	Ammoniit nr. 3T	Ammonsalpeetrit Trotüüli, kristallilist või niisket Niiskust	86—90% 10—14% 0—0,5%	Needsamad
9.	Ammoniit nr. 3K	Ammonsalpeetrit Ksiliili Niiskust	86 – 90% 10—14% 0—0,5%	Elektrisütikud või lõhkekapslid nimekirja nr. 2 järgi
10.	Ammoniit nr. 3TM	Ammonsalpeetrit Trotüüliõli Puujahu Niiskust	85 ± 1,5% 13 ± 1% 2 ± 0,5% 0—0,5%	Needsamad
11.	Karbodinaftaliit teralisel kujul	Ammonsalpeetrit Dinitronaftaliini Puusütt Niiskust	89,5 ± 2% 3,5 ± 0,5% 7,0 ± 1% 0—0,5%	"
12.	Dinamon „K"	Ammonsalpeetrit Männikoorest jahu Niiskust ja lenduvaid aineid (puukoorejahu arvel)	90 ± 1% 10 ± 1% 0—2,5%	"

Jrk. nr.	Lõhkeainete nimetus	Lõhkeaine koostis	Lõhkeainete tarvitamise tingimused
		b) Muud lõhkeained.	
13.	Oksilikviidid	Immutatavad padrunid, mis immutatakse vedelhapnikuga	Elektrisütikud või tina-asiid tetrüüli-, ten-heksogeeni täitega lõhkekapslid. Tulega süütamisel tarvitatakse bikfordi süütenööri kahekordse mittepõleva kestaga
14.	Püssirohi	Kaalisalpeeter 75 % Väävel 10 % Süsi 15 %	Elektrisütikud või lõhkekapslid nr. 8 igat sorti (nimestiku nr. 2 järgi) ja bikfordinöör
15.	Pikriinhape	Puhtal kujul	Elektrisütikud või lõhkekapslid igat sorti nimestiku nr. 2 järgi
16.	Prantsuse segu	Pikriinhappe sulamid ja segud dinitronaftaliiniga või dinitronaftaliiniga ja trinitrotoluooliga	Needsamad, kuid vahepealse detonaatoriga

Lubatud lõhkeainete süütamisvahendite nimekiri nr. 2.

Jrk. nr.	Nimetus	Koostis ja laengu kaal (grammides)	Materjal
1.	Paukuvelavhõbeda-tetrüüli lõhkekapslid nr. 8	Paukuvelavhõbe 0,5 g Tetrüül 1,0 g	Vask, raud, paber. Paberist lõhkekapslid ja elektrisütikud peavad olema pakitud metallkarpi mitte rohkem kui 100 tk. igaühte
2.	Paukuvelavhõbeda-teni (pentriidi) lõhkekapslid nr. 8	Paukuvelavhõbe 0,5 g Ten (pentriit) 1,0 g	Sama
3.	Paukuvelavhõbeda-heksogeeni lõhkekapslid nr. 8	Paukuvelavhõbe 0,5 g Heksogeen 1,0 g	„

Jrk. nr.	Nimetus	Koostis ja laengu kaal (grammides)	Materjal
4.	Asiidi-tetrüülised lõhkekapslid nr. 8	Tina-asiid 0,2 g TNRS (tinatrinitroresortsinaat) 0,08 g Ten 1,9 g	Alumiinium, raud, paber
5.	Asiidiheksogeensed lõhkekapslid nr. 8	Tina-asiid 0,2 g TNRS 0,08 g Heksogeen 1,0 g	"
6.	Asiiditen'ised lõhkekapslid nr. 8	Tina-asiid 0,2 g TNRS 0,08 g Ten 1,0 g	"
7.	Moment- või aegsütikud liht- või veekindlalt isoleeritud juhtmega	Rhodantina 33% Bertholetsool 33% Püroksiliin 34%	Vask, kollane vask, raud, paber
8.	„Kõvatilgalised" elektrisütikud liht- või veekindlalt isoleeritud juhtmega	Rhodantina 28% Bertholetsool 46% Tisleriliim 26%	"
9.	Elavhõbeda-tetrüülised moment-elektrisütikud liht- või veekindlalt isoleeritud juhtmetega	Paukuvelavhõbe 0,5 g Tetrüül 1,0 g	"
10.	Elavhõbeda ten'ised moment-elektrisütikud liht- või veekindlalt isoleeritud juhtmetega	Paukuvelavhõbe 0,5 g Ten 1,0 g	"
11.	Elavhõbeda heksogeensed moment-elektrisütikud liht- või veekindlalt isoleeritud juhtmetega	Paukuvelavhõbe 0,5 g Heksogeen 1,0 g	"
12.	Asiiditetrüülised moment-elektrisütikud liht- või veekindlalt isoleeritud juhtmetega	Tina-asiid 0,2 g TNRS 0,8 g Tetrüül 1,0 g	Alumiinium, raud, paber
13.	Asiiditen'sed moment-elektrisütikud liht- või veekindlalt isoleeritud juhtmetega	Tina-asiid 0,2 g TNRS 0,08 g Ten 1,0 g	"

Jrk. nr.	Nimetus	Koostis ja laengu kaal (grammides)	Materjal
14.	Asiidiheksogeensed moment-elektrisütikud liht- või veekindlalt isoleeritud juhtmetega	Tina-asiid 0,2 g TNRS 0,08 g Heksogeen 1,0 g	Alumiinium, raud, paber
15.	Aegelektrisütikud	—	—
16.	Bikfordinöör valge kahekordse kestaga	Kaalisalpeeter 78 ± 2% Väävel 12 ± 1,5% Puusüsi 10 ± 1,5%	Linane või jutekude
17.	Bikfordinöör asfalteeritud kahekordse kestaga	" "	"
18.	Kahekordne asfalteeritud bikfordinöör	" "	"
19.	Kahekestaline guttapertša-kattega bikfordinöör	" "	"
20.	Kahekordse kestaga mittehõõguv bikfordinöör	" "	"
21.	Detoneeruv nöör	Paukuvelavhõbe 28% Tetrüül 71,5 % Želatiin 0,5%	Puuvillane mähis
22.	Kanepist süütaja	Kanepist niidi kimp, immutatud salpeetrilahuga	—

B. Lõhkeainete hankimise kord.

§ 1. Lõhkeainete hankimiseks või üleandmiseks ühest ettevõttest teise peavad ettevõtted, kes vajavad lõhkeaineid, andma avalduse kahes eksemplaris riiklikule mäetehnilisele inspektorile. Avalduses peab märgitud olema:

a) kui suurt hulka ja missuguseid nimelt lõhkeaineid vajatakse;
b) missuguste nimelt lõhketööde jaoks ja missugusele ettevõttele on lõhkeaineid tarvis;
c) missuguse aja peale on lõhkeaineid vaja (mitmeks kuuks või ühekordseks tarvitamiseks);

d) missugused lõhkeainete jäägid on avalduse andmise momendil igas lõhkeainete hoiuruumis või laos olemas, kuhu kavatsetakse paigutada saadav lõhkeaine ja kui suurel hulgal neid saadakse igasse üksikusse ruumi või lattu paigutada;
e) umbkaudne lõhkeaine kuutarvidus.

§ 2. Ettevõtte poolt antud avalduse alusel riiklik mäetehniline inspektor võttes arvesse:
a) laos olemasolevat lõhkeainete hulka;
b) kavatsetavat lõhkeainete kulutamist ja lõhkeainete jääki uue partii lõhkeaine saamise ajal;
c) kohalikke töö ja transpordi olukordi;
d) olemasolevat luba lõhkeainelao kasutamiseks, mis välja antud vabariigi TT Miilitsa poolt;
e) lao mahtu, — annab ettevõttele välja tunnistuse mitte rohkem kui 3 kuu peale järgmise vormi järgi.

C. Lõhkeainete arvepidamise vormularid.

Tunnistus lõhkeainete saamiseks.

Välja antud (kelle poolt) .....

Kellele (missugusele ettevõttele) .....

järgmiste lõhkeainete saamiseks:

Jrk. nr.	Lõhkeainete nimetus	Hulk	Märkus

(hulk tuleb korrata sõnadega)

Ülalnimetatud lõhkeained on määratud kasutamiseks lõhketöödel (märkida koht ja töö iseloom) . . . . . .

Lõhkeaineid hoitakse laos . . . . . klass . . . . . .

väljaantud tunnistuse kestus . . . . . .

Riikliku Mäetehnilise inspektori allkiri.

Kuupäev.

Lõhkeainete liik märgitakse tunnistuses küllaldase täpsusega.

§ 3. Lõhkeainete saamiseks saadud tunnistuse (§ 2) alusel, mis esitatakse kohaliku TT miilitsa organitele, saab ettevõte viimaste kaudu vabariikliku TT miilitsalt load (kumbki kahes eksemplaris) lõhkeainete saamiseks ja veoks valmistajast-vabrikust, põhilaost või teiselt ettevõttelt.

§ 4. Tunnistus või luba, mis on jäänud kasutamata selle kestuse ajal, peab peale selle tähtaja möödumist antama viivitamata asutisele tagasi, kust ta oli saadud. Vastasel korral uut tunnistust kasutamatajäänu asemele välja ei anta.

§ 5. Tunnistuse kaotsimineku puhul lubatakse uus tunnistus välja anda ainult tingimusel, et sellest teatatakse otsekohe kohaliku TT miilitsa organitele.

§ 6. Ettevõtted, kes saanud load lõhkeainete saamiseks, on kohustatud hankima neid ainult valmistajailt-vabrikuilt või põhiladudest.

Ettevõtted, kes saanud load lõhkeainete saamiseks, on kohustatud kohaliku miilitsa organite ja Riikliku Mäetehnilise Inspektuuri nõudel otsekohe esitama neile dokumendid selle kohta, kust ja kellelt on saadud lõhkeained.

§ 7. Lõhkeainete hankimine teiselt ettevõttelt, mis kuulub teisele majandusorganile (näiteks teisele trustile) on lubatud ainult äärmistel juhtudel Riikliku Mäetehnilise Inspektuuri nõusolekul ja TT miilitsa organite loal.

Nendel erilistel juhtudel säilitatakse üldine kord, mis määratud kindlaks käesoleva juhendi §-des 1—5. Sellejuures peab avalduses ja tunnistuses märgitud olema selle ettevõtte nimetus ja aadress (rajooni märkimisega), kellelt need lõhkeained saadakse.

Ettevõtte nimetus .....

Lõhkeainete sissetuleku ja väljamineku arvestamise $\frac{\text{maa-aluse}}{\text{maa-pealse}}$ lao raamat

19..... aastal.

Lõhkeaine nimetus .....

Kuupäev	Sissetulek (kg-des, tükkides)			
	Kust ja missuguse dokumendi alusel saadud	Jääk iga kuupäeva peale	Sissetulek öö-päeva jooksul	Üldse kuu algusest
1	2	3	4	5

Kuu-päev	Väljaminek (kg-des, tükkides)			
	Missuguse dokumendi alusel välja antud	Välja antud öö-päeva jooksul	Üldse kuu algusest saadik	Märkmeid lao kontrollimisel
6	7	8	9	10

Vorm nr. 2.

Sissekanded tehakse lõhketöödeks lõhkeainete väljaandja poolt.

Ettevõtte nimetus .....

Lõhkeainete tarvitamise arvestamise raamat

maa-aluses / maa-pealses laos

19..... aastal.

" ..... "

(päev, kuu, aasta)

Minööri töökoha nimetus	Minööri perekonna-, ees- ja isanimi ja töölise number	Dokumendi number, mille alusel lõhkeaine välja antud	Lõhkeainete nimetus	Välja antud		
				Arv: kaal kg / padr.	Padrunite numbrid	Tehase märk
1	2	3	4	5	6	7

Lõhkeaine saaja — minööri allkiri	Ära kulutatud		Tagasi antud		Lõhkeainete väljaandja allkiri	Lõhkeainete vastuvõtja minööri allkiri
	Arv: kaal kg / padr.	Padrunite numbrid	Arv: kaal kg / padr.	Padrunite numbrid		
8	9	10	11	12	13	14

Vorm nr. 3.

Ettevõtte nimetus: .....

„.....“ ..... 194..... a.
(kuu)

Order nr.....

..... lattu.

Välja anda .....
(kellele)

..... töölise nr.....
(kelle kaudu)

Raudtee saatekirja nr.....

Jrk. nr.	Lõhkeaine nimetus	Mõõt-ühik	Arv		Kastide numbrid	Hind	Summa
			Nõutud	Antud			
1	2	3	4	5	6	7	8

Tempel

Peainsener — Väljaandja isiku allkiri

Laojuhataja — Vastuvõtja isiku allkiri

Vorm nr. 4.

Ettevõtte nimetus .....

Nõudeleht nr. .....

„.....“ ..... 194..... aastal. Vahetus .....
(kuu)

Välja anda kaevanduse rajooni nr. .....

minöörile ..... töölise nr. .....

Töökoht	Puuraukude arv	Puuraukude sügavus	Välja antud						Tagasi antud					
			Lõhkeaine nimetus, kaal või padrunite arv			Süütevahendite nimetus ja arv			Lõhkeaine nimetus, kaal või padrunite arv			Süütevahendite nimetus ja arv		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Kaevanduse rajooni juhataja

Tuulutamisoludega arvestades luban lõhkuda

Tuulutamise juhataja

Lõhkeainete lao juhataja

Lõhkeained tagastanud

Lõhkeained välja andnud

Lõhkeained vastu võtnud

Lõhkeained saanud:

Vorm nr. 4a.

Ettevõtte nimetus: .....

Töökäsu täitmise aruanne nr. .....

Minööri ..... töölise nr. ..... rajoonis nr. .....

on tehtud järgmised tööd:

Töökoht	Puur-aukude arv	Puur-aukude sügavus	Lõhkeainete nimetus, nende kaal või padrunite arv			Süütevahendite nimetus ja nende arv		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Kaevanduse rajooni juhataja (steiger)
või ekspluatatsiooni tehnik (kümnik)

KASUTATUD KIRJANDUS.

1. П. Паутов. Горное искусство. 1904 г. (изд. К. Л. Риккера).
2. Б. И. Бокий. Практический курс горного искусства. Типограф. Ю. Эрлих 1912 г.
3. Проф. Г. Лешателье. Взрывчатые вещества (перевод с франц.). 1917 г.
4. Б. И. Бокий. Практический курс горного искусства, т. I. Основы горн. иск.
5. Б. И. Бокий. Практический курс горного искусства, т. II. 1923 г.
6. В. А. Ассонов. Применение взрывч. материалов в горной промышленности и техника безопасности взрывных работ. Г. Н. Т. Горное издательство, Москва. 1933 г.
7. В. А. Ассонов. Свойства и технология взрывчатых материалов. ОНТИ. НКТП СССР. 1934 г.
8. В. А. Ассонов. Взрывник (технический минимум). ОНТИ НКТП СССР. 1936 г.
9. Н. А. Соколов. Курс теории взрывчатых веществ. ОНТИ. 1937 г.
10. Правила безопасности при ведении взрывных работ. Изд. Ц. К. Профсоюза рабочих горно-неметаллической промышленности. Москва. 1939 г.
11. Правила технической эксплоатации каменно-угольных шахт Союза ССР (проект). 1940 г.
12. Государств. Главн. Горно-Техн. Инсп. Наркомугля СССР. Временная инструкция по устройству грозозащиты складов взрывчатых материалов. Гостоптехиздат. 1940 г.
13. И. И. Амитин. Безопасность горных и взрывных работ профиздат. Москва. 1940 г.
14. Народ. Ком. Цветн. Металлургии СССР. Правила безопасности при разработке рудных месторождений цветных, редких и благородных металлов. Москва. 1940 г.
15. Н. М. Покровский, И. Т. Резунов. Проходка и крепление горных выработок. Гостоптехиздат. 1941 г.
16. В. А. Ассонов. Руководство для взрывников в горной промышленности. Гостоптехиздат. 1941 г.

17. Комитет по делам геологии при СНК СССР: Правила безопасности при ведении взрывных работ в горной промышленности, изд. 2-е. Госгеолиздат. 1941 г.

18. Das Sprengluftverfahren. Berlin. Julius Springer. 1924.

19. Über die sprengtechnischen Eigenschaften der Flüssigluftsprengstoffe. 1924.

20. Sprengstoffe und ihre Verwendung im polnischoberschlesischen Kohlenbergbau: 6 Vorträge gehalten in der Sprengstofffabrik Krywald der Lignoza Sp. Akc. im Sommer. 1925.

21. Eine neue und direkte Prüfungsmethode für Initialzünder (Sprengkapseln). Sonderabdruck aus der Zeitschrift für das gesamte Schiess- und Sprengstoffwesen. München. 1926.

22. Sprengluft oder landfertige Sprengstoffe. Drei Aufsätze ausd. Zeitschrift für das gesamte Schiess- und Sprengstoffwesen. München. 1927.

23. Die neue Prüfungsmethode für Initialzünder (Sprengkapseln) II. Verlag der Zeitschr. für das gesamte Schiess- und Sprengstoffwesen. München. 1927.

24. Schiess- und Sprengstoffe, Dresden. 1927.

25. Kritische Erörterung über den Einfluss des Hohlraumes im Bohrloch auf die wirtschaftliche Arbeitsleistung fester und Flüssigluftsprengstoffe bei besonderer Berücksichtigung der für den Kalibergbau gegebenen Verhältnisse. Darmstadt. 1927.

26. Der flüssige Sauerstoff. Halle a. S. 1929.

27. Bergbaukunde, erster Band. Berlin Jul. Springer. 1930.

28. Wie beeinflussen Bohrlänge und Bohrlochdurchmesser die Technik und Wirtschaftlichkeit des Sprengluftverfahrens im Kali- und Steinsalzgruben. Leipzig. 1932.

29. F. Heise. Traité theorique et pratique des explosifs. Paris. C. H. Beranger éditeur. 1907.

30. E. D. Gardner, S. P. Howell, G. W. Jones. Gases from blasting in Tunnels and metal-mine drifts. U. S. Department of Commerce, Bureau of mines. Washington. United States Government Printing Office. 1927.

31. G. St. J. Perrott and N. A. Tolch „Liquid-oxygen explosives". U. S. Department of Commerce, Bureau of mines. United States Government Printing Office. Washington. 1932.

32. Lõhkejõud. Lõhkeained metsa- ja põllutööstuses. Tallinn. 1921.

33. D. Buxhoevden. Lõhkeained I, II osa. Tallinna Eesti Kirjastus-Ühisus. 1924.

34. Lõhkevõime. Lõhkeainete tarvitamine põllu-, aia- ja metsatööstuses. Väljaandnud A/S Kapsi ja Ko. 1927.

35. A. Võsotsky. Lõhkeainete praktiline kasutamine. Käsiraamat maaharijatele ja minööridele. 1932.

36. J. Aarmann, J. Asson, K. Feldveber, J. Kark, O. Vuht. Mäetööde õpperaamat. 1933. Tallinn, Mäeamet.

37. Töökaitse Eestis. Tööinspektorite aruannete kokkuvõte. 1933.

38. Ins. Fr. Haidok. Hoonete piksekaitsmisest. Tallinn. Insenerikoja kuukirja „Tehnika Kõigile" väljaanne nr. 3. 1937.

39. Mag. chem. J. M. Pedaste. Lõhkeained ja nende kasutamine põllumajanduses. 1937.

40. Tööstusseadused ja määrused. Koostanud: A. Leetberg ja E. Selart. 1937.

„LÕHKEAUKUDE PUURIMISE" PEATÜKI JAOKS KASUTATUD KIRJANDUS.

1. А. М. Терпигорев и др.: Горные машины для выемки пластовых полезных ископаемых. Гостоптехиздат — 1940.

2. Н. П. Лакоза: Механизация выемки каменного угля. Гостоптехиздат — 1940.

3. В. К. Бучнев: Бурение шпуров. Металлургиздат — 1945.

4. И. П. Федотов и П. П. Михалюк: Бурение шпуров. ГОНТИ — 1939.

5. К. Г. Володченко и И. Я. Серебрин: Проходка горно-разведочных выработок. Гостоптехиздат — 1941.

6. Б. И. Бокий: Основы Горного дела. ГОНТИ — 1939.

7. А. Ф. Суханов: Буримость и взрываемость горных пород. Гостоптехиздат — 1940.

8. П. А. Рибендер и др. Понизители твердости в бурении. Издательство Академии Наук СССР — 1944.

9. Mäetööde õpperaamat J. Kark'i üldredigeerimisel. Tallinn — 1933.

SISUKORD.

Eessõna.

LÕHKETÖÖD.

A. Lõhkeained.

I. Üldosa. Lk.

1. Plahvatuse või lõhkemise mõiste ja lõhkeainete keemilised põhialused 7
2. Lõhkeainete plahvatamisviisid ja plahvatuse tekitajad 9
3. Lõhkeainete lagunemisprodukti pärast plahvatust või järelgaasid 11
4. Laengute põlemine ehk väljakeemine 12
5. Gaasisurve ja lõhkeainete tihedus 13
6. Lõhkejõud ja lõhkemise mõju 15

II. Eriosa.

1. Lõhkeainete liigitus 18

A. Püssirohurühm 18
I. Must püssirohi 18
II. Lõhkesalpeeter 19

B. Brisantsed lõhkeained 20
I. Kivilõhkeained 20
a) Dünamiidid 20
b) Ammonsalpeetrit sisaldavate lõhkeainete rühm . . 24
c) Kloraatlõhkeained 27
d) Želatiinide rühm 28
II. Ohutud lõhkeained 29

1. Ohutute lõhkeainete mõiste 29
2. Julgeolekunõuded gaasis ja tolmus lõhketööde korraldamisel . 29
3. Ohutute lõhkeainete kirjeldus 32
a) Ohutud ammonsalpeeter-lõhkeained 32
b) Nitroglütseriini-sisaldavad ohutud lõhkeained ehk grisutiinid 12%-sed 33
c) Želatiinsed-ohutud lõhkeained 33

C. Lõhkekapslid 34

D. Lõhkeainete maapealsed ja maa-alused laod 36

E. Kõlbmatuks-muutunud lõhkeainete hävitamine 43

B. Üldised lõhketööd.

I. Laengute süütamine.

Lk.

1. Süütamine süütenööri abil 45
2. Elektriga süütamine 47

A. Üldised seisukohad 47

B. Elektrisütikud 48

1) Sildhõõgsütikud 50
2) Pilusädesütikud 51
3) Lõhkesütikud 52
4) Allveesütikud 52
5) Sütikud ühes kapsliga 52
6) Aegsütikud 52
7) Süütamine detoneeruva nööriga 53

C. Elektrivooluallikad 55
a) Magnetelektrimasinad 55
b) Dünamoelektrilised masinad 56
c) Galvaanilised kuivelemendid 57
d) Tugevvoolu võrgu kasutamine vooluallikana lõhketöödel . 57

D. Juhtmed süütamiseks 58

E. Juhtmete isolatsioon 59

F. Abinõud elektri hulkurvoolude vastu 60

G. Abi- ja mõõduriistad elektrijõuga süütamisel 62

H. Laengute sisselülitamise viisid 64

J. Sütikute liikide omavaheline ja süütenööri abil laengute süütamise võrdlus 66

II. Lõhketööd tööstuslikus ulatuses.

A. Harilikud lõhkeesemed ja lõhketööd 67

1. Löökpadrun 67
2. Topp 68
3. Etteanne ja laengu suurus 70
4. Puuraukude paigutamine 71
a) Ühe vabapinna puhul, kui manneraine on ühtlane 71
b) Ühe vabapinna puhul, kui manneraine on kihiline 72
c) Kahe ja kolme vabapinna puhul 73
d) Erilised puuraukude paigutamisviisid (a, b, c) 75
5. Puuraugu läbimõõdu mõju 76
6. Lõhkeainete kulu 77
7. Ee edasinihkumise pikkus 77

B. Teised lõhkumisviisid 78

I. Lõhkehapnikuga lõhkumine 78

A. Sissejuhatus 78

Lk.

B. Lõhkehapnik võrreldes tükkis-lõhkeainetega ja tema laengute valmistamisviis 79
1. Padrunite valmistamine 79
2. Vedelhapniku valmistamine 79

C. Lõhkehapniku tarvitamisviis ja ohtlikkus võrreldes tükkis-lõhkeainetega 80
1. Vedelhapniku transport tarvitamiskohale 80
2. Süüte- ehk löökpadruni ettevalmistamine immutamiseks . . . 81
3. Padrunite immutamine vedelhapnikuga 81
4. Löökpadruni valmistamine 83
5. Puuraukude laadimine 84
6. Puuraukude toppimine 85
7. Puuraukude süütamine 85
8. Laengute lõhkemine 85

D. Lõhkehapniku võrdlus tükkis-lõhkeainetega 87

E. Ohtude statistika lõhkehapniku ja tükkis-lõhkeainete tarvitamise kohta 88

II. Kardoks- ja hüdrokspadrunitega lõhkumine 89

III. Õnnetujuhtumid lõhketöödel.

1. Meeskonna käitumine 91
2. Õnnetujuhtumid lõhketöödel, millede põhjuseks on kas laeng ise või selle tõrked 91
3. Järelgaasid 94

C. Näiteid lõhketöödest.

I. Põlevkivikaevandustes 95

A. Ubja kaevanduses 95
1. Kitsastes käikudes (strekkides). 95
2. Laiades etes ehk koristustöödel 96

B. Kiviõli kaevanduses 97
1. Kitsastes käikudes 97
2. Laiades etes 99

C. Küttejõu kaevanduses 100
1. Kitsastes käikudes 100
2. Laiades etes 101

D. Kukruse kaevanduses 102
1. Kitsastes käikudes 102
2. Laiades etes 104
3. Lõhketööd maa-aluste veekraavide tegemisel 105
4. Lõhketööd tuulutamissurfide tegemisel 105

II. Lõhketööd fosforiidikaevanduses 106
1. Veestollis 106
2. Peastollis 108
3. Koristusees 108

Lk.
III. Lahtised lõhketööd 111
IV. Maapealsete kraavide kaevamine ja sellega ühenduses olevad lõhketööd 112
V. Kõvade maakihtide kobestamine lõhkeainete abil 113
VI. Põllukivide (rändrahnude) lõhkumine 114
VII. Kändude juurimine ja purustamine lõhkeainete abil . . . 116
VIII. Jääpurustamine lõhkeainete abil 118

D. Lõhkeainete proovimise ja nende tähtsamate omaduste määramise viisid.

1. Lõhkeainete keemiline koostis 119
2. Lõhkeainete tundlikkuse määramine 120
a) Lõhkeaine tundlikkuse määramine mehaanilisel mõjutusel 120
b) Lõhkeaine tundlikkus soojuse mõjutusel 122
3. Lõhkeainete keemilise püsivuse määramine 123
4. Lõhkeaine niiskuse ja lenduvate olluste määramine 125
5. Lõhkeaine tiheduse ehk erikaalu määramine 125
6. Lõhkeaine detonatsiooni kiiruse määramine 126
7. Lõhkeaine soojuse hulga määramine: 127
a) Teoreetilisel teel 128
b) Katsetega 132
8. Lõhkeaine plahvatustemperatuuri leidmine 134
9. Lõhkeaine järelgaaside erimahu (V_0) suuruse leidmine 139
10. Lõhkesurve arvutamine 142
11. Muud lõhkeainete proovimised 145
12. Lõhkeainete katselaboratooriumi hädavajaline sisustus 146

LÕHKEAUKUDE PUURIMINE.

(Koostanud dotsent mäeinsener L. Kaalman.)

Lk.
1. Käsitsi puurimine 149
2. Masinatega puurimine 155
3. Käsimasinatega puurimine 157
4. Elektri-perforaatorid 159
5. Suruõhu-perforaatorid 167
6. Käsipuurvasarad 170
7. Tugipuurvasarad 173
8. Puurid 179
9. Löökpuurimise teooria 183
10. Suruõhk 187
11. Suruõhutorustik 188
12. Puurimistöö organiseerimisest 192

Eesti NSV töö rahvakomissari

JUHEND LÕHKEAINETE HOIDMISE JA TARVITAMISE KOHTA.

(Lk. 195—268)

	§§
I. Mäetööstuses tarvitatavate lõhkeainete hoidmine . .	1
A. Maapealsed laod	2—43
B. Maa-alused laod	44—52
II. Lõhkeainete vedu.	
1. Üldeeskirjad	53—56
2. Lõhkeainete vedu maanteedel	57—72
III. Lõhkeainete vastuvõtmine ja proovimine ettevõtetes.	
1. Üldised seisukohad	73—74
2. Nitroglütseriin-lõhkeainete proovimine	75—78
3. Ammonsalpeetriliste lõhkeainete proovimine . . .	79—84
IV. Lõhkeainete kuivatamine, padruneerimine ja ülessulatamine.	
1. Lõhkeainete kuivatamine	85—87
2. Lõhkeainete padruneerimine	88—96
V. Lõhkeaineladude valvamine ja tuleohu vastu kaitsmine.	
1. Lõhkeaineladude valvamine	97—99
2. Maapealsete ja maa-aluste ladude tuleohu vastu kaitsmine	100—111
VI. Lõhkeainete väljaandmine, arvestus ja selle tarvitamise kontroll.	
1. Lõhkeainete arvestamine ja selle arvestamise kontroll	112—113
2. Lõhkeainete hoidmise ja tarvitamise järelevalve .	114
3. Lõhkeainete väljaandmine	115
4. Lõhkeainete kandmine laost tarvitamiskohtadeni.	
a) Üldreeglid	116—117
b) Lõhkeainete kandmine lahtistel töödel	118
c) Lõhkeainete edasitoimetamine tõstešahti mööda ja maa-alustes käikudes	119—122
5. Väljaantud lõhkeainete hoidmine töökohtades . . .	123
6. Järelevalve ja kontroll õige lõhketööde läbiviimise ja lõhkeainete kulutamise üle töökohtades . . .	124
7. Personal lõhketööde läbiviimiseks	125—128

§§

VII. Lõhkeainete tarvitamine lõhketöödel.
1. Süütenööri ühendamine lõhkekapsliga . . . . . 129—131
2. Löökpadrunite valmistamine . . . . . 132—135
3. Puuraukude laadimine lõhkeainega . . . . . 136—145
4. Aukude toppimine 146
5. Süütamine ja lõhkumine.
a) Üldreeglid . . . . . 147—150
b) Laengute süütamine tulega . . . . . 151—167
6. Tõrges-puurlaengute likvideerimine . . . . . 168—172
7. Erilõhkumisvahendite tarvitamine kaevandustes . . 173
8. Lõhketööde eriinstruktsioon 175

VIII. Rikkiläinud lõhkeainete hävitamine.
a) Üldeeskirjad . . . . . 176—177
b) Lõhkeainete hävitamine uputamise või lahustamise teel . . . . . 178—180
c) Lõhkeainete hävitamine põletamise teel . . . . . 181—182
d) Lõhkeainete hävitamine lõhkamise teel . . . . . 183—184
e) Lõhkeainete tühjade kastide ärakasutamine ja hävitamine 185

IX. Piksekaitse.
1. Üldised seisukohad . . . . . 186—189
2. Vastuvõtuvarraste ehitus . . . . . 190—191
3. Ühendusjuhtmete ehitus . . . . . 192—193
4. Maandusseadme ehitus . . . . . 194—199
5. Piksekaitse ülevaatus ja kontroll . . . . . 200—202

LISA

Lk.

„Lõhkeainete hoidmise ja tarvitamise juhendi“ juurde.

A. Tarvitamiseks lubatud lõhkeainete nimestik 250
Nimekiri nr. 1 — Lõhkeained 250
Nimekiri nr. 2 — Süütamisvahendid 253

B. Lõhkeainete hankimise kord 255

C. Lõhkeainete arvepidamise vormularid 256

Kasutatud kirjandus 269

Vastutav toimetaja prof. J. Kark.

Keeleline toimetaja J. Väinaste.

Ladumisele antud 17. VII 1946. Trükkimisele antud 14. XI 1946. Trükiarv 5200. Paber 56x79, 1/16. Trükipoognaid 17,5. Trükitähti trükipoognas 45760. Arvutuspoognaid 20. MB-06713. Tellimise nr. 3008. Trükikoda „Kommunist", Tallinn, Pikk tn. 2.

На эстонском языке. О. Вухт. Варывные работы.

Rbl. 14.—