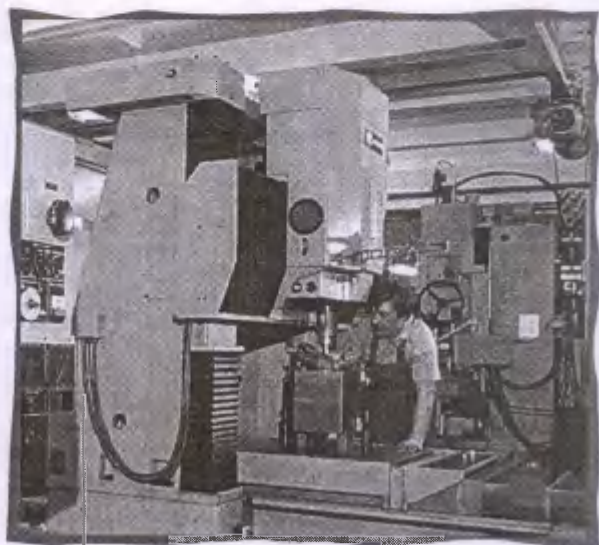




**Udo-Rein Okk**

# **TOOTMIS- MAJANDUS**



# TOOTMISMAJANDUS

NA-3216 XI

TARTU ÜLIKOOL  
Majandusteaduskond

Rahvamajanduse ja ettevõtetmajanduse  
üldteooria instituut

UDO-REIN OKK

**TOOTMISMAJANDUS**



TARTU ÜLIKOOLI  
KIRJASTUS

Keeletoimetaja  
Leelo Jago

Kaane kujundanud  
Andrus Peegel, Lemmi Koni

TU Raamatukogu  
N

© Udo-Rein Okk, 1996

ISBN 9985-56-155-4

Tartu Ülikooli Kirjastuse trükikoda  
Tiigi 78, Tartu EE-2400  
Tellimus nr. 195.

# SISUKORD

SISSEJUHATUS .....	7
1. TOOTMISÕPETUSE MÕISTETEST .....	11
1.1. Üldmõisted.....	11
1.2. Tootmistegurite kulu jaotamine toodetele .....	18
1.3. Tootmistegurite asendatavus.....	20
1.4. Toodete nomenklatuur ja kogused.....	22
1.5. Tehnoloogilise protsessi struktuur .....	23
1.6. Tootmisfunktsioonid .....	25
1.6.1. A-tüüpi tootmisfunktsioon .....	26
1.6.2. B-tüüpi tootmisfunktsioon .....	28
1.6.3. C-tüüpi tootmisfunktsioon .....	29
1.6.4. CD-tüüpi tootmisfunktsioon .....	30
2. TOODETE VALIK JA TOOTMISE ETTEVALMISTAMINE.....	36
2.1. Toode, kaup.....	36
2.2. Toote valmistamise tehnoloogia .....	38
2.3. Tootmise tehniline ettevalmistamine .....	39
2.4. Töönormide projekteerimine .....	42
2.4.1. Ettevõtte töökulu toodangu valmistamisel.....	43
2.4.2. Materjalikulu normimine .....	47
2.5. Toodangu plaanimine .....	49
3. TOOTMISETTEVÕTTE TEGEVUSE KAVANDAMINE.....	53
3.1. Tootmise plaanimise probleemistik .....	53
3.2. Ettevõtte seadmestamise kavandamine.....	57
3.3. Tootmisvõimsuste plaanimine .....	58
3.4. Tootmise organisatsioonitüübid.....	60
3.5. Transpordi korraldamine.....	65
3.6. Seadmete eksploatatsiooni ja korrashoiu plaanimine ..	68
4. TOOTMISPROTSESSI KORRALDAMISE ETAPID.....	71
4.1. Tootmisprotsessi etapilisus.....	71
4.2. Ettevõtte varustamine .....	72
4.3. Tootmisprotsessi plaanimine .....	77

4.3.1. Tootmisprotsessi plaanimise lähteteave.....	80
4.3.2. Tööplaan .....	81
4.3.3. Töötlemisviisi valik ja partii suurus.....	82
4.3.4. Masinate valiku probleem.....	84
4.4. Tootmisteave.....	86
4.4.1. Teabe liigid .....	87
4.4.2. Teabe vool.....	88
4.4.3. Tootmisprotsessi juhtimine.....	89
4.4.4. Tootmistehnilise süsteemi teabe liigid.....	91
4.4.5. Nõuded andmebaasidele .....	93
5. TURUSTAMINE .....	94
5.1. Turustuspoliitika kujundamise alused .....	94
5.2. Turustusplaani koostamine ja hinnapoliitika .....	95
5.3. Hinna kujundamise põhimudel .....	97
6. ETTEVÖTTE RAHANDUS.....	104
6.1. Ettevõtte raharinglus .....	104
6.2. Rahastamine.....	105
6.3. Investeeringu otsustusprotsess .....	109
6.4. Investeeringu põhjendamine .....	110
6.5. Intressid.....	118
6.6. Jaapani kogemusi ettevõtte kapitalimajanduses .....	119
7. TOOTMISSETEVÖTTE PERSONALIMAJANDUS .....	125
7.1. Inimene ja masin.....	125
7.1.1. Mehhaaniline põhimudel .....	126
7.1.2. Sotsiaal-majanduslik põhimudel.....	127
7.2. Töömotivatsioon .....	128
7.3. Valikuprotsess.....	130
7.4. Stimuleerimissüsteem .....	133
7.5. Palgavormid .....	135
KIRJANDUS .....	137

## SISSEJUHATUS

Eesti majanduses toimivad mitmesugused protsessid, mis on iseloomulikud tsentraalselt plaanimajanduselt turumajandusele ülemineku perioodile.

Suurtes ja keskmistes tööstusettevõtetes, mis olid (on) riigi omandiks ja enamikus erastatakse, toimub turu nõudluse vähenemise ning vähese konkurentsivõime tõttu üldjuhul tootmise allakäik. Neis ettevõtetes on tunduvalt vähenenud ka töökohtade arv. Ettevõtted otsivad uusi turge ja seal nõutavaid tooteid. Eriti silmatorkav on kriis ja tootmise vähenemine masina- ja aparaadiehituses, tselluloosi- ja paberitööstuses jm. Nende tootmisharude ettevõtted on kaotanud ka oma varasema osa tarbekaupade tarnijana sise- ja välisturul.

Samal ajal on tootmisettevõtetes aeglustunud teaduse ja tehnika uute saavutuste tootmisse rakendmine. Innovatsiooniprotsesside käivitamiseks ja investeeringuteks ei leita (ettevõtete majandusraskuste tõttu) vajalikke vahendeid. Ettevõtete arengule avaldavad pidurdavat mõju ka erastamise eel kehtivad piirangud ja mõningane ebamäärasus. Seetõttu on rakenduslike teaduslike uurimistööde, konstrueerimis-katsetööde ja uute toodete tehnilise ettevalmistamise mahud vähenenud tasemeni, mis ei võimalda luua uusi konkurentsivõimelisi tooteid ekspordiks. Tööstuse teaduslik-tehniline potentsiaal (mis siiski oli olemas) ei leidnud paljudel juhtudel efektiivset kasutamist ja on juba suures osas lakanud olemast: spetsialistid on lahkunud, nende töökohad likvideeritud jne.

Siinjuures on oluline mõista, et ettevõtete pikaajalised (50 a.) seosed idaturuga ja suhteline eraldatus muudest, sh. arenenud tööstusmaade turgudest on põhjustanud meie tööstuse suure mahajäämuse tööstusriikide seadmepargist, tootmisprotsesside mehhaniseerimisest ja automatiseerimisest. Eriti avaldub mahajäämus toodete (teenuste) kvaliteedis ja konkurentsivõimes. Selle mahajäämuse vähendamiseks on vaja suurendada inves-

teeringuid tootmisse, arendada sihipäraselt teaduslik-tehnilist potentsiaali, määrata esmatähtsad töösuunad, luua vastavad projektid ja nende elluviimiseks vajalikud tingimused (sh. ka võimalikud soodustused). Eesti inseneride ja majandusteadlaste küllalt arvukale ja arenguvõimelisele koosseisule (koostöös välisesteadlaste ja spetsialistidega) peaks olema jõukohane tööstuse konkurentsivõime tõstmine ja ekspordi arendamine. Tundub, et neid võimalusi pole viimastel aastatel piisavalt kasutatud.

Uusettevõtluse kiire areng (1989. a. alates) on esile toonud uusi edukaid tootmisettevõtteid, kes on läbinud esialgsed kasvuraskused, leidnud oma koha siseturul, arendavad välismaajandussidemeid, omavad eeldusi ekspordi suurendamiseks ja loovad uusi töökohti, leevendades oluliselt tööpuudust. Palju on väikeettevõtteid, nende edasine püsijäämine sõltub peaaegjalikult ettevõtjate tööst, turu nõudlusest ja tegutsemisstrateegiast.

Riigiomandi üleminek uutele omanikele erastamisprotsessis on aeganõudev ja kulgeb raskustega, sageli üheaegselt ettevõtete allakäiguga. Lootustandev on välisinvesteeringutest ligi 40% suunamine tootmisettevõtetesse. Investeeringute edasine kasv loob uusi võimalusi konkurentsivõimelise tootmise arenguks. Tuleks arvestada, et välisinvestorite huvid ei pruugi kokku langeda meie riigi huvidega: eesti rahva heaolu ja eesti ühiskonna tulevikupüüdlustega. Seega on igas ettevõttes vaja selgitada eelised ja ohud, mis kaasnevad välisinvesteeringutega ja Eesti integreerumisega Euroopasse.

Meie **ettevõtluskeskkonnale** on iseloomulik ebastabiilsus ja sotsiaalsete pingete teravnemine seoses tööpuuduse suurenemisega, kuritegevuse levikuga, elukalliduse tõusuga jm. Tootmisettevõtte seisukohalt on olulised **majandamistingimused**: ostu- ja müügiturg, asukoha infrastruktuur, maksud, piirangud, teenused (pangad, kindlustus, valve, transport jne.), mis on ettevõttevälised (temast sõltumatud) [10, lk. 156; 11, lk. 5].

Käesolevas väljaandes käsitletavad tootmisettevõtte majanduse korraldamise küsimused on aktuaalsed ja vajalikud. Loodame, et üliõpilased, tulevased majandusspetsialistid rakendavad teadmisi loovalt ega karda raskusi seoses tootmisettevõtte loomise, tootmisprotsessi käivitamise, tootmise organiseerimisega, turul nõutavate toodete (teenuste) tootmise ja turustamisega. Tootmisprotsessis luuakse uusi väärtusi. Arenenud tööstusriikide rikkus ja rahva kõrge elatustase on suurel määral saavutatud just tootmise arendamise, toodete hea tehnilise taseme, ettevõtete konkurentsivõime ja kõrge tööviljakuse kaudu.

Siinjuures avaldan tänu kõigile, kes mind abistasid käesoleva õppevahendi koostamisel ja toimetamisel. Eriti tahaksin tänada prof. J. Reiljani, prof. J. Fominõhhi, prof. V. Raudseppa, dots. A. Reiljani, dots. K. Türki ja ass. R. Eametsa retsenseerimise ja asjalike märkuste eest ning TÜ magistrandi M. Vestret, kes aitas töö vormistamisel ja toimetamisel.

# 1. TOOTMISÕPETUSE MÕISTETEST

## 1.1. Üldmõisted

Inimeste, masinate ja materjalide üheaegne sihipärane rakendamine tootmisprotsessis (valmistamisprotsessis) võimaldab valmistada turul nõutavaid kaupu. Tegevuse sihipärasus saavutatakse ettevõttes juhtimise (plaanimise, organiseerimise, kontrolli jne.) kaudu.

Kaupade **valmistamine ja müük** on vajalikud tingimused ettevõtte majanduslike eesmärkide (kasumi, rentaabluse, tegutsemiskindluse, konkurentsivõime jne.) saavutamiseks. Sageli võimaldavad mitmesugused objektiivsed piirangud saavutada soovitud plaanilisi eesmärke ainult osaliselt (komponentidena, etapiviisi). Need komponendid on ettevõtte tootmismajanduslikud alameesmärgid, operatiivsed kriteeriumid otsuste vastuvõtmiseks. Tootmismajanduslike eesmärkide ja alameesmärkide iseloomustamiseks võidakse ettevõttes kasutada mitmesuguseid näitajaid:

- maksimaalne kasum;
- rentaabluse tase;
- minimaalsed tootmiskulud (omahind) või seotud kapital;
- tootmisseadmete ja tootmisvõimsuste parem kasutamine;
- sotsiaalsete eesmärkide saavutamine: tööaja kasutamine, töötingimuste parandamine, tööliste asendatavus jne.

Nende hulgas peaksid kindlasti olema ka **konkurentsi arvestavad** näitajad. Näiteks tähtaegadest täpne kinnipidamine, tellimuste täitmise kiirus, hankevalmidus jm.

Tootmise varustamist seadmete ja töökohtadega, nende maksumuse optimaalsust tuleks käsitleda konkureerivalt sotsiaalsete eesmärkidega. Tootmisprotsesside mehhaniseerimine ja au-

tomatiseerimine on kulukas, aga võimaldab vähendada töömahukust ja seega töötajate arvu.

Tootmisettevõtte eesmärkide saavutamine toimub enamasti läbimõeldud **plaanide (tegevuskavade)** alusel, mis on **juhtimisprotsessi** instrumendiks.

**Tootmise plaanimise protsessis** tuleks analüüsida kõiki tootmisettevõtte eesmärkide saavutamise võimalusi. Otsused ettevõtte seadmestamiseks ja tootmise organiseerimiseks täpsustatakse nendest lähtudes. Tootmise plaanimisel on kolm ülesannet:

- **Süsteematiseerimine:** igat eesmärgi saavutamise plaani analüüsitakse ja selgitatakse kokkuvõtlikult iga võimaliku plaanivariandi võimalused.
- **Selgitamine:** tootmistegurite maksumuse prognoos iga plaanivariandi kohta, mis ettevõtte seisukohalt on reaalne. Kasutuskõlblik prognoos on lõpliku tootmisplaani koostamise aluseks.
- **Tootmisplaani vormistamine:** alternatiivide analüüs ja valikukriteeriumide määratlemine, optimaalse tootmisplaani variandi valik, arvestades reaalseid tingimusi.

**Ettevõttemajanduslik tootmisõpetus** käsitleb tootmismajanduslikke otsuseid, igaüks neist on tema uurimisobjekt. Otsuste ettevalmistamisel kasutatakse ettevõtte majandusliku vabadusmäära, tootmistegurite kasutamise ja tootmistulemustevahelise tasakaalu selgitamiseks sageli modelleerimist.

**Tootmistegurid** on maa, tootmisvahendid (kapital) ja tööjõud (töö).

- **Maa:** kuulub praegu riigile, ülemineku perioodil turumajandussuhetele tekivad maa uued omanikud. Tööstustootmises ei võta maa kui tootmistegur otseselt osa tootmisprotsessist. Väga oluline on maa aga põllumajanduslikus tootmises, kus maa väärtus mõjutab toodangut, tootlikkust, kulude taset, kasumit jm. näitajaid. Tootmisettevõttele eraldatud (omandisse antud) või renditud maatükk, krunt seob tema edasise

tegevuse kindla asukohaga. Asukohast aga oleneb paljude probleemide lahendamine: varustamine tootmisteguritega, turustamine, transport, infrastruktuuri kasutamine jm.

- **Tootmisvahendid (kapital):** hooned, masinad, töövahendid, materjalid (toore, abi- ja põhimaterjalid) toodete valmistamiseks, valmistoodang või lõpetamata ehk vahetoodang. Vastavalt kasutamise iseloomule eristatakse ettevõtte **põhi- ja käibevara**.
- **Tööjõud (töö):** inimeste töövõime ja oskuste kogum, mida saab rakendada vajalike tulemuste saavutamiseks.

**Tootmine** on ettevõtte sihipärane tegevus, mille tulemusel valmivad turul nõutavad tooted. Ettevõttes valmistatud tooted on tema **toodanguks**.

**Tootmisettevõtet** võib vaadelda kui elementaarsete tootmistegurite kombinatsiooni, mida juhitakse ja töödeldakse tootmisvahendite abil toodanguks. Ettevõtjat huvitab esmajoones küsimus, millised on tootmises kulud ja tulud. Tulude ja kulude vahe on ettevõtte **kasum**.

**Tootmisfunktsioon** on matemaatiliselt kirjeldatud tootmismudel, mis väljendab kulutatud tootmistegurite ja toodangu suhet arvestades reaalseid tootmistingimusi.

**Tootmismudelit** võib kirjeldada tabeli, graafiku või võrrandisüsteemiga. Siinjuures selgitame mõisteid: *tootmisviis*, *tootmisprotsess*, *tootmismudel* ja *tootmisfunktsioon*.

**Tootmisviisi** (-tehnoloogia, -menetluse) määrab tehnika (leiutis), mida kasutatakse (nt. Siemensi, Martini ja Thomase leiutised terase tootmisel).

**Tootmisprotsess** on tootmisüksuste (töökohtade) kooskõlastatud töö tootmistegurite rakendamisel toodete valmistamiseks. Tootmis- ja väärtusteooria seisukohalt on alternatiivsete tootmisprotsesside valikul määravaks tootmistegurite optimaalne kulu.

**Tootmismudel** modelleerib tootmisprotsesse süsteemselt (ettevõtte tootmises kujunenud tingimustel), väljendab valmistatavate toodete nomenklatuuri (liikide) ja koguste mõju tootmistegurite tarbimisele (liikidele ja kogustele).

Tootmisprotsessi mudelit  $r$  tootega ja  $m$  kasutatava teguriliigiga on võimalik väljendada toodete hulga  $x_1 \dots x_m$  ja teguriliikide hulga  $v_1 \dots v_m$  kaudu:

$$f_1(x_1 \dots x_r; v_1 \dots v_m) = 0$$

$$f_2(x_1 \dots x_r; v_1 \dots v_m) = 0$$

...

$$f_e(x_1 \dots x_r; v_1 \dots v_m) = 0$$

**Tootmisfunktsiooniks** on iga seos, mille puhul reaalselt võimalik **tootmistegurite kombinatsioon** vastab kõige suuremale toodangu hulgale (seega erand eeltoodud üldisest selgitusmudelist):

$$f = (x_1, v_1, \dots, v_m) = 0.$$

Lihtsustatud vorm  $x$  kaudu avaldatuna:

$$x = x(v_1, v_2, \dots, v_m).$$

**Ettevõtte mudeli koostamisel** tuleks kõigepealt:

- määrata ettevõtte eesmärgid,
- valida näitajad, mis iseloomustavad kõige paremini ettevõtte eesmäärke, ja nende arvulised suurused,
- selgitada tootmistegurite seosed eesmärkidega,
- määrata valiku eelistuse põhimõtted, mille alusel otsustaja valib võimalike alternatiivide hulgast teatud tegutsemisvõimalusi.

Tootmisettevõtte **eesmärkide** defineerimisel tuleks väljendada suhtumist: kasumisse, rentaablusesse, toodete nomenklatuuri ja nõutavatesse kogustes, tootmistegurite kulusse jne.

Kasumit ettevõttes ajavahemikul  $t$  võib defineerida: perioodil  $t$  ületavad tulud kulusid. Tulude ja kulude suuruse määramisel on lähteandmeteks toodete hinnad ja realiseerimiskogused (läbimüük), nende toodete valmistamisel tegelikult kasutatud tootmistegurite kogused ja hinnad, ning põhivara amortisatsioon (kulumine). Sageli on ettevõttes mitmesugused **piirangud**: tootmiseks vajaliku sisseseade soetamiskulud, tehnoloogilise protsessi erinõuded, projektide rahastamise võimalused jm.

Oletame, et otsitakse tootmisprogrammi varianti, mille realiseerimisel jooksva aastal kujuneks kasum maksimaalseks.

**Eesmärgivõrrand:**

$$G = \sum_{h=1}^r x_h \cdot P_h - \sum_{i=1}^m v_i \cdot q_i \rightarrow \max,$$

- kus  $G$  — kasum,  
 $h = 1 \dots r$  — toodete indeksid,  
 $x_h$  — toote  $h_i$  kogus,  
 $P_h$  — toote  $h_i$  hind,  
 $i = 1 \dots m$  — tootmistegurite indeksid,  
 $q_i$  — tootmisteguri  $i$  hind,  
 $v_i$  — tootmisteguri  $i$  kulu.

**Alternatiivide valiku statistiline reegel:** alternatiiv võetakse võimalike tegutsemisvõimaluste hulka ainult siis, kui tema esinemise tõenäosus  $L$  ületab varem kokkulepitud piiri  $\bar{L}_S$ :

$$L \geq \bar{L}_S.$$

**Selgitusmudelid** võimaldavad arvesse võtta mitmesuguseid kõrvaltingimusi ja piiranguid.

Näiteks väljendub piirang: "Rahasumma  $M$  on võimalik kulutada tootmistegurite ostmiseks (ei tohi kulutada raha rohkem, kui summa  $M$ )" valemina:

$$\sum_{i=1}^m v_i \cdot q_i < M.$$

**Piiranguteks** võivad olla veel:

- tootmise tehnilised võimalused,
- materjalide ja pooltoodete sisseostu võimalused,
- personali koosseis ja oskused,
- tellimuse täitmise tähtaeg,
- tellijate poolt nõutav kogus,
- tootmis- ja laopindade olemasolu jm.

**Muutujad** on protsesse (sh. tootmisprotsesse) iseloomustavad, mingi mõjuri toimel muutuvad näitajad. Näitajaid, mis võivad ühel juhul olla muutujad ning teisel juhul konstandid, nimetatakse **parameetriteks**. Tootmismudelite koostamisel on oluline mõõtmise ühtsus, tuleks valida **sobivad mõõtühikud** ja neid järjekindlalt kasutada.

Näide: Ettevõttes koostatakse toote A turustusplaani ja uuritakse ostjate arvamusi, küsides: “Millisel hulgal te kavatsete osta järgmisel aastal meie toodet A?” Heal juhul saadakse vastused, mis on väga erineva väärtusega: “Me ei tea!”, “Rohkem kui eelmisel aastal”, “Sama palju kui eelmisel aastal, s.o. 10 600 tk.” Viimane vastus on konkreetne ja plaani koostamisel arvestatav.

**Tootmisettevõtte tootmisprogrammiga** piiritletakse toodete nomenklatuur ja tootmisülesanne plaaniperioodiks koguseliselt ja ajaliselt. Enamik tootmisettevõtteid toodab plaaniperioodil mitmesugust liiki tooteid. Plaanimisel kerkivad järgmised probleemid:

- Millist toodete nomenklatuuri on tootmisettevõtte konkreetsetes tingimustes **võimalik valmistada** ja soovitava (etteantud) kasuga realiseerida?
- Kuidas muutuvad toodete nomenklatuuri ja rentaabluse muutumisel tootmisettevõtte **majandustulemused**?

Tootmisprogrammi plaanimisel võidakse jaotada tooteid **prioriteetidena**:

- eraldi **kohustuslik** nomenklatuur, mis on täielikult tootmisteguritega kindlustatud ja peab plaaniperioodil tähtaegselt valmima, et tooteid saaks realiseerida;

- **mittekohustuslik** nomenklatuur, tooted, mille valmistamiseks tavaliselt kohustuslikus nomenklatuuris olevate toodete tarvis ettenähtud tootmistegureid ei tohi kasutada (toodete realiseerimistähtajad pole ranged).

**Tootmisplaani** koostamisel kasutatakse sageli kvantitatiivseid **mudeleid** ja mitmesuguseid meetodilisi lähenemisviise. Eesmärgiks on tootmisettevõtte **probleemide adekvaatne** kirjeldamine, lähtudes tegelikust olukorrast. Matemaatilised, matemaatilis-statistilised, heuristilised jm. **meetodid** võimaldavad uurida halvasti struktureeritud probleeme ja leida enamasti rahuldavaid lahendusi.

**Heuristilised meetodid** baseeruvad teadaolevatel **faktidel ja prognoosidel**. Neid kasutatakse enamasti siis, kui matemaatilis-statistilised mudelid (algoritmid) annavad analüüsi käigus ootamatuid või põhimõtteliselt vastakaid tulemusi ega võimalda seega leida optimaalset varianti.

Peaaegu alati on võimalik tootmismajanduslikke toiminguid **simuleerida**, eksperimenteerida mudeliga ja selgitada, millised aktsioonid ja reaktsioonid kaasnevad ühe või teise lahendusega.

Praktiliselt on tootmismudelite analüüsimisel vajalik:

- lahutada üldprobleem osaprobleemideks;
- arvestada otsustamisel osaprobleemide ajaliste seoste loogikat (mitme osaprobleemi puhul on vähetõenäone nende ajaline ühtelangevus);
- mitte kasutada mudelis reaalsusega vastuolus olevaid elemente ja seoseid;
- kasutatavad andmed peavad olema piisavalt täpsed (teatud tõenäosusega).

Nüüdisegsetes juhtimissüsteemides toimub optimaalsete lahenduste leidmine kiiresti (vastavate programmidega). Siiski on otsustajal mugavam leida ja analüüsida teda rahuldavaid lahendusi esialgu **heuristilise meetodiga**.

**Simuleerimine** võimaldab tootmisprotsesside kvantitatiivset kirjeldamist ja toodete valmistamise käigu läbimõtlemit. Simuleerimine on sisuliselt sihipärane eksperimenteerimine tegelikkust küllalt tõepäraselt kujutava mudeliga. Reaalne tootismudeli struktuur, tootmisprotsessis asetleidvate toimingu- (aktsioonide) ja nende läbi tekitatud tagajärgede (reaktsioonide) adekvaatne kirjeldamine ja hindamine annab võimaluse olukorda paremini mõista ja võtta vastu põhjendatud juhtimisotsuseid.

## 1.2. Tootmistegurite kulu jaotamine toodetele

Tootismudelite arendamise üheks olulisemaks suunaks on tootmistegurite kulu jaotamine toodetele ja tootmiskulude analüüs.

**Potentsiaalitegurite** (tootmisvahendid, hooned, masinad, seadmed, maa, juhtimistöö) kulu ei ole otseselt (füüsiliselt) toodetele jaotatav. Nende kulumise ja väärtuse ülekandmine toodetele on võimalik toote valmistamiseks kulutatud tööaja kaudu (sageli jaotatakse nende kulu proportsionaalselt töömahuga).

Mingi toote valmistamiseks nõudlusele vastavas koguses olemasolevate tootmisvahendite, tehnoloogiliste võimaluste ja personaliga võib kasutada eri tootmistegureid. Iga omanik ja tootmisjuht peaks olema huvitatud võimalikult väiksemate kuludega, ratsionaalsest tootmisest. Mingil juhul ei tohiks kokkuhoidlikkus põhjustada kvaliteedi halvenemist ja seetõttu ettevõtte maine langust.

**Kulutegurite:** toorme, materjalide, abimaterjalide, pooltoodete ja põhitööliste töö kulu tooteühikule on tootmise tehnoloogiliste protsessidega ja vastavate tehniliselt põhjendatud normidega kindlaks määratud. Tootmises ei tohiks lubada nende kasutamisel ülekulu ega põhjendamatu kokkuhoidu. Viimane võib põhjustada kvaliteedi halvenemist, praaki jm. ebasoovita-

vaid tulemusi. Materjalide kokkuhoidu tuleb taotleda põhiliselt tehniliste meetmetega, nagu:

- konstruktsiooni täiustamine,
- retseptuuri muutmine,
- materjalide asendamine,
- tehnoloogiliste protsesside täiustamine,
- tööviljakuse tõstmine tootlikumaid seadmeid kasutades.

**Tootmise plaanimisel** tuleks vastata küsimustele: Milliseid tooteid ja missugustes kogustes tahetakse plaaniperioodil valmistada? Millised on plaanivariantide valiku võimalused?

Valikul arvestame ettevõtte võimalusi: tootmisvõimsust, tehnoloogiliste seadmete, tööjõu jm. vastavust vajadusele. Võimaluste maksimaalne kasutamine on heade tulemuste saavutamise eelduseks. Tootmise tehnilise ettevalmistuse käigus töötatakse välja materjalide ja pooltoodete tehniliselt põhjendatud kulunormid ning töönormid, mis on aluseks nende tootmistegurite kulu plaanimisel, nende **tegelik kulu tootmisprotsessis** on aga tootmiskulude kindlaksmääramise aluseks.

Igat tehnoloogilist protsessi iseloomustab **protsessi nivoo**: võimalik toodangu hulk ajaühikus antud tehnoloogilises protsessis. **Tehniline normimine** peab silmas **kulude minimeerimise põhimõtet**. Normide väljatöötamisel määratakse toorme, materjalide, töö, energia, abimaterjalide jm. tehniliselt põhjendatud kulu toote- või tööaja ühikule.

**Lineaarne tootmismudel** lähtub seisukohast, et rakendades tootmises üksikute tootmistegurite  $v_i$  suurendatud panuseid, tulemus ei muutu (toodang ei suurene). Toodangukordaja:

$$\bar{v}_i = \frac{v_i}{x} = \text{const},$$

kulunorm väljendab tootmisteguri kulu tooteühikule. Suhe

$$v_1 / v_2 / \dots / v_i = \text{const}, \text{ kuna } \frac{v_i}{x} = \text{const}.$$

Näide: Ühe auto ( $x = 1$ ) koostamiseks on vaja viis ratast ( $v_1 = 5$ ), üks kere ( $v_2 = 1$ ) ja üks mootor ( $v_3 = 1$ ).

Üldine toomisfunktsioon  $x = f(v_1, v_2, v_3)$  täpsustab:  $x = 1/5v_1$ ,  $x = v_2$ ,  $x = v_3$ . Kahe auto koostamiseks  $x = 2$  on seega vaja  $x = 1/5 \cdot 10$ , toodangukordaja  $v_1/x = 5$ .

On selge, et võrrandid  $x = 1/5v_1$ ,  $x = v_2$ ,  $x = v_3$  ei muutu toodete hulga muutumisel.

**Mittelineaarne tootmismudel.** Kui toodete hulga muutumisel vähemalt üks toodangukordaja muutub, on tegemist mittelineaarse tootmismudeliga.

### 1.3. Tootmistegurite asendatavus

Kui tootmistegurid võivad üksteist tehnilisi tingimusi arvestavares koguselistes suhetes asendada, arvatakse need **asendatavateks**. See tähendab, et ühe tootmisteguri kasutamise suurendamisel on võimalik teise **teguri** kulu vähendada. Asendamine võib olla tingitud tootmisvajadusest või majanduslikest kaalutlustest.

**Tootmisteguri toodangusisaldust** iseloomustav **toodangu väljatulek** (tootmisteguri keskmine tootlus) pole alati üheselt määratud. Võivad esineda toodangu hulgast sõltuvad muutuvad kordajad.

Näide: Kanali kaevamisel tuleb ühe päevaga välja kaevata  $50 \text{ m}^3$  pinnast. Sealjuures on võimalikud variandid: rakendada tööle kaks töölist 2 ekskavaatoriga või 15 töölist ja 1 ekskavaator. Esimese variandi puhul on minimaalsed kulutused töötasule ja suuremad kulutused seoses masinate rakendamisega; teise puhul on olukord vastupidine.

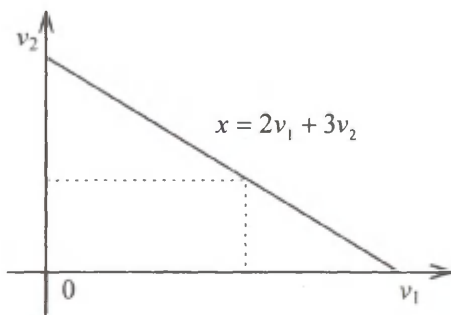
**Tootmistegurite täieliku vahetatavuse** korral võib neid tootmises üksteisega alati (ka täies mahus) asendada (vt. jn. 1.1).

Näide: Tootekoguse  $x$  valmistamist kahe tootmisteguri kasutamisega väljendab toomisfunktsioon

$$x = 2v_1 + 3v_2, \text{ millest}$$

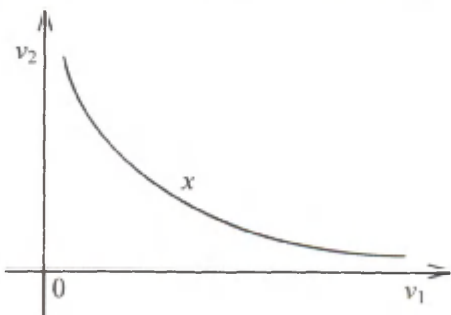
$$v_2 = \frac{x}{3} - \frac{2v_1}{3} \text{ ehk } v_2 = f(x, v_1),$$

kus  $x$  — **isokvant** väljendab toodangu hulka, mida on võimalik toota tootmistegurite kombineerimisel vahetatavuse tingimustes.



Joonis 1.1. Tootmistegurite täielik asendatavus.

**Tootmistegurite osaline asendatavus** on olukord, kus üks tootmistegur võib teist asendada ainult teatud piires.



Joonis 1.2. Tootmistegurite osaline asendatavus. Edasisel ühe tootmisteguri kulu suurendamisel teise tootmisteguri kulu enam ei vähene, kusjuures kulutused ühe kokkuhoitud ühiku kohta järjest suurenevad.

## 1.4. Toodete nomenklatuur ja kogused

Kuidas mõjutavad tootmistegevuse tulemusi toodete nomenklatuuri mitmekesisus ja toodetavad kogused? Millisel viisil tootmist organiseerida? Kuidas erinevad tooted peaksid tootmisprotsessis töökohti läbima, et etteantud ajaks üksteise järel kaubaks muutuda (struktuuriprobleem)? Kuidas kasutatavate tootmistegurite koguste muutused mõjutavad valmivate toodete hulka (hulgaprobleem)?

Võib kindlasti väita, et **spetsialiseerumine (tööjaotus)** mõjub **tööviljakust** rohkem kui ükski teine abinõu. Ettevõttesisene ja -väline (koopereerumine koostööpartneritega) tööjaotus avaldab tootmistulemustele suurt mõju. Tootmisettevõttes püütakse saavutada paljusid alameesmärke, sealhulgas:

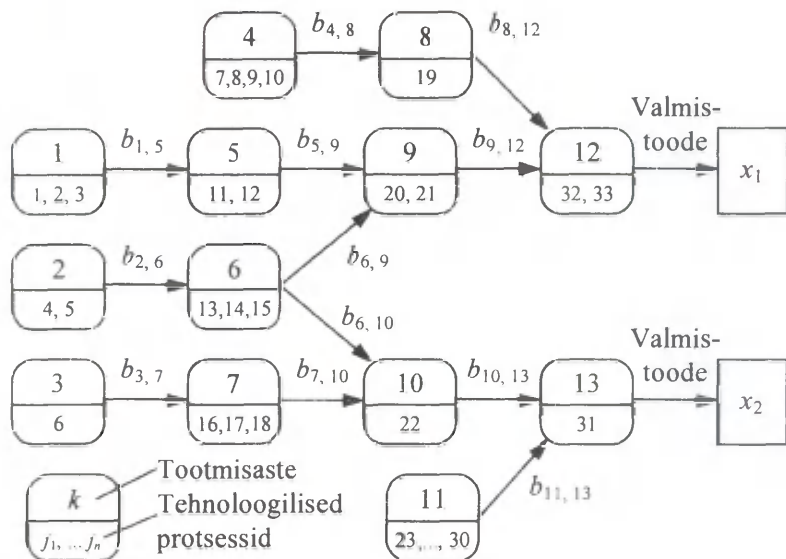
- tööaja kokkuhoidu tegevuste kordumise tõttu;
- ettevalmistusaja lühendamist tegevuste muutumisel;
- tehniliste abivahendite soetamist, mis võimaldavad vajaliku täpsusega tööd teha ja kiiresti tegevusi vahetada;
- mitte teha ise seda, mida on võimalik odavamalt osta. See eesmärk on seotud otseselt ettevõtte ja tema allüksuste spetsialiseerumisega.

**Toodetejärgsel spetsialiseerumisel** koondatakse vastavasse tootmisüksusesse kõik töökohad ja tehnoloogilised seadmed antud toote või tehnoloogiliselt sarnaste toodete grupi valmistamiseks. Toode valmistatakse algusest lõpuni selles tootmisüksuses.

**Tehnoloogilisel spetsialiseerumisel** koondatakse allüksusesse teatud tehnoloogiliste protsesside või operatsioonide teostamiseks vajalikud seadmed ja töökohad.

## 1.5. Tehnoloogilise protsessi struktuur

Mitmeastmelises tootmisprotsessis valmistatakse vaheprodukte, mis omakorda sisenevad tootmisprotsessi järgmisele tootmisastmele:



Joonis 1.3. Mitmeastmelise tootmisprotsessi struktuur kahe toote  $x_1$  ja  $x_2$  valmistamisel [22, lk. 374].

**Tootmisastmete** (joonisel ümardatud nurkadega riskülirikud) alaservas on vajalike tehnoloogiliste protsesside indeksid. Tootmisprotsess on seega **osaprotsesside süsteem**, kusjuures need kõik on vajalikud lõpptoote valmistamiseks. **Programmikordajad** ( $p_{2,1} = b_{2,6} \cdot b_{6,9} \cdot b_{9,12}$ ) iseloomustavad vahetoodete vajadust kindlal tootmisastmel plaanitud koguse lõpptoote valmistamiseks.

Vajaliku väljundkoguse ( $x$ ) tootmisastmelt ( $k$ ) saame arvutada programmikoeffitsientide ( $p_{k1}$ ) abil. Kui tootmisprogramm on  $X = X_1, X_2, \dots, X_s$ , saame järgmise võrrandiga (programmi-funktsiooniga) arvutada vahetoodete väljundkogused kõikidelt

tootmisastmetelt plaanitud lõpptoodete nomenklatuuri valmistamiseks:

$$x_k = p_{k,1} \cdot X_1 + p_{k,2} \cdot X_2 + \dots + p_{k,s} \cdot X_s \quad (k = 1, 2, \dots, x).$$

Programmifunktsiooni võib kasutada ka kujul:

$$x_k = \sum_{i=1}^s p_{ki} \cdot X_i \quad (k = 1, 2, \dots, x).$$

Ettevõtja **ostab tootmistegureid** selleks, et valmistada toodangut ja saada selle toodangu **müügist tulu**. Kliendid ostavad tooteid, lootes saada **kasu**. Tootmistegurite ja vahetoodete nõudlus sõltub seega lõpptoodete (lõplikult tarbitavate hüviste) nõudlusest.

Näiteks: Autode nõudlus → mootorite, kerede, rehvide nõudlus → mootoridetailide: laagrid, tihendid, vāntvõllid, küünlad, juhtmed, rihamad, kinnitid nõudlus → metalli, plastmassi, toorkummi, naftaproduktide nõudlus → kaevandamise, keemiatööstuse, metallurgiatööstuse toodetele nõudlus → jne. nõudlus.

**Tootmine** on tootmistegurite ühendamise protsess. Näiteks õmblustooteid saab valmistada, kui on kangas, masinad ja inimesed, kes oskavad teha õmblustööd, ning lisaks peaks olema ettevõtja, kes võtab endale tootmise korraldamise ja sellega seotud riski.

Tootmises võib kasutada rohkesti tööd ja vähe kapitali, kui tegemist on ettevõttega, kus eelistatakse käsitsitööd. Vastupidisel juhul säästetakse inimtööd ja kasutatakse rohkem masinaid. Seega ei sõltu tootmistegurite nõudlus üksnes lõpptoodangust, vaid ka teiste tootmistegurite nõudlusest.

Toodangu ja tootmistegurite kulu omavahelist sõltuvust näitab **kahaneva tootlikkuse seadus**. Ühe tootmisteguri enamkulutamine teise asendamiseks (kui ülejäänud tegurite kulu jääb muutmata) suurendab küll toodangu hulka, kuid ühe enamkulutatud ühiku kohta saadav piirtoodang hakkab teatud piirist alates langema.

**Suurtootmise eelised** avalduvad seetõttu, et toodetakse hulgi (suurtes kogustes). Toodangu hulk võib suureneda sel juhul kiiremini kui tootmistegurite tarbimine. Toodete suurte koguste puhul on võimalik tehniliselt ja majanduslikult põhjendada moodsate tehnoloogiliste protsesside ja seadmete evitamist, mis omakorda suurendavad tootmistegurite kasutamise efektiivsust. Suurtootmise eelised avalduvad eriti siis, kui toodangu suurenedes tekib vajadus üheaegselt suurendada kõigi tootmistegurite kulu.

Suurtootmine eeldab **ulatuslikku turgu**. Näiteks autode tootmisel hakkab suurtootmise mõju avalduma alles siis, kui toodetakse rohkem kui 100 000 autot, mis loomulikult peavad leidma ostjaid sise- ja välisturul. Rahvusvaheliste firmade tekkimise aluseks on sageli just soov kasutada paremini suurtootmise ja spetsialiseerumise eeliseid ning kohalikke iseärasusi.

Oluliseks tootmisteguriks on **juhtimistegevus**, mis on seotud informatsiooni kogumise, töötlemise ja süsteemse kasutamise-ga otsuste vastuvõtmisel, tegevuse organiseerimisel, tulemuste analüüsil ja ettevõtte arendamisel. Ettevõtte eduka juhtimise eest saadav hüvitus (**kasum**), on oma loomult teistsugune kui töö eest (**palk**), maa eest (**rent**) või kapitali eest (**intress, kasv**, **pangaprotsent**) saadav hüvitus.

## 1.6. Tootmisfunktsioonid

Juba 18. saj. pani J. Turgot tähele, et muude ühetaoliste tingimuste juures on põllumajandustootmises vaja tulemuste parandamiseks teha järjest rohkem tööd, kuni jõutakse teatud piirtulu tasemini. H. V. Thünen formuleeris marginaalanalüüsi tulemusel kahaneva tulukuse seaduse. E. Gutenberg kirjeldas A-tüüpi tootmisfunktsiooni, kasutades tootmis- ja väärtusteoreetiliste uurimuste tulemusi. Tootmisfunktsioonid tulid ettevõtte majandusõpetusse suhteliselt hilja: E. Gutenbergi raamatus "Ettevõtte majandusõpetuse alused" 1951. a. Nende kasu-

tamine tootmisõpetuses oli paratamatu, kuna läbimüügi ja tootmiskulude arvestused näitasid tootmistegurite ja toodangu hulga vahelist sõltuvust juba parkümmend aastat varem.

### **Tootmisfunktsioone iseloomustab:**

- **Üldistuse määr:** seoseid tootmise sisendite ja väljundite vahel võib vaadelda ettevõtte, allüksuse, tehnoloogilise protsessi, kulukoha jne. tasemel; sisenevate tootmistegurite liigid ja hulgad võivad olla väljendatud üldiselt või detailselt.
- **Kasutusala:** piiratud või mitte. Viimasel juhul on väärtused nullist lõpmatuseni.
- **Kulunorm:** väljendab mingi tootmisteguri kulu tooteühikule, võib olla püsiv või muutuv.
- **Tootmistegurite kasutamise viis:** võib olla otsene või kaudne.
- **Staatilisus või dünaamilisus:** kirjeldavad hetkeolukorda või ka muutusi mingil perioodil.

### **1.6.1. A-tüüpi tootmisfunktsioon**

Tootmisteguri  $i$  kulu võib kujutada võrrandisüsteemina:

$$r_i = \sum_{j=1}^m r_{ij} \cdot w_j,$$

- kus  $i$  — tootmisteguri indeks,  
 $r_i$  — tootmisteguri  $i$  kulu tooteühikule (protsessile),  
 $j$  — protsessi või toote indeks,  
 $w_j$  — toodete kogus või kasutamise kordumus.

Klassikaliseks ülesandeks on **seoste määratlemine tootmistegurite kasutamise ja tootmistulemuste vahel.**

Lihtsustatult võib kulu  $r_{ij}$  kujutada arvudega 0 ja 1, mis näitab, kas tootmistegurit  $i$  protsessis  $j$  kasutatakse või mitte.

Maatrikstabel, mis näitab kõiki võimalikke kombinatsioone valmistamise osaprotsesside ja tootmistegurite kulu vahel.

$j \setminus i$	1	2	...	$m$
1	$r_{11}$	$r_{12}$		$r_{1m}$
2	$r_{21}$	$r_{22}$		$r_{2m}$
...	...	...	$r_{ij}$	...
$n$	$r_{n1}$	$r_{n2}$		$r_{nm}$

**Analüüsiks** täpsustada:

- millisteks osaprotsessideks on tootmisprotsessi otstarbekas jaotada,
- millised suurused mõjutavad protsessi kordumist,
- millised seosed on osaprotsesside vahel.

Näide: kui on neli tooteliiki  $v_1, v_2, v_3, v_4$ . saame tootmist kirjeldada tootmistegurite sisendite ja valmivate toodete hulkade kaudu:

$y$  — tulemus (tk.)  
 $x_1$  — tooraine hulk (kg)  
 $x_2$  — töö (päevades)

	$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$
$y$	20	40	30	40
$x_1$	1	4	5	3
$x_2$	1	5	6	6

$$v_i = \{y_i; x_1; x_2; \dots, x_n\}$$

Kui tootmise sisendis kasutatakse  $n$  erinevat tootmistegurit ( $n = 1, 2, \dots, n$ ) kogustes vastavalt  $x_1, x_2, \dots, x_n$  ja väljundis on tulemus  $y$ , siis tootmisfunktsioon [21, lk. 250] väljendub:

$$F(y, x_1, x_2, \dots, x_n) = 0 \Rightarrow$$

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n).$$

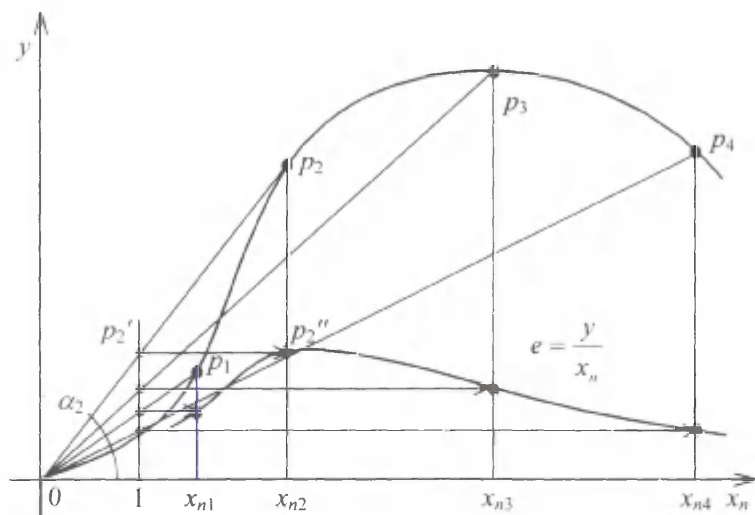
**Toodangu  $y$  väljatulek** teguri  $x_n$  kasutamisest e. teguri keskmine tootlus:

$$e(x_n) = \frac{y}{x_n} = \frac{f(x_n)}{x_n}.$$

Seega iseloomustab  $\tan \alpha = \frac{y}{x_n}$  keskmist tootlust.

Näide: Keskmise tootluse graafiline leidmine (vt. jn. 1.4). Vabalt valitud punktis  $x_{n2}$  on keskmise tootluse väärtuse  $p_2$  kindlakstegemiseks vaja leida tootmisfunktsiooni vastavat punkti  $p_2$  kordinaatteljestiku alguspunktiga ühendava lõigu ja  $x$  telje vahelise nurga  $\alpha$  tan-

gens. Tangensi väärtus on antud lõigu ja joone  $x_n = 1$  lõikepunkti  $p_2'$  ordinaat.



Joonis 1.4. Keskmise tootluse graafiline leidmine.

Määrati tootmisprotsessi sisenevate tootmistegurite ja tootmistulemuste (valmistoodangu koguste) vaheline koguseline sõltuvus. Sõltuvuste uurimisel muudeti ühe mingi teguri koguseid, jättes teiste tegurite kasutamise samale tasemele. Samal ajal uuriti ka seda, milline tegurite kombinatsioon on majanduslikult kõige kasulikum.

### 1.6.2. B-tüüpi tootmisfunktsioon

E. Gutenberg arendas B-tüüpi tootmisfunktsiooni, lähtudes seisukohast, et tootmistulemused sõltuvad mitmesuguste tootmistegurite kulust tootmisprotsessi sisendis, kuid ka ettevõtte **tootmispotentsiaalst**. Tootmisteguri tootlikkust vaatles ta tulemusena. Tootmistulemuste saavutamine on seotud ettevõtte tootmisvõimsuse kasutamisega. Potentsiaalitegurid (seadmed, masinad jm.) on ettevõtte tootmisvõimsuse aluseks, neid kasutatakse pikemat aega, kusjuures nad on ettevõttele kasulikud ainult siis, kui nad töötavad ja seejuures tarbivad energiat, kütust, määrdeid jm. Energia ja abimaterjalide kulu sõltub aja-

vahemikul  $t$  töötavate seadmete arvust  $b$  ja seadmete ekspluatatsiooniga seotud tehniliselt põhjendatud materjalide ja energia vajadustest (vastavatest kulunormidest, tarbitavast võimsusest jm.). Tootmisprotsessis ei kulu mitte üksnes seadmed (masinad, töövahendid), vaid ka energia, abimaterjalid jm. Seadmete kasutamise efektiivsuse hindamisel kasutatakse tööaja ja tehniliste võimaluste kasutamise taseme analüüsi.

Tuleks arvestada ka seadmete korrashoiuga seotud remondi vajadusi. Tootmisteguri  $r_i$  kulu remondi vajadusteks sõltub töötavate seadmete arvust  $b$ , ajavahemikust  $t$  ja tehniliselt põhjendatud kulunormist ( $z_1, z_2, \dots, z_v$ ), seadme tootlikkuse (toodete arv  $b$  ajaühikus) ja tootmisvõimsuse  $d$  (tehniliselt võimalik tootlikkus ajaühikus) suhtest.

$$\frac{r_i}{b} = f_i(d),$$

kus  $r_i$  — tootmisteguri  $i$  vajadus,

$d$  — tootmisvõimsus.

Tootmisfunktsiooniks kujuneb seos, mille puhul potentsiaalitegurite kasutamine tagab ettenähtud tootmistulemuse saavutamise. Seadmete kasutamise tase oleneb valmistatud toodangu hulgast  $x$ .

$$b = \varphi(x),$$

kus  $b$  — kasutatavate seadmete arv,

siis tootmisfunktsioon  $r_i = f_i(d) \cdot \varphi(x)$ .

Seega arvestab B-tüüpi tootmisfunktsioon tootmistegurite kulu nii toodete valmistamiseks kui ka töökohtade teenindamiseks ja seostab selle tootmistulemustega.

### 1.6.3. C-tüüpi tootmisfunktsioon

E. Heinen arendas C-tüüpi tootmisfunktsiooni, püüdes seejuures arvestada reaalsete tehnoloogiliste protsesside kasutamist, tootmistegurite asendamise võimalusi ja piiranguid [19, lk. 36]. Ühesed seosed potentsiaalitegurite tehnilis-füüsiliste või-

maluste kasutamise ja tootmistulemuste (toodete koguste) vahel peaksid haarama tootmisprotsessi komplekselt, arvestades tema kulgemist ajas.

Selle eesmärgi saavutamiseks jagas ta tootmisprotsessi osaprotsessideks, mille tingimusi täpsustas piisavalt ja nimetas tegurite elementaarkombinatsioonideks. Elementaarkombinatsioonid iseloomustab mingil tootmise etapil majanduslikult põhjendatud tulemuste saavutamine.

#### 1.6.4. CD-tüüpi tootmisfunktsioon

C. H. Cobb ja P. H. Douglas tõid selle funktsiooni tootmisõpetusse 1928. a. Vahepeal seda tootmisfunktsiooni eriti ei kasutatud, kuni B. Gahlen võttis selle makroökoonoomika tootmisõpetuses 1973. a. uuesti kasutusele [21, I, lk. 266]. CD-tüüpi tootmisfunktsiooni struktuur on järgmine:

$$y = x_1^{\alpha_1} \cdot x_2^{\alpha_2} \cdot \dots \cdot x_n^{\alpha_n}.$$

Näiteks kolme kauba (üks toode, kaks tootmistegurit) puhul:

$$y = x_1^{\alpha} \cdot x_2^{\beta}.$$

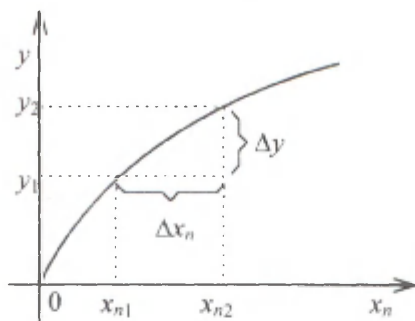
CD-tüüpi tootmisfunktsioonide kasutamise iseärasused:

- Põhiliselt kasutatakse tootmistegurite — tööjõud (töö) ja kapital — vaheliste seoste uurimisel makroökoonoomika tasandil. Ettevõtetmajanduslikus analüüsis on seni vähe kasutatud.
- Enamasti kasutatakse staatilisena.

CD-tüüpi tootmisfunktsioonid on võimalik kasutada mitmesuguste näitajate analüüsimisel. Allpool vaatleme mõningaid analüüsil kasutatavaid näitajaid ja nende interpreteerimise võimalusi.

**Keskmise tootmisteguri kulu:**

$$a(x_n) = \frac{x_n}{y} = \frac{x_n}{f(x_n)}.$$



Joonis 1.5. Keskmise tootmisteguri kulu ja piirtootlikkus.

**Piirtootlikkus** (vt. joonis 1.5):

$$\frac{\Delta y}{\Delta x_n} = \frac{y_2 - y_1}{x_{n2} - x_{n1}}.$$

Teguri  $x_n$  piirtootlikkust väljendab tootmisfunktsiooni tuletis:

$$\lim_{x_n \rightarrow 0} \frac{y}{x_n} = \frac{dy}{dx_n} = y'.$$

**Piirtoodang:**

$$dy = y' \cdot dx_n = \frac{dy}{dx_n} dx_n.$$

**Piirkulu:**

$$\lim_{y \rightarrow 0} \frac{x_n}{y} = \frac{dx_n}{dy} = x_n'.$$

Need on üldised seosed kogutoodangu, keskmise toodangu ja piirtoodangu vahel.

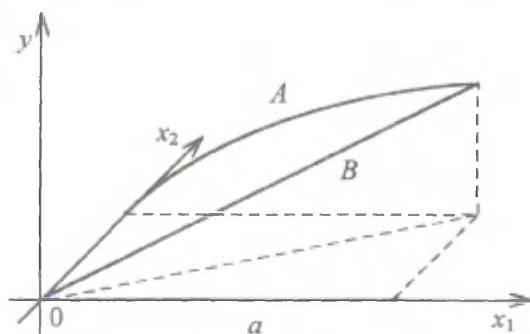
Näitena vaatleme funktsioone:

A:  $y = x_1^\alpha \cdot x_2^\beta$  ning

B:  $y = c^\beta \cdot x_1^{\alpha+\beta}$ ,

kus  $\frac{x_2}{x_1} = c$ .

Joonisel 1.6 on kujutatud neile tingimustele vastavad tootmisfunktsioonid.

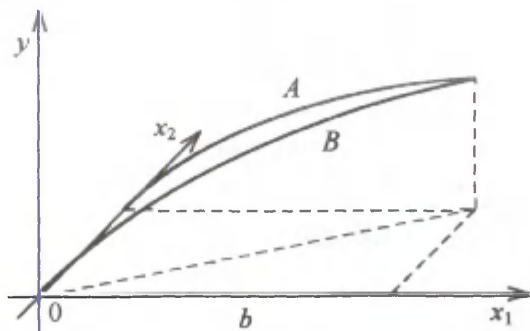


Joonis 1.6. CD-tootmisfunktsioon kahe tootmisteguri kasutamisel, kui  $\alpha + \beta = 1$ .

Kui funktsiooni esimene tuletis on positiivne ja teine tuletis negatiivne:

A:  $\frac{\delta y}{\delta x_1} > 0$ ,  $\frac{\delta^2 y}{\delta x_1^2} < 0$ , toodangu näitaja  $y$  on tõusev-degressiivne, seega kasvutempo aeglustub.

B:  $\frac{dy}{dx_1} \Big|_{\left(\frac{x_2}{x_1} = c\right)} = c^\beta > 0$ ,  $\frac{d^2 y}{dx_1^2} \Big|_{\left(\frac{x_2}{x_1} = c\right)} = 0$ ,  $y$  on tõusev-lineaarne.

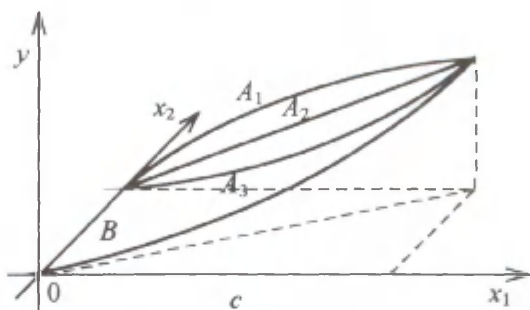


Joonis 1.7. CD-tootmisfunktsioonid A ja B, kui  $\alpha + \beta < 1$ .

Kehtivad tingimused:

$$A: \frac{\delta y}{\delta x_1} > 0, \frac{\delta^2 y}{\delta x_1^2} < 0, y \text{ on tõusev-degressiivne.}$$

$$B: \frac{dy}{dx_1} \Big|_{\left(\frac{x_2}{x_1} = c\right)} > 0, \frac{d^2 y}{dx_1^2} \Big|_{\left(\frac{x_2}{x_1} = c\right)} < 0, y \text{ on tõusev-degressiivne.}$$



Joonis 1.8. CD-tootmisfunktsioon  $A$  ja  $B$ , kui  $\alpha + \beta > 1$ .

Kehtivad tingimused:

$$A: \frac{\delta y}{\delta x_1} > 0,$$

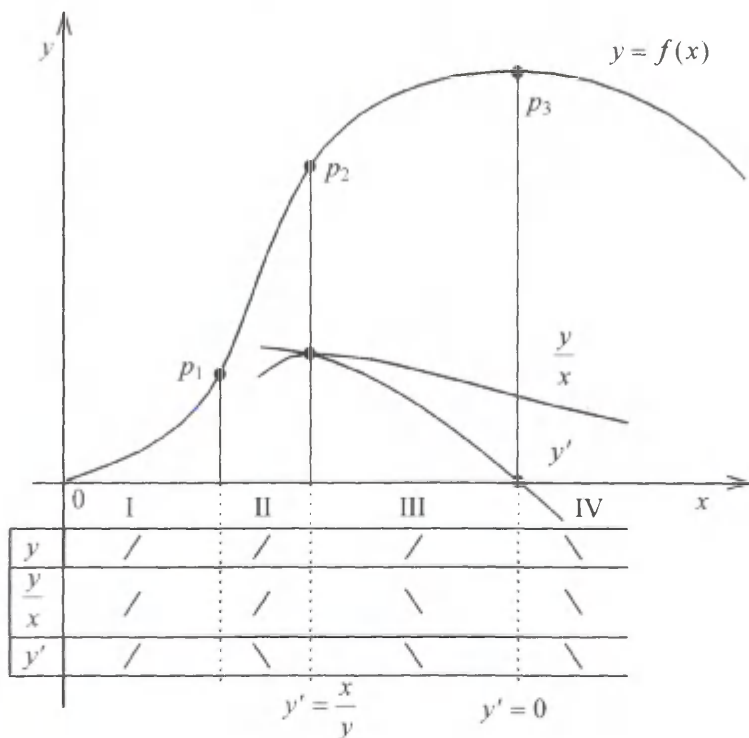
$$A_1: 0 < \alpha < 1, \frac{\delta^2}{\delta x_1^2} < 0, y \text{ on tõusev-degressiivne.}$$

$$A_2: \alpha = 1, \frac{\delta^2}{\delta x_1^2} = 0, y \text{ on tõusev-lineaarne.}$$

$$A_3: \alpha > 1, \frac{\delta^2}{\delta x_1^2} > 0, y \text{ on tõusev-progressiivne.}$$

$$B: \frac{dy}{dx_1} \Big|_{\left(\frac{x_2}{x_1} = c\right)} > 0, \frac{d^2 y}{dx_1^2} \Big|_{\left(\frac{x_2}{x_1} = c\right)} > 0, y \text{ on tõusev-progressiivne.}$$

Tootmisfunktsioonid võimaldavad ettevõtte või allüksuse tööd analüüsida, paremini mõista ja ennendada võimalikku tootmise langust. Tootmise arengufaase iseloomustavad graafikud joonisel 1.9:



Joonis 1.9. Tootmisfunktsiooni  $y = f(x)$  faasid.

**I faas:** Uusettevõtte (või uus toode) on jõudnud turule, toodete nõudlus kasvab, arendatakse tootmist, täiustatakse tehnoloogiat, soetatakse uusi seadmeid ja töövahendeid. Kogutoodang kasvab progresseeruvalt muutepunktini  $p_1$ , siis muutub kasv lineaarseks. Arenguprotsess on põhiliselt lõppenud, tootmine välja kujunenud, tehnoloogia ja seadmed vajalikul tasemel. Piirtootlikkus, mida väljendab tootmisfunktsiooni tuletis, on maksimaalne.

**II faas:** Kogutoodang kasvab põhiliselt toodete arvu suurenemisega, keskmine tulu tootmistegurite kasutamisest kasvab. Selle faasi ülemine piir  $p_2$  langeb ühte punktiga, kus keskmine toodang tootmisteguri kasutamisest ja piirtootlikkus hakkavad langema.

**III faas:** Kogutoodang kasvab ka selles faasis, aga aeglustuvat ja läheneb punktile  $p_3$ , kust algab kogutoodangu langus. Keskmise toodang ja piirtootlikkus langevad.

**IV faas:** Tootmise langus. Selle arengufaasi vältimiseks on vaja ettevõttes tegelda pidevalt turu-uuringutega, toodete arendamisega ja uute toodete evitamisega, tootmisprotsesside täiustamise, mehhaniseerimise ja automatiseerimisega, toodangu kvaliteedi tõstmisega.

Tootmisfunktsioonide kohta vaata ka teisi allikaid [7, 1, lk. 51; 17, II, lk. 19]. Tootmisfunktsioonide kasutamine ettevõttes majandustegevuse analüüsil ja prognoosimisel peaks tulevikus, arvestades uusi tehnilisi vahendeid ja tarkvara, kindlasti rohkem levima.

## 2. TOODETE VALIK JA TOOTMISE ETTEVALMISTAMINE

### 2.1. Toode, kaup

Tootmisettevõttes töödeldakse toore, materjal ja pooltooted tootmisprotsessis tootmisvahendite (masinad, seadmed, rakisid, tööriistad jne.) abil inimeste sihipärase tööga valmistooteks, mille järele arvatakse olevat nõudlust ja mida loodetakse müüa.

**Tooteid** võime otstarbe järgi liigitada tootmis-tehnilisteks ja tarbekaupadeks. **Tootmis-tehnilised kaubad** (tooted) on materjalid, seadmed, masinad jm., mida kasutatakse põhiliselt tootmises, ehitusel, transpordis, teeninduses jm. **Tarbekaubad** on toidukaubad, riided, jalatsid, televiisorid, sõidua autod jm. kaubad põhiliselt inimeste isiklikuks tarbimiseks.

**Toodang** on ettevõttes valmistatud toodete ja teenuste kogum, tootmistegevuse kasulik tulemus. Toodangut plaanitakse ja tulemusi arvestatakse naturaalses ühikutes või (ja) rahas.

**Toode** on mingi tarbe rahuldamiseks valmistatud ese. Toode on valmis (valmistoode), kui ta on komplektne, vastab tellimusele, standarditele ja tehnilistele tingimustele, on läbinud kvaliteedikontrolli, tunnustatud kõlblikuks ja pakitud vastavalt nõuetele.

**Pooltoode** vajab edasist töötlemist või kasutamist lõpptoodete koostamisel. **Lõpptoode** või **valmistoode** on läbinud tootmisprotsessi ja kvaliteedikontrolli, komplekteeritud vastavalt tellimusele ja lähetatakse tellijale kasutamiseks vastavalt otstarbele.

Näiteks autotehases on valmistooteks auto, karburaatoritehases karburaator, kolvitehases kolb. Lõpptooteks on auto, kuid sa-

mas turustatakse ka karburaatoreid ja kolbe lõpptoodetena kasutamiseks tagavaraosadena autoremondiettevõttes või meistrimehe kodus.

**Detail** on toote koostisosa, millele on iseloomulik liidete puudumine. Detaili kuju, mõõtmed ja tehnilised nõuded määratakse detaili joonisel.

**Koostuks** ehk **sõlmeks** nimetatakse detailidest liidete (lahtivõetavate või mittelahtivõetavate) abil koostatud toote osa. Koostud on iseseisvalt valmistatavad, sageli täidavad nad toote koostises kindlaid funktsioone. Viimasel ajal on väga levinud funktsionaalsete plokkmoodulite kasutamine konstrueerimisel. See võimaldab pakkuda tarbijatele toote koostise mitmesuguseid variante ja suurendada valiku mitmekesisust.

**Toote tehniline dokumentatsioon** koosneb detailide, koostude ja toote joonistest, spetsifikatsioonidest, tehnilistest tingimustest, kasutusjuhistest jm. ning annab nii tootjale kui ka tarbijale vajaliku info toote kohta.

**Spetsifikatsioon** iseloomustab tootevariantide kooslust ja stuktuuri, sageli ka modifikatsioone jm. Toote koosluse valiku teeb tarbija tellimuse vormistamisel. Spetsifikatsioonis on detailide, koostude ja agregaatide loetelu, kogused, tähised, materjalid, pooltoodete loetelu jm.

**Tööjoonised** määravad detailide, koostude ja toote geomeetrilise kuju, mõõtmed, materjalid, tehnilised kvaliteedinõuded (täpsus, pinna siledus, kõvadus jm.).

**Kvaliteet** on toote omaduste kogum, kindlustamaks kasutamisaaja kestel tehnilistes tingimustes ettenähtud näitajaid, töökindlust ja kõigi funktsioonide kasutamist. **Kvaliteedi tase** tehakse kindlaks toote tegelike näitajate võrdlemise teel ettenähtud tehniliste nõuetega.

Kvaliteeti laiemas tähenduses iseloomustab **toote tehniline tase**, mis väljendab tehnilis-majanduslike näitajate võrdlemise tulemust parimate samaliigiliste toodete (analoogide) vastavate

näitajatega. Toote tehnilise taseme selgitamine annab võimaluse objektiivselt hinnata ja suunata toote arendamisega seotud tegevust. Kvaliteedi hindamisel on eriti oluline hinnata toote **kasulikkust tarbijale**, et seda neile selgitada ja teada anda.

Toote iseloomustamiseks kasutatakse sagedamini järgmisi **ma-jandusnäitajaid**: tootlikkus, töömahukus, materjalimahukus, energiamahukus, omahind, müügihind, eksploatatsiooni- ja remondikulud, töökindlus, ressurss (tööiga) jm.

Toote kasutamisel ilmnevaid eeliseid, võrreldes teiste analoogiliste toodetega tuleb tarbijatele teadvustada (võimalikult palju reklaamida), et mõjutada hinnanguid ja nõudlust.

## 2.2. Toote valmistamise tehnoloogia

**Tehnoloogiline protsess** koosneb operatsioonidest, mida toode või tema koostisosa läbib valmistamise käigus. Tehnoloogiline protsess määrab operatsioonide sisu ja järjekorra, töökohtad, seadmed, rakised, tööriistad, instrumendid, tooriku mõõtmised, töötlemisrežiimid, mõõtmise- ja kontrollivahendid ning meetodid, töönormid, materjali kulunormid jm.

Tehnoloogiliste protsesside **projekteerimisel ja evitamisel** taotletakse:

- minimaalseid tootmiskulusid,
- kõrget tööviljakust,
- toote kõrget ja stabiilset kvaliteeti,
- töökohtade ja seadmete otstarbekat kasutamist ja koormamist, potentsiaalseid võimalusi arvestades,
- tootmisprotseside mehhaniseerimist ja automatiseerimist,
- tööohutust, ohutustehnikanõuete täitmist,
- keskkonna ohutust,
- ratsionaalset töökorraldust, transpordi ja ladustamise korda.

**Tehnoloogiline dokumentatsioon** kirjeldab ammendavalt tehnoloogilisi protsesse, mida kasutatakse toote valmistamiseks

ettevõttes. Ta on ette nähtud kasutamiseks töökohtadel, tootmisüksustes ja osakondades, kus vajatakse vastavat informatsiooni. Tehnoloogiline dokumentatsioon on tehnoloogilise töömahukuse kalkuleerimise (töö normimise); tootmisvõimsuste arvutamise; seadmete, rakiste, tööriistade ja töökohtade vajaduse põhjendamise jne. aluseks. Seega ka investeerimisotsuste aluseks seoses uute toodete ja tehnoloogiliste protsesside evitamise, tootmisprotsesside mehhaniseerimise ja automatiseerimisega ning uute töökohtade loomisega.

**Ettevõtte tootmisprotsessis** kasutatakse olenevalt toodete keerukusest ja tootmisprogrammist **paljusid tehnoloogilisi** protsesse. Tehnoloogiliste protsesside tehnilisest varustatusest oleneb **tootmise tehniline tase ja tulemuslikkus**. Tootmise tehnilise varustatuse paranemisega, tööprotsesside **mehhaniseerimise ja automatiseerimisega** kaasneb tehnoloogilise töömahukuse, seega põhitöölise vajaduse vähenemine. Samal ajal suureneb tootmises teenindava personali: remonditöölise, elektroonikute, seadistajate, programmeerijate jt. vajadus, mis võib oluliselt mõjutada ülaltoodud meetmete efektiivsust.

Tehnoloogilistest protsessidest, seadmete korrashoiust, tööliste kvalifikatsioonist ja töössesuhtumisest oleneb toodete **stabiilne kvaliteet**. Stabiilselt kõrge kvaliteeditase on tootja hea maine aluseks. Tehnoloogiliste protsesside tasemest olenevad otseselt ka töötingimused.

### 2.3. Tootmise tehniline ettevalmistamine

**Uue toote evitamise otsused** võetakse ettevõttes vastu pärast turu-uuringuid ja uue toote nõudluse selgitamist eeloleval perioodil (5–10 aastat), arvestades seejuures toote edasist täiustamist ja arendamist. Kuna tegu on tähtsa otsusega, millest oleneb ettevõtte tulevik (vähemal või suuremal määral), on otstarbekas koondada andmed vastavasse äri- ja finantsplaani,

teha vajalikud arvutused ja kalkulatsioonid meetmete majanduslikuks põhjendamiseks.

Kui sellist toodet, mis rahuldaks turu nõudlust ja ettevõtte ootusi, ei ole olemas, tuleb alustada **uue toote väljatöötamisega**. See etapp võib toimuda ettevõttes või väljaspool. Uue toote loomisel lähtutakse **ideest või leiutisest**. Toote põhiskeemi (eskiisi) loomine, konstrueerimine, katsenäidiste valmistamine ja katsetamine, tehnilise dokumentatsiooni ja tööprojekti ettevalmistamine on väga töömahukas (eriti inseneritöö osas) ja kulukas. Peale selle vajab väljaspool ettevõtet väljatöötatud toote tehniline dokumentatsioon sageli kohandamist **ettevõtte tootmisvõimaluste** ja tehnoloogilise omapäraga.

Toote koostisesse kuuluvad plokkmodulid kujunevad suhteliselt iseseisvateks pooltoodeteks. Toote koosseis komplekteeritakse tootmise lõppetapidel (või vahetult enne lähetamist) vastavalt tellimusele.

Pärast toote tunnistamist tarbijale vajalikuks ja tootmiskõlblikuks asub ettevõtte **tootmise tehnilise ettevalmistamise etapi** juurde. Selle etapi tööd on:

- tehnoloogiliste protsesside projekteerimine,
- seadmete soetamine,
- rakiste, tööabinõude, tööriistade, kontrolli- ja reguleerimisvahendite, spetsiaalsete tehnoloogiliste seadmete projekteerimine ja valmistamine,
- materjalide kulu normimine,
- töö normimine,
- töökorralduse ja töökohtade organiseerimise projekti rakendamise,
- töökohtade ettevalmistamine,
- tehnoloogilise katsepartii valmistamine,
- tehnilise dokumentatsiooni korrigeerimine,
- seadmete, rakiste, töökohtade osas avastatud puuduste kõrvaldamine,

- valmistatud toodete katsetamine ja ilmnunud puuduste kõrvaldamine,
- tehnilise dokumentatsiooni korrigeerimine.

Seejärel peaks ettevõtte olema valmis **tootmise alustamiseks** ja tellimuste täitmiseks. Sellega ei lõpe veel ettevõttes evitamisega seotud tööd. Uus toode ja selle tootmise protsess nõuavad tähelepanu ja kulutusi pikema aja jooksul, seoses toote kvaliteedi tõstmise, tehnoloogiliste protsesside täiustamise, mehhaniseerimise ja automatiseerimisega, tootmise organiseerimise parandamise ja töökohtade korraldamisega.

Uute toodete, tehnoloogiliste protsesside ja seadmete loomine (ehitamine), soetamine ja evitamine ettevõttes tomub **innovatsiooniprotsessis**, mille järjepidevus on ettevõtte arengu ja tootmise tehnilise taseme tõusu eelduseks. Innovatsiooniprotsesside kiirendamine ja vastavate kulutuste tase ja efektiivsus on omavahel seotud. Tsükli (ideest tootmiseni) kestust on võimalik lühendada (innovatsiooniprotsessi kiirendada), kui teha ülalnimetatud töid etapiviisi võimalikult üheaegselt (paralleelselt). Seda asjaolu tuleb arvestada tööde plaanimisel ja vastavate graafikute koostamisel.

**Tehnilise edu saavutamine** konkurentide ees loob baasi ettevõtte edukusele ja konkurentsivõimele. **Investeeritud summade tasuvust** on oodata tõenäosusega, mille suurus oleneb riskist. Väikestel ja keskmistel ettevõtetel on tehnoloogilises võidujooksus raske võistelda suurte ettevõtetega, kellel on välja arendatud vastavad uurimis- ja konstrueerimis-katsetöödega tegelevad allüksused. Toodete ja tehnoloogia arendamiseks on vaja ettevõtete koostöö (partnerlus), et rakendada tootmises ühiselt **teaduse ja tehnika uusimaid saavutusi (know how)** ning tootmiskogemusi või koopereeruda.

Kuna uute toodete ja tehnoloogiliste protsesside evitamine tõstab tootmisettevõtte **konkurentsivõimet**, on vastava informatsiooni, tehnilise dokumentatsiooni ja seadmete ostmine ettevõttele sama paratamatu kui toorme ja materjalide ostmine.

**Kõrgtehnoloogilist tootmist** iseloomustab:

- kõrge tootlikkus,
- materjalide ja toorme täielik kasutamine,
- energiasäästlikkus,
- tehnoloogia ohutus looduskeskkonnale ja inimestele,
- tootmisprotsessi paindlikkus ja muudatustega kohanemise võime.

Need ettevõtte tehnoloogilised omadused saavutatakse teaduse ja tehnika uusimate saavutuste kiire evitamisega ettevõtte tootmisprotsessis, vastava tehnoloogilise arenguga. Samal ajal saavutatakse ettevõtte tootmise paindlikkus ja nõudlusega kohanemise võime.

**Kõrgtehnoloogilisele arengule** ettevõttes on iseloomulik:

- inimeste intellektuaalsete ja seadmete tehniliste muudatuste kiirenemine tootmisprotsessis,
- uurimistöö ja arengule suunatud kulutuste osa suurenemine kogukuludes,
- rahvusvaheline turg toodete turustamiseks,
- tootmise kõrge kasvutempo,
- teadlaste, inseneride ja tehnikute osatähtsuse kasv töötajate koguarvus jne.

## 2.4. Töönormide projekteerimine

Toote valmistamise tehnoloogiliste protsesside projekteerimise järel on oluline etapp toote valmistamise töömahu kindlaksmääramine. Selleks on vajalik projekteerida töönormid. Tavaliselt toimub see töö etapiviisi:

- tehnoloogilise protsessi analüüs;
- töökoha korralduse ja hoolduse analüüs;
- töövõtete ja -meetodite analüüs;
- töönormi liigi valik;
- normimise meetodi valik;

- töönormi arvutamine.

Töö normimise ja väärtustamise põhjalikum käsitus (vt. [3]; [30]) pole siinjuures vajalik, seetõttu peatume ainult mõningatel olulistel külgedel. Kõigepealt tuleb silmas pidada, et töönormide kvaliteedist oleneb:

- põhitööliste (tegelevad otseselt toodangu või teenuste valmistamisega) palgatase, mis mõjutab tootmiskulusid;
- tootmise plaanimise tase;
- seadmete arvutuslik koormus;
- personali ratsionaalne kasutamine.

Töönormide kvaliteedi hindamiskriteeriumiks on:

$$\sum_{i=1}^n t_i \Rightarrow \min,$$

kus  $t_i$  —  $i$ -nda tööoperatsiooni tükiaja norm;  
 $n$  — operatsioonide arv.

### 2.4.1. Ettevõtte töökulu toodangu valmistamisel

Töö normimise eesmärgiks on ettevõtte töökulu kindlakstege mine, kõikidele töödele aja-, tootlus-, teenindus- ja töötajate arvu normide määramine. Töönorme kasutatakse ettevõttes mitmel alal: tootmisprotsessi organiseerimisel (töötajate arvu, töökohtade ja seadmete arvu, tootmisvõimsuste jm. arvutus tes), tootmise plaanimisel (tootmistsükli kestuse, seadmete koormuse jm. määramisel), tööprotsessi ja töötasustamise korraldamisel, tehnoloogiliste protsesside analüüsimisel jne.

Olenevalt töö liigist, tootmisalast, tootmistüübist ja tootmisprotsessist tuleb teha valik ajanormi, tootlusnormi, teenindusnormi, seadmete tootlusnormi, töötajate arvu normi ja juhtimisnormi vahel.

Igasuguse normi väljatöötamisel lähtutakse ratsionaalsest tehnoloogiast, tootmise- ja töökorraldusest, töö keerukusele vastavast töötaja kvalifikatsioonist. Ratsionaalse tehnoloogia ja töökorralduse all mõistetakse:

- Tehnoloogiliste protsesside majanduslikult otstarbekat jaotust tööoperatsioonideks ja nende sooritamise järjestust.
- Otstarbekate toorikute ja rakiste kasutamist.
- Optimaalsete režiimide kasutamist seadmete töös.
- Abitööde otstarbekat eraldamist põhitööst ja tööjaotust põhi-, abi- ja hooldetööliste vahel.
- Töökohtade ratsionaalset korraldust ja hooldust.
- Töövõtete ja -meetodite ratsionaalsust.
- Soodsaid töötingimusi.
- Ratsionaalset töö- ja puhkerežiimi.

Tehniliselt põhjendatud **ajanormi** ( $t_t$ ) all mõistetakse aega, mis on ette nähtud töö sooritamiseks kindlates organisatsioonilistes ja tehnilistes tingimustes, lähtudes töökoha tootmisvõimsuse ja töötaja oskuste ratsionaalsest kasutamisest. Ajanormis ei võeta arvesse tehnoloogilisest protsessist kõrvalekaldeid (hälbeid), töökatkestusi organisatsioonilistel ja tehnilistel põhjustel.

Tööoperatsiooni ajanormi põhimõtteline valem:

$$t_t = t_p + t_a + t_{tt} + t_{pi} + t_{kt},$$

kus  $t_t$  — tükiaja norm minutites (min.) või tundides (h);

$t_p$  — põhi- (masina-) aeg;

$t_a$  — mittekattuv abiaeg;

$t_{tt}$  — mittekattuv töökoha hooldamise aeg;

$t_{pi}$  — aeg puhkuseks ja isiklikeks vajadusteks;

$t_{kt}$  — operatsioonisisised tehnoloogiast tingitud katkestused (ooteajad).

Selleks, et arvesse võtta ühele operatsioonile või toodanguühikule langevat toodete partii töötlemise ettevalmistus- ja lõpetamisaega arvutatakse tükiaja norm (kalkulatiivne):

$$t_{tk} = \frac{t_{el}}{n} + t_t,$$

kus  $t_{el}$  — ettevalmistus-lõpetamisaeg (tööülesandega tutvumine, töökoha ettevalmistamine ja korrastamine jm.);

$n$  — partii suurus (tk).

Seega toodete partii töötlemisaeg:  $t_{pa} = n \cdot t_t + t_{el}$ .

**Tootlusnorm** ( $n_t$ ) väljendab toodangu hulka (tk., m, t jm.), mis on ette nähtud valmistada ajaühikus (tunnis, vahetuses) samadel tingimustel, mida käsitlesime ajanormi puhul (eespool). Tootlusnormi kehtestamise vajadus tekib, kui vahetuse jooksul tehakse pidevalt üht ja sama tööd, seega mass- ja seeriatootmises.

$$n_t = \frac{T_v}{t_t},$$

kus  $T_v$  — vahetuse kestus minutites või tundides,

$t_t$  — ajanorm minutites või tundides.

Ajanormi ja tootlusnormi vahel on seega pöördvõrdeline seos. Tootlusnorm suureneb ajanormi vähenemisel ja vastupidi. Kui ajanorm väheneb  $x\%$  ja tootlusnorm kasvab  $y\%$ , siis:

$$t_n \cdot n_t = t_{n1} \cdot n_{t1},$$

kus  $t_n$  — ajanorm enne muutmist,

$n_t$  — tootlusnorm enne muutmist,

$t_{n1}$  — ajanorm pärast muutmist,

$n_{t1}$  — tootlusnorm pärast muutmist.

$$100 \cdot 100 = (100 - x) \cdot (100 + y) \Rightarrow$$

$$100 y = 100 x + x \cdot y \Rightarrow$$

$$y = \frac{100 x}{100 - x}.$$

**Seadme normtootlikkus** (jõudlusnorm)  $n_m$  väljendab masina (seadme) tootlikkust ajaühikus tootmisvõimsuse täielikul kasutamisel, kusjuures organisatsioonilised ja tehnilised tingimused on soodsaimad ega põhjusta seisakuid.

Seadme passi andmetel võib olla antud teoreetiline tootlus  $N$  (tk/t., m<sup>2</sup>/min jm.).

$$n_m = N \cdot k_t,$$

kus  $k_t$  — masina tööaja kasutamise koefitsient.

Kui puuduvad andmed tootluse  $N$  kohta, tuleks kõigepealt arvutada masinatöö ajanorm tööoperatsiooni kohta  $t_m$ :

$$t_m = t_{töö} + t_{tühi} + t_{ka} + t_{kt} + t_{kh} + t_{kpi},$$

$$n_m = \frac{T_v}{t_m},$$

kus  $t_m$  — masinatöö ajanorm tööoperatsiooni kohta minutites,

$t_{töö}$  — masina töökäigu aeg,

$t_{tühi}$  — masina tühikäigu aeg,

$t_{ka}$  — töökatkestused abivõteteks (nt. mõõtmine, instrumendi vahetamine jm.),

$t_{kt}$  — tehnoloogiast tingitud operatsioonikatkestused,

$t_{kh}$  — töökoha hooldusega seotud katkestused (jäätmete eemaldamine jm.),

$t_{kpi}$  — töölise puhkuse ja isiklike vajadustega seotud katkestused,

$T_v$  — vahetuse kestus minutites.

**Teenindusnormiks**  $n_m$  nimetatakse:

- põhitöökohtade, seadmete või pinnaühikute arvu, mis on ette nähtud teenindada ühel töölisel või
- tööliste arvu põhitöökohtade, seadmete või pinnaühikute teenindamiseks.

Üldjuhul:

$$n_m = \frac{T_v}{t_{pt} \cdot k_t},$$

kus  $n_m$  — teenindusnorm, sobivates ühikutes (seadmete arv, töökohtade arv jne.),

$T_v$  — vahetuse kestus minutites,

$t_{pt}$  — aeg teenindamiseks ühe ühiku kohta,

$k_t$  — kordaja, mis arvestab teenindamise lisafunktsioone, puhkuse ja isiklike vajaduste aega minutites.

**Töötajate arvu norm**  $A$ , kasutatakse peamiselt teenistujate (ametnike) töö normimiseks. Enamiku haldustöötajate tööd ei ole võimalik täpselt reglementida ja seepärast kasutatakse nende arvu määramiseks liitnorme, mis on arvutatud juhtimisfunktsioonide töömahukusest lähtudes.

**Juhtimisnorm**  $A_m$  on töötajate arv, kes alluvad vahetult juhile. Tootmisettevõttes allub ühele meistrile tavaliselt 20 kuni 40 töölisi, olenevalt tootmisjaoskonna spetsialiseerumisest, töö keerukusest ja tootmistingimustest.

Kui  $n$  on töökohtade arv tootmisjaoskonnas ja  $q$  tehnoloogiliste operatsioonide arv, siis spetsialiseerumise taset iseloomustab tegur  $k_{sp}$ :

$$k_{sp} = \frac{n}{q}.$$

Juhtimisnormi  $A_m$  võime arvutada:

$$A_m = \frac{k_{sp}}{I_k},$$

kus  $I_k$  — tööde keerukust iseloomustav tegur.

Kui on vaja kindlaks teha tsehhijuhataja juhtimisnormi temale alluvate töötajate arvu kaudu, tuleb korrutada omavahel meistri, vanemmeistri ja jaoskonnajuhataja juhtimisnormid. Näiteks kui tsehhis on meistri alluvuses 20 töölisi, vanemmeistril 4 meistrit, jaoskonnajuhatajal 3 vanemmeistrit ja tsehhijuhatajal 4 jaoskonnajuhatajat, siis tsehhijuhataja teenindusnorm:

$$20 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 4 = 960 \text{ töölisi.}$$

## 2.4.2. Materjalikulu normimine

Tootmise tehnoloogilise ettevalmistuse käigus töötatakse välja toorme, materjalide, pooltoodete ja ostutoodete **kulunormid** iga toote, detaili ja materjaliliigi kohta.

**Detailed kulunormid** väljendavad materjali kulu iga detaili valmistamiseks, mis kuuluvad toote koostisse. Lähteandmeteks

on tööjoonised, tehnoloogiline dokumentatsioon, toorikute geomeetriline kuju ja mõõtmed. Sagedamini kasutatakse materjali kulunormide analüütilis-arvutuslikku määramist: arvutatakse tooriku ruumala ja korrutatakse materjali erikaaluga, saadakse tooriku mass, mis sisuliselt väljendabki materjali kulu (kg, t) detaili valmistamiseks (sama loogika kohaselt saab riidekulu määrata pinnauhikutes ( $m^2$ ) tootele, toorme kulu mahuühikutes ( $cm^3$ ) tootele jne.).

Tulemusi on võimalik ja vajalik kontrollida kaalumise teel, et veenduda detailsete kulunormide õigsuses. Kaaluda tuleks ka valmisdetailid ja määrata selle tulemusel detaili puhas mass (valitud detailide keskmine mass). Edasi on võimalik arvutada materjali kasutamiskoeffitsient  $k_{mat}$ :

$$k_{mat} = \frac{\text{detaili mass}}{\text{materjali mass}}$$

Materjali kasutamiskoeffitsient väljendab materjali kasutamise efektiivsust. Kõrgtehnoloogilises tootmisprotsessis on materjali kasutamiskoeffitsient kõrge:  $k_{mat} \geq 0,8$ , seega tootmisjäätmeid alla 20%.

**Spetsifitseeritud kulunormid** saadakse detailsete kulunormide korrutamisel toote koosseisu kuuluvate detailide arvuga (toote spetsifikatsiooni alusel) ja saadud tulemuste summeerimisel materjali liikide, sortide, mõõtmete järgi. Tulemusena saame vastuse küsimusele, milliseid toormeliike, materjale, pooltooteid ja ostutooteid vajab ettevõtte toote valmistamiseks. Arusaadavalt on selleks vaja arvutada tootmisprogrammi materjalimahukus plaaniperioodil ja koostada materiaaltehnilise varustamise plaan.

**Koondkulunormid** väljendavad materjali kulu tooteühikule koondgruppide kaupa (nt. teras: lehtmaterjal, varbmaterjal, traat jne.).

## 2.5. Toodangu plaanimine

**Tootmis- ehk valmistamisprogrammi** plaanimine (neid mõisteid kasutatakse võrdväärtetena) on seadmestamisplaani- ga otseselt seotud. Toodangu plaanimisel on lähtepunktiks tootmisvõimsuste arengu prognoos. Toodete lülitamine tootmisplaani toimub vastavalt turu nõudlusele. Plaanija peaks osalema aktiivselt ettevõtte turustuspoliitikas ja omama vastavat teavet.

**Turustusprogrammi** täpsustamine on seotud tarbija- ja turu-uuringutega, kusjuures täpsustatakse võimalikud tellijad, nõutavad tooted, turustusmaht nõudluse katmiseks jm.

Toodetavat kogust saab seejärel määrata, arvestades lõpetamata toodete ja valmistoodete varusid ettevõttes. Kui näiteks eelnenud perioodil toodeti rohkem kui turustati ning valmistoodangu varu suurenes, siis plaanitaval perioodil ei ole vaja rohkem toota kui turustamiseks vajalik (olemasolev varu turustatakse osaliselt või täielikult).

**Tootmisplaan määrab**, milliseid tooteid on vaja toota, nende kogused ja tähtajad. Toodete töömahud (inim- ja masintundides) tööde kaupa võimaldavad arvutada tootmisprogrammi töömahukuse, vajalike seadmete, töökohtade ja tööliste arvu. Neid arvutustulemusi saab kõrvutada plaaniperioodil ettevõtte käsutuses oleva potentsiaaliga, selgitada puudujäägid ja ette näha meetmed nende korvamiseks (uued seadmed, lisatöökohtad jm.).

**Tootmisprogramm** võetakse plaani aluseks pärast põhjalikku läbitöötamist kõikide vastutavate spetsialistide poolt (turustamine, varustamine, tootmine, tehnoloogia jm.). Plaan kinnitatakse ettevõtte juhtkonnä tasemel.

**Jooksev tootmisprogramm** on toodete valmistamise plaan, mis tagab turustamise ettenähtud tähtaegadel, minimaalsete tootmisvarude kasutamisega. Sellise olukorra peab tagama varustamise, tootmise ja turustamise koordineerimine.

Turustamine on vaatamata ettevõtte poolt rakendatavatele meetmetele aasta jooksul kõikuv (ebastabiilne). Tootmisma-  
jandusele avaldab mõju turg kui ettevõttest sõltumatu välis-  
tegur, mida tuleb jooksva tootmisprogrammi koostamisel ar-  
vesse võtta. Siin aitab valmistoodanguladu kui turustamise  
kõikumisi leevendav puhver. On võimalik toota lattu, ja kui  
nõudlus kasvab, jällegi laoiseisu vähendada.

Millist tootmisprogrammi varianti täitmiseks valida, otsusta-  
takse turu iseloomu arvestades (tootmist tuleb reguleerida turu  
nõudluse järgi). Enamasti on paremas olukorras ettevõtte, kus  
toodetakse mitut liiki tooteid. Sel juhul võib ühtede toodete  
nõudluse vähenemist kompenseerida teiste toodete nõudluse  
suurenemine. Kui mõnes tootegrupis on saavutatud turus-  
tamise maksimumtase, katab see teise tootegrupi miinimum-  
taseme. Selline situatsioon on näiteks õmblustööstuses, kus su-  
veriiete nõudluse vähenedes suureneb talveriiete nõudlus.

Tootmisprogrammi plaanimine peab arvestama nii turu kui ka  
tootmise tingimusi, seetõttu tuleb neid tingimusi aeg-ajalt revi-  
deerida. Parim nõudluse indikaator on toodete laoiseis, selle  
tegeliku taseme võrdlus plaanitud tasemega. Optimaalne pro-  
grammi plaanimine kindlustab toodangu hulga, mis jälgib või-  
malikult hästi turu nõudluse muutusi ja optimaalse valmistoo-  
dangu varu.

Tootmisettevõttes, kus valmistatakse  $n$  tooteliiki indeksitega  $i$   
( $i = 1, 2, \dots, n$ ) on vaja leida toodete koguste (tk.)  $x_i$  muutmise  
teel optimaalne tootmisprogramm. Piirangutena tuleb võtta ar-  
vesse ettevõtte tootmisvõimsust (seadmete ja tööliste) olemas-  
olu, varustamisvõimalusi jm. Tootmisvõimsuse info on vajalik  
ettevõtte kui terviku tootmisprotsessi, samuti allüksuste ja  
töökohtade tehnoloogiliste võimaluste kohta. Kõige olulisem  
piirang on turu nõudluse tase, turustamisvõimaluste prognoos,  
mida mõjutab hinnapoliitika, turustamisvormid, reklaam, tar-  
bijate teenindamise kvaliteet jm. Toodete arv peab olema posi-  
tiivne täisarv.

Huvi pakub tootmisprogrammi realiseerimisega seotud kulude  $K$  tase (reaalsed alternatiivid muutuvate tootmiskulude osas). Püsikulusid tootmisprogramm ei mõjuta, arvestades tootmisprogrammi lühiajalist iseloomu. Samuti tuleks uurida tootmisprogrammi tulude ja kasumi funktsionaalset sõltuvust.

Vaatleme esiteks tootmisprogrammi piiranguteta mudelit. See sobib monopoolsetele ettevõtetele, kus kulude sõltuvus toodete kogusest ja turustushulga sõltuvus hinnast on lineaarne. Kui toote  $i$  müügihind on  $p_i$ , ning hinna ja müügi koguse sõltuvuse parameetrid  $a_i$  ja  $b_i$ , siis:

$$1. \text{ toote hind: } p_1 = a_1 - b_1 \cdot x_1,$$

$$2. \text{ toote hind: } p_2 = a_2 - b_2 \cdot x_2,$$

...

$$n. \text{ toote hind: } p_n = a_n - b_n \cdot x_n.$$

Müügihinna korrutamisel müüdü kogusega saame **kogutulu** ehk **käibe**  $E$ :

$$E = E(x_1, x_2, \dots, x_1, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n p_i \cdot x_i = \sum_{i=1}^n (a_i \cdot x_i - b_i \cdot x_i^2).$$

**Otsekulu**  $K$  arvutame iga toote valmistamise otsekulude  $k_i$  kaudu:

$$K = k_1 \cdot x_1 + k_2 \cdot x_2 + \dots + k_n \cdot x_n = \sum_{i=1}^n k_i \cdot x_i.$$

**Jääktulu**  $D$ , mis ettevõttes jääb **kaudsete kulude** katteks ja **kasumiks**:

$$D = E - K = \sum_{i=1}^n ((a_i - k_i) \cdot x_i - b_i \cdot x_i^2).$$

$D_{max}$  saame arvutada, diferentseerides ülaltoodud avaldist ja võrdsustades tuletise 0-ga.

See mudel on toote  $i$  puhul identne Cournot' mudeliga. Kasumi maksimum vastab olukorrale, kus tooteühiku **piirkulud**  $k_i$  on võrdsed piirtuluga  $(a_i - b_i \cdot x_i)$ .

Tootmisprogrammi piirangutega mudeli puhul tuleb arvestada ettevõtte ja allüksuste tootmisvõimsust, varustamis- ja turustamisvõimalusi. Avatud konkurentsiturul sõltub toote hind nõudluse ja pakkumise vahekorra.

**Kogutulu** toodete müügist  $E$  :

$$E = \sum_{i=1}^n p_i \cdot x_i .$$

Eesmärgifunktsioon võib olla jääktulu  $D$  maksimeerimine:

$$D = E - K = \sum_{i=1}^n (p_i - k_i) \cdot x_i = \sum_{i=1}^n d_i \cdot x_i ,$$

kus  $d_i$  — jääktulu toote  $i$  ühikule,

$x_i$  — toote  $i$  kogus tk.

Ettevõtte omanikke huvitab kahtlemata **kasumi maksimeerimine**. Seda on võimalik saavutada tulude suurendamise ja kulude vähendamisega. **Tulude suurendamiseks** tuleks suurendada müüki. Hinnad kujunevad turul pakkumise ja nõudluse tasakaalu puhul ja on seega ettevõtte poolt vähe mõjutatavad. Seega on läbimüügi suurendamiseks vaja müüa rohkem kaupa. **Kulude vähendamiseks** on aga tootmisettevõttes rohkem võimalusi: hankijate valik, optimaalsete sisseostu-, transpordi- ja laokulude, samuti tootmise ettevalmistamise, seadmete korrashoiu, turustamise, reklaami jm. kulude taotlemine, mis kokkuvõttes mõjutab ettevõtte tootmiskulusid ja toodete **omahinda**.

### 3. TOOTMISETTEVÖTTE TEGEVUSE KAVANDAMINE

#### 3.1. Tootmise plaanimise probleemistik

Tootmisõpetuses on kolm plaanimisega seotud otsuste ala:

- seadmestamise otsused,
- tootmisprogrammi otsused,
- tootmisprotsessi plaanimise otsused.

Need on tootmise süsteemse plaanimise kontseptsiooni aluseks [22, lk. 289]. Tootmine on tootmisettevõtte põhifunktsioon, kuigi on olulised ka teised funktsioonid (varustamine, turustamine, arendamine, rahastamine, investeerimine jm.) [21, lk. 6].

**Tootmisettevõtte sisseseade plaanimisega** luuakse alus tema tootmispotentsiaali arendamiseks, varustamiseks vajalike hoonete, masinate, seadmete, töökohtade ja tööjõuga. Sellest oleavad nii ettevõtte tootmispotentsiaal (tootmisvõimsus) kui ka töötingimused. Hooned, seadmed, masinad ja tööjõud on seega **potentsiaalitegurid**. Ettevõtte potentsiaalitegurite kvalitatiivsest ja kvantitatiivsest tasemest sõltuvad tootmisvõimsus, võimalik tootmisprogramm, tehnoloogia, tootmiskulud jne. Seni on meil olnud kasutusel ettevõtte tootmisvõimsuse arvutamise meetodika, mis arvestas seadmete tootmispotentsiaali. Ettevõtja peab aga arvestama, et tootmist saab käivitada vaid siis, kui kõik vajalikud tootmistegurid, s.o. hooned, seadmed, töökohtad, toore, materjalid, pooltooted ning personal (tööjõud), on olemas.

**Tootmisprogrammi** plaaniperioodiks (aasta, kuu) koostamise otsustused on seotud küsimusega, millist tootmisprogrammide varianti (koostatud laekunud tellimuste alusel) saab täita olemasolevate tootmisvõimsustega. Tootmisprogrammis plaani-

tud tooted (teenused), tellimused tuleb plaaniperioodil täita, s.o. valmistada ettenähtud kogustes nõutava kvaliteediga kaupu ja realiseerida need tellijatele. See ongi tootmisplaani koostamise eesmärk. Loomulikult saab tootmisprogrammi lülitada ainult neid tooteid ja teenuseid, millele on olemas reaalne (või potentsiaalne) tellimus.

**Tootmisprotsessi plaanimisel** püütakse ette näha ja võimalikult arvestada tootmise käigus tekkivaid probleeme, kõiki otsuseid, mis on seotud jooksva tootmisplaani realiseerimisega, kasutades olemasolevat sisseseadet ja tööjõudu. Aluseks on asjaolu, et tootmisprotsess koosneb osaprotsesside süsteemist, **tehnoloogilistest protsessidest**. Tootmisprotsessi plaanimine on sisuliselt tehnoloogiliste operatsioonide jaotamine seadmetele (töökohtadele), arvestades töötlemiseks vajalikku aega (töökoha ettevalmistamiseks, töötlemiseks, transpordiks, varustamiseks, ooteks jm.).

Sisseseade, tootmisprogrammi ja tootmisprotsessi plaanimisel on vajalik info toodete, tellimuste ja turukonjunkturi, tootmistehnoloogiliste nõuete, materjali- ja töökulu normide, tööorganiseerimise nõuete, partnerite ja allettevõtjate varasemate otsuste kohta. Need andmed kirjeldavad **tootmismajanduslike otsuste välja**.

Otsuste iseloomult on tootmismajanduslikul plaanimisel kolm probleemistikku:

1. **Sisendvoo suuruse kindlaksmääramine** tootmismajandusliku eesmärgi vajadusteks. Otsuste tegemiseks tootmise plaanamise valdkonnas on oluline küsimus, milline sisendteguritest on tähtsaim (otsustav parameeter) ja milliseid tegureid on vaja arvesse võtta. See äratundmine on plaanimisprotsessis kõige olulisem. Tegelikult olukorra hinnang, asjade seis, mis täiendavad üksteist varustamise, programmi ja protsessi plaanamise kaudu ajaliselt ja koguseliselt ning antakse osaprobleemidena (sisu ja tähtsuse järgi) täitmiseks eri isikutele ja erinevatele juhtimistasemetele ettevõtte juhtimisstruktuuris. Tootmisteoreetiline süstematiseerimine tä-

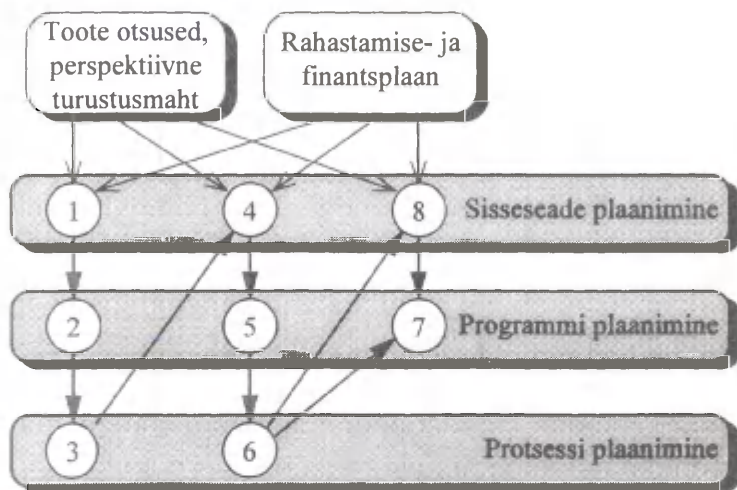
hendab siinjuures reaalsusele lähedast otsustusprotsessi mudeli koostamist.

2. Ülesannete täitmise tähtaegade määramine ettevõttemajanduslikus plaanides on piiratud kindla kestusega plaani- perioodiga. Ettevõtte seadmestamise ja sisseseade plaan- imise otsused on pikaajalised. Samal ajal on otsustusvaba- dus tootmisprotsessi plaanidel ja organiseerimisel suht- eliselt väike ja otsused lühiajalised. Seega vaadeldakse seadmestamisotsuseid kui pikaajaliselt ja tootmisprotsessi otsuseid kui lühiajaliselt mõjuvaid tegureid. Tootmisprog- rammi muutumisel teatud piirides seadmepark ei muutu, küll aga on vajalikud muutused töökohtade varustamisel tööriistade, mõõteriistadega jne. Võib muutuda tööjaotus, masinate koormus, personali vajadus jne.
3. Ülesannete personaalne jaotamine. Pärast seda, kui on kind- laks tehtud probleemid, mida haarab plaanimine, täpsus- tatud ülesanded ja nende täitmise ajagraafik, on vaja mää- rata ülesannete täitmise eest vastutavad isikud. See viib vastutuse detsentraliseerimisele, kusjuures kogu kompleksi eesmärkide saavutamise oleneb paljude juhtimistasandite ja allüksuste tööst (vertikaalne jaotus). Edasine ülesannete jaotus seadmestamis- ja valmistamisprogrammis toimub allüksuses protsesside ja töökohtade kaupa (horisontaalne jaotus).

**Tootmisplaaniga** pannakse allüksused üksteisest sõltuvusse. Nende mänguruum kahaneb veelgi. Tootmisülesandeid tuleks vahel tegelikust olukorrast lähtudes ümber hinnata ja korri- geerida (tähtaegade osas, vahel ka sisuliselt), seda on võimalik otsustada ettevõtte tasandil.

Näiteks kasutatakse tootmisprogrammi koostamisel infot ra- hastamis- ja investeerimisplaanidest. Tootmisprotsessi plaani- misel eeldatakse, et investeringud kindlustavad vajaliku toot- misvõimsuste juurdekasvu. Tootmisvõimsuste arendamise ot- sused peavad arvestama toodete müügituru olukorda ja rahas- tamisvõimalusi.

**Plaanimisel määratakse:** tootmisprogramm, tööjaotus allüksuste ning töökohtade vahel, valmistatavad kogused, toodete kvaliteet ja komplekssus, valmistamise tähtajad ja vastutavad täitjad. Seega täpsustatakse piisava detailsusega info, mis on vajalik töö organiseerimiseks, plaani täitmise käigu kontrollimiseks ja töötulemuste hindamiseks.



Joonis 3.1. Probleemide lahenduskäik tööstustootmise plaanimisel.

Joonisel 3.1 on toodud tootmisettevõtte plaanimise käigu näide. Tootmiseks on valitud turul nõutav toodang (punkt 2). Juba plaanimisprotsessi alguses tuleks mõelda sellele, milline on kulude suurus seoses sisseseade, sh. masinate soetamisega ning töökohtade loomisega (esialgsel tel hinnangutel) (punkt 1). Nende küsimuste selgitamiseks on vaja teada toote valmistamise tehnoloogilisi protsesse, töönorme, töömahukust ja materjali kulunorme, materjalimahukust (punkt 3). Alles siis selgub:

- milliseid seadmeid ja instrumente toote valmistamiseks ja millises koguses vajatakse (lähtudes tootmise töömahukusest ja sisseseade tootlikkusest);
- kuidas peaksid paiknema tootmispindadel seadmed ja töökohtad, silmas pidades tööoperatsioonide järjekorda, ettevõtte ruumide ja tootmispindade suurust ning iseloomu;

- ettevõtte investeringute vajadus, kõrvutamaks neid finantsvõimalustega (punkt 4);
- täpsustatud tootmisprogramm (punkt 5);
- täpsustatud tootmisprotsess (punkt 6).

Täpsustamisel arvestatakse piirangutega, näiteks valmistoodangu laoseis (punkt 7) ja tellijate erisooovid (punkt 8) (kui neid varem ei arvestatud).

Tavaliselt ilmneb plaanimisel veel asjaolusid, mida on vaja täpsustada ja selgitada. Sageli tuleb plaane revideerida ja täpsustada tootmise käigus. Mõnikord tuleb korrigeerida või uuesti kujundada ettevõtte otsuste vastuvõtmise süsteemi ja juhtimisstruktuuri.

### 3.2. Ettevõtte seadmestamise kavandamine

Ettevõtte **seadmestamisel** tuleb otsustada:

- ehituskruundi valik,
- hoonete kuju ja asukoha valik,
- masinate ja seadmete koostis,
- asukoha, paigutuse jm. küsimused.

Need otsused on valdavalt pikaajalise iseloomuga ja neid saab ellu viia (teostada) pikemas ajavahemikus. Seepärast projekteeritakse tootmisettevõtteid, arvestatades nende arenguperspektiivi. Võimaliku arenguga tuleb arvestada ka ettevõtte seadmestamise kavandamisel.

Igas tootmisettevõttes tuleb ette probleeme seadmete ja töökohtade otstarbeka paigutamisega tootmisruumides. Sageli on parima lahenduse leidmiseks otstarbekas kasutada modelleerimist, et võimalikke alternatiive paremini ette kujutada, nende puudusi ja eeliseid analüüsida ning põhjendatult otsustada. Sealjuures on vaja analüüsida töökohtade varustamist materjalide ja pooltoodetega, toodete liikumist töökohtade vahel,

tehnoloogiliste tingimuste, töökaitse, ohutustehnika jm. nõuete täitmist.

Eesmärk seisneb seadmestamise optimeerimises ja seadmete ratsionaalses paigaldamises tagamaks programmi täitmist tellitud kogustes, nõutava kvaliteedi ja minimaalsete kulutustega.

**Otsustuskriteeriumid seadmestamise kavandamisel.** Ülaltoodud üldine eesmärgipüstitus võimaldab konkreetsest olukorrast lähtudes formuleerida täpsustatud eesmärke. Nende eesmärkide saavutamiseks vajalikud meetmed on (toodete struktuuri kõrval) lähteandmeteks edasiste **tegevussuundade ja plaani kriteeriumide** väljatöötamisel:

- tootmiskulude vähendamine;
- seotud kapitali vähendamine;
- tellijate parema teenindamise organiseerimine;
- optimaalse täpsusastme ja kvaliteedi tagamine töökohtadel;
- tootmisprotsessi optimaalne tehniline tase;
- remonditöölise töö kergendamine, masinate remonditavuse parandamine;
- tööruumide esteetiline kujundamine;
- töötingimuste parandamine jm.

Ülaltoodud kriteeriumid on olenevalt ettevõtte olukorrast ja võimalustest erisuguse tähtsusega. Sageli arvatakse, et need kriteeriumid konkureerivad üksteisega ja seetõttu võib lahendusi saavutada ainult kompromissidena.

### 3.3. Tootmisvõimsuste plaanimine

Seadmepargi muretsemisel on põhiprobleemiks kvantitatiivsete ja kvalitatiivsete tootmisvõimsuste ettenägemine: ettevõttes tervikuna, allüksustes, tehnoloogiliste protsesside ja üksikseadmete kaupa.

Seadmestamise plaanimisel on aluseks tootmisprogrammi ja tootmisprotsessi andmed, samuti pikaajalised turustusvõima-

luste prognoosid. Arvutustega tehakse kindlaks vajalike seadmete ja töökohtade liigid, tüübid ning kogused. Seadmete ja töökohtade arvu määramisel lähtutakse toodete valmistamise töömahust tehnoloogiliste protsesside ja tööde kaupa. Seadme-  
pargi kvaliteedi nõuded olenevad tootmisprogrammist ja toodete valmistamise tehnilistest nõuetest. Määratakse tootmisprogrammide alternatiivsete variantide hulk, mida on võimalik ettevõttes realiseerida. Igale alternatiivile vastab mingi võimalik tootmiskaht.

**Üldvõimsus** on tootmiskaht, mida iga masin oma tööea jooksul peab andma. Kvantitatiivsel võimsuse hindamisel on oluline üldvõimsuse ja perioodi võimsuse tasakaal.

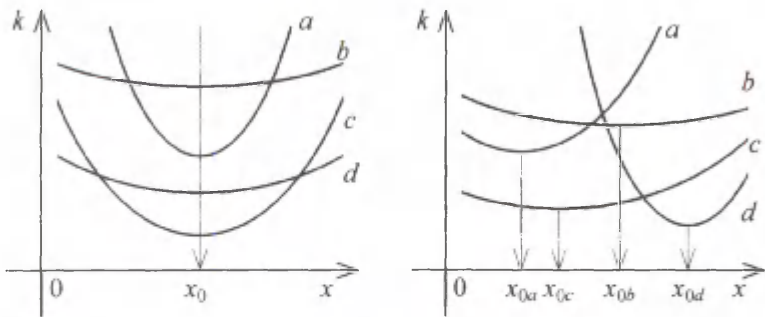
**Maksimaalne võimsus** tähendab toodangu hulka, mida seadme-grupp suudaks antud nomenklatuuri puhul ajaühikus valmistada, kui täielikult kasutatakse ära selle seadme-grupi tehnilisi ja ajalisi võimalusi.

**Optimaalne tootmisvõimsus ettevõttes:** kasutusel olevad seadmed töötavad rentaabliit ja on tootmisprotsessis tingimata vajalikud.

**Protsessi tootmisvõimsuse** määrab kõige väiksema võimsusega seade, seadme-grupp, tehnoloogiline protsess, seega **tootmisprotsessi kitsaskoht**.

**Minimaalne tootmisvõimsus** on võimalik toodangu maht, mis vastab täitmiseks võetud tellimuste mahule.

**Üksiku masina tootmisvõimsus** tuleks valida selline, et see kindlustaks plaanitud toodangu valmistamise reserviga. Joonisel 3.2 näidatud ideaalset olukorda, mille puhul plaanitud tooted valmistatakse minimaalse omahinnaga  $k$ , on raske saavutada.



Seadmed  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  on valitud optimaalselt ja saavutatakse toodete koguse  $x$  valmistamine minimaalse omahinnaga (ideaalne olukord)

Seadmete võimsus on valitud selliselt, et erinevatel seadmetel on optimaalne valmistatavate toodete kogus teatud piirides hajuv (reaalne olukord)

Joonis 3.2. Seadmete tootmisvõimsuse ja toote omahinna sõltuvus.

Tootmisvõimsuste madal kasutamistase (liigsete seadmete olemasolu) suurendab valmistatavate toodete omahinda seadmete kulumise (amortisatsiooni) kaudu, samas võib ebapiisav seadmete arv suurendada tootmiskulusid (omahinda) valmistamise töömahukuse suurenemise (käsitsitöö suure osatähtsuse) tõttu.

Tootmisettevõtte seadmete valik peaks rahuldama tootmisprotsessi nõudeid arvuliselt ja kvaliteedilt. Seadmepark ja vastav tootmispersonal peaksid võimaldama tootmisplaani võetud toodete valmistamise allüksustes vastavalt tehnoloogilisele protsessile, vajalikus mahus ning etteantud tähtaegadel. Seadmete, tööriistade ja töö kvaliteedist sõltub otseselt valmistatavate toodete kvaliteet. Tootmisvõimsuste kasutamistase 80–90% peaks tagama vajaliku reservi tellimuste täitmiseks.

### 3.4. Tootmise organisatsioonitüübid

Seadmete ja töökohtade ruumiline paiknemine määrab ka toodete valmistamise käigu ja nende liikumise marsruudi ettevõttes, seega transpordimahukuse. Asukoha probleem on kit-

sam kui kvantitatiivsete ja kvalitatiivsete tootmisvõimsuste plaanimine, masinate, seadmete ja töökohtade liikide, tüüpide, hulga ning nende asukohtade määramine tootmisüksustes. Tootmine võib olla vastavalt valmistatavate toodete arvule üksik-, seeria- ja masstootmine. Tootmise **organisatsioonitüübid**:

- tsehhis (töökojas) valmistamine,
- vooltootmine,
- grupiline tootmine,
- ehituskohas valmistamine.

### **Tsehhis (jaoskonnas, töökojas) valmistamine**

Siinjuures on võimalik lähtuda tootmisallüksuse tehnoloogilisest või tootejärgsest spetsialiseerumisest.

**Tehnoloogilisel spetsialiseerumisel** on kõik tehnoloogilises protsessis vajalikud masinad ja töökohad koondatud tootmis-tehnilisse allüksusesse. Näiteks mehhaanilise töötlemise tsehhis treipingid treimisjaoskonda, freespingid freesimisjaoskonda jne. Pooltooted tuuakse töötlemiseks töökohale ja viiakse pärast töötlemist vastavalt tehnoloogilisele protsessile järgmisesse tootmisjaoskonda (või tsehhi) edasiseks töötlemiseks, koostamiseks jne. Sellist tootmiskorraldust kasutatakse individuaal-, väikeseeriatootmises, kus toodete mitmekesisus ei võimalda organiseerida vooltootmist. Tootmise käigu ajaline määramine töötlemisetappide ja toodete kaupa on siin küllalt raske ülesanne. Ooteajad ja tootmistsüklid kujunevad suhteliselt pikaks. Tekib probleeme seadmete otstarbekal paigutamisel, raske on realiseerida vooluliine (mõnikord on see võimalik detailide, koosteühikute ja toodete töötlemisel).

**Tootejärgsel spetsialiseerumisel** tsehhi või tootmisjaoskonda koondatakse toote (või toodete grupi) valmistamiseks vajalikud seadmed ja töökohad. Toode valmistatakse allüksuses tootmisprotsessi algusest kuni valmimiseni. Probleeme tekib seadmete optimaalse koormamisega ja tootmisvõimsuste kasutamiseega. Samal ajal on mugav tootmise plaanimine ja üles-

annete täitmise kontroll. Samuti on paremad võimalused vooltootmiseks.

### **Vooltootmine**

Vooltootmisel paiknevad seadmed ja töökohad vastavalt tehnoloogiliste operatsioonide järjekorrale, moodustades vooluliini. Kui vooluliini kõikidel töökohtadel on toote valmistamiseks vajalik tööaeg ühesugune (ligikaudu), siis liiguvad tooted töökohtade vahel kindlas rütmis, mida nimetatakse **vooluliini taktiks**. Valmistamise selline organisatsioon vajab ühtset transpordisüsteemi (näiteks konveier), mis võimaldab toodete voolu tootmistsüklis etteantud takti rütmis. Kui inimeste tegevus tootmises piirub ainult tootmisprotsessi jälgimisega (tööd teevad masinad, aparaadid ja robotid), on tegemist automatiseeritud vooltootmisega.

**Täielikult automatiseeritud** tootmises toimib tootmisprotsess, sh. ka transport, ladustamine, kontrolli- ja juhtimisfunktsioonide täitmine moodsate seadmete ning arvutite süsteemide abil, ilma inimeste otsese osavõtuta. Inimese osaks jääb süsteemi häälestamine, ülesannete püstitamine ja töö jälgimine. **Vooltootmises** sõltub tootmistulemus kõige väiksema tootlikkusega töökohast, tööliste individuaalsed võimed ei leia sageli täielikku rakendust. Vooltootmise arengu tulemusel on jõutud **tänavtootmiseni** [22, lk. 299].

Selle organisatsioonitüübi puhul on masinad ja töökohad paigutatud tootmisprotsessi järjekorda, aga:

- nende kasutamist ei reglementeerita,
- ajalisi piiranguid operatsioonide sooritamiseks ei püstitata,
- kindel tootmisrütm puudub.

Vooltootmise puhul sõltuvad töölisel täielikult üksteisest. Nad ei saa oma individuaalseid oskusi, võimeid, huvisid ja iseloomu täielikult rakendada. Töö tulemuslikkuse tõstmiseks on oluline anda igale töölisel võimalus oma potentsiaali täielikumaks realiseerimiseks ettevõtte ja iseenda huvides. Selleks annab uusi võimalusi just tänavtootmine.

Tootmise varustamine tootlikumate masinatega toob endaga kaasa tootmisvõimsuste suurenemise tsehhis (töökojas, jaoskonnas). Vooltootmisega ettevõttes on aga suhteliselt raske töötajate arvu (seoses tootmise mahu vähenemisega) vähendada, sestõttu võivad tootmiskulud kujuneda suhteliselt suuremaks.

Spetsiaalsete seadmete rakendamisel tootmisprotsessis vähe- neb mänguruum tootmise kohandamiseks uutele nõuetele (näi- teks uute toodete evitamisel). Tootmistehnika ja -tehnoloogia suhteline stabiilsus tsentraalse plaanimajanduse tingimustes andis tootmisettevõtetele eeliseid (mis õigustasid vooltootmist eriti mass- ja suureseriatootmisel), nagu tootmistsükli kindel kestus, minimaalsed kapitali- ja laokulud pooltoodete ring- luses, tööliste väljaõpetamise lihtsus jm.

Need eelised võivad turumajanduse tingimustes muutuda aga tootmise arengut pidurdavateks teguriteks. Tootmise püsiva (stabiilse) iseloomu korral on vooltootmises lihtne lahendada tootmisprotsessi juhtimise probleeme. Tähtaegade, masinate koormamise ja töötlemisjärjekorra plaanimine jäävad siin- juures tagaplaanile. Need küsimused lahendatakse seadmesta- misel. Vooluliini taktiga määratakse tootmistsükli kestus ja protsessi plaanimisel ei ole võimalik seda muuta. Seepärast on personalimajanduse põhiprobleemideks kujunenud töötajate otstarbekas spetsialiseerumine, kutseoskuste arendamine, mit- me eriala omandamine jne.

Tänapäeval kasutatakse järjest rohkem **vooltootmise ja gru- pilise** tootmise kombineerimist.

### **Grupiline tootmine**

Uus tootmistehnika annab lisavõimalusi tootmisprotsessi ko- hanemisvõime ja paindlikkuse suurendamiseks. Arv-prog- rammjuhtimisseadmed, tööstusrobotid, paindlikud tootmissüs- teemid, lao- ja transpordisüsteemid võimaldavad automati- seerida ka üksik- ja väikeseeriatootmist, kusjuures tootmis-

protsessi on võimalik vajadusel suhteliselt kiiresti ümber korraldada [11, lk. 53].

Protsesside paindlikkus võimaldab tootjal arvestada paremini tarbijate nõudmisi, mis võib kujuneda ettevõtte oluliseks konkurentsieeliseks.

Grupiline tootmine on kujunenud kui tsehhiivilise ja vooltootmise kompromiss. Vooltootmise eeliseid on siinjuures kasutatud teisiti. Funktsioonigrupid, masinate ja töökohtade grupid on paigutatud tootmisprotsessi kulgemise järjekorras. Selline organisatsioon võimaldab koondada sarnase tehnoloogilise protsessiga valmistatavaid detaile või tooteid gruppidesse ja neid tootmisprogrammi vajadusi arvestades funktsioonigruppides valmistada. Tavaliselt jaotatakse seadmete grupid tehhide ja jaoskondade vahel.

Kõikide ülalloeletatud tootmise organisatsioonitüüpide puhul liiguvad toote valmistamisel detailid, pooltooted, agregaadid jne. tehnoloogilisele protsessile vastavatele masinatele ja töökohtadele, kus neid töödeldakse ja kasutatakse toote valmistamisel, kuni kompleksne, pakitud valmistoode saadetakse valmistoodangulattu.

### **Ehituskohal valmistamine**

Sel juhul on toode kindlal ehituskohal, näiteks turbiinid, katla-seadmed, mahutid jm. kallid suure massi ja gabariidiga uni-kaalsed seadmed. Kõik nende tootmiseks vajalik tuuakse töökohtale ja töölised täidavad valmistamisoperatsioone enamasti brigaadiviisiliselt. Toode valmib ehituskohal, läbib vajalikud kontrolli- ja testimisoperatsioonid, valmistatakse ette transportimiseks ettenähtud kasutamiskohta ja lähetatakse tellijale. Sageli toimub transportimine demonteeritud kujul, agregaatide ja sõlmedena. Tellija juures, kasutamiskohal toimub uuesti lõplik montaaž ja seadme eksploatatsiooni andmine. Uni-kaalset seadet võib ehitada ka vahetult kasutuskohas, kui tema transport pole võimalik või otstarbekas.

### 3.5. Transpordi korraldamine

Masinate ja töökohtade paigutus tootmisettevõttes määrab ka ettevõtte sisetranspordi mahu ja kulud. Seega tuleks nende asukoht valida alles pärast seda, kui transpordikulukad lõigud on selgitatud ja transpordikulud kalkuleeritud. Probleemide lahendamiseks kasutatakse sageli modelleerimist ja matemaatilise optimeerimise meetodeid.

**Seadmete ja töökohtade asukoha valik** on tootmisettevõtetes üsna sagedane probleem (seoses uute toodete ja tehnoloogiliste protsesside evitamise). Kujutleme, et on antud ülesanne sisustada tootmishall (või on eraldatud selleks ruumid, või krunt uute tootmishoonete püstitamiseks). Etteantud pinnale on vaja paigutada otstarbekalt allüksused, tökohad, masinad, laod, abiruumid jm., mille hulk ja suurus vastavad plaanitavale toodangule, töömahule, tehnoloogilistele vajadustele, tööohutuse ja -organiseerimise ning loodushoiu nõuetele. Põhiliseks otsustuskriteeriumiks ülaltoodud nõudeid rahuldavate variantide hulgast valimisel on minimaalsete kulude (sh. transpordikulude) saavutamine valitud variandi evitamise kaudu.

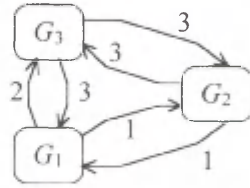
**Vooltootmise või tänavtootmise** puhul paigutatakse tökohad tootmisprotsessi operatsioonide järjekorras. **Tsehhiivisiilisel** valmistamisel on töökohtade paigutusvabadus suurem, võetakse arvesse transpordi maksumuse minimeerimist, tööliste liikumise vahemaade lühendamist jne. Töökohtade paigutusest oleneb tootmisüksuse sisetranspordi maht, töökohtade teenindamise mugavus, ohutustehnikanõuete täitmine, töökeskkond, seadmete remondivõimalused ja **transpordikulud**.

Kahe allüksuse vahelise transpordi maksumus sõltub vedude intensiivsusest, vahekaugusest, ühiku transpordihinnast ja transpordimahust.

Hoonetesse  $G_1$ ,  $G_2$  ja  $G_3$  tahetakse paigutada kolm tsehhi  $W_1$ ,  $W_2$  ja  $W_3$ , kusjuures kõik hooned on selleks kõlblikud. Tsehhide vahel on tootmis-tehnilistest vajadustest lähtuv vahetus,

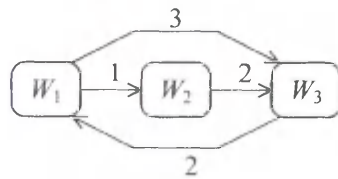
vastastikused varustustussidemed. Valikukriteeriumiks valime tsehhidevahelise transpordi maksumuse. Transpordimaksumus võrdub **transpordi tariifi** ja teepikkuse korrutisega.

Kuhu \ Kust	$G_1$	$G_2$	$G_3$
$G_1$	<del>1</del>	1	2
$G_2$	1	<del>1</del>	3
$G_3$	3	3	<del>2</del>

Hoonete vahekauguste tabel  $d_{ij}$ 

Hoonete asukoha skeem

Kuhu \ Kust	$W_1$	$W_2$	$W_3$
$W_1$	<del>1</del>	1	3
$W_2$	0	<del>1</del>	2
$W_3$	2	0	<del>1</del>



Transporditariifide tabel

Kaupade liikumise skeem

Kui  $W_1$  asub hoones  $G_1$  ja  $W_3$  hoones  $G_2$  siis nendevahelise transpordi maksumus on arvatav ülaltoodud näite andmetel:

$$3 \cdot 1 + 2 \cdot 1 = 5 \text{ rahaühikut}$$

$\swarrow$                        $\swarrow$                        $\swarrow$   
 $W_1$  ja  $W_3$                        $G_1$  ja  $G_2$                        $W_3$  ja  $W_1$   
 vahelise                      vahemaa                      vahelise  
 transpordi                                           transpordi  
 tariif                                           tariif

Üldistatult: on  $n$  asukohta (hoonet, halli), kus asuvad allük-sused, ja nende vahekaugused (kohtade  $i$  ja  $j$  vahel) on  $d_{ij}$ , mis ei olene liikumise suunast. Transpordiseoseid üksuste  $k$  ja  $l$  vahel tähistame  $\varphi_{kl}$ , kusjuures eeldame, et nad võivad olla eri suundades erineva suurusega. Transpordi maksumuse saame arvutada, teades üksuste vahekaugusi, transporditariife, kontaktide arvu ja saadetud kaubakoguseid. Kui  $x_{ik} \dots x_{jl}$  (üksuse  $k$  asukoht on  $i$ , ..., üksuse  $l$  asukoht  $j$ ), siis nende väärtused võivad olla 1 (üksus asub antud kohas) või 0 (ei asu). Asukoha

valiku võib väljendada reeglina: **minimeeri transpordikulud**  $z$ , kus

$$z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n j_{kl} \cdot d_{ij} \cdot x_{ik} \cdot x_{jl},$$

pidades silmas järgmisi tingimusi:

$\sum_{i=1}^n x_{ik} = 1$ , kui  $k = 1 \dots n$  ehk igal üksusel peab olema kindel asukoht.

$\sum_{k=1}^n x_{ik} = 1$ , kui  $i = 1 \dots n$  ehk iga asukoht on vaid ühe üksuse päralt.

$x_{ik} \in \{0, 1\}$ , kui  $i, k = 1 \dots n$  ehk lubatakse  $x_{ik}$  väärtusi 0 ja 1.

Nagu eeltoodust nähtub, on võimalik ettevõtte allüksuste asukohta valiku probleemi lahendada matemaatilise mudeliga. Optimaalse lahendi leidmiseks tuleb võrrelda kõiki võimalikke transpordiskeeme, valides teostamiseks variandi, mille puhul transpordikulud kujunevad minimaalseks [22, lk. 316].

Esimene võimalus: üksused  $W_1, W_2, W_3$  paigutatakse hoone-  
tesse  $G_1, G_2, G_3$  järgmiselt:  $W_1 \rightarrow G_1, W_2 \rightarrow G_2, W_3 \rightarrow G_3$ .

Transpordi maksumuse arvutame:

$$\begin{aligned} K &= f_{11} \cdot d_{11} + f_{12} \cdot d_{12} + f_{13} \cdot d_{13} + \\ &+ f_{21} \cdot d_{21} + f_{22} \cdot d_{22} + f_{23} \cdot d_{23} + \\ &+ f_{31} \cdot d_{31} + f_{32} \cdot d_{32} + f_{33} \cdot d_{33} = \\ &= 0 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 3 \cdot 2 + \\ &+ 0 \cdot 1 + 0 \cdot 0 + 2 \cdot 3 + \\ &+ 2 \cdot 3 + 0 \cdot 3 + 0 \cdot 0 = 19 \text{ rahaühikut.} \end{aligned}$$

Teine võimalus: üksused paigutatakse:  $W_1 \rightarrow G_1, W_2 \rightarrow G_3, W_3 \rightarrow G_2$ . Sel juhul transpordikulud:

$$\begin{aligned}
 K &= f_{11} \cdot d_{11} + f_{12} \cdot d_{13} + f_{13} \cdot d_{12} + \\
 &+ f_{21} \cdot d_{31} + f_{22} \cdot d_{33} + f_{23} \cdot d_{32} + \\
 &+ f_{31} \cdot d_{21} + f_{32} \cdot d_{23} + f_{33} \cdot d_{23} = \\
 &= 0 \cdot 0 + 1 \cdot 2 + 3 \cdot 1 + \\
 &+ 0 \cdot 3 + 0 \cdot 0 + 2 \cdot 3 + \\
 &+ 2 \cdot 1 + 0 \cdot 3 + 0 \cdot 0 = 13 \text{ rahaühikut.}
 \end{aligned}$$

Kolmas üksuste paigutamise võimalus:  $W_1 \rightarrow G_2$ ,  $W_2 \rightarrow G_1$ ,  $W_3 \rightarrow G_3$ . Sel juhul transpordikulud:

$$\begin{aligned}
 K &= f_{11} \cdot d_{22} + f_{12} \cdot d_{21} + f_{13} \cdot d_{23} + \\
 &+ f_{21} \cdot d_{12} + f_{22} \cdot d_{11} + f_{23} \cdot d_{13} + \\
 &+ f_{31} \cdot d_{32} + f_{32} \cdot d_{31} + f_{33} \cdot d_{33} = \\
 &= 0 \cdot 0 + 1 \cdot 1 + 3 \cdot 3 + \\
 &+ 0 \cdot 1 + 0 \cdot 0 + 2 \cdot 2 + \\
 &+ 2 \cdot 3 + 0 \cdot 3 + 0 \cdot 0 = 20 \text{ rahaühikut.}
 \end{aligned}$$

Analoogselt saab arvutada transpordikulud ka ülejäänud võimaluste puhuks:

Neljas variant:  $W_1 \rightarrow G_2$ ,  $W_2 \rightarrow G_3$ ,  $W_3 \rightarrow G_1 \Rightarrow K = 14$  rahaühikut.

Viies variant:  $W_1 \rightarrow G_3$ ,  $W_2 \rightarrow G_1$ ,  $W_3 \rightarrow G_2 \Rightarrow K = 20$  rahaühikut.

Kuues variant:  $W_1 \rightarrow G_3$ ,  $W_2 \rightarrow G_2$ ,  $W_3 \rightarrow G_1 \Rightarrow K = 18$  rahaühikut.

Seega on transpordikulude poolest parim lahendus teine üksuste paigutusvariant.

### 3.6. Seadmete eksploatatsiooni ja korrashoiu plaanimine

See otsuste liik on seotud ettevõtte põhivara (hooned, rajatised, seadmed, masinad, tõste-transpordivahendid, side ja infotehnoloogilised vahendid jm.) eksploatatsiooni korraldamisega, remondiga, väljavahetamisega jne. See tööloik on igas toot-

misettevõttes oluline kindlustamaks tootmise häireteta kulgemist ja pidevat valmisolekut plaanitud ülesannete täitmiseks.

Seadmete korrashoiu plaanimise otsused on seotud tihedalt tootmisprogrammi ja -protsessi plaanimisega. Seadmete paigutamisel allüksustes peaks arvestama remonditööde vajadust. Remondigraafik peaks arvestama tööle jäävate tootmisvõimsuste piisavust, et mitte takistada tootmisülesannete täitmist jne. Ootamatu seadmete väljalangemine kasutusest põhjustab tootmises ettenägematuid tagajärgi, toodete valmistamise häireid, hankelepingute rikkumist jne.

Seadmete **korrashoiustrateegia** määrab:

- millal ja missuguste masinate juures ettenähtud hooldus-, korrashoiu- ja remonditöid tehakse,
- kes teeb,
- milliseid varuosi, materjale, abimaterjale jm. sealjuures vajatakse.

Andmed võimalikust kahjust masina ootamatul seiskumisel võimaldavad põhjendada varuosade ja agregaatide (elektrimootorid, pumbad, laagrid, elektriseadmed jne.) varuks muretsemise ja laos hoidmisega seotud kulude otstarbekust.

Kui tehnoloogiline seade langeb mingi rikke tõttu kasutusest välja, siis pärast põhjuste selgitamist (vajalikku demontaaži ja ekspertiisi) ilmneb viga, seejärel vea põhjus. Alles siis selgub remonditööde maht, varuosade vajadus ja töö kestus, ka tähtaeg, millal on võimalik seadet uuesti kasutusse anda.

**Korrashoiustrateegiatena** on levinumad **ennetava remondi strateegia** ja **perioodiliste ülevaatuste strateegia**.

Ühekordne kahe korrashoiumeetme rakendamise ajavahemiku määramine (ooteaeg) on perioodiliste hoolduste ja remontide strateegia aluseks (näiteks korrashoiumeetmeid kohaldatakse iga 1000 masintunni järel).

Paindliku strateegia puhul määratakse järgneva meetme tähtaeg olenevalt seadme tehnilisest seisukorrast iga kord uuesti

(näiteks esimene ooteaeg 1000 masintundi, teine 600 masintundi jne.).

Üheastmeline hinnang seadmele määrab ainult kaks seadme seisundit: "korras" või "rikkis".

Seadmete ekspluatatsiooni ja korrashoiu korraldamisel on oluline määrata seadmeid kasutavate põhitöölise roll ja ülesanded neile usaldatud seadmete hooldamisel ning nõuda järjekindlalt nende ülesannete täitmist. Korrashoiuga seotud seadmed ja töökohad peaksid olema eraldatud ainult selleks otstarbeks.

Seega on tootmisettevõtte tegevuse kavandamisel oluline süsteemne lähenemine, tootmisvõimsuste, ressursside ja võimaluste reaalne hindamine, eesmärkide ja ülesannete määramine.

## 4. TOOTMISPROTSESSI KORRALDAMISE ETAPID

### 4.1. Tootmisprotsessi etapilisus

Tootmisprotsessi võib liigendada etappideks valmistamisprotsesside iseloomu ja järjestust arvestades. Selline liigendus on mõnevõrra tinglik, sest tootmise etapid võivad toimuda üheaegselt või osaliselt kattuda. Samal ajal on liigendamine vajalik, et mõista paremini iga etapi spetsiifilisi probleeme ja omapära. Tootmistegevused liigendame järgmisteks etappideks:

1. varustamine ja laomajandus;
2. toorme ja materjalide ettevalmistamine;
3. töötlemine (detailide ja komponentide valmistamine);
4. viimistlemine (galvaanilised pinnakatted, termiline töötlemine, värvimine jm.);
5. koostamine (detailide ühendamine koostudeks ja toodeteks);
6. reguleerimine ja kvaliteedi kontrollimine (testimine);
7. komplekteerimine ja pakkimine;
8. lähetamine.

**Varustamine ja laomajandus** on tootmisega otseselt seotud ning ettevõttes vajalik protsesside ja töökohtade pidevaks ja õigeaegseks toitmiseks materjalide ja töövahenditega. Etappe 2–7 võib kokkuvõttes nimetada **tootmiseks**, kauba valmistamiseks. Kauba lähetamine tellimuste täitmiseks kuulub juba **turustamise** valdkonda. Muidugi ei pruugi kõigi tootmisharude ettevõtetetes olla kasutusel kõik ülalloetletud etapid.

Näiteks keemiatööstusettevõtetes toimub pidev tootmisprotsess toormest toodete valmimiseni. Keemiakaubad pakitakse vastavatel seadmetel tootmistsükliks ja valmistatakse ette lähetamiseks.

**Tellimuse (toodete partii)** valmistamise etapiviisiline ajagraafik võimaldab analüüsida **tootmistsükli** kestust. Ettevõtja eesmärgiks on organiseerida tootmisprotsess võimalikult lühema tootmistsükliga. Sellega kiireneb ringlus (raha → kaup → raha).

## 4.2. Ettevõtte varustamine

Ettevõtte **varustamine** raha, kaupade ja personaliga toimub tootmisprotsessi käivitamise eel, tellimuste täitmiseks vajalikul määral. Siinjuures vaatleme varustamist kui tootmisprotsessi tagamist **materiaalsete ressurssidega**.

Ettevõtte asukohta valikuga (krunt, ehitistealune maatükk), hoonete ehitamisega, masinate, seadmete soetamisega, allüksuste, töökohtade ja juhtimisstruktuuri evitamisega luuakse **võimalused** tootmise alustamiseks. Enne tootmise alustamist tuleb kohale tuua tooret, materjale, abimaterjale, leida pooltoodete, tootmisteenuste hankijad (koostööpartnerid). Ülaltoodu on tootmisprotsessi käivitamise eelduseks nii uusettevõtetes kui ka juba tegutsevates ettevõtetes (uute toodete või tehnoloogiliste protsesside ja muude uuenduste evitamisel).

Kaupadega varustamine on vaja organiseerida nii, et tootmisprotsess saaks toimuda **pidevalt ja häireteta**. Selleks tuleks toimetada kvaliteetseid kaupu vajalikul ajal nõutavates kogustes töökohtadele, kus etteantud tehnoloogilistes protsessides valmistatakse inimeste ja masinate koostöös tooted.

Turumajanduse tingimustes ei ole põhimõtteliselt võimalik kaupade ja teenuste puudus (defitsiit) pikemal ajavahemikul. Tootjale on oluline **hankepartneri** valik. Kellelt osta vajalikke kaupu ja teenuseid? Valikul lähtutakse peamiselt **hinna, kvaliteedist ja hanketingimustest**. Hanketellimuse vormistamisel tuleks tingimata arvesse võtta ka transpordi, ladustamise ja hoidmise võimalusi ning vastavaid kulusid.

Peamised hanke parameetrid on **aeg ja kogus** (hankepartii suurus), mis peaks olema optimaalne, s.o. saavutada **minimaalsete hankekuludega** soovitud tulemused.

Kõigepealt tuleks ettevõttes kindlaks määrata **materjali vajadus** sobivas ajaühikus (päev, nädal, kuu, aasta). Hangete aeg peaks olema valitud selliselt, et hangetevahelisel perioodil saaks tootmist varustada **laovarudest**. Tuleb arvestada, et laovarudes on seotud kapital, mille väärtustamisel tuleks arvestada intressimäära.

Kaupade vajaduse kõrval on **varustuspoliitika** kujundamisel aluseks sellised parameetrid nagu laovarude suurus, hankijate hankevalmidus, teenindamise ladusus materjalide kohaletoometamisel jm. [22, lk. 237; 21, 1, lk. 148].

**Päevavajadus:**

$$r = \frac{M}{T},$$

kus  $M$  — kaubavajadus perioodil  $T$  (kg; t; m jne.),

$T$  — plaaniperiood (kuu, kvartal, aasta) päevades.

Vajaduste määramise aluseks on tootmisprogramm eelolevaks plaaniperioodiks ja materjali kulunormid:

$$M = \sum_{p=1}^n q_p \cdot m_p,$$

kus  $q_p$  — mingi tooteliigi toodete plaaniline arv plaaniperioodiks,

$m_p$  — materjali kulunorm tooteühikule,

$n$  — tooteliikide arv.

**Hanketähtaeg**  $t_w$  arvutatakse tavaliselt päevades või nädalates, (ajavahemik tellimuse andmisest saabunud materjali või ostutoodete partii ladustamiseni):

$$t_w = t_v + t_l + t_e,$$

kus  $t_v$  — ettevalmistusaeg enne partii saatmist (lähetamist),

$t_l$  — partii transpordi kestus (teel ja oma ettevõttes),

$t_e$  — mahalaadimise ja ladustamise aeg.

Hange peaks toimuma **hankepiirile** vastava laoseisu  $s$  juures:

$$s = M_{p\grave{a}eva} \cdot t_w + e,$$

kus  $s$  — hankepiiri laoseis,

$M_{p\grave{a}eva}$  — p\ae vavajadus,

$e$  — kindlustusvaru.

Tegeliku hankekoguse (hanketellimuse partii suuruse) m\ae aramisel tuleks tingimata **arvestada hanketingimusi**: kogusest s\o ltuvat hinnaalandust, pakendite omap\ae ra, transpordi\ue hiku suurust jm. M\ae aravaks on varustamisega seotud **kogukulu  $K$**  minimaalsus.

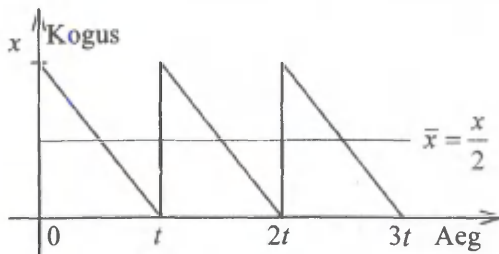
Hankepartii ostmisega seotud kulu  $K_B$  sisaldab tellimuse vormistamisega seotud **p\ae sikulusid  $a$**  ja tellitud kaubakogusest (hankepartii suurusest)  $x$  ning kauba t\ue kihinnast  $p$  s\o ltuvaid **muutuvkulusid**:

$$K_B = a + p \cdot x,$$

seega vajalike kaubapartiide hankimisega seotud kogukulu.

$K =$  hangete summaarne maksumus + laokulud  $\rightarrow$  min.

Kui  $x$  on hankekogus (hankepartii suurus) ja  $M$  kaubavajadus plaaniperioodil, siis **hangete arv** plaaniperioodil on  $M/x$ .



Joonis 4.1. Laovarude muutus. **Keskmine laovaru** on  $x/2$  \ue hikut.

Hangetevaheline ajavahemik e. **hankeperiood**:

$$t = \frac{x}{M} \cdot T.$$

**Laokulud**  $K_L$  hankepartii kohta avalduvad:

$$K_L = \frac{K_B}{2} \cdot i \cdot t,$$

kus  $i$  — intressimäär.

$$K_L = \frac{a + p \cdot x}{2} \cdot i \cdot \frac{x}{M}$$

Hankega seotud **kogukulu**:

$$K = K_B + K_L \text{ ehk:}$$

$$K = a + p \cdot x + \frac{(a + p \cdot x) \cdot i \cdot x}{2M}$$

Kui jagame selle võrrandi mõlemat poolt hankepartii suurusega  $x$ , saame **kogukulu kaubaühiku kohta**:

$$k = \frac{a}{x} + p + \frac{(a + p \cdot x) \cdot i}{2M}$$

Minimaalsete kulude määramiseks diferentseerime seda funktsiooni  $x$  järgi ja võrdsustame nulliga:

$$\frac{dk}{dx} = 0,$$

Saame peale teisendusi minimaalsetele kuludele vastava hankepartii suuruse  $x_0$ .

$$x_0 = \sqrt{\frac{2M \cdot a}{p \cdot i}}$$

Näide:  $M = 3600$  tk.;  $p = 1.80$  kr./tk.;  $a = 360$  kr. hanke kohta;  $T = 1$  aasta.

$$x_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot 3600 \cdot 360}{1.80 \cdot 1}} = 1200 \text{ tk.}$$

Koguse 1200 tk. peaksime tellima kolme hankena, siis on varustamise kogukulud optimaalsed.

Optimaalne laos hoidmise aeg  $t_0$ :

$$t_0 = \frac{x_0}{M} = \sqrt{\frac{2a}{p \cdot i \cdot M}}$$

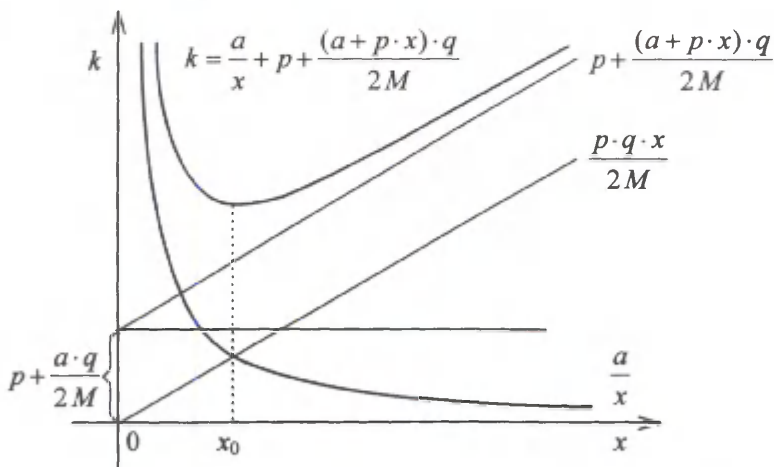
Optimaalne hangete arv:

$$n_0 = \frac{1}{t_0} = \frac{M}{x_0} = \sqrt{\frac{p \cdot q \cdot m}{2 \cdot a}}$$

Optimaalse hankepartii leidmiseks võib kasutada graafilist meetodit (vt. joonis 4.2). Intressimäär on alltoodud valemis

$$q = \frac{i}{100},$$

kus  $i$  — on intressimäär %.



Joonis 4.2. Optimaalse hankepartii suuruse graafiline leidmine.

Optimaalsed laovarud tagavad häireteta töö minimaalsete varustamiskuludega. Ettevõtja peaks vastava mõjutamisega taotlema sellist olukorda varustussüsteemis [22, lk. 239].

### 4.3. Tootmisprotsessi plaanimine

**Tootmisprotsessi plaanimise** eesmärk on ettenähtud tooteliikide valmistamine kehtestatud tehnoloogia kohaselt.

**Tootmisprotsessi tüübi valik** oleneb toodetest, nõudlusest ja tootmise organiseerimisest. Tüpiseerimise kriteeriumiks on operatsioonide kordumise sagedus.

**Üksik- (individuaalne) tootmine** toimub üksikute toodete või tellimuste viisi, arvestades tellija nõudeid, näiteks tootmisvahendite (seadmete, suuregabariidiliste stantside, pressvormide, rakiste jne.) tootmisel, laevaehituses, sillaehituses jne. Plaanimisel on peamiseks abivahendiks valmistamisprotsesside (baasprotsesside) tüpiseerimine ja võrkplaanimine.

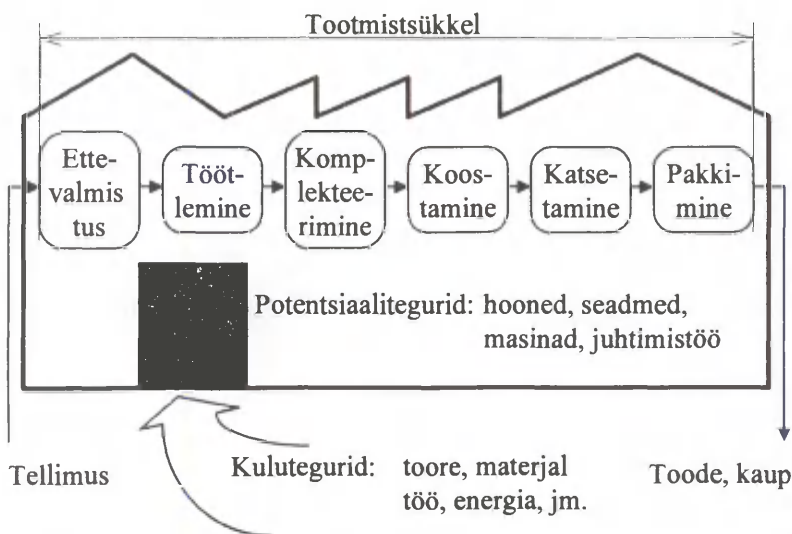
**Sordiviisilisel ja saritootmisel** valmistatakse tooteid korduvalt üksteise järel. **Sordiviisilisel valmistamisel** (näiteks õmblustööstuses, lähtudes toote materjalist) kogutakse kõik tellimused sellest materjalist ja antakse töösse kindla perioodilisusega. **Saritootmisel** arvestatakse tellimuste tehnilisi erinevusi (tootevariante), valmistamine plaanitakse partiidena üksteise järel kindlaksmääratud ajavahemikul. Selget erinevust sordiviisilise ja saritootmise vahel ei ole sageli võimalik teha. Mõlema tootmisviisi puhul arvestatakse tellimustega ja püütakse tootmist organiseerida toodete partiidena.

**Partiidena tootmine** erineb sari- ja sordiviisilisest tootmisest selle poolest, et (näiteks metallurgia-, keemia- jt. tööstustes) kogutakse mingi perioodi tellimused ja summeeritakse, selleks et suurendada varustamis- ja tootmiskahtu, sest muidu häiriks tootmist soovimatu toodete diferentseerimine, partiide suuruse vähenemine ja toodete sagedane muutmine. Tooted valmistatakse partiidena, arvestades turustamise tähtaegu.

**Masstootmisel** on toodete valmistamise protsess katkematu ja pidevalt korduv. Valmistatakse turul nõutavat toodangut, näiteks toiduained, jalatsid, telerid, külmikud, kellad, autod jm. suurtes kogustes.

**Valmistamisprotsessi tüübid** on määratud tootmise organiseerimise viisiga (vt. eespool, 3. ptk.). Ettevõtte siseseadete mõjutab oluliselt tehnoloogiliste protsesside valikut. Tootmisprotsessi plaanimisel arvestatakse tootmise organiseerimise omapära. Tootmisprotsessi vabadusaste on sageli (näiteks vooltootmisel) üsna piiratud. Masinate ja töökohtade valik, paigutus, tööoperatsioonide järjekord ning tootmistsükkel on ettevõtte seadmeliselt piiritletud.

Tootmisprotsessi eduka juhtimise eelduseks on töökohtade õigeaegne varustamine ja teenindamine, et materjalide ja pooltoodete vool kindlustaks töökohtade võimalikult pideva ja ühtlase koormamise.



Joonis 4.3. Tootmisprotsess.

Tootmisprotsessi reguleerimise operatiivsed võimalused on tööintensiivsuse tõstmine, ületunnitöö või ettenähtud tükiaja lühendamine.

Töökojas (jaoskonnas, tsehhis) on üksik- ja seeriatootmisel valmistamisel võimalik tootmisülesandeid tootmistsükklis jaotada, arvestades tootmisvõimsusi. Aluseks on seejuures varasemad otsustused partii optimaalse suuruse, masinate koormuse,

tööjaotuse, tellimuste töösse andmise järjekorra (arvestades nende valmistamistsükli kestust ja turustamise tähtaegu) jm. kohta.






Näide: Plastmassdetailide pressvormide valmistamise tootmistsükkel on põhidetailide (sh. matriitsid ja templid) keerukuse ja suure töömahu tõttu küllaltki pikk (2–4 kuud). Pressvormi koostamisel kasutatakse peale eelmärgitud detailide standardseid kinniteid, juhtsamabaid jm. Pärast koostamist toimub pressvormi katsetamine, kusjuures vormi kvaliteedi hindamisel on põhiline toote (detaili) vastavus joonisele (mõõtmed, välimus, tugevus jne.). Juba tellimuse vastuvõtmisel on oluline hinnata reaalselt pressvormi valmistamise töömahtu ja tootmistsükli kestust, selleks pakkuda tellijale hind ja hanketähtaeg.

**Mitmeastmelises tootmisprotsessis** on kõik astmed olulised. Tellimuste täitmist tuleks plaanida nii, et tootmisprotsessi järgnevad astmed saaksid vajalikul hulgal ja õigel ajal pooltooteid, materjale jm. tööks vajalikku. Tuleks arvestada tööliste kvalifikatsiooni (teadmiste, tööskuste ja kogemuste) vastavust kvaliteetsete toodete valmistamise nõuetele. Leevendamaks võimalikke varustamishäireid luuakse meil tootmises sageli vaheladusid. Selle kohta on ka eitav arvamus, nt. Jaapani firma Toyota väldib vaheladusid. Tootmine toimub põhimõttel, et kõiki detaile, pooltooteid ja valmistooteid valmistatakse vajalikus koguses selleks ajaks, kui neid on vaja tootmisprotsessis kasutada. See kindlustatakse eeskujuliku töökorraldusega. Meil tahetakse vaheladudesse kogutud varude arvel töökohti mõnda aega käigus hoida, kui tootmine tsükli alguspoolel mõnes astmes seiskub. Seega peetakse tootmise häireteta kulgemiseks vajalikuks mõnepäevast kindlustusvaru. Optimaalsete tootmisvarude suuruse määramine peaks olema ettevõttes majandusanalüüsi objektiks.

### 4.3.1. Tootmisprotsessi plaanimise lähteteave

Plaanimisel on oluline ammendav teave **toote** kohta. Selle teabe kandjaks on toote **konstruktiivne tehniline** dokumentatsioon ja selle alusel koostatud **tehnoloogiline** dokumentatsioon (marsruudi- või operatsioonikaardid). Eeldades, et toodete tehniline dokumentatsioon: joonised (üldvaated, sõlme- ja detailijoonised), spetsifikatsioonid, tehnilised tingimused, kasutaja instruksioonid jm., on tehniliselt täiuslikud, peavad tehnoloogiliste protsesside projekteerijad arvestama ka tootmisprotsesside teabega ja ettevõtte juhtimistehniliste ning organisatsiooniliste iseärasustega.

**Tehnoloogilistel kaartidel** kajastub teave, millisel viisil materjalidest, detailidest, pooltoodetest või agregaatidest valmib toode. Protsesside plaanimisel saab arvestada analoogiliste toodete valmistamise teid ja kogemusi. Seejuures püütakse leida sellist protsesside järjekorda, mis võimaldaks lühendada tootmistsüklit ja toota odavamalt.

Sümbol	Tegevus
	Transport
	Ladustamine
	Töötlemine
	Katsetamine
	Ooteajad

Joonis 4.4. Tegevuste sümbolid tootmisprotsessis.

Protsesside plaanimisel on peamisteks abidokumentideks tehnoloogilise protsessi ja üksikoperatsioonide kirjeldused. Mitmesuguseid tootmisprotsessi võimalusi võrreldakse põhiliselt tootmiskulude seisukohalt juba tehnoloogia projekteerimisel. Seda võrdlust hõlbustab tootmise käigu võimalike variantide

kirjeldamine, kasutades ülaltoodud joonisel 4.4 tegevusi kujutavaid sümboloid.

Tootmist kirjeldavad kaardid iga toote (tellimuse) kohta aitavad täpsustada töö käiku, valida otstarbekamaid operatsioonide kombinatsioone ja odavamaid valmistamisprotsesse.

### 4.3.2. Tööplaan

Eeltoodud protsesside analüüsi tulemuste põhjal töötatakse välja **tööplaanid** kui tootmisprotsessi plaanimise tulemused. Tööplaan on infokogum tootmisprotsessi juhtimiseks. Seal on kirjas tehnilised, majanduslikud ja organisatsioonilised andmed kogu tootmistsükli kohta (detailide valmistamisest kuni valmistoodangu lattu andmiseni välja).

Tootmise käigu analüüs on tootmisprotsessi täiustamise ja ratsionaliseerimise aluseks. Selle töö eesmärgiks on toodete töötlemise ja masinate (töökohtade) vahelise liikumise summaarse aja, töötlemistsükli kestuse lühendamine ja kindla tootmisrütmi saavutamine.

See inim-masin-süsteemi uurimisvaldkond on **tööteadus**. Meil on tuntud **teadusliku töökorralduse** alased uuringud. Saksa maal tegeleb selle valdkonnaga ühendus Refa [22, lk. 308]. Uurimisvaldkondi võib liigitada järgmiselt:

- töökorraldus,
- töö ratsionaliseerimine,
- tööaja uurimine,
- töö normimine,
- töö väärtuse, palga ja tulemuslikkuse uurimine.

Tööprotsessi uurimisel kasutatakse mitmesuguseid meetodeid: *Motion Time Analysis (MTA)*, *Work-Factor-System*, *Methods Time Measurement (MTM)* ja *Bans Motion Time Study (BMT)*.

### 4.3.3. Töötlemisviisi valik ja partii suurus

Tehnoloogiliste kaardide ja allüksuse töökohtade info alusel valitakse toote valmistamiseks vajalik masinate koostis ja töösseantava toote partii suurus. Eriti oluline on partii suuruse õige valik laia nomenklatuuriga ettevõtetes.

**Tootmisplaani** võetud toodete nomenklatuuri ja koguste järgi määratakse detailide ja pooltoodete vajadus. Seejuures tuleb arvestada, et valmistoodete varu peab andma võimaluse turustusplaani häireteta täitmiseks. Kerkib küsimus: Milliseid tooteid ja millistes koguses anda töösse, et seadmeid ja töökohti optimaalselt koormates valmistada kaupu ning ettenähtud tähtajal lähetada valmistooteid?

**Optimaalne partii suurus** on selline toodete kogus, mille puhul kogusest olenevalt muutuvad tootmiskulud tooteühikule on minimaalsed. Tootmiskulud on oma iseloomult **püsi-** (ehk kaudsed, fikseeritud) ja **muutuv- ehk otsekulud**.

**Püsikulud:** põhivara korrashoiu kulud, rent, tootmise teenindamise ja juhtimiskulud, mis ei sõltu otseselt ettevõtte tootmise mahust ja valmistatavate toodete hulgast.

**Muutuvkulud:** toorme, materjalide, tehnoloogilise energia, ostutoodete ja töö kulud sõltuvad otseselt toodangu hulgast.

Tootmisprotsessi plaanimise üheks eesmärgiks on tootmiskulude minimeerimine ja optimeerimine.

Tootmisprotsessi plaanimisel on dilemma: kriteeriumid *optimaalne tootmisvõimsus* ja *minimaalne tootmistsükli kestus* viivad praktikas vastuoludeni. Lõpetamata toodangu ja valmistoodangu varude suurendamiseks (seoses ettevõtte hankevalmiduse suurendamisega) on vajalik tootmisvõimsuse reserv, seega alakoormatud seadmed. Need seadmed on vajalikud, kui eeloleval perioodil oodatakse uusi või suuremaid tellimusi. Uute seadmete ostmiseks võetud laenu tagastamise kulud võivad olla suuremad kui varem ostetud seadmete reservis

hoidmise kulud. Seega ei tohiks ettevõttes üle hinnata vähekoormatud seadmete realiseerimisest tulu saamise võimalust.

Paljude tooteliikide sordi- ja seeriaviisilisel tootmisel on vaja määrata tööseantavate toodete partiide suurused ja valmistamise järjekord. Tavaliselt püütakse valmistatavate toodete partiid võimalikult suurendada, et vähendada ajakadusid seoses töö vahetamisega (seadmete ümberseadistamine, töökoha ettevalmistamine jne.), seega tootmiskulusid. Teisest küljest, suurte partiidena tootmisel suurenevad tootmisvarud, laokulud ja väheneb tootmise paindlikkus, reageerimisvõime nõudluse muutustele. Seetõttu on õige kaalutleda kõiki partii suurusega seotud mõjureid ja kindlaks teha optimaalne partii suurus.

Optimaalse partii suuruse määramisel võiks kasutada järgmist valemit [19, II, lk.102]:

$$x_{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot v \cdot K_r}{k_j}},$$

kus  $v$  — detailide, toodete tootmisvajadus ajaühikus,  
 $K_r$  — partii suurusest sõltuv töötlemismaksumus,  
 $k_j$  — partii suurusest tingitud laokulude muutus ajaühikus.

Arvestades, et detailide ja pooltoodete töötlemise ajal toimub nende tarbimine intensiivsusega  $a$  tk. ajaühikus, saame valemisse viia veel teguri  $1 - \frac{v}{a}$ .

$$x_{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot v \cdot K_r}{k_j \cdot (1 - v/a)}}.$$

Töösse antava partii suuruse määramisel tuleks arvesse võtta tootmise olukorda ja võimalusi. Ülaltoodud valemid on kasutatavad tootmisprotsessi plaanimisel. Seoses vajadusega suurendada tootmisprotsessi paindlikkust ja tellimustega kohanemise võimet on hakanud levima kontseptsioon: toota ka seeriaviisilise või masstootmise tingimustes detaile, pooltooteid ja

valmistooteid **väikeste partiidena**. Toyota tootmise juhtimise süsteemi eesmärgiks on tootmisvarude vähendamine ja tootmiskulude kokkuhoid, s.t. just selle kontseptsiooni rakendamine.

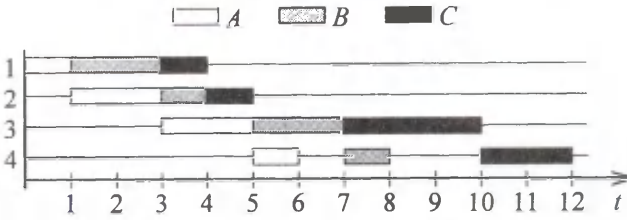
#### 4.3.4. Masinate valiku probleem

Tööstustootmisel kasutatakse kas **spetsiaalseid** või **univer-  
saalseid** masinaid, seadmeid ja töökohti. Nende arv ja tootlikkus määravad ettevõtte tootmisvõimsuse. Tootmisprotsessi plaanimisel on määratud töökohad (seadmed), kus tooteid toodetakse, ja toodete partiide (tellimuste) töösse andmise järjekord. Kuna tootmiskulude minimeerimine on ettevõtte eesmärgiks, tuleb arvesse võtta kõiki kulusid, mis sõltuvad seadmete ja töötlemisjärjekorra valikust, nagu töötlemiskulud, pool- ja valmistoodete varude maksumus, laokulud, transpordikulud, ooteaegadest tingitud valmimistähtaja pikenedamine jm. Kui kulude suurus on küllalt tõepäraselt määratud ja tähtsuse järgi reastatud, saame analüüsida kulude vähendamise eesmärgifunktsiooni [22, lk. 361].

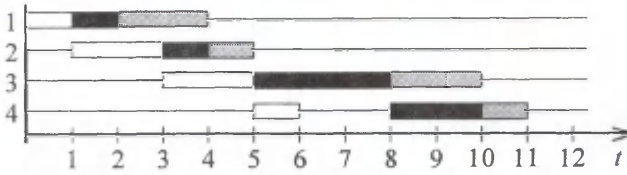
Näide: Ettevõttele on antud tellimused *A*, *B*, *C*, mis täidetakse seadmetel 1, 2, 3, 4. Eesmärgiks on organiseerida valmistamine nii, et laos hoidmise ja ooteajad (iga seadme ees) oleksid minimaalsed. Eeldame, et transpordi ja töötlemiskulud ei muutu. Osaprotsesside kestus päevades on kirjas tabelis:

Masin	Tellimus		
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
1	1	2	1
2	2	1	1
3	2	2	3
4	1	1	2

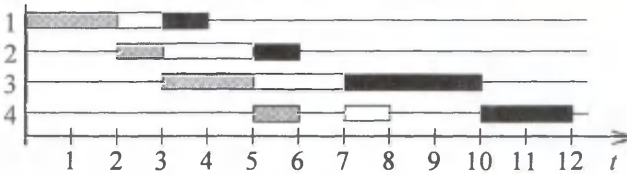
Analüüsime tellimuste valmistamisjärjekorda ning sellest sõltuvat laos hoidmise aega (LHA) ja seadme ooteaega (SO).



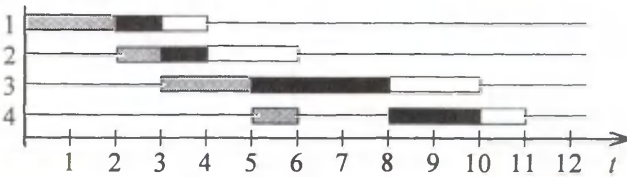
Valmistamisjärjekord A, B, C: LHA = 3 ja SO = 12 päeva.



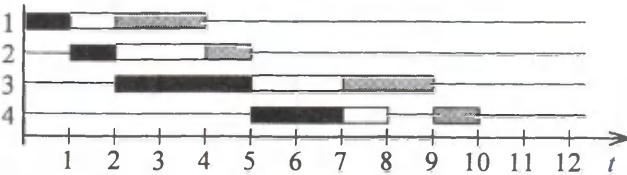
Valmistamisjärjekord A, C, B: LHA = 5 ja SO = 11 päeva.



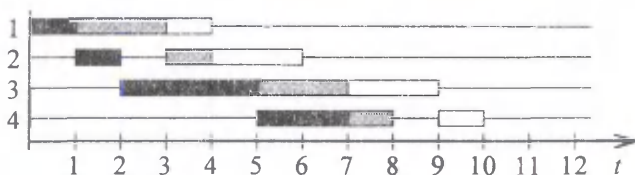
Valmistamisjärjekord B, A, C: LHA = 2 ja SO = 13 päeva.



Valmistamisjärjekord B, C, A: LHA = 3 ja SO = 12 päeva.



Valmistamisjärjekord C, A, B: LHA = 3 ja SO = 9 päeva.



Valmistamisjärjekord  $C, B, A$ :  $LHA = 2$  ja  $SO = 10$  päeva.

Parimad variandid on  $C, A, B$  ja  $C, B, A$ , mille kohaselt valmistamine toimub 10 päeva jooksul, laos hoidmise aeg on vastavalt 3 ja 2 päeva ning seadmete ooteaeg (seisakud) 9 ja 10 päeva. Nende vahel tuleb valida lõpliku töötlemisjärjekorra plaanisel.

**Tootmistsükli kestus** on ajavahemik tellimuse (või toodete partii) töösse andmisest kuni valmimiseni. Tootmise operatiivsel plaanisel on tootmiskulude seisukohalt oluline **toodete partii suuruse ja tootmistsükli kestuse** optimaalsus.

Tootmise **operatiivne juhtimine** on sisuliselt plaanimine, püstitatud ülesannete täitmise organiseerimine, koordineerimine ja kontroll. Operatiivne plaanimine on tootmisprogrammi ja tootmisprotsessi plaanamise loomulikult jätkuks allüksuste tasemel. See on kuu-, nädala-, päevaülesannete viimine töökohtade ja töölisteni, s.o. vahetute täitjateni [3]. Seda tööd teevad allüksuste juhid, meistrid, plaanijad või dispetšerid.

#### 4.4. Tootmisteave

Tootmise edukaks juhtimiseks on kõikide tasemete juhtidele vajalik õigeaegne ja objektiivne teave olukorrast, probleemidest ja võimalikest tegutsemisvariantidest. Selle puudumisel võib kannatada juhtimisotsuste kvaliteet, mis omakorda võib esile kutsuda ebasoovitavaid tagajärgi ja häirida oluliselt eesmärkide saavutamist.

**Kommunikatsioon** (ühendus, side, suhtlemine), teabe edasiandmine ja vastuvõtmine tähendab, et üks teabeallikas valib olemasolevast teabest vastuvõtjale vajaliku teate ja saadab selle talle. Kommunikatsiooni aluseks on mitmesugused signaalid

ja joonised — teabe materiaalne vorm (sõnad, laused, joonised, kujundid). **Kodeerimine ja dekodeerimine** on vajalikud selleks, et saatja ja vastuvõtja mõistaksid sümboleid, mõisteid ja kujundeid üheselt.

**Otsustuseelistus** kujuneb teabe kogumise, võrdlemise ja parima (valikukriteeriumidest lähtudes) variandi selgitamise kaudu. Otsuse vastuvõtja (juht) orienteerub teabeallikatele. Saatja eesmärgid ja suhtumine edastatavasse teabesse ei pruugi vastuvõtja omadega kokku langeda. Vastuvõtja peab aktsepteerima teavet vajalikuna (see aitab tal vajalikke otsuseid vastu võtta). Otsustaja otsib alati lisateavet, et olukorras paremini orienteeruda ja vastu võtta õigeid otsuseid.

#### 4.4.1. Teabe liigid

Tootmisettevõttes on teabel süntaksi, semantika ja pragmatika (lauseõpetuse, sõnade, fraseoloogia, asjalikkuse) aspektid. Teave võib olla põhjalik, pealiskaudne või ebaõige. Seega on mingi teabe alusel tehtavad otsused seotud **riskiga**. Teave peaks sisaldama aktsiooni parameetreid, võrdlusi ja selgitusi, mis on vajalikud otsustamisel. Otsustusprotsessi seisukohalt on oluline ka see, kas teave on kasutatav plaanimise, otsuse elluviimise või kontrolli staadiumis, vastavalt: prognoosi-, täitmise- ja kontrolliteave. Variantide kohta käiv teave on tavaliselt prognoos. **Piirangute** teavet on vaja arvestada tööülesannete andmisel ja nende täitmise kontrollimisel.

Juhtimisotsuste vastuvõtmiseks on esmatähtis tootmise olukorraga adekvaatselt peegeldava teabe õigeaegsus, kättesaadavus ja tõesus, sellest sõltub teabe **väärtus**. Teabe **väärtust** saab hinnata ka tema kasutamisega vastuvõetud otsuste majanduslike tagajärgede ja teabe hankimise kulude kaudu. Teoreetiliselt saavutab ettevõtte **informaatilise tasakaalu**, kui teabe saamise ja töötlemise kulud ning kasutamisest saadav majanduslik kasu on võrdsed.

#### 4.4.2. Teabe vool

Varustamis-, tootmis- ja turustamisprotsessid ettevõttes on seotud rahandusega, kapitalivajadusega, kapitali sidumise, vabastamise ja ümberpaigutamisega. Kauba ja raha vool läbib ettevõttes tootmisvarude soetamise, töötlemise ja toodangu valmistamise, kvaliteedi kontrolli ja turustamise staadiumid.

Tootmisprotsessi teave on vajalik tehnoloogiliste protsesside **koordineerimiseks** ja **suunamiseks**. Teabe kogumine ja töötlemine on vajalik otsuste vastuvõtjale, s.o. juhile, tema määrab teabe sisu ja olulisuse.

Ettevõttele on vajalik nii **ettevõtteväline teave**: konjunktuur, tööturu olukord, konkurendid, turu nõudlus jne., kui ka **ettevõttesisene teave**: tooted, nende koostis, detailid, laoseis, tootmisvõimsused, töökohad, tehnoloogilised protsessid, töö-, materjali-, energiamahukus jne. Samuti on oluline ettevõtte allüksuste (kes tegelevad uurimis-, konstrueerimis-katsetöödega, tehnoloogia projekteerimisega, tootmise tehnilise ettevalmistamisega jne.) teave. Ettevõtte võib kasutada ka teiste spetsialiseeritud ettevõtete teenuseid. Need kujunevad tema **koostööpartneriteks** ja teave nende ettevõtete kohta on valiku otsustamisel oluline.

**Teabe tootmine toimub** tinglikult kolme protsessi: **transmissioon** (ülekanne, üleminek), **translatsioon** (ülekanne), **transformeerimine** (muundamine, teisendamine), tulemusena. Eesmärgiks on ettevõttesse saabuva (ettevõttevälise) ja ettevõttesisese **teabe töötlemine** kasutaja soovile vastavale kujule. Teisenduste ja ülekannete käigus võib teave osaliselt kaotsi minna. Teabe kogumisel on ettevõttes puhvrifunktsioon (analooiliselt näiteks metallilaoga või detailide vahelaoga), seal **hoitakse varusid**. Mingi toote tootmiseks vajalik teave on koondatud ettevõtte **tehnilisse dokumentatsiooni**, mida võib keskuses või allüksustes vastavalt vajadusele kasutada tehnilis-majandusliku teabe töötlemisel ja probleemide analüüsil.

Teabe korduv kasutamine mitme kasutaja poolt eeldab selle ühest mõistmist.

**Tehnilisest küljest** on olulised kasutatavad side- ja teabetöötlusvahendid (nende võimsus, ülekandekanalite arv, töökiirus, töökindlus jne). Seoses selle tootmisharu kiire arenguga tulevad turule järjest uued ja täiuslikumad tooted, laieneb arvutustehnika- ja sidevahendite valik. Seega peaks iga ettevõtte side- ja teabetöötluste raudvara ostu otsustamisel kaaluma võimalikke variante, arvestades varem väljatöötatud andmetöötlussüsteemi arendamise põhimõtteid.

Juhtimisotsuste vastuvõtmine on ettevõttes vähem või rohkem tsentraliseeritud, seega sageli eemal teabe tekkimise kohtadest. Teabe vajadus on aga **seotud juhtimisotsuste vastuvõtmisega**, seega on oluline otstarbeka teabetöötlussüsteemi loomine ja arendamine, et teha kõikide tasemete juhtidele võimalikuks vajaliku teabe kasutamine.

Juhtimisotsuste vastuvõtmiseks tootmisettevõttes on sageli vaja teada, milliste kuludega peame arvestama tootmisprotsessi ettevalmistamisel, organiseerimisel, käivitamisel. Kulude arvestus on üks andmetöötluste liike [22, lk. 801]. Sellega on seotud:

- finantsraamatupidamine ja aastaaruannete koostamine;
- kulude ja põhifondide amortisatsiooni arvestus;
- ettevõtte statistika;
- plaani arvutused, kalkulatsioonide ja eelarvete koostamine jne.

#### 4.4.3. Tootmisprotsessi juhtimine

**Tootmisprotsess** koosneb paljudest tehnoloogilistest protsessidest, töödest, tegevustest, mida võib vaadelda **osaprotsessidena**. Toorikute, detailide, komponentide, pooltoodete valmistamisel täiendavad osaprotsessid üksteist, andes toote valmistamise käigus tema koostisosadele vajalikke omadusi kuni toote lõpliku valmimiseni. Tootmiskäigu kirjeldamine, plaani-

mine ja jälgimine koos vastavate tootmiskulude hindamisega on tootmise operatiivse juhtimise aluseks.

**Infosüsteemid** peaksid haarama komplekselt kogu ettevõtte tegevust: kõiki tootmisprotsesse, tootmise tehnilist ettevalmistust, materiaal-tehnilist varustamist, tootmist, valmistoodangu turustamist, finantsolukorra analüüsi, raamatupidamist jne. Tootmisjuhtidele on vajalik operatiivne teave tootmise olukorrast, tootmisplaani täitmisest, tähtaegadest kinnipidamisest, tegelikest kuludest, seadmete ja töökohtade koormusest, tööviljakusest jne. Sellise teabe olemasolu võimaldab tootmisprotsesse operatiivselt (reaalajas) juhtida.

Tootmise juhtimise süsteem ettevõttes, kus valmistatakse mitmeastmeliselt paljusid tooteid, on kahtlemata teabemahukas ja keerukas. Toote valmistamist tootmisprotsessis vaatleme kui paljude vahetoodete (detailide, pooltoodete) töötlemist, toote koostamist, häälestamist, reguleerimist ja kontrolli. Vahetooded saadakse partnerettevõtetest või valmistatakse ettevõtte allüksustes (tsehhides, jaoskondades). Vahetooded võivad töötlemise ootel seista vaheladudes, moodustades olulise osa **lõpetamata toodangu varudest**. Plaanimisel on oluline analüüsida olukorda ja korraldada kõikide tootmisprotsessis osalejate **koostöö** selliselt, et **tootmiskulud oleksid minimaalsed**. Analüüs ja tootmise käigu selgitamine on selgitusmudeli aluseks kirjeldamiseks tootmistegurite kombinatsioonide üleminekut tootmisprotsessis valmistoodetele. Sarnased **tehnoloogilised protsessid** võivad olla kasutusel põhitootmises või abitootmises. **Põhitootmisprotsessid** on seotud vahetult toodete valmistamisega, kõik teised on **abiprotsessid** (transport, seadmete hooldus, laotööd, energeetika, tööriistamajandus, remont jm.).

Tehnoloogiline protsess määrab **tootmistegurite kombinatsiooni**, kusjuures tegurite kulu on kindel või varieeruv.

Näide: Vahetoote  $x$  valmistamiseks on vaja rakendada 2 töölist, 1 masin ja 10 ühikut materjali ( $r_1$ ). Tegurite kulu on normitud (tehni-

liselt ja majanduslikult põhjendatud, limiteeritud), seega kõik teised töö, masinate ja materjalide kombinatsioonid on **ebamajanduslikud**.

Tehnoloogilises protsessis võib olla fikseeritud (kindel) või varieeruv **toodangu hulga väljundinivoo**. Tehnoloogilised protsessid võivad olla tootmisprotsessis kasutusel pidevalt või diskreetselt.

#### 4.4.4. Tootmistehnilise süsteemi teabe liigid

Juhtimise seisukohalt on tootmisettevõttes kolme liiki teavet: **juhitava süsteemi, tootmis- ja juhtimisprotsesside, majandamistingimuste (ettevõtluskeskkonna) teave**.

**Juhitava süsteemi andmed** on näiteks tootmistsehhide arv, tootmisjaoskondade arv tsehhides, töökohtade arv ja iseloomustus igas jaoskonnas:

- seadmete grupid, mis sisaldavad üksteist asendavaid seadmeid, nende seadmete arv ja tehnilisi võimalusi iseloomustavad parameetrid,
- koostöösuhted juhitavas süsteemis, tööjaotus, alluvus jne.

Tootmissüsteemi kõiki parameetreid võib vaadelda juhitavana. Osa parameetreid on otseselt mõõdetavad, nagu toodangu hulk, ressursside kulu, tööpinkide arv jm. Osa parameetreid, nagu toote töömahukus, omahind jm., muutuvad sõltuvalt teistest parameetritest ja pole otseselt mõõdetavad. Võib eristada otseseid ja tuletatud parameetreid.

**Otsesed parameetrid** võib jaotada gruppideks: toodete, tehnika, tehnoloogia, organisatsiooni, personali jm. parameetrid.

**Toodete parameetrid** võivad olla konstruktiivsed ja majanduslik-plaanilised.

##### I. Konstruktiivsed parameetrid:

- toote tööpõhimõte,
- toote koostis (spetsifikatsioon: agregaatide ja detailide loetelu),
- kasutatavate mootorite tüübid,

- toote kinemaatiline skeem,
- sõlmede ja agregaatide koostamise nõuded (üldjoonistel),
- toote kujundus, mõõtmed, mass,
- detailide valmistamiseks vajalikud materjalid,
- põhilised andmed toote, tema tööpõhimõtte ja funktsioonide iseloomu kohta.

## **II. Majanduslik-plaanilised parameetrid:**

- toodete nomenklatuur,
- tootlikkus iga tooteliigi valmistamisel,
- toote tootmisse andmise kuupäev,
- töösse antava partii suurus,
- tootmistsükli kestus,
- toote valmistamise tootmiskulud (omahind) jm.

## **III. Tehnika ja tehnoloogia parameetrid:**

- seadmete nimekiri,
- seadmete tüübid,
- inventarinumber,
- seadmete asukohad,
- amortisatsiooninormid,
- valusulamite koostis (lähtematerjalid),
- toorikute liigid ja mõõtmed,
- materjalide ja ostutoodete kulunormid,
- tootmisel kasutatavate tehnoloogiliste protsesside võimalused,
- tehnoloogiliste operatsioonide kirjeldused,
- tootmiseks vajalikud tööabinõud, tööriistad jm.,
- töötlemisrežiimid,
- tehniliselt põhjendatud ajanormid,
- abimaterjalide kulunormid,
- tööohutuse erinõuded jne.

## **IV. Tootmise organisatsiooni ja projekti parameetrid:**

- vooluse liik (pidev, diskreetne),
- töö organiseerimise vorm (brigaad, grupp, individ),

- ühe töölise poolt teenindatavate seadmete arv,
- tööprotsessi kirjeldus,
- töökoha asendiplaan,
- töökohtade paigutus tootmisüksuses,
- töökoha (ise)teenindamise funktsioonid,
- tööde järjekord.

#### **V. Personali iseloomustavad parameetrid:**

- töötajate nimekiri,
- kutseoskuste ja kogemuste hinnangud,
- haridustase jm.

#### **4.4.5. Nõuded andmebaasidele**

**Andmebaas** on andmete kogum ühes esemelises valdkonnas, mis säilitatakse arvutis magnetkettal (ketastel) ja mille kasutamist juhitakse programmsüsteemiga. Andmebaasidele esitatakse järgmised nõuded:

1. Andmed viiakse arvutisse üks kord, neid kasutatakse aga mitmekordselt, mitmesugustes ülesannetes.
2. Võimalus koguda ja töödelda mitmesuguseid andmeid, mis väljendavad infomodeli objektide omadusi ja suhteid kasutamiseks ükskõik millises struktuuris.
3. Andmete sõltumatus programmide ja algoritmide ning vastupidi.
4. Füüsiline ja loogiline andmete säilimise garantii.
5. Mitmesuguste andmebaaside infovahetuse võimalus.
6. Süsteemi töö efektiivsus, tootlikkus ja kasutamise mugavus.

Tootmisettevõtte andmetöötamiseks on vajalikud tehnilised vahendid (raudvara) ja programmid (tarkvara).

Nüüdisaegses tootmisettevõttes on mõeldamatu juhtimise korraldamine ilma juhtimissüsteemide kasutamisetä. Ettevõtte edukus ja töö efektiivsus sõltuvad suurel määral just andmetöötlussüsteemide tasemest. Sellest sõltub juhtimisotsuste kvaliteet, juhtimise operatiivsus, töömahukus ja tulemuslikkus [22, lk. 893].

## 5. TURUSTAMINE

### 5.1. Turustuspoliitika kujundamise alused

Enamasti mõistame turustamise all ettevõttes valmistatud toodete (teenuste) üleandmist tarbijatele või hulgi- ja jaemüüjatele (vahendajatele), kelle kaudu tooted (teenused) jõuavad tarbijateni. Kauba üleandmine toimub ostu-müügitehingu kaudu, kokkulepitud tingimustel (makse-, transpordi-, krediidi- jm. tingimused).

Tootmisplaaniga on määratud, kui suures koguses ja millistel tähtaegadel igat tooteliiki tuleks valmistada. Tegelikult täpsustab plaan tootmise kõiki külgi, arvestades seejuures iga üksiku toote turustamise võimalusi. Tootmisplaani võetakse tooted, mis on turul nõutavad praegu või (turustamise prognoose arvestades) suure tõenäosusega eeloleval perioodil. **Tootepoliitika** on turustuspoliitika peamiseks alustoeks. Tootmisettevõtte edukuse peamiseks tingimuseks on kasvava nõudlusega toodete valmistamine, nende toodete kvaliteedi ja konkurentsivõime tagamine.

Turustuspoliitika on seotud **hinnapoliitikaga**. Igale tootele, mida ettevõtte toodab, kalkuleeritakse hind. Kui kõrge peaks olema hinnatase? Kas see peab katma tootmiskulusid jne.? Kas hind peab olema kindel või varieeruv? Kas saame kasutada ühe toote puhul madalamaid ja teise puhul kõrgemaid hindu? Toote valmistamisel toimub mitte ainult toorme ja materjalide füüsiliste omaduste muutumine, vaid toote (kauba) kasutamistväärtuse loomine ja kauba kujundamine tarbijale vastuvõetavasse vormi. Toote **kasutamistväärtus** mõjutab oluliselt hinda, mida tarbija on nõus kauba eest maksma.

Iga tootja valib oma toodete turustamiseks võimalike **turustamiskanalite** hulgast sobivad: müügiesindus, müügiagent, va-

hendaja, hulgi- ja jaemüüjad jm. Valiku aluseks on koostöö kasulikkus, turustamise kindlus, piisav side tarbijatega jne.

Turustamisprotsessi elavdamise eelduseks on **avalikustamine**. Seda tehakse peamiselt ajakirjades ja ajalehtedes, raadios, TV-s, plakatitel jm. avaldatava **reklaamiga**. See aitab selgitada tarbijatele toodete ja tootja eeliseid konkurentide ees, eesmärgiks on **leida uusi** ning **hoida endisi kliente** firma toodete truude ostjatena.

## 5.2. Turustusplaani koostamine ja hinnapoliitika

Plaanimisel tuleks kindlasti arvestada olemasolevaid ja potentsiaalseid tellimusi, saavutatud läbimüügi taset ja selle suurendamise võimalusi, tellijate asjalikke ettepanekuid ja uute toodete evitamise võimalusi. Turustusplaani koostaja peab arvestama turu nõudluse infot, uute tellijate leidmise ja käibe suurendamise võimalusi. Kauba pakkuja (ja tema konkurendid) kasutavad potentsiaalsete tellijate suhtes kõiki mõjutusvahendeid.

Vabal turul on täidetud homogeensuse (pakkujate kaubad on ostjate suhtes ühesugused, puudub isiklik mõju, ruumiline ja ajaline erinevus), ostjate vaba valiku ja hea informeerituse nõuded. Kui pakkujaid on rohkesti, sõltub kauba läbimüük põhiliselt müügihinnast. Nõutava ja pakutava kaubakoguse muutust, mis tuleneb hinnamuutustest, nimetatakse **hinnaelastsuseks**. Müügihinna alanemisel läbimüük tavaliselt kasvab. Elastsus on suur, kui väike hinnamuutus põhjustab koguse suure muutuse. Muutusi iseloomustab hinnaelastsus  $r$ , mis väljendab läbimüügi sõltuvust hinna muutustest:

$$r = \frac{\partial x_i}{\partial p_j} \cdot \frac{p_j}{x_i},$$

kus  $x$  — turustushulk ajaühikus,

$p$  — hind.

Kui  $r = 0$ , siis kauba  $j$  hinna muutus ei mõjutanud kauba  $i$  läbimüüki.

Lineaarne hinna-läbimüügi funktsioon:

$$x = a - bp,$$

kus  $a$  — hinnast sõltumatu müügikogus (kui  $p \rightarrow 0$ ),

$b$  — tegur, mis iseloomustab müügi sõltuvust hinnast.

Mis on **hind**? Hind on summa, mille eest ollakse valmis kauba või teenuse kalkulatsiooniühikuks võetud kogust ostma või müüma. Vahel nimetatakse **hinnaks** rahasummat, mis saadakse kauba müügil, arvestamata tegelikke järeleandmisi ostjatele (hinnaalandusi). Kasutatakse alljärgnevaid **hinnaalandusi**:

- kogusest sõltuv hinnaalandus;
- funktsionaalne hinnaalandus (tootja poolt müüjale, kuna viimane võtab endale mõned tootja funktsioonid, nagu laos hoidmine, transport);
- hinnaalandus sularahas tasujale;
- hinnaalandus alalisele ostjale, esmaostjale jne.

Kõik see toimub kauba eest tasutava rahasumma muutuste arvel, kusjuures **hind ei muutu**. Kogusest sõltuva hinnaalanduse puhul muutub rahasumma kaubaühiku kohta. Kaubaühik aga sisaldab kindla koguse füüsilist materjali ja kasulikke omadusi, mille eest ostja tasub rahaga. Põhihind (müügihind) on seotud kindla kaubakogusega (mida tootja üldiselt ei määra).

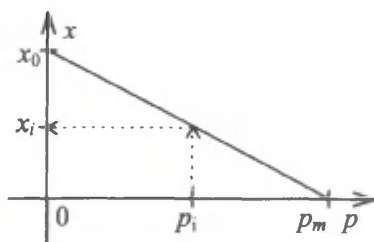
Hinnateoorias hinnatakse toodet (kogust ja kvaliteeti) ning tootmiskulusid. Arvestatakse seejuures:

- geograafilist kohta, kus kaupa müüakse (sisemaa- ja eksporthind),
- aega, millal kaupa pakutakse (keskpäeval, õhtul, öö läbi),
- ostja isikut (kaupmees või lõpptarbija),
- otstarvet, mille jaoks ostetakse (eri hinnad tootmises ja isiklikuks tarbeks kasutamisel).

Nii kujuneb hindade paljusus. Põhihinnale lisanduvad hindade moodustamise alused, mis sisaldavad hindade relatiivsete või absoluutsete muutuste rakendamise reegleid ja tegeliku müügihinna kujundamise põhimõtteid.

### 5.3. Hinna kujundamise põhimudel

Selle mudeli esituse tõi hinnateooriasse prantsuse õpetlane Augustin Antoine Cournot (1801–1877). Ta seletas, kuidas monopolist ettevõtja (mineraalveeallika omanik) kujundas mineraalvee hinda. Omanik sai aru, et mineraalvee nõudlus sõltub hinnast. Lihtsuse mõttes kujutleme lineaarset hinna-nõudluse funktsiooni. See väljendab, et hinna alanedes nõudlus suureneb, hinna  $p_m$  puhul kaupa enam ei osteta (on liiga kallis) [21, II, lk. 56].



Joonis 5.1. Lineaarne hinna-nõudluse funktsioon.

Millist hinda nõuda, et allikast saadav tulu oleks maksimaalne. See hind on vahemikus  $p = 0 \dots p_m$ . Ettevõtja peaks valima sellise hinna, et käive  $U$  oleks maksimaalne. Eesmärgifunktsioon, kus muutujaks on hind:

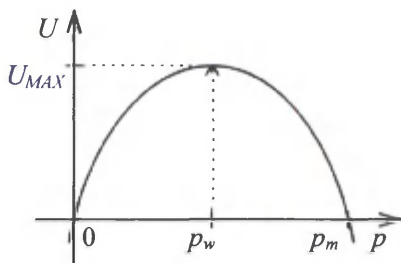
$$U = p \cdot x \rightarrow \max .$$

Vastav müügikogus ja käive väljenduks siis:

$$x = F(p) ,$$

$$\text{käive } U = p \cdot F(p) \rightarrow \max .$$

Alltoodud kõver (joonis 5.2) väljendab võimalikke hinna  $p$  väärtusi ( $0 < p < p_m$ ) ja vastavat käivet.



Joonis 5.2. Käibefunktsioon.

Leiame käibe maksimumi. Selleks leiame käibefunktsiooni tuletise  $F'$  (piirtulu) ja võrdsustame 0-ga:

$$\frac{dU}{dp} = 1 \cdot F(p) + p \cdot F'(p) = 0,$$

$$\text{seega } p = \frac{F(p)}{-F'(p)}.$$

**Optimaalne hind**  $p_w$  tagab maksimaalse käibe.

Näide: Milline hind tagaks maksimaalse käibe, kui hinna-läbimüügi funktsioon  $F(p)$ :

$$x = 10\,000 - 5p,$$

$$U = px = p(10\,000 - 5p) = 10\,000p - 5p^2,$$

$$\frac{dU}{dp} = 10\,000 - 10p = 0,$$

$$10p = 10\,000,$$

$$p = 1000.$$

Kujutleme nüüd, et ettevõtte omanik teab, kuidas toota mineraalvett kunstlikult, kusjuures toorme- ja töökulud tuleb tal endal tasuda. Sel juhul ei saa tootja enam lähtuda ainult funktsioonist  $pF(p)$  ehk aasta brutotulust, vaid netotulust, mis arvestab tootmiskulusid, ehk funktsioonist:

$$p \cdot F(p) - \varphi(x) \rightarrow \max,$$

kus  $\varphi(x)$  väljendab tootmiskulusid  $x$  mineraalveeühiku (liitri) tootmiseks.

Kuna toodete kogus  $x$  võrrandis  $x = F(p)$  sõltub hinnast  $p$ , võime kokkuvõetud funktsiooni  $p \cdot F(p) - \varphi(x)$  teised muutujad ainsast sõltumatust muutujast  $p$  eraldada. Tootmiskulud sõltuvad toodetud kauba kogustest ja tootmise omahinnast. Järelikult on hinda, millega tootja kaubad müügile toob, võimalik väljendada võrrandiga:

$$x + \frac{dx}{dp} \left[ p - \frac{d\varphi(x)}{dx} \right] = 0.$$

**Otsustusreegel:** Vali iga hind, mille puhul **netotulu**, seega realisatsioonikäibe ja tootmiskulude vahe **on maksimaalne**.

**Eesmärgifunktsioon:**

$$G = U - K \rightarrow \max,$$

kus  $G$  — kasum (netotulu),

$U$  — käive,

$K$  — kulu (omahind).

**Omahind** sõltub turustatavast kogusest  $x$ , seega  $K = \varphi(x)$ .

Kuna turustatav kogus sõltub hinnast ( $x = F(p)$ ), sõltub ka omahind otseselt parameetrist  $p$ . Seega:

$$G = p \cdot F(p) - \varphi(x), \quad x = F(p) \Rightarrow$$

$$G = p \cdot F(p) - \varphi(F(p)).$$

**Kasumit maksimeerib** hind, mille puhul selle võrrandi tuletise väärtus on 0:

$$\frac{dG}{dp} = F(p) + p \cdot F'(p) - \frac{dK}{dx} \cdot \frac{dx}{dp} = 0,$$

kus  $F(p) + p \cdot F'(p)$  — tulu tuletis  $p$  järgi,

$\frac{dK}{dx} \cdot \frac{dx}{dp}$  — omahinna tuletis  $p$  järgi.

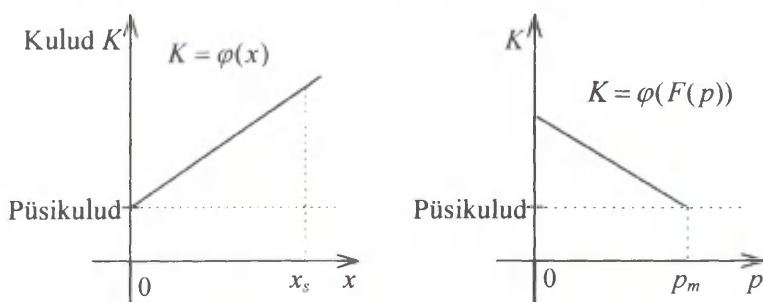
Kui eeldada, et  $x = F(p)$  ja  $K = \varphi(x)$ , siis:

$$x + p \cdot \frac{dx}{dp} - \frac{d\varphi(x)}{dx} \cdot \frac{dx}{dp} = 0,$$

$$x + \frac{dx}{dp} \cdot \left( p - \frac{d\varphi(x)}{dx} \right) = 0.$$

Seda sõltuvust on võimalik kujutada graafiliselt (joonis 5.2).

Siinjuures kujutame ette, et tootmiskulude  $K$  üks osa on kogusest suhteliselt sõltumatu  $K_f$  ehk püsikulud ja teine osa  $K_m$  kogusest proportsionaalselt sõltuvad ehk muutuvkulud (vt. joonis 5.3).

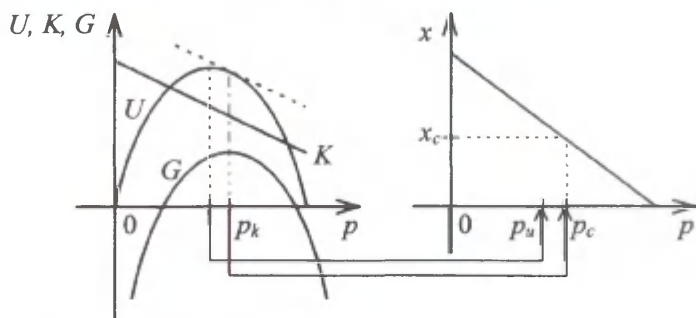


Joonis 5.3. Kulude sõltuvus kogusest. Kulude sõltuvus müügihinnast.

Kuna me katseme **muuta hinda**  $p$  (mitte kogust  $x$ ), on  $p$  aktsiooni parameeter. Kerkib küsimus, kuidas omahind muutuvate (alternatiivsete) hindade puhul muutub, arvestades et iga turustuskogus põhjendab uut hinda.

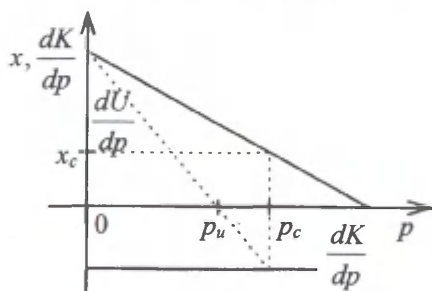
Vaatleme nüüd **kasumi** sõltuvust alternatiivsetest hindadest ja selgitame, milline neist hindadest tagab maksimaalse kasumi. Selgub, et see hind on veidi kõrgem kui hind, mis kindlustab maksimaalse käibe, ja sellele vastav toodangukogus on väiksem kui kogus, mis põhjustab tootmise omahinna suurenemise. Kasumit maksimeerivat hinda tähistatakse  $p_c$  — *Cournot*' hind. Kasumit maksimeeriv toodete kogus on  $x_c$ . Eespool mõtlesime, et maksimaalne kasum  $G$  vastab hinnale  $p$ , mille puhul müügitulu ja omahinna vahe on kõige suurem. Graafiliselt on võimalik leida maksimaalne kasumipunkt, kui omahinna (kulufunktsiooni) kõverat nihutada käibekõveraga ühes punktis puutumiseni (vt. joonis 5.4). Selles selgituses

toodud suurused on tuttavad piirkasulikkuse analüüsist, kusjuures käibe ja omahinna funktsioonide asemel kasutatakse **piirtulu funktsiooni** ja **piiromahinna funktsiooni**.



Joonis 5.4. Kasumit maksimeeriva hinna graafiline leidmine.

Võidakse küsida, kui kõrge on aktsiooni parameetri (siin hind  $p$ ) muutumisega kaasnev tulu ja omahind? See käsitlusviis eeldab, et matemaatiline tuletis väljendab optimaalset taset:



Joonis 5.5. Piirtulu ja piiromahind (sõltuvus hinnast  $p$ ).

$$x + p \cdot \frac{dx}{dp} - \frac{d\varphi(x)}{dx} \cdot \frac{dx}{dp} = 0,$$

kus  $x + p \cdot \frac{dx}{dp}$  — käibe tuletis e. **piirtulu**,

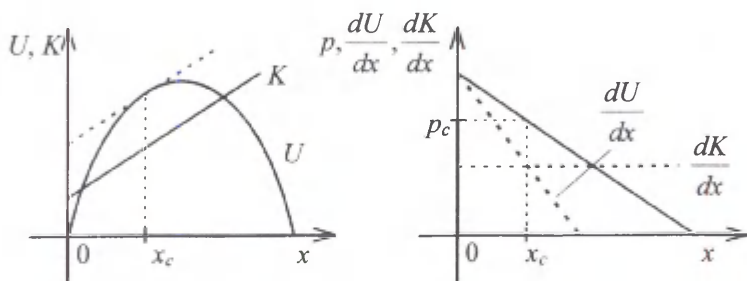
$\frac{d\varphi(x)}{dx} \cdot \frac{dx}{dp}$  — omahinna tuletis e. **piiromahind** (piirkulu).

**Otsustusreegel:** Iga hind, mille puhul **piirtulu ja piromahind on võrdsed**, tagab **maksimaalse kasumi**.

**Piirtulu langemine** tähendab, et iga järgneva hinnatõstmisega käibe juurdekasv aeglustub, alates hinnast  $p_u$  käibe väheneb (negatiivne juurdekasv) (joonis 5.6).

**Piromahind** on konstantne ja negatiivne (funktsioon  $K = a + b \cdot x$ ).

Kui muutuvaks parameetriks on müügi kogus  $x$ , siis kujuneb kasumit maksimeerivaks koguseks  $x_c$ , mis on toodud joonisel 5.6.



Joonis 5.6. Cournot' mudel, kui seame parameetriks müügi koguse.

Näide: Hinna-nõudluse funktsioon  $x = 10\,000 - 5p$ . On teada, et iga järgneva toote valmistamine suurendab tootmiskulusid 100 ühikut. Toodete hulgast sõltumatud tootmiskulud on tasemel 4 000 000 ühikut. Milline on omahinna funktsioon ja väärtused sõltuvalt alternatiivsetest kogustest ja alternatiivsetest hindadest.

Hinna-nõudluse funktsioon:

$$x = 10\,000 - 5p.$$

Omahinna funktsioon:

$$\begin{aligned} K &= 4\,000\,000 + 100x = \\ &= 4\,000\,000 + 100(10\,000 - 5p) = \\ &= 4\,000\,000 + 1\,000\,000 - 500p = \\ &= 5\,000\,000 - 500p. \end{aligned}$$

Maksimaalsele kasumile vastav turustamishulk:

$$\begin{aligned} G &= U - K = p \cdot x - K = \\ &= p(10\,000 - 5p) - (5\,000\,000 - 500p) = \\ &= 10\,000p - 5p^2 - 5\,000\,000 + 500p = \\ &= 10\,500p - 5p^2 - 5\,000\,000. \end{aligned}$$

$$\frac{dG}{dp} = 10\,500 - 10p = 0.$$

$$p_c = 1050.$$

$$x_c = 10\,000 - 5 \cdot 1050 = 4750 \text{ tk.}$$

$$\text{Kuna } x + p \cdot \frac{dx}{dp} - \frac{d\varphi(x)}{dx} \cdot \frac{dx}{dp} = 0,$$

$$\text{siis } 10\,000 - 5p - (-5)p - 100(-5) = 0 \Rightarrow$$

$$10\,000 - (5p - 5p) + 500 = 0 \Rightarrow$$

$$10p = 10\,500 \Rightarrow$$

$$p = 1050.$$

Sellised arvutused ja analüüs aitavad ettevõtjat olukorra mõistmisel ja hinnataseme põhjendamisel.

## 6. ETTEVÖTTE RAHANDUS

### 6.1. Ettevõtte raharinglus

Ettevõttes (eriti intensiivselt tootmisettevõttes) toimub kaupade ja raha liikumine (voog), eesmärgiks muuta tootmistegurid turul nõutavateks toodeteks (kaupadeks, teenusteks). Nende kaupade (teenuste) müügist laekuv raha (ettevõtte tulu) kulutatakse osaliselt materjalide, toorme, ostutoodete, tootmisteenus- te, töö, maa jne. eest tasumiseks (tootmiskuludeks). Seega on rahavoog vastassuunaline tootmistegurite ja kaupade voogude- le. Tulude ja kulude vahe on ettevõtte brutokasum.

Tootmisettevõttele **vajaliku kapitali suurus** oleneb valmistavatest toodetest, tootmistehnoloogiast, seadmete, masinate, inventari, tootmistegurite kogustest ja hinnast. Ettevõttesse kaasatava kapitali vormid ja allikad võivad olla mitmesugused. See annab ettevõtjale valikuvõimalused kapitali soetamiseks rahaturul, vajalike kaupade muretsemiseks, töötasuks, investeeringuteks jne.

**Uusettevõttel** on vaja **investeerida** tootmisruumide etteval- mistamiseks, seadmestamiseks, töökohtade varustamiseks ra- kiste, tööriistade ja kontrollivahenditega, töö- ja olmetingi- muste loomiseks, materjalide ja pooltoodete ostmiseks, perso- nali palkamiseks ja väljaõppeks jm. Ettevõtte kõigi kulude eel- arve ja finantsplaan peaks haarama kõiki kulutusi võimalikult täielikult ja tõepäraselt.

**Tegutsevas ettevõttes** on vaja raha jooksva tootmise pidevaks varustamiseks ressursidega, töötasuks jm. Selle jooksva vaja- duse kõrval on aga tingimata vajalik eraldada raha ettevõtte arengu rahastamiseks. Ettevõtte arenguga on seotud uute too- dete väljatöötamine, moderniseerimine ja täiustamine, uute tehnoloogiliste protsesside ja seadmete evitamine, tootmis-

protsesside mehhaniseerimine ja automatiseerimine, töötingimuste parandamine, keskkonnasõbralikkus, konkurentsivõime jm.

**Krediidi võtmine** ja laenude ning intresside tasumine ei tule kõne alla ilma laekumita kaupade (teenuste) müügist. Ettevõtja peab hindama realselt ja täpselt oma võimalusi laenu ja intresse tagasi maksta, vastasel korral tekkivad makseraskused ja ettevõtte suhtes võidakse alustada pankrotimenetlust.

## 6.2. Rahastamine

Seoses raha- ja kapitaliturgude arenguga on rahastamise valdkonnas toimunud suuri muudatusi. Nii mõisteti rahastamise all esmalt ainult raha hankimist (likviidseid vahendeid) väljaminekuteks seoses tootmise või äritegevuse alustamisega ja jätkamisega, ettevõtte eesmärkide (sh. kasumi) saavutamiseks. Vahel mõistetakse rahastamise all pikaajalist (tähtajaga mitu aastat) laenuks antavat raha. Laenu võtja kasutusse antud raha võimaldab tal osta näiteks püsikaupu. Levimas on hinnaliste kaupade ostmise liisinguga, seejuures laenu andja (tavaliselt pank) ostab selle kauba ja annab teatud maksetingimustel laenu võtjale kasutamiseks. Pärast laenu kustutamist jääb see kaup liisingu võtja omandiks. Vähehaaval haaras rahastamise mõiste ka lühiajaliste likviidsete vahendite rahastamise ja seejärel kindlal eesmärgil väärtasjade soetamise.

**Rahastamisprotsessi** võib vaadelda maksete reana, mis algab **sissemaksega**. **Rahastamine** on seotud isikute või ettevõtete, kellel on õigus nendeks sissemakseteks. Sissemaksed on samatähenduslikud laekumistega ettevõtte kassasse.

**Investeeringu** all mõistame väärtasjade (kinnisvara), teenuste või asjaõiguse ostmist. Ostmise eeldab **väljamakseid**. Investeering toob (nii ootab ostja, investor) talle edaspidi tulu ja kasumit.

Maksetoime investeerimise ja rahastamise puhul on vastupidine. **Sisse- ja väljamaksete** plaanisel ettevõttes koostatakse teatud ajavahemikuks (plaaniperioodiks) finantsplaan. Rahastamised kantakse ettevõtte bilansi **passiva** poolele, kirjeldades ettevõtte käsutuses olevaid vahendeid. Bilansi **aktiva** pool näitab, kuidas vahendeid kasutatakse (milliseid investeeringuid ette võetakse).

### **Rahastamisülesanded:**

- Ettevõtte loomisega seotud kulude rahastamiseks (investeeringuteks) on vajalik algkapital (oma- või võõrkapital), kusjuures tuleb arvestada riskiga ebaõnnestumisel raha kaotada (riskikapital). Juba töötavas ettevõttes kerkivad enamasti esikohale toimimise jooksva rahastamise ülesanded, nagu tootmistegurite ostmine jm.
- Rahastamise peamiseks funktsiooniks on **ettevõtte maksujõulisuse säilitamine** nii hankijate, varustajate, krediidiandjate ja töövõtjate suhtes kui ka ettenähtud maksude tasumisel.

**Ettevõtte likviidsus** väljendab tema tegelikku maksevõimet. Rahastamisel on oluline sissetulekute ja väljamaksete jooksva tasakaalu saavutamine. Finantsplaan on sellise tasakaalu saavutamisel vajalikuks instrumendiks.

Ettevõtte loomiseks ja käivitamiseks vajalike rahastamiste mahu selgitamiseks koostatakse nende kulude kalkulatsioonid, arvestades kõiki makseid, rahavoogude liike ning iseloomu.

### **Seejuures võiks makseid liigitada:**

- väljaminekud ja sissetulekud,
- kapitali siduvad või vabastavad,
- kapitali vähendavad või suurendavad.

Ettevõtte maksete voo struktureerimine ja kirjeldamine adekvaatsel kujul võimaldab hinnata ettevõtte eesmärkide saavutamist ja raha liikumist, analüüsida võimu jaotust ettevõtte juhtivas tuumikus (ettevõtte juht, oma- ja võõrkapitali andja, osa-

nik). Ettevõtte omanikud määravad kasumi jaotuse ja kasutamise.

Sisse- ja väljamaksete kõrvutamisel näeme näiteks alljärgnevat pilti (tabelis), mis väljendab ettevõtte rahalist tasakaalu:

Sissetulekud		Väljamaksed	
Omanike poolt	100 000	Hooned	20 000
Krediidi andjatelt	5 000	Sisseseade	10 000
Käibetulu	40 000	Toore	10 000
		Seadmed	40 000
		Palk	6 000
		Muud	3 000
		Maksud	1 600
<b>Kokku</b>	<b>145 000</b>	<b>Kokku:</b>	<b>90 600</b>

**Kassajääk: 54 400**

Ettevõtte **rahalse tasakaalu** saavutamiseks ja maksevõime kindlustamiseks peaks tal kogu aeg olema piisavalt raha vajalike väljaminekute katteks. Ettevõtte likviidsus tähendab tema võimet saada teatud objektide müügist makseteks vajalikku raha.

Sissetulekute ja väljaminekute info põhineb algdokumentidel, mis esitatakse ettevõtte raamatupidamisele, nende summade suurust ja ajalist jaotust üldiselt ei prognoosita. Vaatamata sellele kasutatakse rahalise tasakaalu analüüsimisel prognoose, arvestades mingi tõenäosuse ja riskiga. Sageli räägitakse ettevõtte eesmärkidest seoses tema väärtuse või aktsiate väärtuse suurendamisega (vähenemisega). Ettevõtte areng, majanduslik stabiilsus, kindlus, sõltumatus, võim ja prestiiž kajastuvad tema maksete voolus.

Võimalike **aktsioonide hulk** kapitalimajanduslike otsuste vastuvõtmisel ja maksete voolu korraldamisel sõltub:

- ettevõtluse ja omandi vormist,
- kapitali kapitaliturult juurdetoomise võimalustest.

Ettevõttes (olenemata tegevusvaldkonnast) täpsustatakse varasemaid otsuseid, tavaliselt arvestades rahaprotsesside tegelikku kulgemist. Näiteks võõrkapitali tagastamise või jätkuva investeerimise otsus.

**Kapitali siduvaid ja vabastavaid** otsuseid võib liigitada järgmiselt [22, lk. 670]:

- Kapitali investeringute kaudu siduvad otsused.
- Väljaminekud soses tootmistegurite ostmisega.
- Väljaminekud seoses kapitali ülekandmisega teistele majandusüksustele.

Kõik kapitali siduvad otsused seovad ettevõtte raha lühemaks või pikemaks ajaks. Pikaajaliselt seob ettevõtte vahendeid **investeerimisprotsess**. **Investeeringu otsustamisel ja plaanimisel** tuleks ettevõttes arvestada eelkõige tasuvust, samuti võimustruktuuri, kommunikatsiooni, sotsiaal-emotsionaalseid faktoreid, käitumisreegleid jm. Investeeringu vajaduse selgitamiseks ja põhjendamiseks tuleks kasutada varem koostatud **tegevuskavu, projekte ja arvutusi**, mis hõlbustavad probleemide mõistmist ja otsustamist. Argumendid tuleb kinnitada arvutustega. Koostatakse eelarved, kalkulatsioonid, normatiivid, arvestatakse võimalikku kaupade asendatavust ja alternatiivseid hindu. Investeeringute plaanimine ettevõttes tähendab **mastaapide määramist** pikaajaliste eesmärkide saavutamiseks. Võimalikke alternatiive analüüsitakse ja kalkuleeritakse otsustusprotsessis põhjalikult ja võimalikult igakülgselt. Enamasti sõltuvad tegutseva ettevõtte investeerimise võimalused turustamisest (läbimüügist, toodete ja teenuste realiseerimisest).

Otsustamisel tuleks arvesse võtta:

- Ettevõtte laekumit (sissetulekuid) mitteamvestav investeerimisplaan ei ole veenev.
- Variantide analüüsimisel tuleks leida iga variandi kõige nõrgem lüli.

- Ettevõtte investeerimisplaan peaks olema paindlik ja dünaamiline.

Suurte investeerimisprojektide puhul tuleks investering jaotada **osaprojektideks**. See võimaldab lühendada objektide käikuandmise tähtaegu, silmas pidades, et objekti osalisel käikuandmisel võib loota tulu tegevuse varasemast alustamisest, mis soodustab edasist investeerimist.

Bilansi aktiva ja passiva pooled väljendavad ettevõtte üldist rahanduslikku olukorda. Ettevõtte **maksevõimet** väljendab täpsemalt eelneva perioodi maksete seis, s.o. vastused küsimustele: Kas ettevõtte on tasunud kõik vajalikud maksed tähtaegselt või on tekkinud võlgnevusi, viiviseid, trahve jm.? Kas eeloleva perioodi laekumised võimaldavad tekkinud võlgnevusi likvideerida? Analüüsil on otstarbekas kasutada finantsuhtarve. Finantsuhtarvude süsteemi (15 kuni 20 näitajast) on lähemalt käsitletud V. Raudsepa raamatus "Finantsjuhtimine" [14, lk. 19].

### 6.3. Investeeringu otsustusprotsess

Projekti, tegevuskava ja investeerimisotsuse ettevalmistamise mingil staadiumil tuleb lõplikult **otsustada investeerimine**. Alles seejärel saab tegelikult plaanida ja korraldada (organiseerida) investeerimist. Vajalike investeeringute suurus (eelarvest), summade kasutamise ajagraafikust ja otstarbest (ehitus, sisseseade, toore jne.) aga sõltub investeerimisotsuse sisu. Ettevõtte juhtkond loob endale pildi investeeringusoovidest ja -mahtudest, kasutades üldistavaid kriteeriume, nagu investeeringu maht objektide kaupa, protsent aastakäibest, rahavajaduse ajagraafik ja allikad jm. **Investeeringu otsus** annab pildi sellest, mida tahetakse teha, selgitab süsteemselt ettevõtte investeerimisvõimalusi. See on tähtis juhtimisotsus, mis seob ettevõtte kasumi jm. allikate vahendid pikemaks perioodiks. See on **individuaalne**, konkreetse objektiga seotud otsus, mille

puhul tuleb arvestada eriarvamuste, konfliktide ja vastuseisu võimalustega. Investeerimisotsus on **majanduspoliitilist laadi**. Investeerimisotsuse vastuvõtmine käivitab terve ahela **toiminguid ja infovooge**, mis on suunatud situatsiooni selgitamisele, hindamisele, vastava tegutsemiskava koostamisele ja teostamisele. Investeerimisotsusega võidakse ettevõttes luua uusi struktuure ja reglementida seoseid olemasolevas juhtimisstruktuuris.

**Investeeringuid** saab liigitada:

- **Iseloomu ja otstarbe järgi:** ühekordsed, jooksvad, konstruktiivsed, esialgsed ja komplekteerimis- või arendusinvesteeringud.
- **Investori järgi:** osaniku või mitteosaniku investeeringud, tulust osasaamisega või mitte.
- **Rahalisuse või mitterahalisuse järgi:** on võimalik osalemine investeerimises toodete, tootmistegurite, *know-how*'ga jm. mitterahaliste, teiste osanike poolt heakskiidetud moodustega.

Koos kompleksanalüüsiga on investitsiooniotsuse ettevalmistamisel vaja hinnata kvantitatiivselt igat **investeerimissuunda** eraldi. Nende hinnangute tõepärasus ilmselt suureneb järkjärgult seoses andmete täpsustamisega otsuse ettevalmistamise käigus. Investori ees on valik, kas teha investeering asjades, rahas või muul viisil. Ta selgitab, kas investeering täidab oma eesmärgi, olles huvitatud tulust, kapitali kindlast tagastamisest ja laenuprotsendist. **Investeeringu põhjendused** peavad andma tõepärase pildi väärtuste liikumisest, investeeringu tasuvusest ja ülevaate võimalikest alternatiividest. Selleks tehaksegi mitmesuguseid eelarveid, rentaabluuse ja majanduslike põhjenduste arvutusi.

## 6.4. Investeeringu põhjendamine

**Majanduslik põhjendus** väljendub arvestustes kahte moodi:

- **Maksumuse (kulude) tasuvus:** milliste minimaalsete kulude puhul eesmärk saavutatakse (kulude minimeerimine). Ettevõtte arendusinvesteering toob loodetud majandusliku kasu alles toodangu turustamise protsessis (läbimüügi suurenemisel või toote omahinna alanemisel), s.o. ajaliselt palju hiljem (vastasel korral aga on ta ebarentaabel).
- **Ettevõtte tegevuse tasuvus** ja selle kaudu saavutatavad eesmärgid. Mitmesugused majanduslikud arvestused annavad ettevõtte tegevusest ülevaate kvantitatiivsete hinnangute alusel.

Investeeringu otstarbekust hinnatakse mitmesuguste meetoditega tavaliselt mitme perioodi kohta:

- **Üldine arvestus** pikemaks perioodiks, kajastades seejuures võimalusi kohanemiseks tulevikusituatsiooniga.
- **Kulude tasuvuse analüüs** annab teavet suhteliselt lühiajaliseks perioodiks, arvestades hetkeolukorda ja -tingimusi. Praktikas on kasutusel **kulude ja tulude (kasumi) võrdlemise** meetod ja **rentaablusarvutus**.

**Osaeesmärgi meetodi** (või alameesmärkide meetodi) elementideks on kasumit mõjutavad tegurid: väljaminekud, sissetulekud. Kokkuvõttes tuuakse välja ettevõtte **kogukapital või kapitali vajadus**. Allpool vaatleme mõningaid investeerimisosustuste põhjendamise meetodeid [22, lk. 683].

1. **Kulude võrdlusmeetod:** Selle puhul võrreldakse ettevõtte tootmiskulusid vanade ja uute seadmete kasutamisel. Võrdluse juures kasutatakse perioodi tootmiskulusid või kulusid tooteühiku kohta. **Otsustusreegel:** alternatiiv, mille puhul tootmiskulud on kõige väiksemad, on eelistatuim:

$$K_a \approx K_n,$$

kus  $K_a$  — tootmiskulud vanade (esialgsete) seadmete kasutamisel,

$K_n$  — tootmiskulud uute seadmete kasutamisel,

$\approx$  — võrdlemine ( $>$ ,  $<$ ,  $=$ ).

Praktiliseks kasutamiseks on käepärane **tootmisomahinna**  $B$  suuruste võrdlemine enne  $B_a$  ja pärast investeringut  $B_n$  sama tootmismahu juures. Uue seadme kasutamisel võib väheneda palga-, energia-, tööriistade, seadmete korrashoiu jne. kulu. Samal ajal võib suureneda amortisatsioonikulu  $d$  seoses uue seadme suurema algmaksumusega  $A$ :

$$d = \frac{A}{t},$$

kus  $t$  — plaaniline kasutusaeg,  
 $i$  — kapitali intressimäär.

$$B_a + \frac{A_a}{t_a} + \frac{i \cdot A_a}{2} \approx B_n + \frac{A_n}{t_n} + \frac{i \cdot A_n}{2}.$$

See valem võib arvestada ka seadmete **jääkväärtust**  $R$  (kui nad ei ole veel täielikult amortiseerunud) nende kasutamise lõpetamisel:

$$B_a + \frac{A_a - R_a}{t_a} + \frac{i(A_a + R_a)}{2} \approx B_n + \frac{A_n - R_n}{t_n} + \frac{i(A_n + R_n)}{2},$$

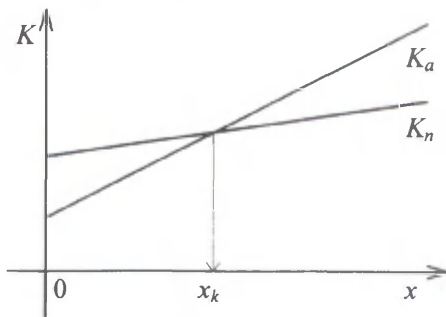
kus  $A_a, A_n$  — vanade ja uute seadmete soetamismaksumus,  
 $B_a, B_n$  — tootmiskulud enne ja pärast uuendust,  
 $R_a, R_n$  — vanade ja uute seadmete jääkmaksumus kasutusaaja lõpul.

Võib kasutada toote omahinna võrdlust. Kui  $x_p$  on toodete arv, siis:

$$\frac{B_a + \frac{A_a}{t_a}}{x_p} \approx \frac{B_n + \frac{A_n}{t_n}}{x_p}.$$

Ettevõtjat huvitab toodete kriitiline hulk  $x_k$ , millest alates uute seadmete kasutamine vähendab tootmiskulusid (võrreldes vanade seadmete kasutamisel saavutatud tasemega  $K_a > K_n$ ). Huvitab ka vastus küsimusele, milline seade plaanitud toodete koguse puhul on kasulikum või millise toodete koguse puhul

seade end tasub. Joonisel 6.1 on illustreeritud toodete kriitilise hulga graafiline määramine.



Joonis 6.1. Toodete kriitilise hulga graafiline määramine.

2. **Kasumi võrdluse meetod.** Arvutuste tegemisel tuleks arvestada hindade muutustega. Kasumi  $G$  suurus enne ja pärast investeringut:

$$G_a < G_n.$$

**Otsustusreegel:** vali alternatiiv, mis kindlustab varasemast suurema aastakasumi.

$$\frac{\sum_{j=1}^t (E_j - K_j)}{t} < \frac{\sum_{j=t+1}^{t+n} (E_j - K_j)}{n},$$

kus  $E$  — tulu,

$K$  — tootmiskulud,

$t$  — periood investeerimise alguseni,

$n$  — uute seadmete kasutamise aeg.

$$G_n = E_{t+1} - K_{t+1}.$$

**Rentaablusvõrrand** väljendab kasumi ja investeeritud kapitali suhet:

$$\frac{E_a - K_a}{A_a} \approx \frac{E_n - K_n}{A_n},$$

kus  $A_a$  — investering (kapitalimahutus).

**Otsustusreegel:** vali suurema rentaablusega alternatiiv.

3. **MAPI-meetod** (*Machinery and Allied Products Institute*, Washington), professor Terborgh soovitas investeringute rentaabluise määramiseks valemi [22, lk. 686]:

$$r = \frac{g + c_v - c_e}{a},$$

kus  $r$  — suhteline rentaabluis,

$a$  — kapitalivajadus: uute tootmisvahendite soetamismaksumusest on maha võetud vanade tootmisvahendite likvideerimistulu ja kulud kapitaalremondiks,

$g$  — netotulu juurdekasv = brutotulu kasv + omahinna alanemine,

$c_v$  — keskmine kapitalivajadus järgmiseks aastaks on võrdne vanade seadmete amortisatsiooniga eeloleval perioodil,

$c_e$  — kapitalivajadus uuteks seadmeteks eeloleval perioodil.

MAPI-meetod baseerub eeldusel, et investor saab alati võrrelda investeeritud kapitali väärtust tuleviku kasumiga.

4. **Efektiivse amortisatsiooniaja (*pay-off*) meetod. Otsustusreegel:** kui efektiivne amortisatsiooniaeg  $t_p$  on väiksem kui otsustaja peab maksimaalselt võimalikuks, on investering võimalik.

$$t_p < t_a,$$

kus  $t_p$  — efektiivne amortisatsiooniaeg,

$t_a$  — lubatav amortisatsiooniaeg.

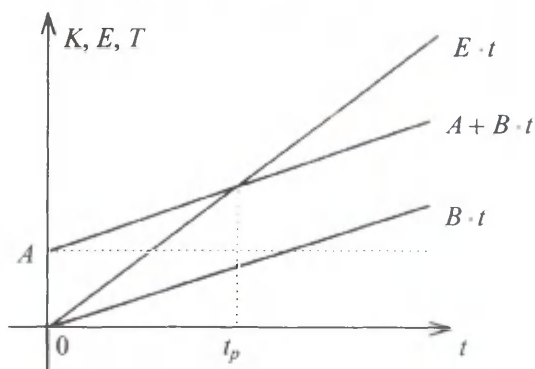
Masin on amortiseerunud, kui tema kasutamisest saadud tulu katab (on võrdne) seadme soetamismaksumuse ja tootmiskulude (tootmisomahinna) summaga (vt. joonis 6.2):

$A + Bt = Et$ , sellest tuleneb amortisatsiooniaeg  $t_p$ :

$$t_p = \frac{A}{E - B},$$

kus  $E$  — aastatulu,

- $B$  — aasta tootmiskulud (omahind),
- $A$  — masina soetamismaksumus.



Joonis 6.2. Kasulikkuse analüüs *pay-off*-meetodi puhul.

5. **Kapitali väärtuse meetodi** puhul väärtustatakse investeringuga seotud **sissetulekud** (jooksvad sissetulekud  $b$  perioodil  $n +$  seadmete jääkmaksumus  $a_n$ ) ja **väljaminekud** (jooksvad väljaminekud  $c$  perioodil  $n +$  seadmete soetamismaksumus  $a_0$ ) kalkulatsiooni ajahetkel etteantud intressimääraga  $r$  (kümnenemurd).

Sissetulekute summast  $C_E$  tuleb lahutada väljaminekute summa  $C_A$ . Nende vahe on investeeringu tulu  $C_W$ . Selle meetodi puhul on investeering siis vastuvõetav, kui investeeringu tulu  $C_W$  on positiivne [22, lk. 695].

**Otsustusreegel:** kui diskonteeritud tulevased tulud on sama perioodi diskonteeritud väljaminekutest suuremad, siis on investeering põhjendatud.

$$C_W = C_E - C_A.$$

$$C_E = \sum_{t=1}^n \frac{b_t}{(1+r)^t} + \frac{a_n}{(1+r)^n},$$

$$C_A = \sum_{t=1}^n \frac{c_t}{(1+r)^t} + a_0.$$

**Diskonteerimine** on võlasumma või oodatava tulu teisendamine hetkeväärtusele summa korrutamisel teguriga

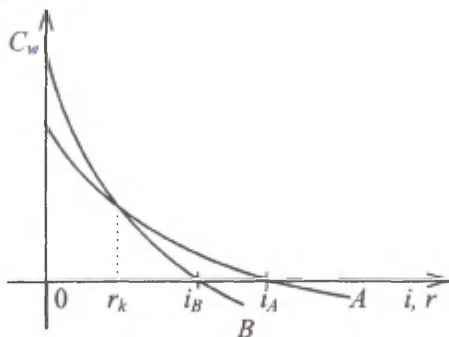
$$\frac{1}{(1+i)^n},$$

kus  $i$  — intressimäär,

$n$  — aastate (perioodide) arv.

Selle meetodi puhul küsitakse, millise rentaabluse puhul tasuvad end seadme soetamisega seotud väljaminekud seadme kasutamisaaja jooksul. Joonisel 6.3 on toodud kahe alternatiivse kapitali väärtuse funktsiooni võrdlus,  $r_k$  puhul on mõlemad variandid võrdsed. Ettevõttesest kapitali intressimäära  $i$  võrreldakse kalkulatsioonis kasutatud kapitali intressimääraga  $r$ .

**Otsustusreegel:**  $i \geq r$ .



Joonis 6.3. Kapitali väärtuse funktsioonid.

Näide: Kui tagastussummaks plaanime  $K = 30\,000$  kr. ja  $i = 10\%$ , siis laenusumma

$$\frac{30}{1+i} = \frac{30}{1,1} = 27\,270 \text{ kr.}$$

Pank annab krediiti 27 270 kr., saades aastase laenutähtaja möödumisel tagasi 30 000 kr.

Investeeringu **kalkuleerimisel** on vajalik info, mida on raske saada. Probleemid ja variandid peaksid olema defineeritud

ning piisavalt kirjeldatud, et nad oleksid **võrreldavad**. Võimalikud otsust mõjutavad kriteeriumid:

- sissetulekud, intressimäärad;
- väljaminekud, intressimäärad;
- kasutamisaeg;
- kauplemisõigus;
- varakindlustus;
- riski suurus (edu saavutamise tõenäosus).

Tuleks sisuliselt mõista parameetrite kriitilisi väärtusi, milliste **kulutustega** saavutatakse **tulukus**, kas see toimub objektide kasutamisaaja pikendamise või kapitali väärtuse suurendamisega jne. Peamiseks raskuseks ettevõtte edulootuste põhjendamisel investeringu kalkulatsiooni arvutustega on tulude ja väljaminekute reaalse taseme hindamine. Vanade seadmete jääkmaksumus liidetakse investitsiooni arvutustes uute seadmete ostmise kuludele.

Ettevõtte investeerimisprogrammi võetakse kõige vajalikumad objektid (projektid), mis on rahaga kaetavad ja realiseeritavad. Nende tööde organiseerimine peaks olema ettevõtte juhtkonna ning omanike kontrolli (analüüsi) objektiks. **Kontrollida** tuleks projekteerimise ja ehitamise (projekti elluviimise) käiku algusest kuni lõpuni (objekti käikuandmise ja tulemuste saavutamiseni). Kontrolli meetodiks võiks olla kulude ja sissetulekute struktureerimine osainvesteringuteks, mille sisu, kulud ja tulud on kindlalt piiritletud ja seega hõlpsamini kontrollitavad.

Ettevõtte kasumist sõltuvad maksud viivad ettevõtja mõttele, kuidas raha ettevõtte huvides paremini kasutada (nii et ei tuleks maksta suurt tulumaksu).

**Ettevõtte kasum** on omakapitali allikas. Dividendide väljamaksmine ei ole alati tingimata aktsionäride huvides, sest sellega vähenevad ettevõtte võimalused saavutada optimaalne iserahastamise tase.

**Võõrkapitali** saab ettevõttesse kaasata obligatsioonide väljandmise ja müügiga, lühi- ja pikaajaliste laenudega, võlakohustustega. **Aktsiakapitali laiendamine** (endiste ja uute aktsionäride kaasamisega) suurendab omakapitali.

**Kogukapitali keskmine rendimäär** [22, lk. 737]:

$$k = \frac{k_i \cdot F + k_e \cdot E}{v},$$

kus  $v$  — ettevõtte turuväärtus,

$E$  — omakapitali summa,

$F$  — võõrkapitali summa,

$k$  — kogukapitali keskmine rendimäär,

$k_i$  — võõrkapitali rendimäär,

$k_e$  — omakapitali rendimäär.

Efektiiivset võõrkapitali intressi saab tuletada nominaalintressi ja võõrkapitali osatähtsuse kaudu. Omakapitali maksumus  $k_e$  oleneb aastakasumist, dividendide määrast, oodatavast kasumist aktsia kohta või dividendi summast aktsia kohta. Seos ettevõtte turuväärtuse  $v$  ja aastakasumi  $O$  ja kogukapitali rendimäära  $k$  vahel avaldub:

$$v = \frac{O}{k},$$

kus  $O$  — kapitali aastakasum.

Maksimaalset ettevõtte väärtust ja kõrget aktsiakurssi on seega antud tingimuste ja sissetulekute juures võimalik saavutada ainult kapitali rendimäära minimeerimise kaudu.

## 6.5. Intressid

**Lihtintress:** Kui te laenate 100 kr. kolmeks aastaks 10% lihtintressiga, siis tuleb maksta 10 kr. igal aastal, kokku 30 kr. intresse ja 100 kr. tagasi 3 aasta pärast. Tagasimakstav summa  $S$  avaldub:

$$S = P + P \cdot i \cdot n,$$

kus  $P$  — rahasumma (algväärtus);

$i$  — intress (% , kasvik);

$n$  — aastate, perioodide arv.

**Liitintress:** Kui te laenate 100 kr. liitprotsendiga 10% kolmeks aastaks, siis on tagasimaksmine järgmine:

Laenusumma	100.–
I aasta 10%	10.–
Väärtus I aasta lõpuks	110.–
II aasta 10%	11.–
Väärtus II aasta lõpuks	121.–
III aasta 10%	12.10
Väärtus III aasta lõpuks	133.10

$n$  perioodi (aasta) lõpuni **tagastatava summa  $S$**  saame:

$$S = P (1 + i)^n,$$

laenusumma  $P$  avaldub:

$$P = S \frac{1}{(1 + i)^n}.$$

**Diskonteerimisel** määrame laenusumma suuruse tagasimakstava summa suuruse järgi. See on vajalik, kui tahetakse teada tähtajaliste tagasimaksete suurust eelolevatel aastatel. Kui suur peab olema laenusumma  $P$ , kui ettevõttes kalkuleeritud võimalik tagasimakstav summa on  $R$ ?

$$P = R \frac{(1 + i)^n - 1}{(1 + i)^n}.$$

## 6.6. Jaapani kogemusi ettevõtte kapitalimajanduses

Jaapani tootmist iseloomustab kõrge tootmistehniline tase ja suhteliselt iseseisev ning omapärane lähenemine paljudele

tööstuse, ettevõtete ja ettevõtluse probleemidele. Allpool vaatleme üht huvitavat lähenemisviisi (ettevõtte **sisekapitali süsteemi** kasutamist) ettevõtte kapitali juhtimisel. Süsteem lähtub **sõltumatu äritegevuse kontseptsioonist**, s.o. selline ettevõtte tegevuse filosoofia, mis annab allüksustele võimaluse igal tegevussuunal iseseisvalt, oma vahendite arvel tegutsemiseks (sh. ka konstrueerimis-katsetöödega ja teaduslike uurimistöödega). Selle aluseks on allüksuste (filiaalide) suhteliselt suur majanduslik iseseisvus, mis saavutatakse alljärgnevate meetmetega.

**Sisekapitali jaotus plaaniperioodiks** allüksuste (filiaalide) vahel aitab kaasa nende majanduslikule iseseisvusele (muidugi teatud piirangutega) ja juhtimise detsentraliseerimisele. Allüksuse juhataja kompetentsi on antud kasumi ja fondide käsutamine (ka tootmisteguritega varustamine). Kasumi juhtimisel on eesmärgiks kasumi suurendamine tootmise ja läbimüügi mõjutamise kaudu. Debitoorse võlgnevuse vähendamine ja õigeaegne võlgade tasumine on allüksuse (filiaali) juhataja tähtis kohustus. Tema ülesanne on ka tootmisvahendite otstarbekas kasutamine.

**Sisekapital** on allüksusele (filiaalile) eraldatud põhi- ja käibevара. Allüksuse loomisel eraldab keskus talle vajaliku kapitali, andes õiguse seda hallata ja juhtida.

Näiteks firma **Matsusita** bilansi struktuurist selgub:

- Sisekapital koosneb käibe- ja põhivarast. Moodustatakse reservfond pensionide väljamaksmiseks ja ettevõtte töötajate hoiustest.
- Sisekapitalilt makstakse keskusele iga kuu 1% intressi.
- Iga allüksus maksab keskuse kulude katteks lisaks 3% müügitulust (läbimüügist). Puhaskasumi normiks allüksustele kinnitatakse 10% läbimüügist.
- Puhaskasum jagatakse allüksuse poolt kahte ossa: 60% dividendideks ja maksudeks, 40% säästufond (mittejaotatav kasum). Dividendide ja maksude osa kantakse keskusele üle

järgmise kuu jooksul koos igakuiste regulaarsete ülekanetega.

- Allüksuse käibevara suurendamine toimub tema omavahendite arvel (säästufondist või amortisatsioonieraldistest).
- Kui omavahendeid ei ole piisavalt või kreditoridele tasumiseks ei jätku raha, võib allüksus (filiaal) võtta keskusest laenu, kohustudes selle kokkulepitud tähtaegadel tagastama. Kogu kreditoorne võlgnevus peab saama kaetud kuu lõpuks. Allüksustel ei lubata mujalt laenu võtta. Kui tekib rahapuuus, peab ta teatama sellest keskusele (raamatupidamisele). Seejärel annab keskus raha, et mitte häirida kreditore, ja analüüsib põhjusi, miks allüksus laenu vajab. Allüksus peab esitama abinõude plaani vahendite defitsiidist ülesaamiseks ja näitama laenu tagastamise tähtaja.
- Kui allüksusel on liigset raha, võib ta selle paigutada ükskõik millisesse pank. Kui summa pole suur, siis oma firma pank (Matsusita pank), kus on kõrgem intressimäär võrreldes teiste pankadega.

Allüksuse juhtkonda hinnatakse igal aastal tootmistegevusest saavutatud kasumi suuruse järgi (% tulust või käibest):

- A — kasum mitte vähem kui 9%;
- B — kasum mitte vähem kui 6%;
- C — kasum mitte vähem kui 4%;
- D — kasum vähem kui 4%.

Kui allüksust hinnatakse kahel aastal järjest D-tasemel, siis juht vabastatakse. Muidugi on selline hinnanguskaala kujunenud ettevõttes majanduslikel kaalutlustel (lähtudes olukorrast ja saavutatud rentabluse tasemest).

Igakuine raamatupidamisaruandlus toimub kahel eesmärgil:

- Keskus kontrollib allüksuste tööd.
- Allüksuse juht kontrollib oma alluvate tööd.

Allüksuse kuu töötulemusi ja efektiivsust hinnatakse (20. kuupäevaks) ning tulemusi kasutatakse järgmise kuu plaani koostamisel. Efektiivsust võrreldakse kolme eelmise aasta taseme-

ga ja plaanitakse eelolevaks kolmeks aastaks. Võrdlusi tehakse tooteliikide, allüksuste kaupa ja võimalikult ka teiste tootmis-  
harudega. Igakuine aruandlus on tähtis juhtimistoiming. Selle  
kaudu toimub kasumi juhtimine ning allüksuste tugevdamine,  
see sisendab allüksuste juhtidele enesekindlust ja julgust.

Plaanitud eesmärkide saavutamiseks toimub regulaarne:

- tulemuste hindamine,
- tulemuslikkuse probleemide leidmine ja ülesannete püstita-  
mine,
- teiste allüksustega tekkinud probleemide läbivaatamine,
- otsuste vastuvõtmine tekkinud probleemide lahendamiseks,
- olukorra parandamise abinõude tulemuslikkuse hindamine.

Raamatupidamisarvestuse üheks põhieesmärgiks on olukorra  
paranemise kontroll. Juhte ei kritiseerita valede otsuste vastu-  
võtmise eest, igakuine kontroll jaotab vastutuse kõigi osalevate  
inimeste vahel. Organiseeritakse kohtumisi tegevuse kontrol-  
limiseks, selles avaldub osavõtuprintsiip. Peale igakuise ra-  
amatupidamisaruande koostamist toimub kõigi vastutavate isi-  
kute osavõtul arutelu allüksuses.

Näiteks **koostamiskonveieri ebaefektiivse tööga** on seotud:

- **Müük:** tootmise ebastabiilsus, sagedane toodete vahetumi-  
ne, turustusplaani ebapiisav arvestamine tootmise plaani-  
misel jm.
- **Materjalidega varustamine:** hangete hilinemine, detailide  
ebastabiilne kvaliteet jne.
- **Projekteerimis-konstrueerimistööd:** toodete kujundus,  
masinate, mõõteriistade, tööriistade jm. kvaliteedist tingitud  
tõrked.

Vähe on defektide, puuduste avastamisest, **probleem tuleb  
igakülgsest avada ja lahendada** kõigi asjaosaliste juhtide  
poolt. Nendel kohtumistel on iga vastutav isik teistega võrdne,  
räägib teiste tööst sama vabalt kui oma allüksuse tööst. Ana-  
lüüsi ja diskussiooni tulemusel määratakse kindlaks iga allük-  
suse ülesanded. Igapäevast analüüsi ja õigeaegset tegutsemist

probleemide lahendamisel peetakse tähtsamaks kui igakuist raamatupidamisaruannet.

**Kulude kontroll** eelarvete alusel. Selleks, et allüksuse tööd plaanida ja plaane edukalt täita, kasutatakse eelarvete süsteemi. See võimaldab informeerida kõiki juhtimistasemeid konkreetsete arvudega, milliste kuludega allüksus täidab oma ülesandeid. Eesmärgiks on tootmiskulude kontroll juhtimissüsteemis.

Allüksuse (osakonna) eelarve koostamine ja tootmiskulude raamatupidamisarvestus on omavahel tihedalt seotud. Eelarve väljendab allüksuse tegevusplaani rahas. Ettevõtte kulude summa jaotatakse allüksuste vahel töö- ja masinate kulu arvestuste ning tootmise üldkulude arvestuste alusel.

Eelarvete koostamise protseduur on järgmine.

- **Tegevussuundade plaani koostamine** (müük, varud ja tootmine). Põhirõhk asetatakse müügiplaanile, mis diferentseeritakse müügikanalite, põhiosjate ja kaubaliikide järgi.
- Eelarvete täitmise eest vastutavate allüksuste määramine. Näiteks varustamise allüksused tegelevad sisseostu, sisendkontrolli, ladustamise, hoidmisega jne. Vastava eelarve eest määratakse vastutajaks konkreetset isikud. Vastutaja peab jälgima eelarve täitmist ja on kohustatud analüüsima hälbeid, nende põhjusi ning pakkuma abinõud plaanist hälbimise vältimiseks. Ta valmistab ette eelarve jaotuse funktsioonide kaupa, arvestades eelarve summat.
- Isik, kes vastutab eelarve täitmise eest, on kohustatud tegema **operatiivplaan** ja hindama **tegelikke kulusid**.
- Allüksusele koostatakse ja antakse ette normatiivid: tulukuse tase, töömaht inimtundides tootele, materjalikogus toote(kauba-) ühikule.
- Allüksuse (filiaali) juhataja tutvub plaaniga, võrdleb kulusid ja tulusid. Kui plaanis ettenähtud tulukuse taset ei ole saavutatud, võidakse need tooted, meetmed või projektid plaa-

nist välja jätta. Sealjuures ei tohi ta eelistada hetkekasumit ja ignoreerida tulevikuplaane.

Toodete omahind kalkuleeritakse pärast seda, kui kõigi allüksuste igakuine eelarve on valmis, normatiivne kulude tase tootmises (inimtunnid ja masintunnid) on kindlaks määratud. Need kulud jaotatakse toodetele (kaupadele). Toote omahind lülitatakse allüksuse plaani, mis esitatakse kinnitamiseks kompanii presidendile.

## 7. TOOTMISETTEVÖTTE PERSONALIMAJANDUS

### 7.1. Inimene ja masin

Ettevõtte majandusõpetuse üheks ülesandeks on inimeste töö uurimine organisatsioonis, et luua viljakaks tööks vajalikud tehnilised ja sotsiaalsed tingimused. Selle ülesande lahendamisele aitab kaasa reaalse **sotsiaal-majandusliku ettevõttemudeli** koostamine ja uurimine. A. Reiljani õppevahendi "Ettevõtte majandusõpetuse alused" I ja II osas [16] on käsitletud töö kui tootmisteguri, töötasustamise ja personalivaliku probleeme. Siintoodud materjal on selle täienduseks.

Personalimajandus käsitleb ettevõtet organisatsioonilise tervikuna, kuna teised funktsioonid (varustamine, tootmine, turustamine jne.) käsitlevad ainult oma töölõiku tootmisprotsessis raha ja kaupade ringluse kindlustamisel. Varem kasutati meil mõistet *kaader*, mis on sisult lähedane arenenud riikides kasutatava **personali** mõistega.

Personalimajaduse **eesmärgiks** on vajaliku personali kujundamine ja arendamine, inimeste sidumine organisatsiooniga ning efektiivne rakendamine. Töövõtja omandab ettevõttes töötades oskused ja kogemused, kasutades neid tootmisprotsessis väärtuste loomisel.

Tootmisettevõtte organisatsioon on süsteem mitmesugustest allüksuste- ja isikutevahelistest seostest. Iga organisatsiooni liige ja liikmete grupp saab organisatsioonilt tasu (seda ei saa samastada palgaga) ning võtab osa ettevõtte tegevusest. Osavõtu tulemuslikkus on individuaalne ja oleneb kindlasti ka organisatsiooni teiste liikmete töö tulemuslikkusest.

Tootmisettevõtte **inimene-masin-mudelid** on oma arengus läbinud mitmeid staadiume.

### 7.1.1. Mehhaaniline põhimudel

Selle mudeli kohaselt käsitletakse tootmisettevõttes töötavat inimest kui masinate teenindamisega seotud tootmistegurit. Selles käsitluses muutub inimene masinate ja seadmete lähedaseks, neid täiendavaks tootmisteguriks. Seoses toodete, tehnoloogia, masinate, seadmete, töökohtade ja tootmisprotsessi kui terviku nõuetega kujunevad tootmises töövõtted, töömeetodid ja standardolukorrad. Seetõttu pole sageli vajalik tööprotsesside sügavam mõistmine ja nende mõjutamine tööliste poolt. Inimese vaimsete võimaluste kasutamine kujuneb ebaoluliseks võrreldes tema töövõimega, liikuvusega, kiirusega ja vastupidavusega. Just neid inimeste omadusi eelistatakse mehhaanilise mudeli puhul.

Suhtearv toodangu mahu  $Q$  (rahas või töömahukuses) ja selle valmistamiseks kulutatud töö hulga  $A$  vahel on **tööviljakus**  $P_a$ , see on põhiliseks töö **efektiivsuse näitajaks** mehhaanilise mudeli puhul:

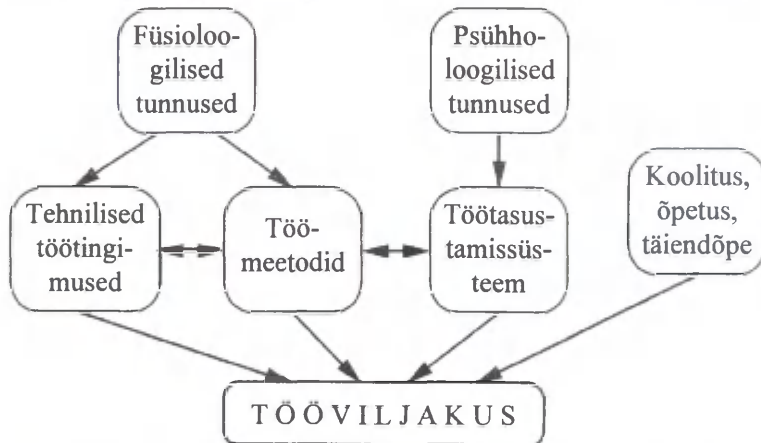
$$P_a = \frac{Q}{A}.$$

Tööviljakuse pöördarv näitab **toote töömahukust**. Siinjuures on analoogia teiste tootmistegurite kasutamise efektiivsuse näitajatega (näiteks toodete väljatulek mingist materjalikogusest ja materjalimahukuse või kapitali tootlikkus ja kapitalimahukus jm.). Tööviljakust saab iseloomustada mitmesuguste näitajatega.

- **Naturaaliühikutes:** terast t/tunnis, tooteid inimese kohta jne.
- **Väärtusühikutes (rahas)** väljendatavad tööviljakuse näitajad on näiteks ettevõtte toodangu maht/töökulu, toodangu maht/töötasu jne.

Mehhaanilise mudeli kasutamise eesmärgiks on **tööviljakuse** taseme hindamine, selle maksimeerimise teede tuvastamine. Seejuures lähtutakse tööprotsesside ja töö organiseerimise taseme uurimuste tulemustest. Põhilised uurimissuunad:

- **Töömeetodite, -võtete ja -liigutuste tundmaõppimine.** Selgitatakse maksimaalset tööviljakust tagavad töövõtted ja efektiivsemad meetodid. Organiseeritakse nende töövõtete ja -meetodite õpetamine töölistele, kes teevad samalaadset tööd.
- **Töö normimine ja töötasustamissüsteemi loomine.** Eeltoodud uurimustulemusi kasutades töötatakse välja töönormid, mis motiveerivad tööviljakust.
- **Organisatsiooni ja töökohtade kujundamine.** Töökohtade loomisel arvestatakse võimalikult inimeste psühholoogilisi ja füsioloogilisi iseärasusi. Organisatsiooni põhimõtteid, seoseid ja reegleid selgitavad töölistele tavaliselt meistrid.



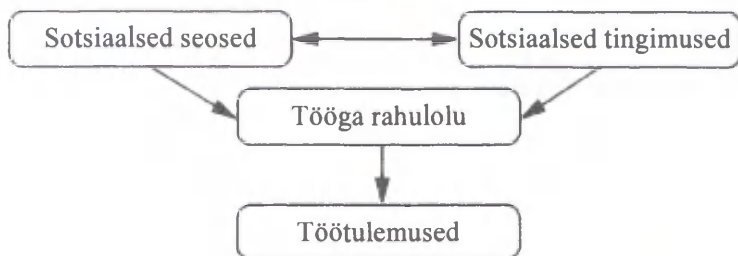
Joonis 7.1. Teadusliku töökorralduse (TTK) mõju tööviljakusele.

Ülaltoodud skeemil on toodud teadusliku töökorralduse mõju tööviljakusele mehhaanilise mudeli puhul. Tänapäeval on teadusliku töökorralduse areng toimunud sotsiaal-majandusliku mudeli suunas.

### 7.1.2. Sotsiaal-majanduslik põhimudel

See mudel lähtub põhimõttest, et ettevõtte **kollektiiv püüab üheskoos** ületada huvide vastandlikkust ja konflikte ettevõtte juhtimises ning arendada koostööd. See mudel rõhutab inimlikkust, inimeste individuaalsust ja kollektiivsust. Ettevõttes

püütakse teadlikult ja sihikindlalt arendada töötajatevahelisi **sotsiaalseid suhteid**. Arvestatakse ka mitteformaalsete **gruppide huvidega**, luues neile erireegleid, norme ja piiranguid. Märkime, et selle mudeli mõjurite puhul (joonis 7.2) on kindel roll ka joonisel 7.1 toodud mõjuritel.



Joonis 7.2. Tootmistulemuste mõjurid inimkeskse mudeli puhul.

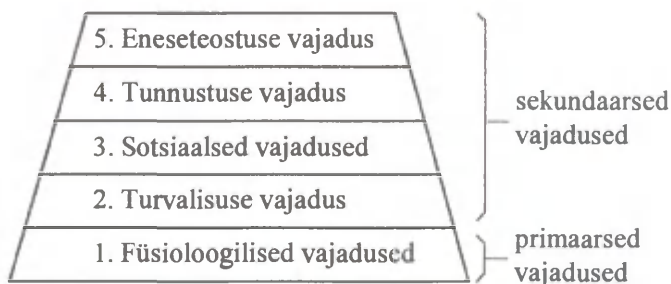
Kui ettevõttes luuakse kõik tingimused tööga rahuloluks, paraneb töötajate töemotivatsioon ja töötulemused.

## 7.2. Töemotivatsioon

**Töemotivatsioon** tähendab tegureid ja motiive, mis mõjutavad inimest efektiivsemalt töötama. **Motiivid** sõltuvad isiksusest ja olukorrast. Nad on motivatsiooni koostisosadeks (elementideks) ja võimaldavad motivatsiooni kirjeldada.

Inimestel on tööle asudes vajaduste hierarhia enamasti välja kujunenud. Tootmisettevõttes inimest ümbritsev keskkond suunab motivatsiooni inimeste vajaduste kaudu. Inimeste põhivajadused on näiteks:

- enese harimine, õppimine, arendamine ja sellega **tuleviku kindlustamine**;
- väärtuste säästmine ja kogumine;
- sotsiaalsed vajadused: sõpruse, ühtekuuluvuse, huvigrüüpi kuulumise vajadused;
- turvalisuse, kindla sissetuleku, töökoha, pensioni- ja haiguskindlustuse jne. vajadused.
- esmased füsioloogilised vajadused: eluase, toit, riietus jne.



Joonis 7.3. Vajaduste hierarhia Maslow järgi [1].

Ettevõttes tuleks luua selline organisatsioon ja töökorraldus, millega **enamik töövõtjaid** oleks rahul. Otsustussuhetes on **keskseks inimene**, tema sotsiaalsed seosed, subjektiivsed vajadused ja väärtushinnangud. Tänapäeval arendatakse edasi ja kasutatakse just sotsiaal-majanduslikku põhimudelit. Mudeli analüüsimisel tuleks silmas pidada töövõtjate ja tööandjate eelistuste erinevusi töökoha (personali) valikul.

#### Töövõtja eelistus:

- mitmekesine loominguiline töö (eriti kõrge haridustasemega inimesed),
- arenguvõimalused ettevõttes,
- tööruum ja normaalne koormus tööaja jooksul,
- konkreetset, arusaadavat tööülesanded, mille täitmine (kogus, kvaliteet) sõltub põhiliselt temast endast.

#### Tööandja (ettevõtja) eelistus:

- Lähtumine personali minimaalsest vajadusest.
- Põhitöölise arvu ja erialase struktuuri määramisel on aluseks ettevõtte tehnoloogiline **töömahukus toodete ja tehnoloogiliste protsesside kaupa**.
- Arvutuste aluseks on tootmisplaan, toodete töömahukus tööde kaupa ja tööajafond.
- Töölised, kes tegelevad vahetult toodete valmistamisega, on **põhitöölised**.
- Arvestades organisatsiooni töökorraldust, seadmeparki, tööprotsesside mehhaniseerimise ja automatiseerimise taset,

määratakse **töökohti teenindava personali**: elektrikute, remonditööliste, koristajate, laohoidjate, tööriistavalmistajate, tööpingiseadistajate, transpordi-, laotööliste jm. **abitööliste ehk teenindavate tööliste**, arv.

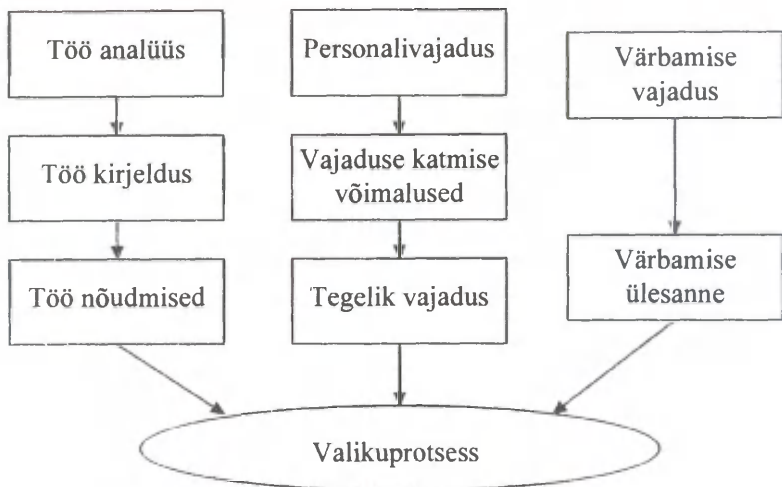
- **Juhtide ja spetsialistide arv** määratakse sõltuvalt töökorraldusest, funktsioonide ja ülesannete jaotusest võimalikult väiksem.
- Koostatakse **protseduurireeglid ja ametikohtade juhendid**.

Tööandja püüab värvata kõikidele töökohtadele võimalikult hästi ettevalmistatud, kvalifitseeritud ja töökogemustega arenemisvõimelised inimesed, lähtudes minimaalsest vajadusest. Värvatavate töövõtjate sobivus selgitakse valikuprotsessis, arvestades nende **võimeid ja sobivust** töökoha vajadustele.

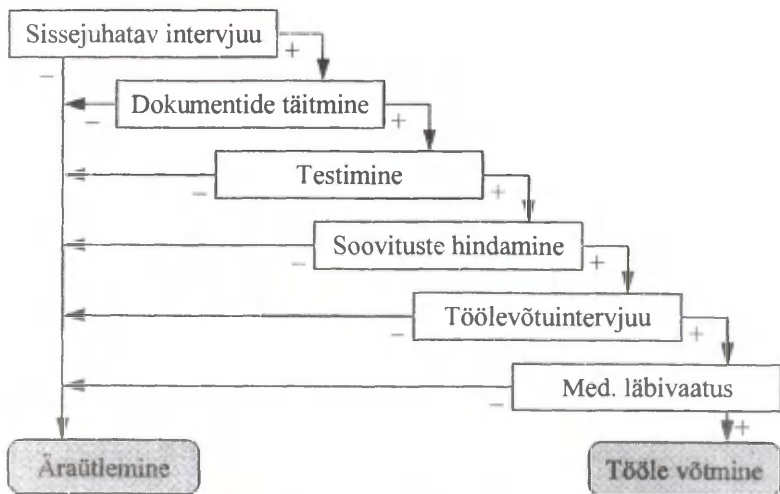
### 7.3. Valikuprotsess

**Tööturu ja tööpuuduse tekkimine** on suurendanud inimestes huvi säilitada oma töökoht ja seoses sellega on tekkinud püüd paremini töötada. Seega paraneb töödistsipliin, ülesannete täitmise kvaliteet ja töötulemused. Suurenevad ka tööandjate õigused ja võimalused mittesobivatest inimestest vabanemiseks. Tööturg määrab **töö hinna**, palgataseme sõltuvalt tööjõu pakumise ja nõudluse vahekorra. Neis tingimustes on oluline inimeste õige valik vakantsete töökohtade täitmisel. Joonisel 7.4 on toodud valikuprotsessi etapid. Esmajoonel selgitatakse ettevõttes nõudmised töö täitjatele ja personalivajadus. Seejärel käivitub värbamine, mille toimingud (protseduur) on toodud joonisel 7.5.

Töötajate töölevõtmisel tekivad tööandjal alati **valikuprobleemid**. Igaale töökohale tuleks ju värvata parim kandidaat. Sellise valiku võimalused on piiratud **kandidaatide kontingendiga**. Kandidaatide võimeid ja perspektiive tuleks mitmekülgset kaalutleda ning määrata **eelistusjärjekord**.



Joonis 7.4. Eeltöö valikuprotsessi käivitamiseks.

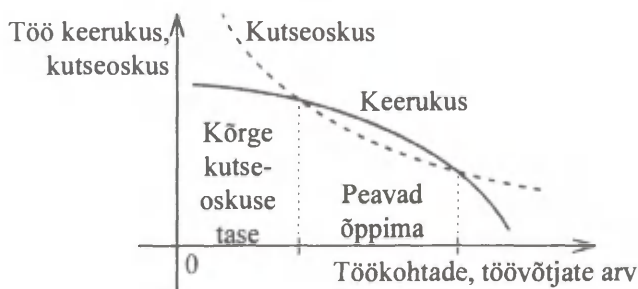


Joonis 7.5. Personali valiku ja värbamise toimingud.

**Kandidaatide eelistusjärjekorda** aitab meetodiliselt määrata võrdlusmaatriksi koostamine. Hindajad määravad **töövõtjate kasulikkust**, lähtudes iseloomustustest ja vastavusest töökoha nõuetele. Andmed kandidaatide kohta täpsustatakse valiku

protseduuride käigus. Inimene võetakse tööle tavaliselt katseajaga, mille lõppedes otsustatakse lõplikult tema sobivus.

Värvatavate töövõtjate oskuste tase peaks enamasti vastama töökoha nõuete tasemele (vt. joonis 7.6). Tööjõu suure pakkumise puhul on võimalik eelistada suurema kutseoskusega inimesi.



Joonis 7.6. Töö keerukus ja kutseoskuste tase.

Kui  $j$  töökohale ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) soovib tööle asuda  $i$  kandidaati ( $i = 1, 2, \dots, n$ ), kelle sobivust töökohale hinnatakse koefitsendiga  $e_{ij}$ , siis on ettevõtja eesmärgiks maksimaalse sobivuse saavutamine:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n e_{ij} \rightarrow \max.$$

Lisatingimuseks on, et iga inimene saab täita ainult ühe töökoha ja vastupidi: igat töökohta saab täita ainult ühe inimesega [22, lk. 557]. Töövõtja esialgne arusaam oma rollist ettevõttes ja töökohal võib osutada vääraks. Selle mõistmine võib viia konfliktide tekkimiseni. Seetõttu on oluline ja vajalik selgitada töötaja rolli ja ülesandeid põhjalikult värbamise käigus.

Oluline on arvestada, et tootmisettevõtte kollektiiviga on seotud ettevõtjad, juhid, töövõtjad, tellijad, juristid, maksunõudjad, hankijad, turustajad jne. Koalitsiooni eesmärgiks on ettevõtte katkematu tootmis-turustustegevus. See eesmärk seob kõiki partnereid ühise eesmärgi kaudu.

**Tootmisprotsessi tehniline varustatus** avaldab suurt mõju nii töö iseloomule, töötajate vajadusele kui ka kvalifikatsioonile. Mehhaniseerimine ja automatiseerimine vähendab käsitsitööd ja töömahukust. Väheneb madala kutseoskusega tööliste vajadus. Nüüdisaegsed arvprogrammjuhtimisega universaaltööpin- gid, seadmed, transpordivahendid, tööstusrobotid, automati- seeritud laod võimaldavad tootmisprotsessi komplekselt au- tomatiseerida. Rakendatakse automatiseeritud juhtimis- ja and- metöötlussüsteeme ning sidevahendeid, kõik need meetmed vähendavad ettevõtte töötajate vajadust. Kasvab tööviljakus, muutub suuremaks töötajate kvalifikatsioon ja vastutus.

Seoses vajadusega muuta kiiresti tootmist vastavalt tellimus- tele ja nõudluse muutustele peaksid töölised olema mitme eri- ala asjatundjad, kes on suutelised töötama mitmel automati- seeritud seadmel üheaegselt ja täitma kiiresti tellimusi. Sageli töötavad tänapäeva tootmisettevõttes keerukate, vastutusrikas- te operatsioonide täitjatena eriharidusega (ka kõrgharidusega) spetsialistid. Mida suuremad väärtused läbivad tootmisprot- sessis töökohti, seda suurem on töötajate vastutus ja risk. Seda tuleks arvestada ka töö tasustamisel.

#### 7.4. Stimuleerimissüsteem

Eristatakse **materiaalset ja mittemateriaalset kompenseeri- missüsteemi**. Töötajate vajaduste rahuldamisel on tähtsam **materiaalne stimuleerimine**, mis toimub põhiliselt ettevõtte **palgapoliitika** kaudu. See on kompromiss tööandja kasumi- taotluse ja töövõtjate sissetulekuootuste vahel. Töö tasusta- misel on põhiprobleemid seotud **palga taseme ja struktuu- riga**. See probleemistik on ulatuslik:

- absoluutse palgataseme määramine,
- suhteliste palgatasemete erinevuste seostamine töö keeruku- se, vastutuse ja riskiga,
- palgavormide põhjendamine,
- palgamäärade seostamine töö tulemuslikkusega.

Ettevõtte palgastruktuuri (põhi- ja lisapalk, preemiad, lisatasud jm.) kujundamise eesmärgiks on töötasu stimuleeriva toime suurendamine soovitatavate tulemuste saavutamisel. Ettevõtte juhtkond on huvitatud tööviljakuse tõusust. Töötasu diferentseerimine ja töökorralduse täiustamine on selle saavutamisel olulisteks töösuundadeks.

Töötasu põhiliseks osaks on **palk** mitmesugustes vormides (ajatöö, tükitöö, aja-premiaaltöö jm.). **Palgavormide** rakendamine ettevõttes toimub vastavalt otstarbele. Õiguslikuks aluseks on töövõtja ja tööandja kokkulepe töö- ja palgatingimuste kohta. Seejuures tuleb arvestada kehtivaid seaduslikke piiranguid ja juhiseid (vt. töölepingu seadus jt.).

**Töönormid**, aja- ja tükitöö **tariifimäärad** töötab välja ettevõtte. Tariifimäärad väljendavad tasu ühe töötunni eest olenevalt töö keerukusest, tingimustest (ületunnitöö, öötöö, töö puhkepäevadel jne), kahjulikkust tervisele (töö kõrgendatud temperatuuriga keskkonnas, mürgiste ainetega, vibratsiooniga, maa- või veealused tööd, tööd kõrgustes jm.).

Töötasuga on otseselt seotud sotsiaal- ja tervisekindlustusmaksud. Meil kehtivad praegu maksumäärad vastavalt 20% ja 13% brutotöötasu summast. Neid makse maksab tööandja. Samas maksab üksikisiku tulumaksu (praegu määraga 26% arvestatud töötasust) kõigilt oma sissetulekutelt töövõtja.

Töötajate töötasu suhteline tase peaks arvestama töö tulemusi, vastutuse ja riski määra. Töö tulemuste väärtustamine on seotud nende mõõtmise ja arvestusega. Väärtustamisel tuleb hinnata nii kvantiteeti kui ka kvaliteeti. Eriti viimasest, s.o. toodangu kvaliteedist, oleneb ettevõtte seisund tarbijate silmis. Enamasti kehtib reegel: parem toota vähem ja paremini kui rohkem ja halvemini.

## 7.5. Palgavormid

Palgavormide valikul on otsustuskriteeriumiks töö tulemuste, osavõtu ja kvaliteedi parem stimuleerimine. Neid tulemusi mõjutavad ka mitmed muud mõjurid (peale palgasüsteemi), mistõttu palgasüsteemi loomine ettevõttes pole lihtne ja sageli ka mitte üheselt määratav [22, lk. 598].

**Ajapalga** puhul arvestatakse töötaja palk töötatud aja järgi vastavalt tariifimäärale (tunnitasule) või ametipalgale.

**Tükipalka** makstakse valmistoodangu või töö hulga järgi, iga ühiku eest kindlaksmääratud hinde alusel.

**Normaaltulemus** väljendab töö igakülgset põhjendatud tulemust, mis saavutatakse ratsionaalsete, loogilises järjekorras loomulikult ja harmooniliselt koordineeritud tööliigutustega selleks tehnoloogilises dokumentatsioonis ettenähtud seadmetel [2, lk. 9]. Normaaltulemus on tükitööliste keskmine tulemus (küllalt suure tõenäosusega), väljendatuna ajaühikutes tooteühikule (min/tk., h/tk. jm). Töönormide väljatöötamisel peatusime lähemalt teises peatükis.

Aja- ja tükipalk on sisuliselt võrdsed palgavormid. Ka ajapalga puhul töö normitakse ja töölistele antakse **normiülesanded**, mis väljendavad normaaltulemust. Ajatööd kasutatakse kindlasti siis, kui tegu on automatiseeritud protsessidega, kus töötaja ülesanne seisneb peamiselt teenindatava tootmisvahendi häireteta töö tagamises. Ehk siis, kui teostatakse kõrgete kvaliteedinõuetega või ohtlikke töid. Ka vaheldusrikka töö või sagedaste katkestustega töö (lao-, transpordi-, remondi- jm. tööd) ja vaimse tegevuse juures. Tükipalga puhul määratakse töötaja palk töö (toodete) hulga ja ühiku eest ettenähtud tasumäär (hinde) alusel. Tükipalga normtase vastab normaaltulemusele.

**Akordpalga** puhul makstakse tehtud töö eest tervikuna. Tööd ei jaotata tööliikideks, etappideks ja operatsioonideks. **Ajakord** on seotud lisapalga suuruse põhjendamisega: iga töö-

võtja poolt etteantud ajast kiiremini valmistatud toote juures kokkuhoitud aeg korrutatakse **minutiteguriga**  $l_s$  ja saadakse **lisapalk**.

$$l_s = \frac{L_t}{60} \cdot a,$$

kus  $L_t$  – on tunnitasu,

$a$  – akordi määr.

**Tükiakordi** puhul makstakse iga normi ületava toote eest kõrgemat (akordimääraga korrutatud) tasu. Akordimäär kehtestatakse töövõtja ja tööandja kokkuleppel. Tükiakordi kasutatakse siis, kui töö hulk ja aeg on täpselt mõõdetavad ning töötlemisrežiimid kontrollitavad. Akordtasu võib olla rakendatud üksiktöötaja või töötajate grupi (brigaadi) suhtes.

**Preemiatasu** näeb ette põhipalga plaanipärast suurendamist teatud tingimuste täitmisel või tulemuste saavutamisel. Võivad esineda **põhipreemiad** ja kindlate tingimuste täitmisega seotud **lisapreemiad**.

Kokkuvõttes on töötasustamise hästi läbimõeldud süsteemi rakendamine tootmisettevõttes väga oluline töötajate stimuleerimisel, saavutamaks iga töötaja püüdu töötada paremini ja efektiivsemalt.

## KIRJANDUS

1. **Babcock, L., Hamblin, C., Hahn, S.** Kuidas koostada äriplaani. Tartu, 1993.
2. **Fominõh, J., Freyberg, J., Toom, E.** Teaduslik töökordalus. Tallinn: Valgus, 1983.
3. **Fominõh, J., Parijõgi, E., Toom, E.** Töö normimine: Käsiraamat. Tallinn: Valgus, 1981.
4. **Korpela, A.** Turumajanduse põhijooned. Tallinn: Olion, 1991.
5. **Kull, E.** Tootmise operatiivplaneerimine tööstusettevõtteis. Tallinn: Valgus, 1987.
6. **McConnell, C. R., Brue, S. L.** Kaasaegne töö ja palga ökonoomika. I–V osa. Tallinn, 1991–1993.
7. **Mereste, U.** Majandusanalüüsi teooria. Tallinn: Valgus, 1987.
8. **Mereste, U.** Süsteemkäsitlus. Süsteemsest mõtteviisist majandusnähtuste käsitlemisel. Tallinn: Valgus, 1987.
9. **Mikkov, U.** Majanduslike ürituste efektiivsus. Tallinn: Valgus, 1989.
10. **Okk, U.-R.** Ettevõtte funktsioneerimine üleminekul turumajandusele. TÜ toimetised 1993, vihik 957, lk. 156.
11. **Okk, U.-R.** Ettevõtlus üleminekul turumajandusele. TÜ toimetised 1993, vihik 959, lk. 5.
12. **Palm, T., Qayum, A.** Ettevõtte juhtimisökonoomika alused. 1.–4. osa. EMI Loengumapp nr. 4–8, 9, 10, 10 lisa. Tallinn, 1991.
13. **Pickle, H. B., Abrahamson, R. L.** Loo ja arenda oma firmat. 1.–2. osa. Tallinn: Hara, 1991.
14. **Raudsepp, V.** Finantsjuhtimine. Tallinn: Külim, 1995.
15. **Raudsepp, V.** Korporatsioonide rahandus ja investeeritud. Tartu, 1993.
16. **Reiljan, A.** Ettevõtte majandusõpetuse alused. 1.–2. osa. Tartu, 1993.–1994.

17. **Sepp, J.** Marketingi alused. Programm, lühikokkuvõte, põhimõisted. Tartu, 1990.
18. **Üksvärav, R.** Organisatsioon ja juhtimine. Tallinn: Valgus, 1992.
19. **Diedrich, H.** Allgemeine Betriebswirtschaftslehre I–II. Stuttgart, 1981.
20. **Дойль, Д.** Как создать предприятие. Таллинн, 1991.
21. **Drukarczuk, J., Müller-Hagedorn, R.** Betriebswirtschaftslehre, Band 1.–2. Wiesbaden: Gabler, 1978.
22. **Heinen, E.** Industriebetriebslehre. Entscheidungen in Industriebetrieb. Wiesbaden: Gabler, 1992.
23. **Karlof, B.** Unternehmenstrategie. Konzepte und Modelle für Praxis. 1991.
24. **Maslow, A. H.** Motivation and Personality. New York, u. a., 1954.
25. **Korndörfer, W.** Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. 1992.
26. **Лукиянов, А.** Введение в предпринимательство. Таллинн, 1993.
27. **Рейльян, Я.** Аналитическая основа принятия управленческих решений. Москва, 1989.
28. **Skinner, S. J., Ivanicevich, J. M.** Business for the 21st Century. Boston: Irwin, 1992.
29. **Vollmann, T. E., Berry, W. L., Whybark, D. C.** Manufacturing, planning and control systems. Illinois: Irwin Homewood, 1988.
30. **Wöhe, G.** Einführung in die allgemeine Betriebswirtschaftslehre. München: Franz Vahlen Verlag, 1990.



NA-<sup>XI</sup> 3216

**Udo-Rein Okk** on sündinud 8. mail 1932. a. Jõhvis. On lõpetanud Tallinna Polütehnilise Instituudi masinaehituse tehnoloogia, metallilõikepinkide ja instrumentide erialal (1956). On töötanud tehases Punane RET insenerina (1956–1960), Tartu Aparaaditehases peainsenerina (1960–1989). Alates 1989. a. töötab Tartu Ülikooli majandusteaduskonnas dotsendina. Majanduskandidaat (1978). On uurinud tööstus-ökonoomikat, tehnoloogilisi protsesse, ettevõtte majandusõpetuse aluseid.

Raamatus käsitletakse tootmisettevõtte majandustegevust. Üsna suurt tähelepanu osutatakse matemaatiliste meetodite, mudelite ja tootmisfunktsioonide kasutamisele analüüsis.

