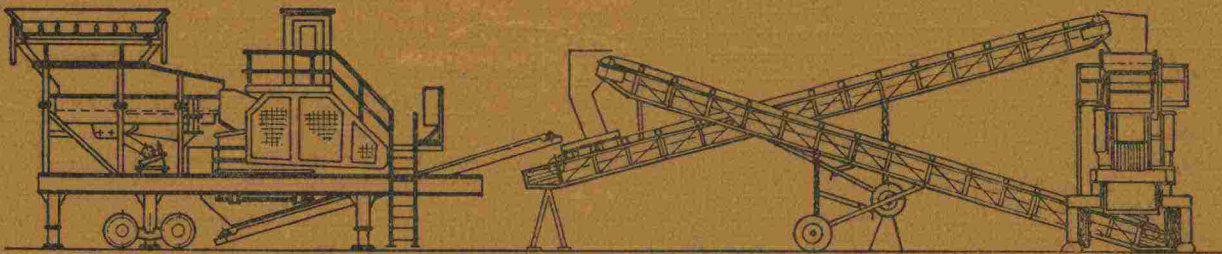


Vh

MURSKAUSTYÖN KUSTANNUKSET



TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS
TIENRAKENNUSTOIMISTO 1976

TVH 732820 A4

08
71E-



81 019

MURSKAUSTYÖN KUSTANNUKSET

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS
TIENRAKENNUSTOIMISTO 1976

TVH 732820 A4

SISÄLLYSLUETTELO

	sivu
JOHDANTO	1
1. YLEISTÄ	2
1.1 Maamme kiviainesvarat	2
1.2 Murskatun kiviaineksen käyttö	2
1.3 Murskaustyön suorittamismahdollisuudet	4
2. TIE- JA VESIRAKENNUSLAITOKSEN MURSKAUSTÖIDEN INVENTOINTI VUOSILTA 1970 - 1974 JA KEHITYS VUOSINA 1975 - 1976	6
2.1 Yleistä	6
2.2 Toteutuneet murskausmäärät	6
2.3 Toteutuneet yksikköhinnat	11
2.4 Kehitys vuosina 1975 - 1976	13
3. YKSIKKÖHINNAN MUODOSTUMINEN TIE- JA VESIRAKEN- NUSLAITOKSEN MURSKAUSTÖISSÄ	18
3.1 Lähtömateriaalin hankinta	18
3.11 Sora	18
3.12 Louhe	20
3.2 Alueen raivaus	23
3.3 Materiaalin irrotus ja siirto laitokseen	26
3.31 Yleistä	26
3.32 Käytettävä siirtokalusto	26
3.33 Materiaalin irrotus- ja siirtokustannukset	31
3.34 Ylisuurten kivien rikkomiskustannukset	35
3.4 Murskaus	36
3.41 Yleistä	36
3.42 Kiinteät kustannukset	38
3.421 Pääomakustannukset	38
3.422 Laitoksen käyttöhenkilökunnan palkka- ja sosiaalikulut	41
3.423 Yrityksen yleiskustannukset	41
3.43 Muuttuvat kustannukset	42
3.431 Perustamis- ja siirtokustannukset	42
3.432 Korjaus- ja huoltokustannukset	44

	sivu
3.433 Energiakustannukset	45
3.434 Henkilökunnan muuttuvat palkkakustannukset	46
3.44 Yhteenvedo murskauskustannuksista	47
3.5 Valmiin tuotteen siirto välivarastoon tai tien rakenteeseen	48
3.6 Kustannusmalli	50
3.61 Mallin kuvaus	50
3.62 Saadut tulokset	50
3.621 Rakeisuuden vaikutus yksikkö- hintaan	51
3.622 Työkohteen suuruuden vaikutus yksikköhintaan	51
3.623 Työvaihekapasiteetin vaikutus yksikköhintaan	53
3.63 Kustannusmallin puutteet	54
4. TIIVISTELMÄ	54
5. JOHTOPÄÄTELMÄT	56
KIRJALLISUUSLUETTELO	59

JOHDANTO

Tämä tutkimus on lyhennelmä Ilpo Talosen tekemästä diplomityöstä "Murskaustyön kustannukset". Diplomityö tehtiin Helsingin teknillisen korkeakoulun rakennusinsinööriosastolla apulaisprofessori O-P. Hartikaisen johdolla. Tutkimuksen rahoittaja oli TVH:n rakennusosasto.

Tutkimus perustuu aineistoon, joka kerättiin tie- ja vesirakennuspiireistä tätä tarkoitusta varten laadituilla kyselylomakkeilla.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää tie- ja vesirakennuslaitoksen murskaustyön kustannusten muodostumista murskattavan aineksen hankinnasta valmiin tuotteen varastointiin tai sen kuljetukseen suoraan tien rakenteeseen. Kustannusten muodostumisen ohella pyrittiin selvittämään sellaisia murskaustyön kustannustekijöitä, joita töiden järjestelyn, rationalisoinnin yms. avulla voitaisiin pienentää ja osittain poistaa. Koska tie- ja vesirakennushallituksessa ei ole kerätty murskaustöiden toteutumatietoja vuoden 1969 jälkeen, oli tutkimuksen yhtenä tavoitteena suorittaa toteutuneiden murskausmäärien ja yksikköhintojen inventointi.

Tähän lyhennelmään on koottu oleellinen osa em. diplomityöstä. Lisäksi on esitetty murskaustoiminnan kehitystä vuosina 1975-1976 ja johtopäätelmiä, joita taloudellisen murskaustoiminnan suunnittelussa tulisi ottaa huomioon.

1. YLEISTA

1.1 Maamme kiviainesvarat

Maamme hiekka- ja soravarojen inventointityö on parhaillaan käynnissä. Sen mukaan on erilaisia käyttökelpoisia mineraaliaineksia arvioitu olevan noin 40 miljardia m³ ktr /1/. Tästä määrästä noin kolmasosa on soravaltaista eli rakennustarkoituksiin soveltuvaa ainesta. Soravaltaisesta aineksesta noin kymmenesosa, eli 1,5 miljardia m³ ktr, on murskauskelpoista.

Murskauskelpoinen aines on pääasiassa soraa tai someroa, jota saadaan maamme harjumuodostumista. Harjujen materiaali on yleensä lujempaa kuin kallio-perän vastaava aines, koska jääkauden mannerjää ja sulamisvirrat ovat kuluttaneet heikommat ainekset lietteeksi ja kuljettaneet ne pois.

Ennusteiden mukaan maamme uhkaa soravarojen loppuminen noin 40 vuoden kuluessa /2/. Ennusteessa oletetaan, että soran käyttö lisääntyy vuosittain 6-10 %. Toisaalta on huomattava, että väestön kasvu ja taloudellinen kasvu hidastuvat sekä se, että aines ei häviä. Soravarojen loppuminen ei ole niinkään tekninen vaan lähinnä taloudellinen ongelma. Laatuvaatimukset täyttävää kalliota on helposti saatavissa muutamia alueellisia poikkeuksia lukuun ottamatta. Tällaisia alueita ovat mm. Kymen rapakivialue, Vaasan graniittialue ja Satakunnan hiekkakivialue sekä Keski-Lapin jäänjakajaseudut, jolla kivilajista riippumatta tavataan ehjän kallion päällä rapautunut kerros.

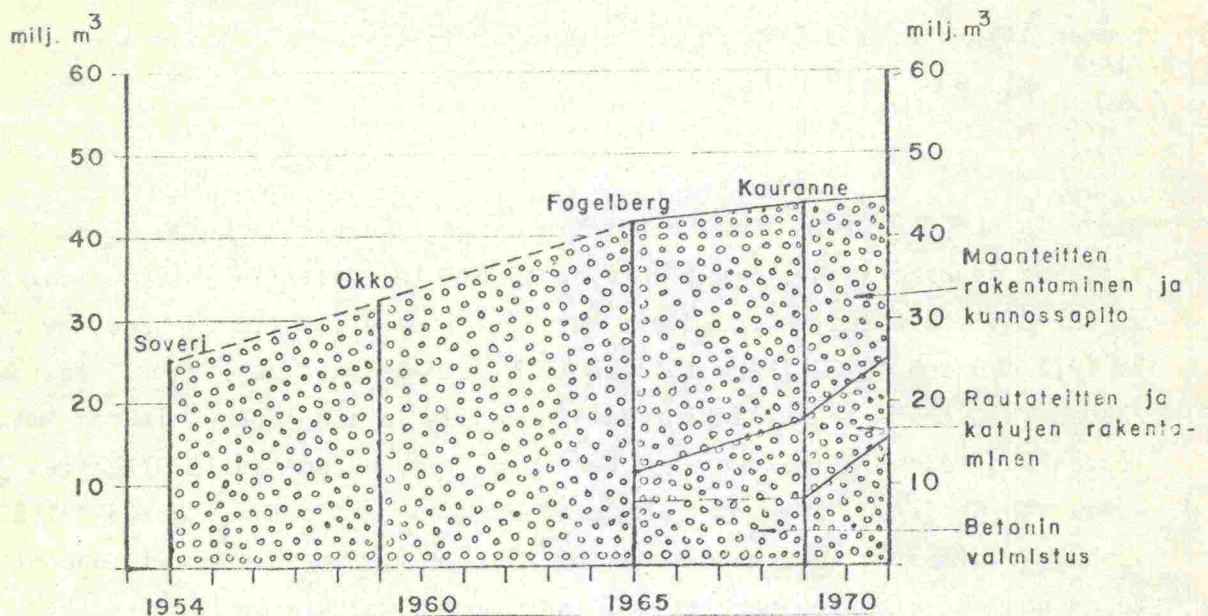
Sora- ja hiekka-alueiden merkitys ei rajoitu pelkästään niistä saatavaan kiviainekseen. Alueet ovat tärkeimpiä pohjaveden muodostumisalueita. Sora on myös rakennuspohjana käyttökelpoista. Alueilla on lisäksi usein maisemallinen arvo, joten niitä pyritään varaamaan luonnonsuojelualueiksi sekä retkeilyn ja ulkoilun käyttöön. Eräät sora-alueet ovat myös kulttuurihistoriallisesti merkittäviä. Omistajilleen alueilla on suurin taloudellinen merkitys juuri rakennusmateriaalina. Edellä mainitut käyttötarkoitukset edellyttävät hiekka- ja soravarojen säätelyä ja osittaista säilyttämistä.

1.2 Murskatun kiviaineksen käyttö

Kiviaineksen käyttö on viimeksi kuluneiden viidentoista vuoden aikana nousut runsaasti. Tienrakennuksen kohdalla vuotuinen käytön lisäys on ollut noin 10 % ja talonrakennuksen alalla noin 6 %. Tosin parin kolmen viime vuoden aikana tienrakennuksen ja kunnossapidon määrärahojen reaaliarvon vähen-

tyessä myös kiviaineksen käyttö on hiukan vähentynyt. Talonrakennuksen puolella kasvua hillitsevä käänne on tulossa sinnekin. Tämä on luonnonvarojen käyttöä ajatellen lohduttavaa, mutta lohduttavaa ei ole se, että liikenneyhteydet asutuskeskusten lähellä ja välillä eivät vielä ole täysin tyydyttävät, eikä se, että jo rakennetut tiet rappeutuvat hoidon puutteessa.

Maamme vuotuista sorankäyttöä on arvioitu useaan otteeseen (kuva 1). Viimeisimpien tilastojen mukaan (vuodelta 1973) käytetään rakennustarkoituksiin erilaiset laatuvaatimukset täyttäviä kiviaineksiä yhteensä noin 45,5 miljoonaa m^3 itd, mistä määrästä on murskattuja tuotteita noin 13 miljoonaa m^3 itd eli 29 % laatuksiaineksesta.



Kuva 1: Arvioitu soran käyttö Suomessa vuosina 1954 - 1971. /2/

Tämä sorasta murskattujen tuotteiden käyttö jakautuu eri käyttäjien kesken seuraavasti /1/:

- TVL 81 %
- talonrakennus 16 %
- kunnallistekniikka 3 %.

Kalliota louhitaan vuosittain (1970) noin 8,5 miljoonaa m^3 ktd. Tästä puolet on peräisin kaivoksista. Rakennustarkoituksiin louheesta murskataan murskettua vuosittain lähes 3,5 miljoonaa m^3 itd. Tämä määrä jakautuu käyttäjien kesken seuraavasti /1/:

- TVL 81 %
- VR 16 %
- kunnallistekniikka 3 %.

Edellä esitetty osoittaa, että tie- ja vesirakennuslaitos on suurin murskatujen tuotteiden käyttäjä. Sen vuotuinen murskatun materiaalin tarve on viime vuosina vaihdellut 7,3 - 9,5 miljoonaa m³itd, joka rahallisesti vastaa noin 5 % tienpidon vuotuisista kustannuksista. Siten murskaustoiminta muodostaa olennaisen osan teiden rakentamisesta ja kunnossapidosta.

1.3 Murskaustyön suorittamismahdollisuudet

Tie- ja vesirakennuslaitoksessa murskaustyö toteutetaan joko laitoksen omalla kalustolla tai antamalla työ urakoitsijan suoritettavaksi.

Vuoden 1976 alussa oli TVL:n omien murskauslaitosten määrä seuraava:

ML - 6	28 kpl
ML - 9	5 kpl
ML - 75	2 kpl.

ML - 6 ja ML - 9 laitokset on hankittu vuosina 1964 - 1967. Kolme ML - 9 laitoksesta on peruskorjattu, minkä yhteydessä niihin uusittiin jälkimurskainyksikkö. Uusinta kalustoa edustavat ML - 75 laitokset, jotka on hankittu vuonna 1974. Vuoden 1976 aikana tullaan toimittamaan yksi uusi ML - 75 laitos. Pääosa kalustosta on kuitenkin iältään vanhaa ja teholtaan heikkoa. Oman kaluston tuotto onkin taulukon 1 mukaan osoittanut vuodesta 1970 lähtien jatkuvaa vähenemistä. Väheneminen tulee jatkumaan edelleenkin, koska iältään vanhojen laitosten kalustopoistuma on lähivuosina nopeampaa kuin suunniteltujen uusien laitosten hankinta. Toisaalta oma kalusto on pyritty täystyöllistämään. Sen vuotuinen käyttömäärä on vaihdellut laitosta kohden piireittäin 2 000 - 2 800 h/v laitoksen siirtoon käytettyä aikaa lukuun ottamatta /3/. Tämä tuntimäärä on verrattain korkea. Laitosten vanhentuessa toimintahäiriöt lisääntyvät ja vuotuinen käyttöaste pienenee sitä voimakkaammin mitä korkeampi käyttöaste on ollut.

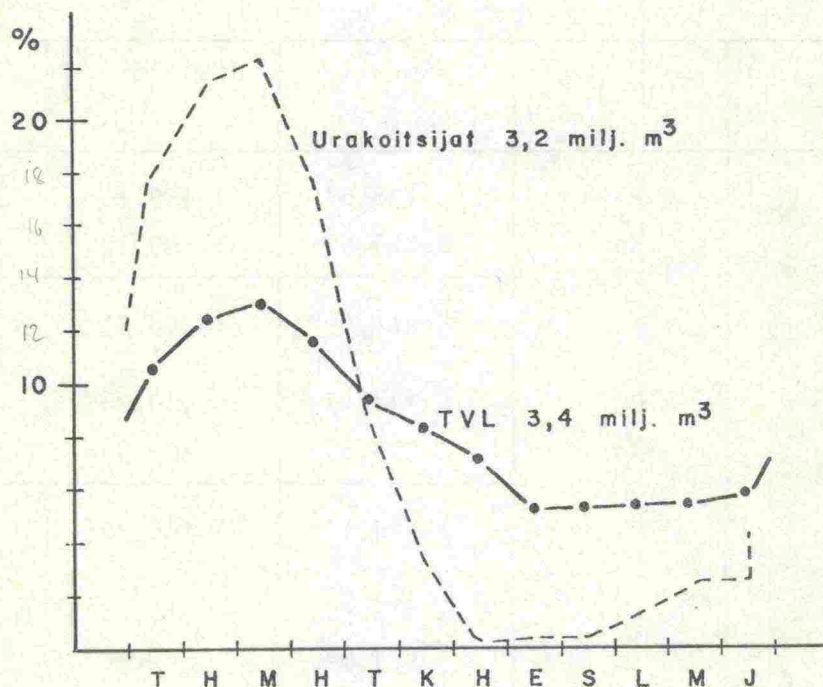
Vuosi	TVL:n kalustolla murskataan	
	m ³ itd	% koko määrästä
1970	4 507 258	59,1
1971	4 447 384	56,6
1972	4 551 095	51,1
1973	4 084 710	44,4
1974	3 483 308	47,0
k.a.	4 214 751	51,6

Taulukko 1: Oman kaluston suunniteltu käyttö vuosina 1970 - 1974 /4/.

TVL:n oma murskauskalusto koostuu 2-vaihelaitoksista (esimurskainyksikkö + jälkimurskainyksikkö), joita on käytetty etupäässä soran murskaukseen, koska niiden murskaimet ovat kooltaan pieniä, ja koska niitä ei ole varustettu louheensyöttölaitteistolla. Kuitenkin ML - 75 laitosta suunniteltaessa asetettiin tavoitteeksi, että sillä on voitava suorittaa pienehköjä kalliomurskauksia.

Murskausurakointia harjoittavien yritysten lukumäärä kartoitettiin TVL:n toimesta viimeksi vuoden 1974 alussa, jolloin niitä oli 60. Näiden kalustomäärä vastasi noin 135 kaksivaihelaitosta.

Kun tarkastellaan murskaustöiden ajoittumista vuoden eri kuukausille (kuva 2), niin urakoitsijat murskasivat v. 1974 parhaimpina murskauskuukautena 22 % koko vuosiosuudestaan. Tämän mukaan urakoitsijat pystyisivät noin viiden miljoonan m^3 itd vuosituotantoon, kun otetaan huomioon TVL:n urakoinnin osuus koko maan murskausurakoinnista ja kun oletetaan yksi kuukausi vuodessa kesälomaksi.



Kuva 2: Murskaustöiden ajoittuminen vuoden eri kuukausille v. 1974.

2. TIE- JA VESIRAKENNUSLAITOKSEN MURSKAUSTÖIDEN INVENTOINTI VUOSILTA 1970 - 1974 JA KEHITYS VUOSINA 1975 - 1976

2.1 Yleistä

Tie- ja vesirakennushallituksessa laaditaan vuosittain murskausohjelma tie- ja vesirakennuspiirien ehdotusten pohjalta. Murskaustöiden vuosittaisia toteutumatietoja ei ole kerätty ja tilastoitu vuoden 1969 jälkeen. Tämän työn yksi tavoite oli suorittaa toteutuneiden murskausmäärien ja yksikköhintojen inventointi. Toteutuneiden murskausmäärien osalta ei inventointi täysin onnistunut, koska vuosilta 1970 ja 1971 ilmoitetut tiedot olivat niin puutteellisia, että murskausmäärien esittäminen näiltä vuosilta ei ollut tarkoituksenmukaista.

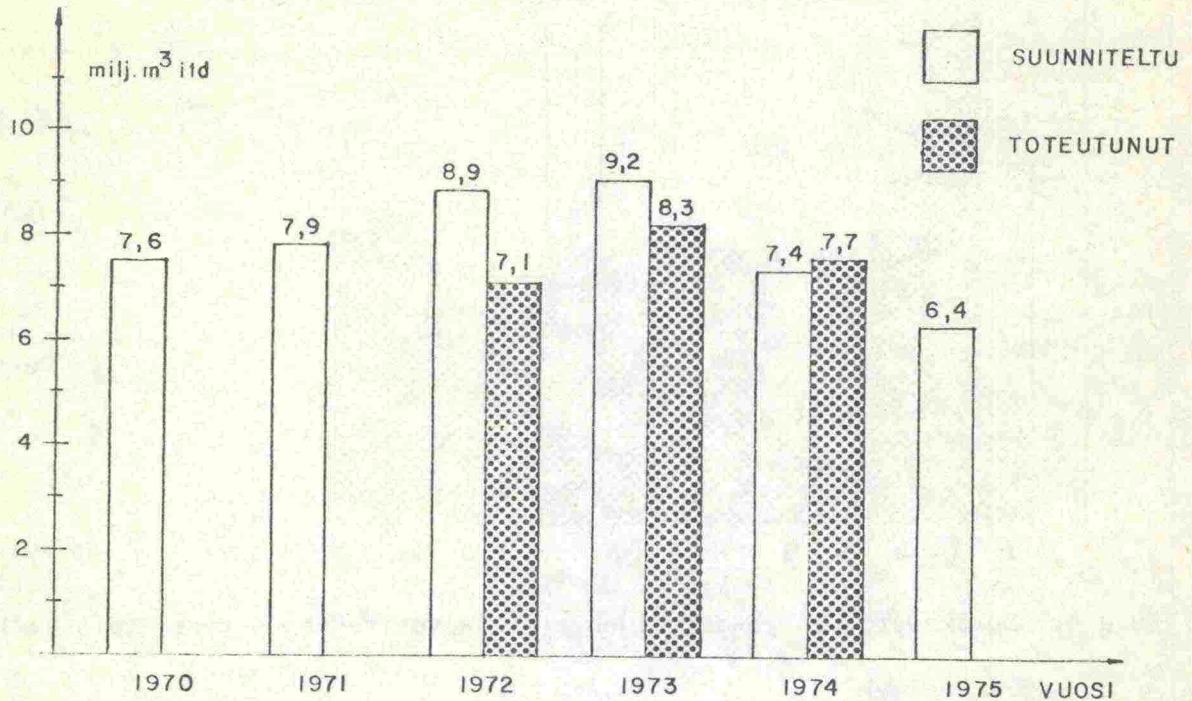
2.2 Toteutuneet murskausmäärät

Toteutuneet murskausmäärät vuosilta 1972 - 1974 toimialoittain ja lähtömaterialin mukaan jaoteltuna on esitetty taulukossa 2. Siitä havaitaan, että kunnossapidon osuus on kasvanut melko tasaisesti.

Vuosi	Toimiala	Sora 1 000 m ³ itd	Kallio 1 000 m ³ itd	Yhteensä 1 000 m ³ itd
1972	R	3 296,67	1 159,16	4 455,83
	Kp	2 615,42	49,17	2 664,59 x)
1973		5 911,09	1 208,33	7 120,42
	R	4 148,47	1 060,46	5 208,93
	Kp	2 979,66	105,54	3 085,20 x)
1974		7 128,13	1 166,00	8 294,13
	R	2 812,95	1 311,46	4 124,41
	Kp	3 525,84	45,40	3 571,24
		6 338,79	1 356,86	7 695,65

Taulukko 2: Toteutuneet murskausmäärät vuosina 1972 - 1974. (x)= puuttuu TVL:n Turun piirin kunnossapitotoimialan murskausmäärät

Jos verrataan näitä toteutumatietoja vuosittain laadittuihin murskaussuunnitelmiin (kuva 3), havaitaan, että ero vuosina 1973 ja 1974 ei ole kovin suuri. Sen sijaan vuoden 1972 toteutumatieto poikkeaa suunnitellusta murskausmäärästä jo noin 20 %. Vuosien 1970 ja 1971 osalta tämä ero oli vieläkin suurempi. Tämä osoittaa sen, että tie- ja vesirakennuspiireissä ei vuosittaisia murskausmääriä ole järjestelmällisesti tilastoitu ja jälkikäteen tapahtunut inventointi ei sisällä kaikkia näinä vuosina toteutuneita määriä.



Kuva 3: Suunnitellut murskausmäärät vuosina 1970 - 1975 ja toteutuneet murskausmäärät vuosina 1972 - 1974.

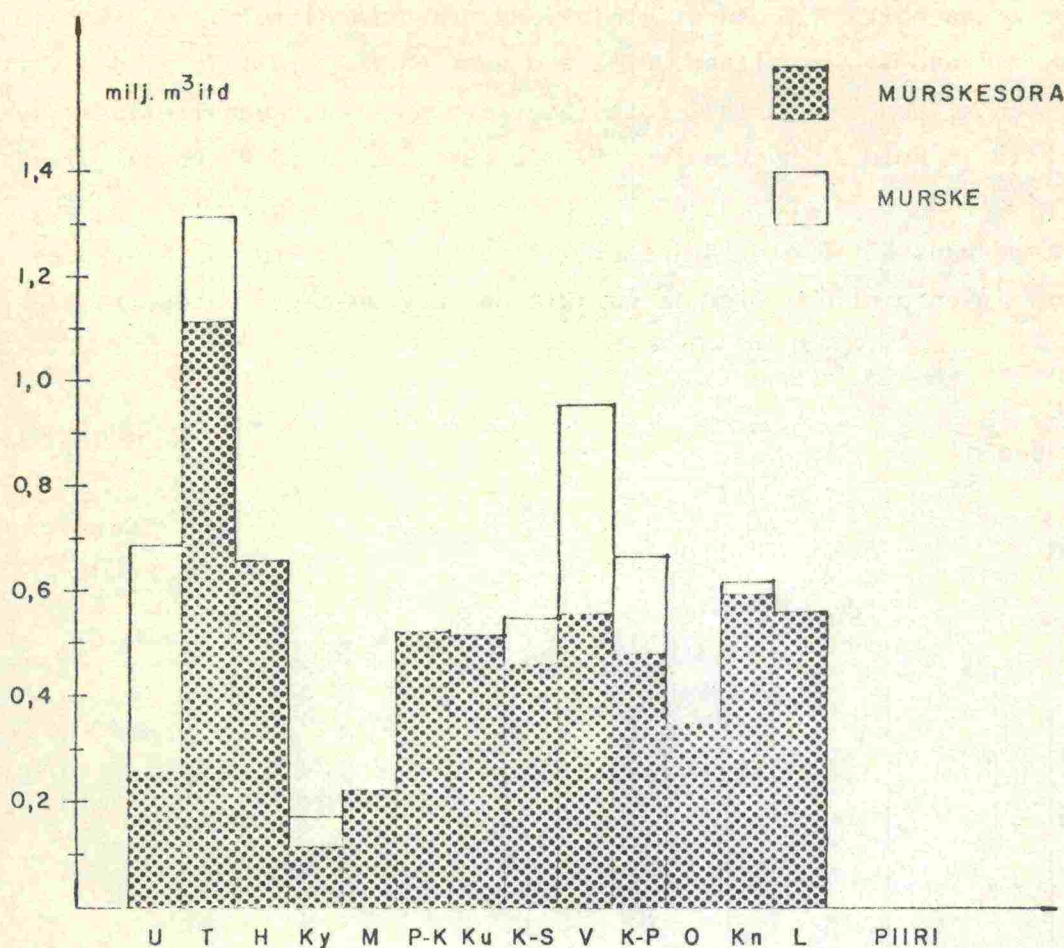
Vuonna 1974 jakoutuivat murskaustyöt tie- ja vesirakennuspiireittäin kuvan 4 mukaisesti. Eniten murskattiin Turun tie- ja vesirakennuspiirissä, jonka osuus oli 17,2 % koko TVL:n murskausmäärästä.

Toteutumatiiedot työtavoittain on esitetty taulukossa 3. Siitä havaitaan, että murskausmäärä omalla kalustolla on pysynyt samana. Rakennustoimialan murskausmäärän pienenemisen on korvannut kunnossapitotoimialan vastaava lisäys.

Eri työmuotojen prosentuaaliset osuudet ovat:

	oma työ	urakka	valmiina ostettu
1972	41,4 %	53,8 %	4,8 %
1973	35,1 %	58,7 %	6,3 %
1974	38,7 %	55,9 %	5,4 %

Tästä havaitaan, että oman työn osuus vuosittain on melko tasan 10 % pienempi kuin suunniteltu osuus, joka on esitetty taulukossa 1 sivulla 4.



Kuva 4: Murskaustöiden jakautuminen tie- ja vesirakennuspiireittäin v. 1974.

Vuosi	Toimiala	Oma työ	Urakka	Valmiina ostettu
		1 000 m ³ itd	1 000 m ³ itd	1 000 m ³ itd
1972	R	1 097,82	3 073,32	284,69
	Kp	1 851,12	758,29	55,18
		2 948,94	3 831,61	339,87
1973	R	995,95	3 734,22	471,65
	Kp	1 933,49	1 147,10	64,61
		2 929,44	4 881,32	536,26
1974	R	666,11	3 081,15	394,16
	Kp	2 319,68	1 228,37	29,40
		2 985,68	4 309,52	423,56

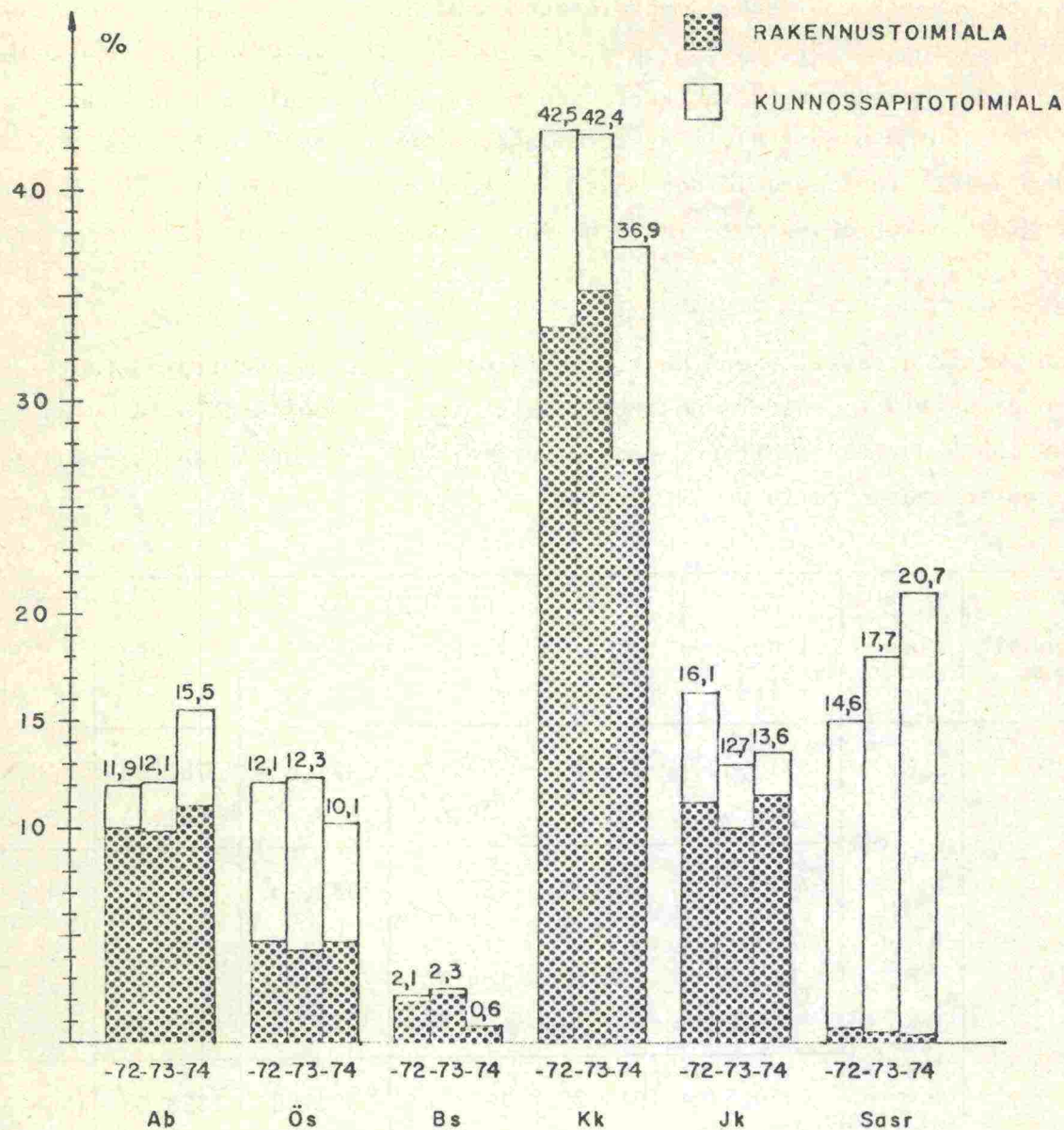
Taulukko 3: Toteutuneet murskausmäärät työtavoittain.

Murskausmäärien jakautuminen käyttötarkoituksen mukaan on esitetty taulukossa 4. Asfalttipäällystekiviainesmäärät sisältävät varsinaisen asfalttipäällystekiviaineksen lisäksi myös tasausmassaa ja massapintausta varten murskattut kiviainesmäärät. Öljysorakiviaines käsittää rakeisuudeltaan 0 - 18 mm olevan kiviaineksen. Kantavan kerroksen materiaaliin kuuluvat rakeisuudeltaan 0 - 32...64 mm olevat kiviainekset. Jakavan kerroksen materiaaliksi luokiteltiin kaikki tuotteet, joiden maksimiraekoko oli suurempi kuin 65 mm. Savi-sorakulutuserroksen materiaali on rakeisuudeltaan 0 - 18...20 olevaa sora-mursketta.

Taulukosta 4 lasketut eri käyttötarkoitusta varten murskattujen tuotteiden prosentuaaliset osuudet vuosittain murskatusta kokonaismäärästä on esitetty kuvassa 5. Siitä havaitaan, että ylivoimaisesti eniten murskataan kantavan kerroksen materiaalia 0 - 32...64 mm.

Vuosi	Toimi- ala	Ab	ös	BS	Kk	Jk	SaSr
		1 000 m ³ itd	1 000 m ³ itd	1 000 m ³ itd	1 000 m ³ itd	1 000 m ³ itd	1 000 m ³ itd
1972	R	716,60	326,77	142,19	2371,81	782,00	38,63
	Kp	127,03	535,33	10,65	655,47	362,44	1005,29
1973	R	843,63	862,10	152,84	3027,28	1144,44	1043,92
	Kp	824,78	336,08	184,70	2899,76	824,56	23,34
1974	R	185,29	679,17	6,60	610,74	229,42	1443,00
	Kp	1010,07	1015,25	191,30	3500,50	1053,98	1466,34
1974	R	844,88	357,12	45,95	2080,20	861,69	15,09
	Kp	346,39	422,42	-	760,01	186,41	1579,49
		1191,27	779,54	45,95	2840,21	1048,10	1594,58

Taulukko 4: Toteutuneet murskausmäärät käyttötarkoituksen mukaan ryhmiteltynä.



Kuva 5: Eri käyttötarkoitusta varten murskattujen tuotteiden prosentuaaliset osuudet vuosittain murskatusta kokonaismäärästä.

2.3 Toteutuneet yksikköhinnat

Murskesoran toteutuneet yksikköhinnat laskettiin vuosilta 1970 - 1974. Yksikköhinta on tässä ns. siilohinta, joka sisältää materiaalin kuormauksen laitokseen ja murskauksen.

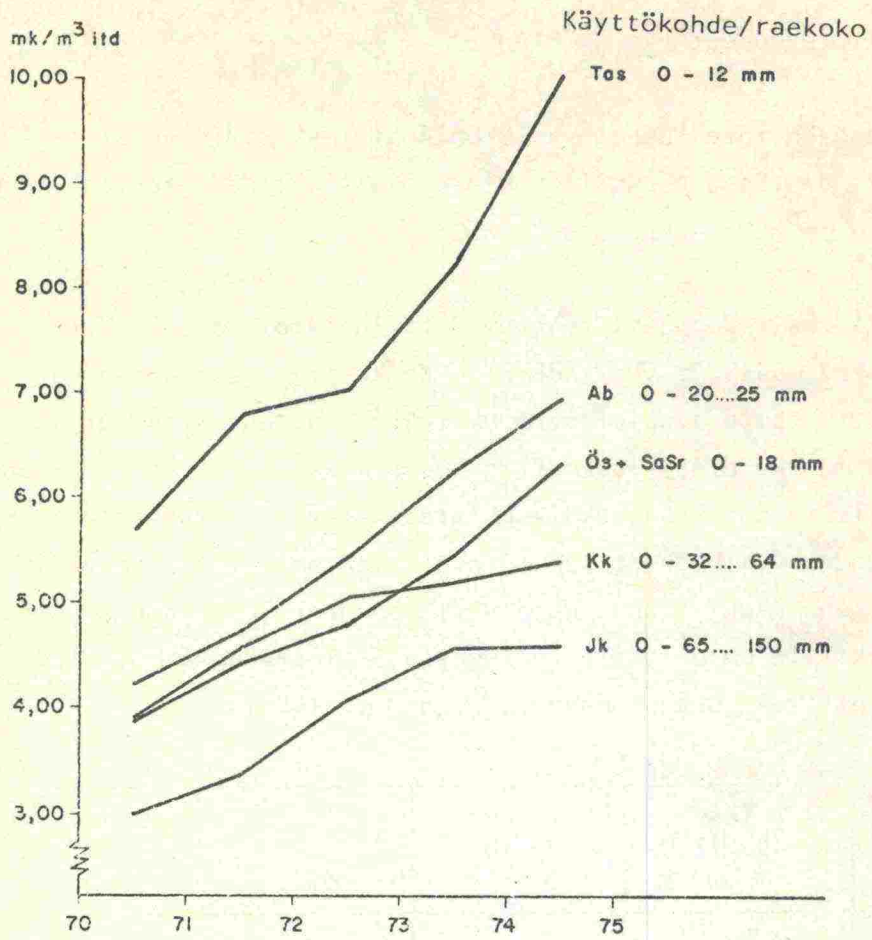
Tie- ja vesirakennuspiirejä pyydettiin ilmoittamaan käyttötarkoituksittain murskattu määrä ja yksikköhinta. Koska piirissä samaan käyttötarkoitukseen murskattu tuote sisälsi sekä yksikköhinnaltaan että murskausmäärältään erilaisia murske-eriä, laskettiin ensin keskimääräinen yksikköhinta jokaiselle piirille painotettuna yksikköhintahavaintoa vastaavalla kuutiomäärällä. Kunkin vuoden yksikköhinta saatiin piirien painotettujen yksikköhintojen aritmeettisena keskiarvona. Nämä yksikköhinnat ja niiden keskihajonnat eri rakeisuuksille on esitetty taulukossa 5. Taulukon arvot sisältävät sekä urakalla että laitoksen omana työnä tehdyt työt.

Vuosi	Tas 0 - 12 mm	ös + SaSr 0 - 18 mm	Ab 0 - 20...25 mm	Kk 0 - 32...64 mm	Jk 0 - 65...150 mm
1970	5,69 ± 1,19	3,82 ± 0,95	4,22 ± 0,94	3,86 ± 0,90	3,01 ± 1,17
1971	6,78 ± 0,88	4,41 ± 0,86	4,73 ± 0,70	4,57 ± 0,81	3,38 ± 0,92
1972	7,03 ± 1,57	4,79 ± 0,92	5,45 ± 0,81	5,05 ± 1,04	4,08 ± 0,96
1973	8,24 ± 1,22	5,46 ± 0,97	6,27 ± 1,65	5,21 ± 1,28	4,57 ± 0,89
1974	10,04 ± 1,40	6,34 ± 1,23	6,97 ± 1,16	5,41 ± 0,96	4,60 ± 0,93

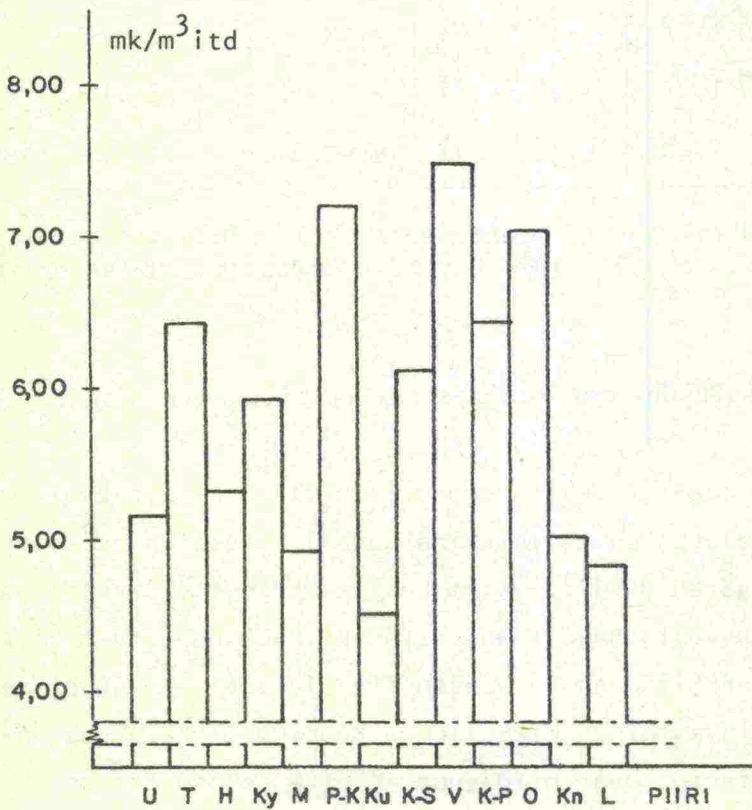
Taulukko 5: Murskesoran toteutuneet yksikköhinnat (ns. siilohinta) vuosilta 1970 - 1974 käyttötarkoituksen mukaan eriteltynä.

Murskesoran yksikköhinnan kehitys eri rakeisuuksille on esitetty kuvassa 6.

Yksikköhinnat tie- ja vesirakennuspiireittäin vaihtelevat melkoisesti. Tästä hintavaihtelusta on esimerkkinä kuva 7, jossa on esitetty kantavan kerroksen murskesoran 0 - 32...64 mm keskimääräiset yksikköhinnat piireittäin vuonna 1974. Kuvasta havaitaan, että yksikköhinnat ovat keskimääräistä korkeammat Keski-Pohjanmaan ja Vaasan tie- ja vesirakennuspiireissä, kun taas tilanne on päinvastainen Mikkelin ja Kuopion tie- ja vesirakennuspiireissä. Kuitenkin hintaerot ovat niin suuria, että ne osoittavat kustannusraportoinnissa olevan huomattavia eroja eri piirien välillä. Tätä asiaa ei tutkimuksessa ole tarkemmin selvitetty.



Kuva 6: Murskesoran yksikköhinnan kehitys vuosina 1970 - 1974



Kuva 7: Murskesoran 0 - 32...64 mm yksikköhinnat tie- ja vesirakennuspiireittäin v. 1974

Vuoden 1974 murskaustöistä saatiin tiedot, joiden perusteella laskettiin louheenmurskaukselle yksikköhinta, joka sisältää pelkästä murskauksesta johtuvat kustannukset. Tähän päästiin vähentämällä ilmoitetuista yksikköhinnosta mahdolliset louhinnasta, kuormauksesta ja kuljetuksesta johtuvat kustannukset. Nämä pelkän murskauksen sisältävät yksikköhinnat eri rakeisuuksille on esitetty taulukossa 6. Vastaavat yksikköhinnat soramurskaukselle on esitetty taulukossa 5. Näistä havaitaan, että louheen murskaus on 35...40 % kalliimpaa kuin soran murskaus. Tämä johtuu ensinnäkin siitä, että louheen murskaus vaatii suuren esimurskaimen ja tavallisesti 3-vaihelaitoksen. Tällaisen laitoksen siirto- ja perustamiskustannukset ovat myös suuremmat (vrt. kohta 3.431). Toiseksi louheessa murskattavan materiaalin osuus on huomattavasti suurempi kuin sorassa.

Tuote mm	Hinta mk/m ³ itd
0 - 12	12,05 ± 2,40
0 - 18	-
0 - 20...25	8,97 ± 1,38
0 - 32...64	7,13 ± 1,65
0 - 65...150	6,05 ± 1,54

Taulukko 6: Pelkän murskauksen sisältävät yksikköhinnat louheen murskauksessa eri rakeisuuksille v. 1974.

Valmiina ostettu tuote toimitetaan tietyllä hinnalla ostajan haluamaan paikkaan. Valmiina ostetun murskesoran 0 - 32...64 mm yksikköhinta oli vuonna 1974 ilman kuljetuskustannuksia 8,09 ± 1,81 mk/m³itd. Muita valmiina ostetun tuotteen yksikköhintoja ei tutkimuksessa selvitetty.

2.4 Kehitys vuosina 1975 - 1976

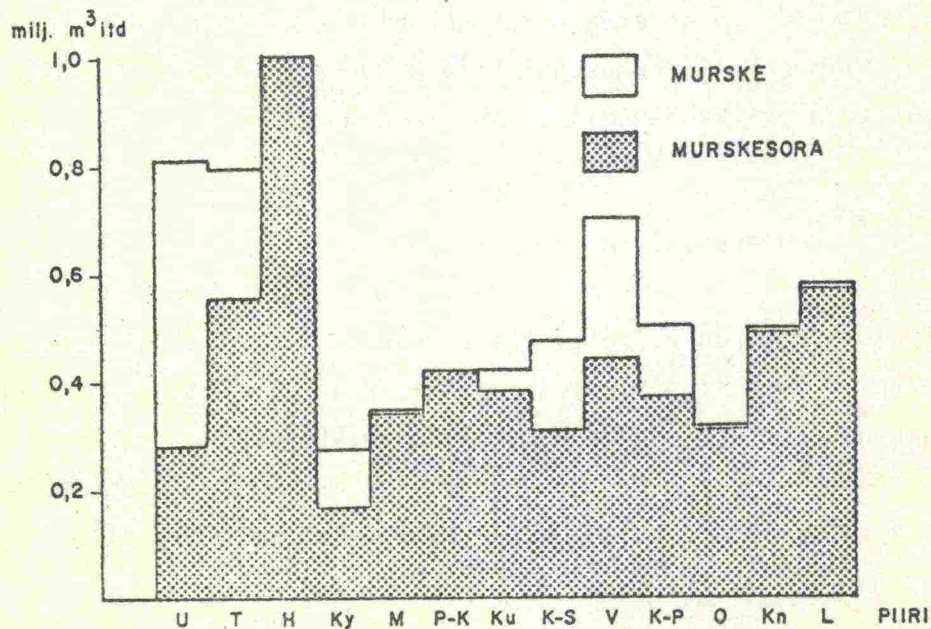
Taulukossa 7 on esitetty toteutuneet murskausmäärät vuodelta 1975 ja suunnitelma vuodelta 1976 toimialoittain ja lähtömateriaalin mukaan jaoteltuna. Kokonaismurskausmäärät osoittavat laskua johtuen rakennustoimialan murskausmäärän pienenemisestä. Vuonna 1976 murskataan suunnitelman mukaan kunnosapitotoimialalla yhtä paljon kuin rakennustoimialalla.

Vuosi	Toimiala	Sora 1 000 m ³ itd	Kallio 1 000 m ³ itd	Yhteensä 1 000 m ³ itd
1975	R	2 601,13	1 393,95	3 995,08
	Kp	3 055,08	86,24	3 141,32
		5 656,21	1 480,19	7 136,40
1976 suunni- telma	R	2 401,80	968,80	3 370,60
	Kp	3 157,50	139,60	3 297,10
			5 559,30	1 108,40

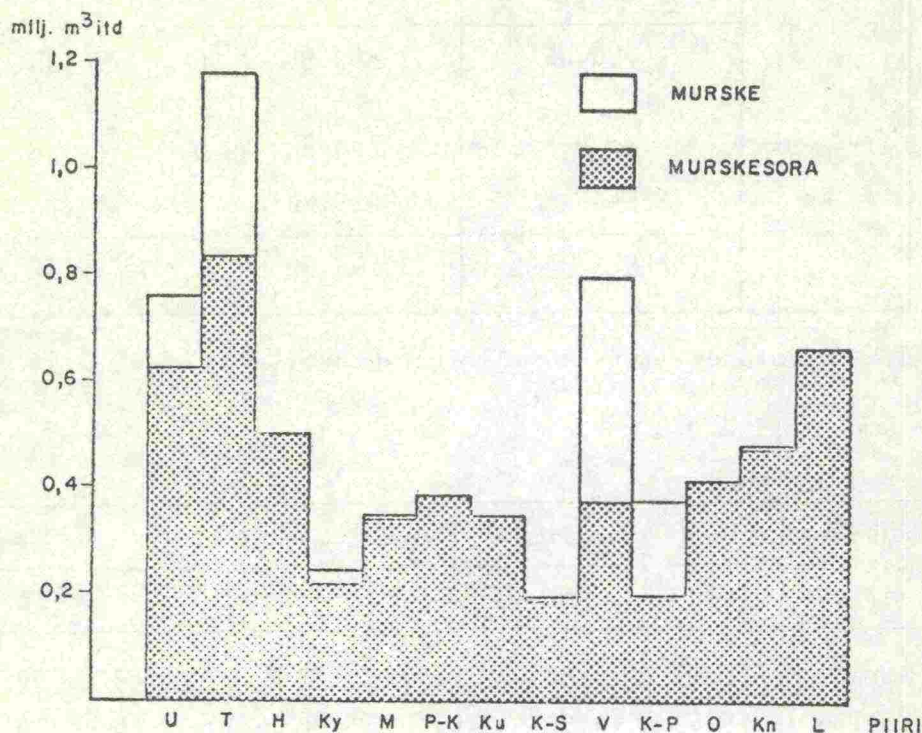
Taulukko 7: Toteutuneet murskausmäärät vuonna 1975 ja suunnitellut murskausmäärät vuonna 1976.

Todettakoon, että aikaisempina vuosina murskattuja tuotteita käytettiin 1 490 610 m³itd vuonna 1975 ja 2 013 600 m³itd (suunnitelma) vuonna 1976, joten murskatun kiviaineksen hankinta ja käyttö oli vuonna 1975 kokonaisuudessaan 8 627 010 m³ ja 8 681 300 m³itd vuonna 1976 (suunnitelma).

Vuonna 1975 jakautuivat murskaustyöt tie- ja vesirakennuspiireittäin kuvan 8 mukaisesti ja vuonna 1976 kuvan 9 mukaisesti (suunnitelma). Vuonna 1975 murskattiin eniten Hämeen tie- ja vesirakennuspiirissä (14,1 % koko TVL:n osuudesta) ja vähiten Kymen tie- ja vesirakennuspiirissä (3,8 % koko TVL:n osuudesta). Vuoden 1976 suunnitelman mukaan murskataan eniten Turun tie- ja vesirakennuspiirissä (17,6 %) ja vähiten Keski-Suomen tie- ja vesirakennuspiirissä (2,9 %).



Kuva 8: Murskaustöiden jakautuminen tie- ja vesirakennuspiireittäin v. 1975 (toteutuma).



Kuva 9: Murskaustöiden jakautuminen tie- ja vesirakennuspiireittäin v. 1976 (suunnitelma).

Toteutumatiedot vuodelta 1975 ja suunnitelma vuodelta 1976 tyätavoittain on esitetty taulukossa 8. Eri työmuotojen prosentuaaliset osuudet ovat:

	oma työ	urakka	valmiina ostettu
1975	39,0	49,9	11,1
1976	37,8	53,2	9,0

Valmiina ostetun murskausmateriaalin osuus prosentteina koko murskausmäärästä on kaksinkertaistunut vuoteen 1974 verrattuna.

Murskatun kiviaineksen kokonaismäärien ja hankinnasta aiheutuneiden kokonaiskustannusten perusteella lasketut keskimääräiset yksikköhinnat vuonna 1975 ja 1976 käyttötarkoituksen mukaan ryhmiteltyinä on esitetty taulukossa 9.

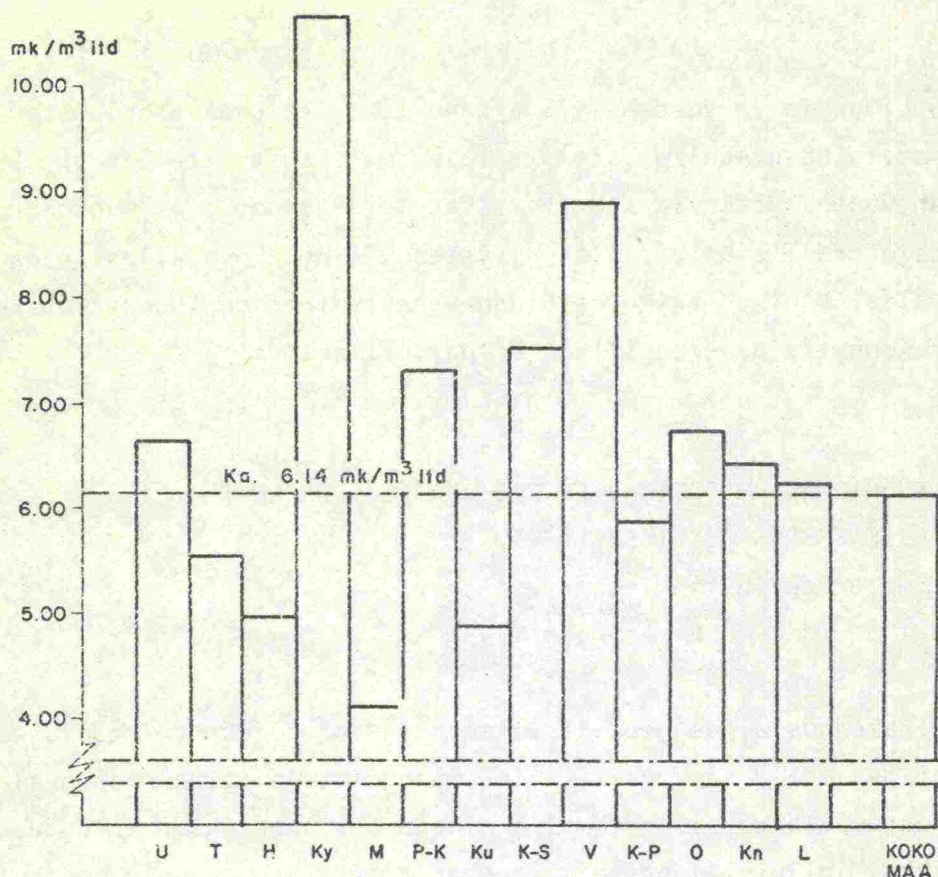
Vuosi	Toimiala	Oma työ	Urakka	Valmiina ostettu
		1 000 m ³ itd	1 000 m ³ itd	1 000 m ³ itd
1975	R	906,45	2 614,78	473,85
	Kp	1 873,61	945,17	322,54
		2 780,06	3 559,95	796,39
1976 suunnitelma	R	682,50	2 489,90	198,20
	Kp	1 840,40	1 055,60	401,10
		2 522,90	3 545,50	599,30

Taulukko 8: Toteutuneet murskauspäämäärät työtavoittain v. 1975 ja suunnitelma v. 1976.

Vuosi	Lähtö- materiaali	Yksikköhinta mk/m ³ itd					
		Ab	BS	ös	Kk	Jk	SaSr
1975 Toteutuma	Sora	10,59	6,90	11,47	9,72	9,53	10,46
	Kallio	15,63	12,56	16,80	14,06	12,68	14,29
1976 Suunnitelma	Sora	11,47	8,17	11,50	9,96	8,56	11,21
	Kallio	15,76	8,96	16,71	14,68	14,84	13,35

Taulukko 9: Keskimääräinen yksikköhinta käyttötarkoituksen mukaan vuosina 1975 - 1976.

On huomattava, että yo. taulukon yksikköhinta ei ole vertailukelpoinen taulukossa 5 esitettyyn murskesoran ns. siilohintaan, joka sisältää pelkästään materiaalin kuormauksen laitokseen ja murskauksen.



Kuva 10: Murskesoran 0 - 32...65 mm yksikköhinnat (siilohinnat) tie- ja vesirakennuspiireittäin v. 1975

Kuvassa 10 on esitetty kantavan kerroksen murskesoran 0 - 32...65 mm yksikköhinta (siilohinta) piireittäin v. 1975. Kymen tie- ja vesirakennuspiirissä keskimääräinen yksikköhinta on 10,66 $\text{mk}/\text{m}^3 \text{itd}$, kun taas Mikkelin tie- ja vesirakennuspiirissä vastaava yksikköhinta on 4,12 $\text{mk}/\text{m}^3 \text{itd}$. Piireittaiset hintavaihtelut ovat siis huomattavan suuria. Vertailun vuoksi laskettiin keskimääräiset työkohteen suuruudet Kymen ja Mikkelin tie- ja vesirakennuspiireissä (mukana ovat vain ne kohteet, joissa murskattiin kantavan kerroksen murskesoraa):

Piiri	Työkohteen suuruus keskimäärin $\text{m}^3 \text{itd}$	Kantavan kerroksen murskesoraa 0 - 32...65 mm murskattiin kohteessa keskimäärin $\text{m}^3 \text{itd}$
Kymi	8 573	3 625
Mikkeli	26 474	13 886

Edellä esitetyt luvut selittävät osittain yksikköhinnan vaihtelua. Lisäksi Kymen piirissä kaikki kantavan kerroksen sora murskattiin omana työnä lähes

10 vuotta vanhalla kalustolla, joka poistettiin käytöstä vuoden 1975 jälkeen. Mikkelin piirissä murskattiin lähes kaikki urakalla pelkkää leukamurskainta käyttäen.

Vuoden 1975 lopulla ja vuoden 1976 aikana tehtyjen urakkasopimusten perusteella voidaan arvioida urakalla valmistettujen murskaustuotteiden yksikköhintojen nousun pysähtyneen. Urakalla suoritettavat murskaukset ovat muodostuneet hinnaltaan varsin edullisiksi, sillä yritysten välinen kova kilpailu on painanut hintatason alas. Yleinen rakennustöiden vähentyminen on luonut murskausalalla tällaisen rakennuttajalle edullisen kilpailutilanteen.

3. YSIKKÖHINNAN MUODOSTUMINEN TIE- JA VESIRAKENNUS- LAITOKSEN MURSKAUSTÖISSÄ

3.1 Lähtömateriaalin hankinta

3.11 Sora

Tie- ja vesirakennuslaitos saa tarvitsemansa soran joko omistamistaan sora-alueista tai ostamalla sen yksityiseltä maanomistajalta. Omat sora-alueet on saatu joko ostamalla tai lunastamalla tiealueen lunastuksen yhteydessä varamaanottopaikka, jolloin alueesta maksetaan tietty hinta (esim. mk/ha). Lunastamalla saadun aineksen hinta määräytyy tavallisesti tietoimituksessa. Lähtömateriaalin hinta ($\text{mk/m}^3 \text{itd}$) määräytyy tämän jälkeen, kun arvioidaan alueelta saatavan materiaalin kokonaismäärä.

Materiaalin hankinta yksityiseltä maanomistajalta voi perustua joko suoraan ostoon tai alueen vuokraukseen. Suorassa ostossa sovitaan ostettavasta materiaalista kiinteä hinta (esim. $\text{mk/m}^3 \text{itd}$). Alueen vuokrauksessa muodostaa maksuperusteen alueesta sovittu vuokra (esim. mk/vuosi).

Vuonna 1974 oli karkea jako näiden hankintamuotojen välillä vuotuisesta kokonaistarpeesta seuraava:

- TVL:n oma materiaali 40 %
- ostettu materiaali 60 %.

Taulukossa 10 on esitetty koko maan lähtömateriaalin keskimääräinen hankintahinta ($\text{mk/m}^3 \text{itd}$) ja sen keskihajonta hankintatavoittain. Taulukosta havaitaan, että hankintatapojen välillä ei ole hintaeroa.

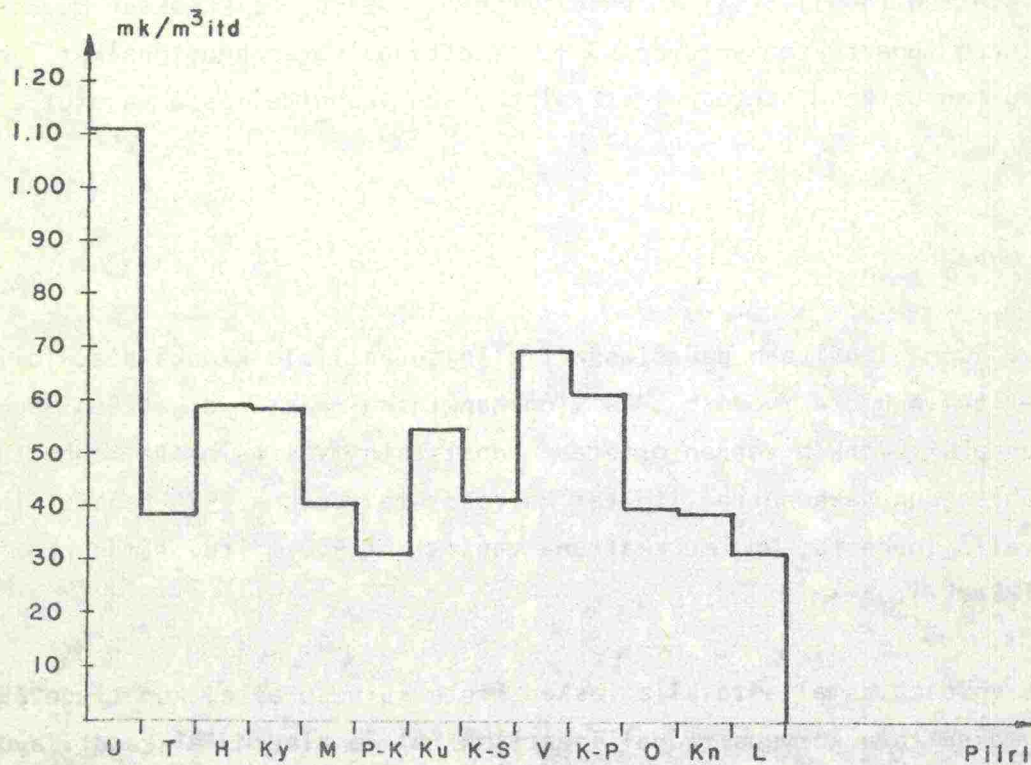
Lähtömateriaalin hinta määräytyy kysynnän ja tarjonnan mukaan. Alueilla, joilla sora on niukalti (Vaasa, Keski-Pohjanmaa, Kymi) tai joilla sen käyttö on

runsasta (Uusimaa, Häme), joudutaan siitä myös maksamaan eniten.

Hankintatapa	Keskiarvo m mk/m ³ itd	Keskihajonta s mk/m ³ itd	Havainnot kpl
TVL:n oma aines	0,39	0,14	60
Yksityiseltä ostettu aines	0,40	0,20	115
Hankintatapaa ei ilmoitettu	0,52	0,23	63
Yhteensä	0,42	0,20	238

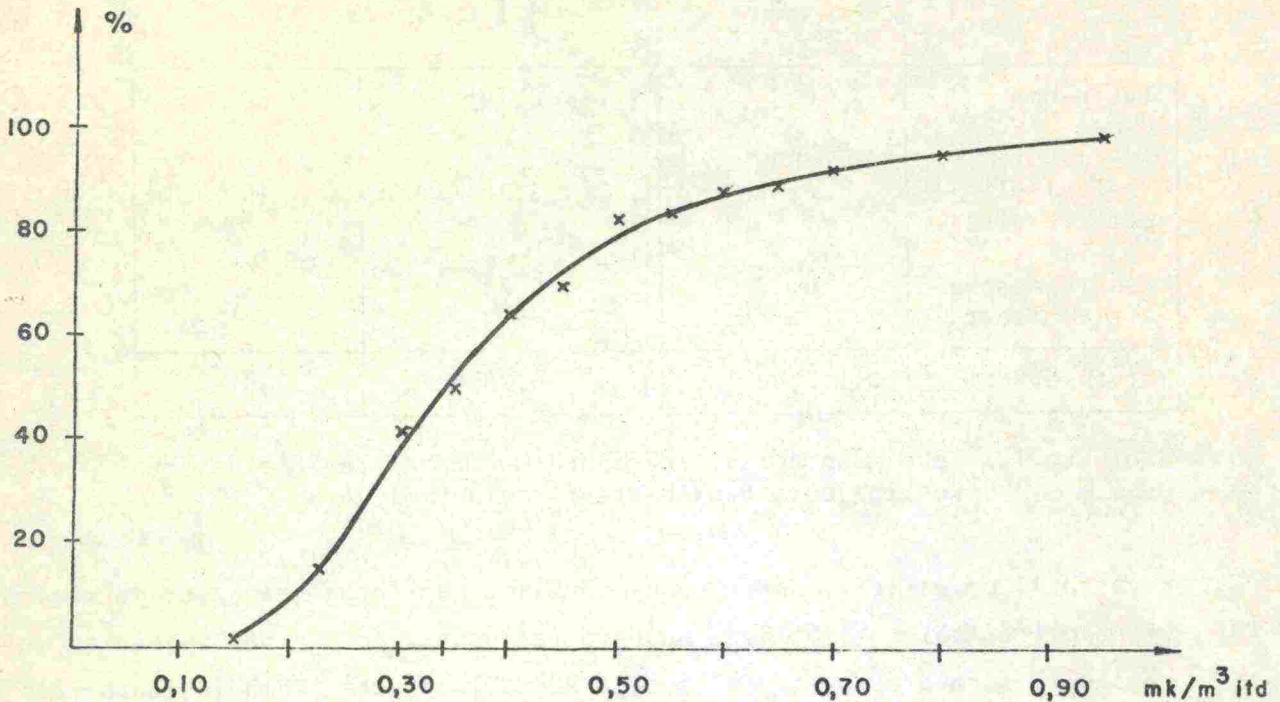
Taulukko 10: Koko maan soran keskimääräinen hankintahinta ja sen keskihajonta hankintatavoittain v. 1974

Kuvassa 11 on esitetty soran keskimääräiset hankintahinnat tie- ja vesirakennuspiireittäin. Yllättävää on havaita Turun seudun alhainen hinta, vaikka siellä soravarat ovat vähäiset ja käyttö runsasta. Tämä johtuu piirin omalle lähtömateriaalille lasketusta alhaisesta hinnasta. Korkein hinta (1,75 mk/m³itd) jouduttiin maksamaan Uudenmaan piirissä läheltä Helsinkiä saatavasta materiaalista.



Kuva 11: Soran keskimääräiset hankintahinnat tie- ja vesirakennuspiireittäin v. 1974

Soran hankintahinnan prosentuaalinen jakautuma on esitetty kuvassa 12. Tämän mukaan 50 % lähtömateriaalista on halvempaa kuin $0,35 \text{ mk/m}^3 \text{ itd}$.



Kuva 12: Soran hankintahinnan prosentuaalinen jakautuma.

Kustannusten raportoinnissa lähtömateriaalin hankinnasta johtuvat kustannukset kohdistetaan tavallisesti murskauslitteralle 9130. Poikkeuksen muodostavat tiealueen lunastuksen yhteydessä lunastettavat varamaanottoapaikat, joiden lunastuskustannus kohdistetaan litteralle 9340 'suunnitelmassa varatut aineenottoapaikat'.

3.12 Louhe

Tarvittava louhe louhitaan pääasiassa tielinjan kalliroleikkauksista, jolloin lähtömateriaalin hinta muodostuu kallion hankintahinnasta ja kallion louhimisesta louheeksi. Jonkin verran ostetaan vuosittain myös valmista louhetta muilta lähiseudun rakennuttajilta tai kaivoksista. Vuonna 1974 hankittiin tällä tavalla louhetta, joka murskattuna vastasi $61\,900 \text{ m}^3 \text{ itd}$. Tämän hankintahinta oli 2 mk/louhe-m^3 .

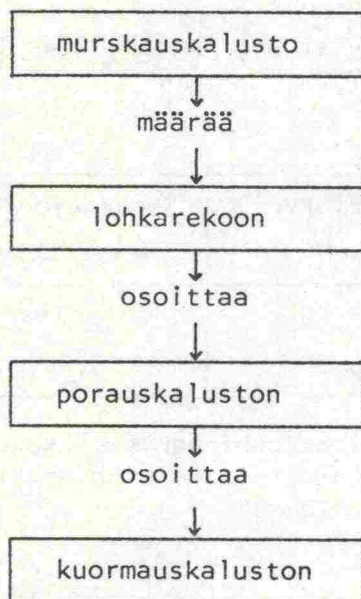
Kalliolle voidaan samalla tavalla laskea hinta kuin soralle, kun tiedetään alueesta maksettava korvaus (tavallisesti mk/ha) ja alueen leikkaustilavuus. Tätä yksikkökustannusta ei kuitenkaan tavallisesti huomioida murskauskustannuksiin, koska se kustannusraportoinnissa liittyy tiealueen lunastuksesta

johtuviin korvauksiin ja louhinta on usein välttämätön itse tiehankkeen toteutumisen kannalta. Tielinjalta louhittava louhe voidaan käyttää joko sellaisenaan pengertäytteeksi tai murskata se tien rakennekerrokseen käytettäväksi murskeeksi.

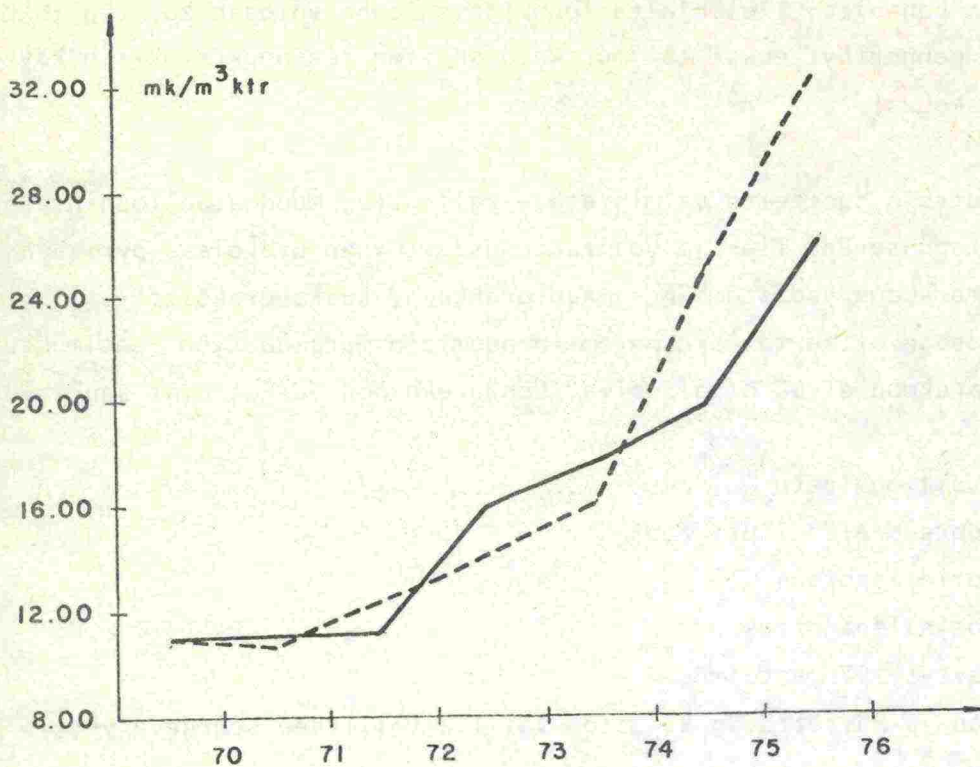
Kun murskattuja tuotteita valmistetaan kalliosta, muodostaa louhinta huomattavan kustannuserän. Tie- ja vesirakennuslaitoksen urakoissa pyritään louhinta ja murskaus yhdistämään samaan urakkaan, koska urakoitsija louhintaa suorittaessaan ottaa tällöin paremmin huomioon murskaustyön vaatimukset. Louheen lohkokokoon pitää olla sopiva. Lohkokokoon vaikuttavat seuraavat tekijät /5/:

- kallion laatu
- porausreiän läpimitta
- ominaisporaus
- ominaispanostus
- sytytysjärjestelmä.

Lohkokokoon ja käytettävän kaluston välillä vallitsee seuraava yhteys /6/:



Kallion louhinnan yksikkökustannuksen kehitys v. 1969 - 1975 tie- ja vesirakennuslaitoksen urakoissa on esitetty kuvassa 13, josta havaitaan, että louhinnan yksikkökustannus on pysynyt melko tasaisena vuoteen 1972 saakka, jolloin kustannuspaine tälläkin alalla on alkanut vaikuttaa.



Kuva 13: Kallion louhinnan yksikköhinnan kehitys TVL:n urakkeissa v. 1969 - 1975.

Vuosi	Keskiarvo (mk/m ³ ktr)	Keskihajonta (mk/m ³ ktr)	Havainnot (kpl)
1974	19,80	3,90	9
1975	26,00	3,20	10

Taulukko 11: Kallion louhinnan yksikkökustannuksen (mk/m³ ktr) keskiarvot ja keskihajonnat v. 1974 - 1975 TVL:n urakkeissa.

Soravarojen vähentyessä joudutaan materiaalin hankinnassa tekemään mm. vaihtoehtoisia kustannusvertailuja ottaen huomioon kuljetusmatkat. Yksi vaihtoehto on selvittää, miten kaukaa soraa tai sora murskettä on taloudellista kuljettaa, jos lähiseudun kalliosta voidaan louhia louhetta ja murskata sitä. Seuraavassa lasketaan tästä esimerkki, jossa tehdään seuraavat oletukset:

- louhinnan yksikkökustannus on 26,00 mk/m³ ktr
- 1 m³ ktr kalliota vastaa 1,8 m³ itä murskettä
- murskauslaitoksen kapasiteetti sekä soran että louheen murskauksessa on yhtä suuri
- soran kuormauskustannus kuljetusvälineeseen on yhtä suuri kuin louheen siirto murskauslaitokseen.

Näillä oletuksilla saadaan murske- m^3 itd kohti lasketuksi louhinnan kustannukseksi

$$\frac{26,00 \text{ mk}/m^3_{\text{ktr}}}{1,8} = 14,40 \text{ mk}/m^3_{\text{itd}}$$

Tämä kustannuserä voidaan 'uhrata' soran kuljetukseen, joka voimassa olevien kuljetusmaksujen mukaan edellyttää soran kuljetusetaisyydeksi maaseutualueella 30 km ja taajama-alueella 25 km (taulukko 15).

Lähtömateriaalin hankinnassa pitäisi pyrkiä entistä suurempaan yhteistyöhön lähiseudun muiden rakennuttajien kanssa, koska Kauranteen /1/ mukaan louhetta jää vuosittain käyttämättä noin 10 miljoonaa m^3 itd. Tästä määrästä suurin osa on kaivosten sivukiveä, mutta jonkin verran myös rakennusten pohjien louhinnassa syntyvää kiveä menee hukkaan.

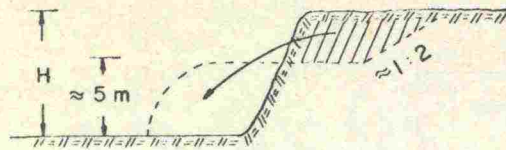
3.2 Alueen raivaus

Murskaukseen käytettävältä sora-alueelta on raivattava pois puut, kannot ja humuspitoinen pintamaa riittävän syvältä sekä mahdollinen lumi ja jää. Samoin on kalliota louhittaessa sen pinta puhdistettava irtomaasta. Kerralla puhdistettavan alueen laajuus määräytyy otettavan materiaalimäärän ja vuodenajan mukaan. Syksyllä ennen maan routaantumista ja lumentuloa raivataan se alue, jolta talvella materiaalia otetaan.

Pintamaan raivaus voidaan kätevimmin suorittaa puskutraktorilla, telakuormaajalla tai pyöräkuormaajalla. Mikäli pintamaat aiotaan kuljettaa pois, on kuormaavien koneiden käyttö edullisempaa.

Murskaustyön kuluessa on rintauksen jyrkät yläosat ja kielekkeet vieritettävä alas heti, kun niitä syntyy. Maan ollessa sula tämä voidaan suorittaa jollakin edellä mainitulla koneella. Talvella routaantunut pintakerros muodostaa kielekkeen, joka usein joudutaan poistamaan räjäyttämällä.

Työn kuluessa on rintausta pyrittävä pitämään enintään 5 m korkuisena /7/. Tämä edellyttää usein rintauksen madaltamista puskemalla materiaalia alas kuvan 14 osoittamalla tavalla.



Kuva 14: Rintauksen madaltaminen /7/.

Kun materiaalin otto kuopasta lopetetaan kokonaan, luiskat on loivennettava ja muotoiltava sellaiseen kaltevuuteen, ettei ole pelättävissä niiden sortumista ja että kasvillisuus pystyy niihin kiinnittymään ja kasvamaan.

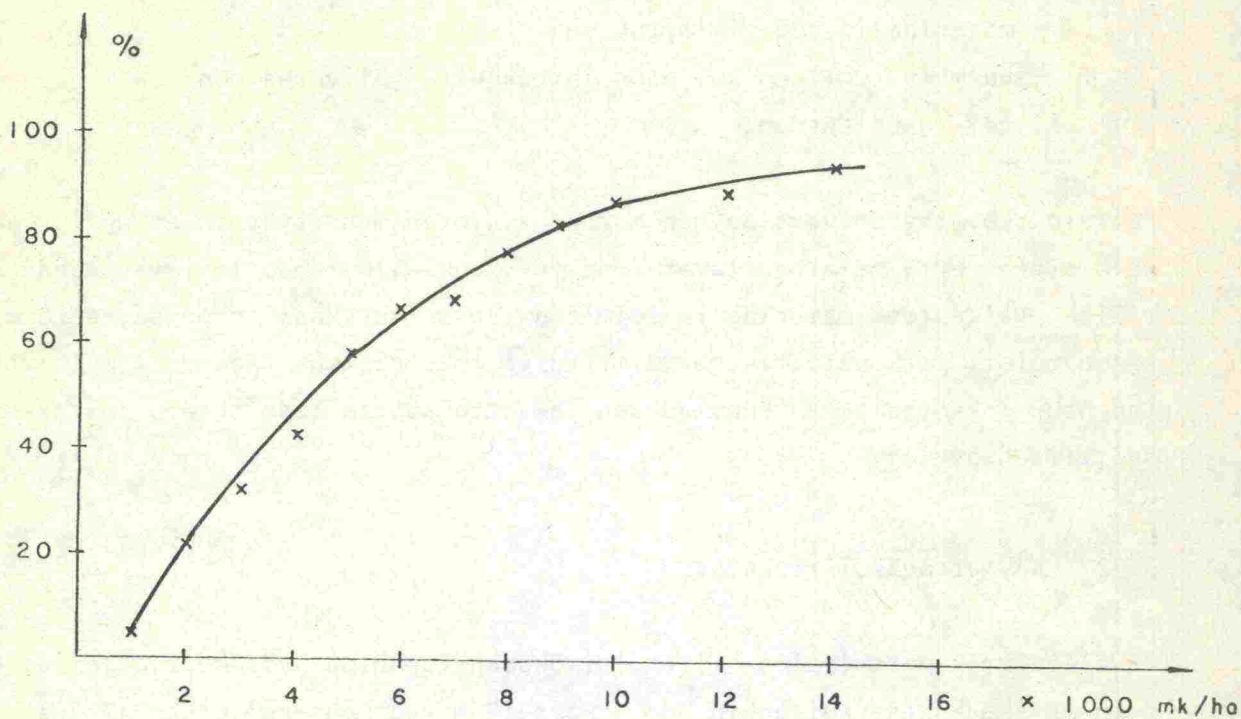
Muita toiminnan kannalta välttämättömiä töitä, jotka voidaan katsoa kuuluvan tähän kohtaan, ovat työmaateiden teko ja kunnossapito, varastokasan perustamiseen liittyvät työt sekä mahdolliset muut alueen jälkihoitoon liittyvät työt kuin luiskien muotoilu ja loiventaminen.

Alueen raivaukseen liittyvistä kustannuksista (mk/ha) saatiin tietoja 72 työkohteesta. Ilmoitetut tiedot sisältävät kaikki mahdolliset edellä mainituista töistä syntyvät kustannukset, sikäli kuin niitä on työkohteessa esiintynyt. Puuston kaadosta johtuvat kustannukset ilmoitettiin erikseen neljästä työkohteesta ja työmaateiden teosta ja kunnossapidosta johtuvat kustannukset 19 työkohteesta. Kustannuksista laskettiin keskiarvo ja keskihajonta sekä kustannus murskattua m³itd kohti. Tämä saatiin jakamalla raivauskustannusten markkamääräinen summa työkohteessa yhdellä kertaa murskatulla kokonaismäärällä. Prosenttijakautuma laskettiin sekä pinta-alaa että tilavuusyksikköä kohti lasketusta kustannuksesta. Kustannusten keskiarvot ja keskihajonnat olivat seuraavat:

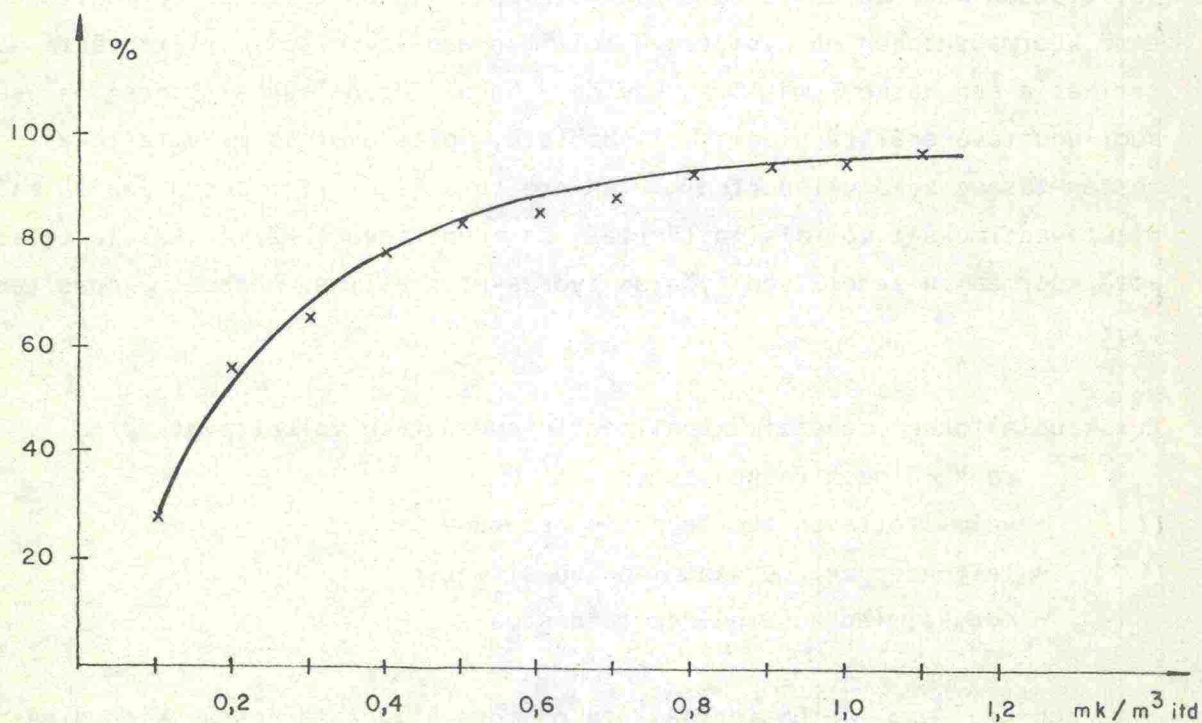
- puuston kaato	1 200 ±	300 mk/ha
- työmaatiet	4 000 ±	3 800 mk/km
- alueen raivaus	6 275 ±	6 038 mk/ha.

Työmaateistä ja alueen raivauksesta johtuvien kustannusten suuri hajonta johtuu siitä, että osassa työkohteista nämä työt on tehty useamman vuoden tarvetta silmällä pitäen, jolloin jonkun työkohteen kohdalla näistä johtuvat kustannukset ovat huomattavan suuret ja seuraavana vuonna samassa paikassa kyseisistä töistä ei synny kustannuksia juuri ollenkaan. Sama pätee myös murskattua kuutiomäärää kohti laskettuihin raivauskustannuksiin.

Kokonaiskustannusten keskiarvo ja keskihajonta murskattua kuutiomäärää kohti on $0,26 \pm 0,21 \text{ mk/m}^3 \text{ itd}$. Kuvassa 15 on esitetty pinta-alayksikköä kohti laskettu raivauskustannusten prosenttijakautuma ja kuvassa 16 vastaava jakautuma laskettuna murskattua kuutiomäärää kohti.



Kuva 15: Raivauskustannusten (mk/ha) prosenttijakautuma.



Kuva 16: Raivauskustannusten (mk/m³ itd) prosenttijakautuma.

3.3 Materiaalin irrotus ja siirto laitokseen

3.31 Yleistä

Samanaikaisesti varsinaisen murskaustyön kanssa tapahtuu kaksi muuta työvaihetta:

- materiaalin tuonti laitokseen
- valmiin tuotteen kuljetus laitokselta välivarastoon tai rakenteeseen.

Kallein työvaihe on varsinainen murskaus, joten muut työvaiheet on järjestettävä siten, että ne aiheuttavat itse murskaukselle mahdollisimman vähän häiriöitä. Vaikeutena materiaalin toimittamisessa murskaamoon on se, että murskaamo toimii jatkuvatoimisena valmistuslaitoksena, kun taas siirto laitokseen tapahtuu jaksottaisena. Kuormauksen jaksottaisuutta tasoitetaan laitoksen syöttimien avulla.

3.32 Käytettävä siirtokalusto

Tavallisimmin materiaalin siirto laitokseen tapahtuu pyöräkuormaajalla. Louheen murskauksessa kuitenkin usein käytetään kuormaus-kuljetus -järjestelmää, koska kallion louhinta ja louheen murskaus eivät tapahdu toistensa välittömässä läheisyydessä.

Valittaessa kuormauskohdetta murskauslaitokselle on valinnan periaatteena se, että kuormauskoneen on pystyttävä toimittamaan laitokselle riittävästi materiaalia sen keskeytymättömän käytön aikana. Tämän lisäksi koneen on usein suoriuduttava eräistä pienistä lisätoista, joita ovat esim. varastokasan kerrosten tasaus sekä ylisuurten kivien erottelu ja siirto. Jotta edellä mainitut vaatimukset voitaisiin täyttää, on tunnettava sekä murskauslaitoksen että kuormaajan tehollisen työajan työsaavutus eli ns. menetelmäkapasiteetti K2.

Murskauslaitoksen menetelmäkapasiteetin suuruuteen vaikuttavat /8/:

- raaka-aineen raekoostumus
- valmistettavan tuotteen raejakautuma
- laitoksen eri murskaimien kapasiteetit
- murskaimien keskinäinen tahdistus.

Mitä suurempi osa lähtömateriaalista on murskattavaa ainesta, sitä pienempi on laitoksen kapasiteetti.

Pyöräkuormaajan menetelmäkapasiteetin suuruuteen vaikuttavat materiaalia laitokseen siirrettäessä /9/:

- kuormaajan koko (paino ja kauhatilavuus)
- kuormattavan materiaalin kaivuluokka
- siirtomatka ja kuljetustie
- kuormaajan kunto ja kuljettajan ammattitaito.

Kapasiteettiin perustuva kuormaajan mitoitusperiaate voidaan esittää seuraavasti /4/:

$$K2_k = \left(1 + \frac{p + h}{100}\right) K2_1 \quad (1)$$

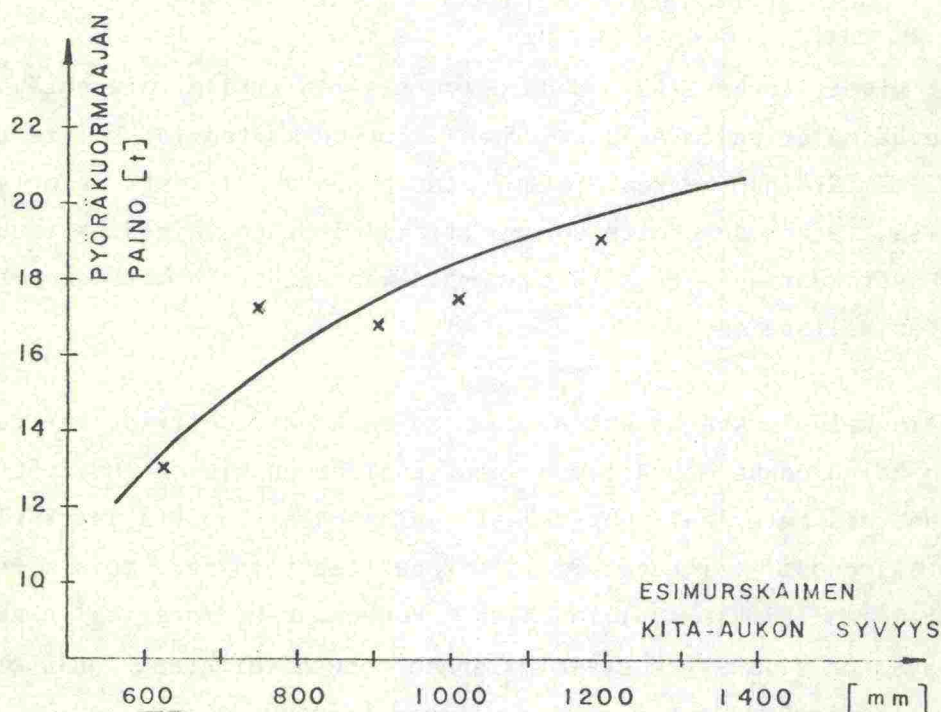
$K2_k$ = kuormaajan tai kuormaajien yhteinen menetelmäkapasiteetti (m^3itd/h)

p = välipälle jäävien ylisuurten kivien määrä laitokseen tuodusta materiaalmäärästä

h = erotettavan hiekan osuus %:na laitokseen tuodusta materiaalmäärästä

$K2_1$ = murskauslaitoksen menetelmäkapasiteetti (m^3itd/h).

Soran murskauksessa pyöräkuormaajan ja esimurskaimen kokojen välillä havaittiin kuvan 17 mukainen riippuvuus. Siinä esimurskaimen kokoa edustaa kita-aukon syvyys.



Kuva 17: Pyöräkuormaajan koon ja esimurskaimen koon välinen riippuvuus soran murskauksessa.

Työn aikana pyöräkuormaajan kantomatka yleensä kasvaa. Mitoitus on tehtävä pisimmän kantomatkan mukaan. Taulukossa 12 on esitetty pyöräkuormaajan menetelmäkapasiteetit eripituisille kantomatkaille /9/.

Kuormaajan painoluokka (tn)	Kaivuluokka (GEO)	Kantomatka (m)		
		10 - 20	20 - 40	40 - 100
KUP 09 (9,01 - 11,00)	K2	150	120	90
	K3	120	95	70
	M1-M2	110	80	65
KUP 11 (11,01 - 14,00)	K2	160	140	110
	K3	140	120	80
	M1-M2	130	105	70
KUP 14 (14,01 - 18,00)	K2	180	165	135
	K3	155	140	105
	M1-M2	145	130	95
	L2	135	110	70
	L3	80	65	50
KUP 18 (18,01 - 25,00)	K2	210	190	170
	K3	190	170	150
	M1-M2	180	160	140
	L2	170	130	90
	L3	105	90	70
KUP 25 (25,01 - 33,00)	L2	215	170	110
	L3	150	125	90

Taulukko 12: Pyöräkuormaajien keskimääräisiä menetelmäkapasiteetteja (m^3 itd/h) kuormattaessa materiaalia murskaamoon. Kaivuluokkaan K:2 kuuluu lähinnä sorat, K:3 somero ja kivikko, M:1 - M:2 löyhät sekä keskitiiviit kiviset moreenit. Louheen kuormausluokkaan L:2 kuuluu keskikarkeaksi räjäytetty louhe ja L:3 karkeaksi räjäytetty louhe.

Ylisuuret kivet, jotka eivät mahdu esimurskaimen kitaan, pienentävät laitokseen menevää materiaalmäärää. Kuormaaja joutuu kuitenkin käsittelemään nämä kivet. Silmämääräinen karkea erottelu tapahtuu tavallisesti materiaalin irrotuspaikassa, tarkemman erottelun suorittaa laitoksen välppä. Ylisuuret kivet vaativat pyöräkuormaajalta sitä suurempaa kapasiteettia mitä enemmän näitä kiviä materiaalissa on.

Materiaalin kaivuluokka vaikuttaa kuormaajan kapasiteettiin. Karkearakeisten maalajien kaivuluokka määräytyy niiden sisältämien kivien (60...600 mm) määrän mukaan. Jos materiaali on lisäksi hyvin suhteittunutta ja tiivistä, on sen irrotus monesti vaikeata. Tällöin kapasiteettiin perustuva mitoitus (kaava 1) voi antaa tulokseksi liian pienen koneen. Lähtömateriaalin kaivuluokka ja rakeisuus on siis syytä arvioida ennen koneen valintaa. Taulukossa 13 on esitetty kaivuluokan ja kivisyiden välinen riippuvuus /10 /.

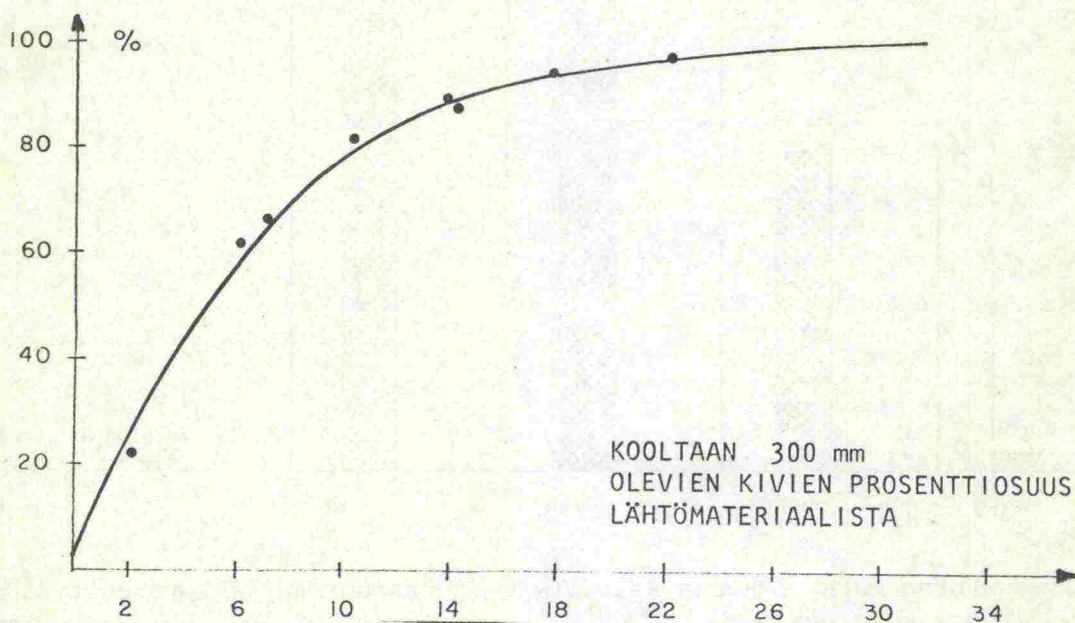
Kivisyys % (60...600 mm)	Nimitys	Lyhennys
0...10	Kivetön	K:1
10...30	Kivinen	K:2
30	Runsaskivinen	K:3

Taulukko 13: Karkearakeisten maalajien ja moreenien kivisyys.

Kyselylomakkeessa pyydettiin ilmoittamaan työkohteen lähtömateriaalin sisältämien yli 300 mm olevien kivien määrä painoprosentteina. Tämä tieto saatiin 351 työkohteesta, joista laskettiin keskiarvo m , keskihajonta s ja prosenttijakautuma

$$m = 7,33 \pm 8,20 \%$$

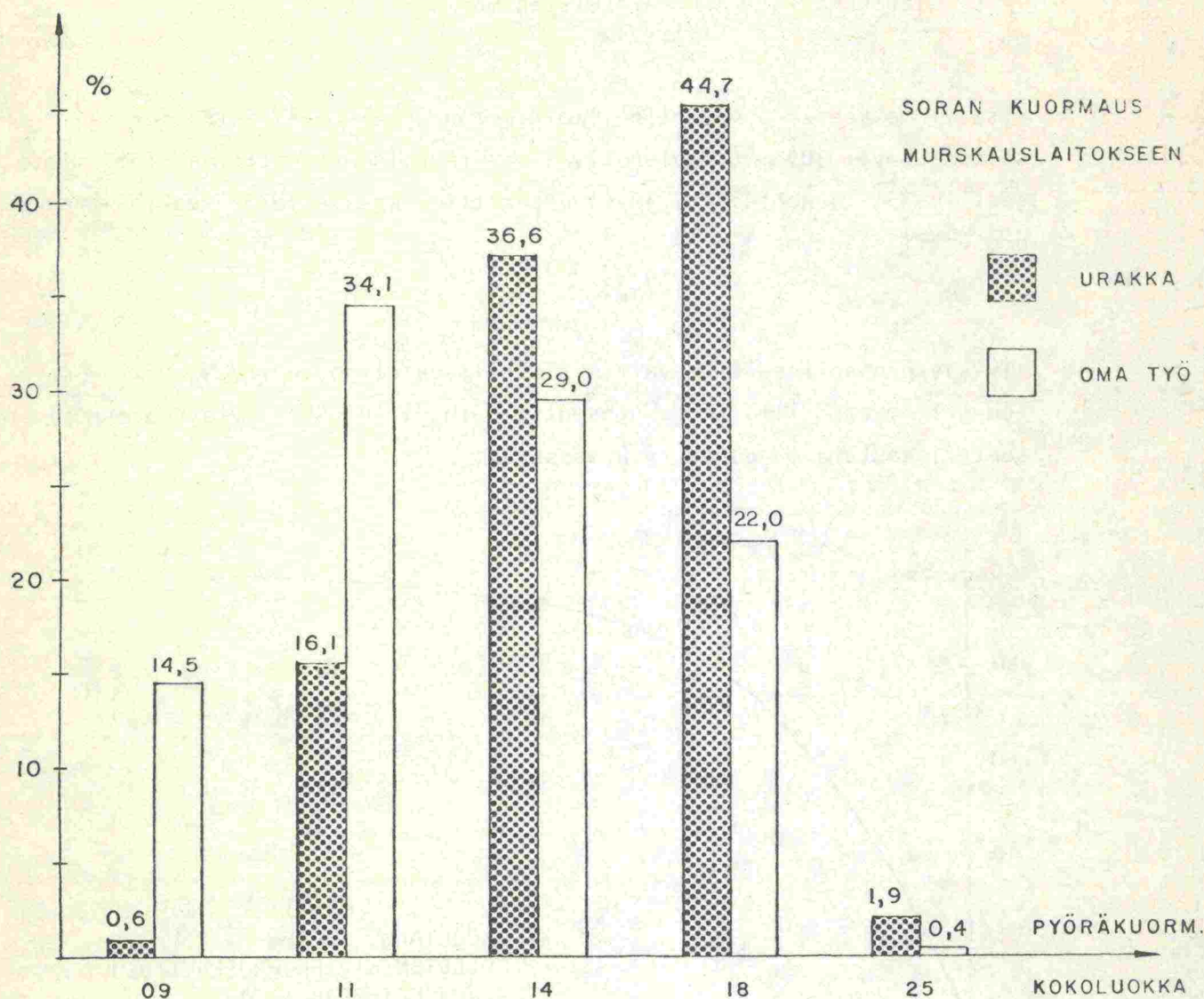
Kivisyysprosentissa ei havaittu alueellista riippuvuutta. Suuri hajonta johtuu siitä, että ilmoitettu prosentti vaihteli 0 - 40. Kivisyysprosentin prosenttijakautuma on esitetty kuvassa 18.



Kuva 18: Lähtömateriaalin kivisyyden prosenttijakautuma.

Työmaan kuormauskoneen kokoluokka ilmoitettiin 416 työkohteesta, joissa lähtömateriaalina oli sora ja kuormauskoneena pyöräkuormaaja. Näistä oli urakoita 161 kpl ja omana työnä tehtyjä 255 kpl. Kuvassa 19 on esitetty työkohteissa käytettyjen kuormaajien prosenttiosuudet eri kokoluokissa. Ku-

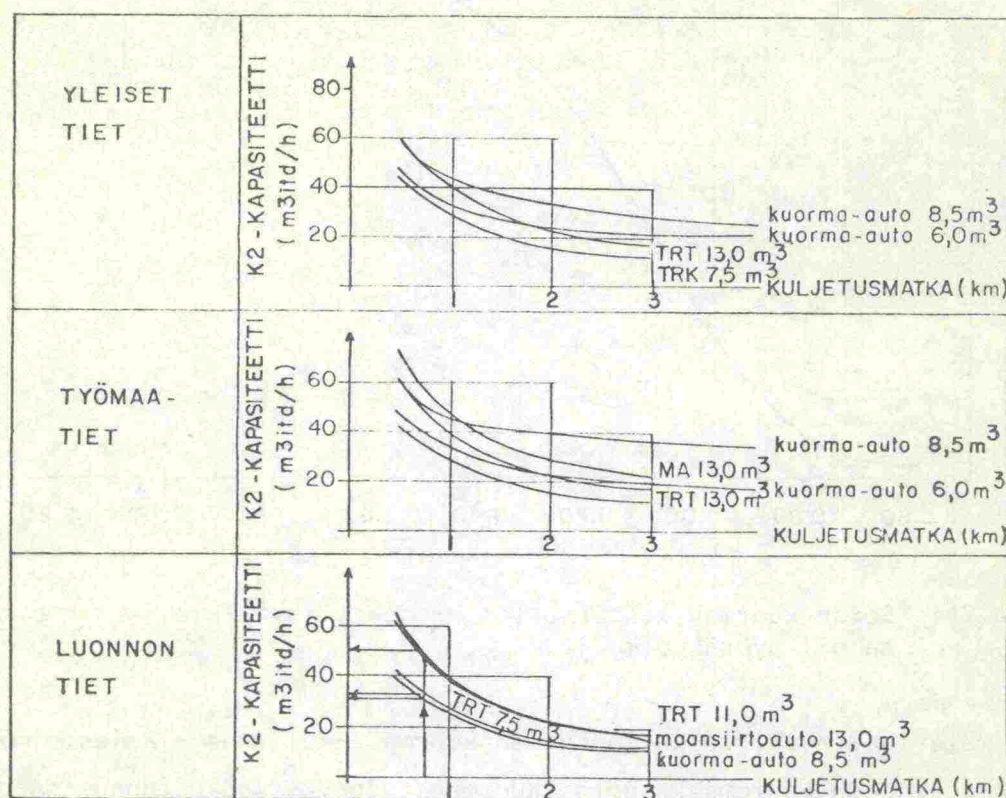
vasta nähdään, että urakoitsijat käyttävät pääasiassa kokoluokkaan KUP 14 ja KUP 18 kuuluvia koneita. TVL:n omilla laitoksilla kuormauskoneet ovat ta-
saisemmin jakautuneet eri kokoluokkiin, mutta silti kokoluokkiin KUP 11 ja
KUP 14 kuuluu n. 63 % kaikista omilla laitoksilla työskennelleistä koneista.
(Esim. KUP 11 = 4-pyörävetoinen pyöräkuormaaja, jonka paino on 11,01-14,00
tonnia)



Kuva 19: Soran murskauksessa käytettyjen pyöräkuormaajien prosenttiosuudet eri kokoluokissa.

Kuormaus-kuljetus -järjestelmää käytettiin 1.1.1974 - 36.6.1975 välisenä aika-
na 23 työkohteessa, joissa materiaalia murskattiin yhteensä $837\,500\text{ m}^3$ itd,
mistä määrästä louhetta $428\,100\text{ m}^3$ itd. Soran murskauksessa käytetään tämän
mukaan kuormaus-kuljetus -järjestelmää työkohteissa, jotka edustavat murs-
kausmäärältään 9 % vuotuisesta kokonaismäärästä.

Kun lähtömateriaalina on louhe, joka tavallisesti louhitaan tielinjalta, niin louhintapaikka ja murskauspaikka eivät yleensä ole toistensa välittömässä läheisyydessä. Tällöin joudutaan käyttämään kuormaus-kuljetus -järjestelmää. Kuormauksessa kuljetusvälineeseen käytetään pyöräkuormaajan ohella myös hydraulista kaivukonetta. Kuljetuskalustona voidaan käyttää kuorma-autoja, maansiirtoautoja tai traktoridumpereita riippuen kuljetusmatkan pituudesta ja kuljettavan tien laadusta ja kunnosta. Kuljetuskaluston suoritteet ajomatkoittain saadaan kuvasta 20. Kuljetuskaluston mitoituksessa on tämän lisäksi vielä otettava huomioon kuormaukseen käytettävä aika.



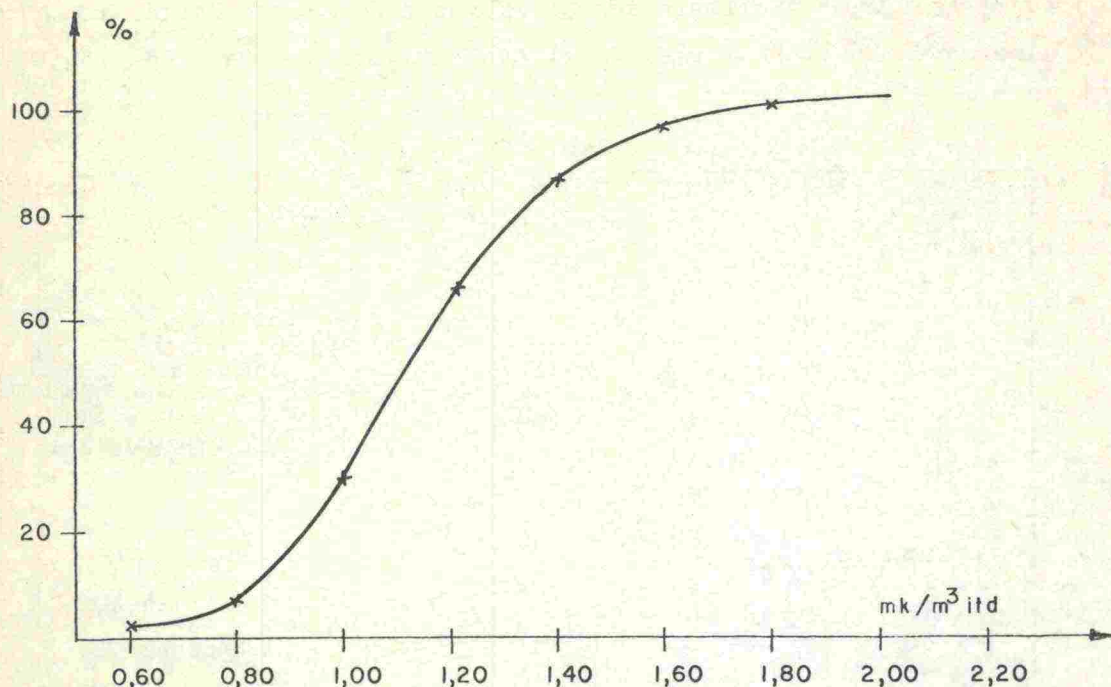
Kuva 20: Kuljetuskaluston suoritteet kuljetusmatkoittain ilman kuormaukseen käytettyä aikaa /11/.

3.33 Materiaalin irrotus- ja siirtokustannukset

Kun materiaalin siirto laitokseen tapahtuu pelkällä kuormauskoneella, riippuvat tuotekuutiota kohden syntyvät kustannukset koneella saavutettavasta kapasiteetista, koska koneen laskutusperusteena on tavallisesti tuntihinta. Tutkimusaineiston piiriin kuuluvista töistä tutkittiin regressioanalyysillä kuormauskustannusten riippuvuutta kuormauskoneen koosta ja lähtömateriaalin kivisyydestä ja havaittiin, että merkitsevää riippuvuussuhdetta ei ole, joten edellä mainituista muuttujista koostuvan regressiomallin esittä-

minen ei ole tarkoituksenmukaista.

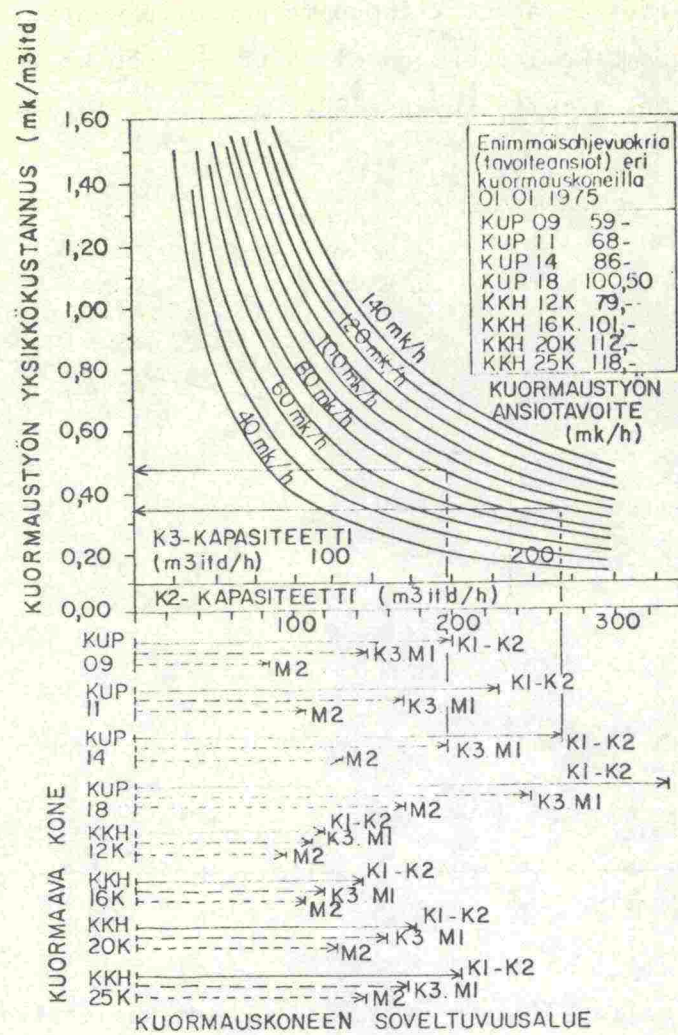
Soran irrotus ja siirto murskauslaitokseen pyöräkuormaajalla maksoi tutkimusajankohtana keskimäärin $1,21 \pm 0,32 \text{ mk/m}^3 \text{ itd}$. Soran kuormauskustannusten prosenttijakautuma on esitetty kuvassa 21.



Kuva 21: Soran kuormauskustannusten prosenttijakautuma, kun kuormauskoneena oli pyöräkuormaaja.

Kun materiaalin siirrossa käytetään kuormaus-kuljetus -järjestelmää, jää kuormauskoneen kantomatta pois. Kuormaustyön yksikkökustannus saadaan tällöin kuvasta 22. Jos kuormauskoneena on pyöräkuormaaja KUP 14 ja materiaalin kaivuluokka on K1 - K2, saadaan kuormaustyön yksikkökustannukseksi $0,35 - 0,47 \text{ mk/m}^3 \text{ itd}$. Kuvan 22 nomogrammia voidaan käyttää myös kuormattaessa louhetta. Kuvassa ei kuitenkaan ole esitetty louheen kuormauskapasiteetteja; ne saadaan taulukosta 14.

Louheen kuormaus pyöräkuormaajalla maksaa koneen koosta riippumatta edellä esitetyn perusteella n. $0,90 \text{ mk/m}^3 \text{ itd}$. Hydraulisella kaivukoneella kuormauskustannus riippuu koneen koosta. Edullisin kustannus saadaan suurimmalle koneelle KKH 25 K, noin $0,90 \text{ mk/m}^3 \text{ itd}$. Vastaavasti KKH 20 K noin $1,20 \text{ mk/m}^3 \text{ itd}$ ja KKH 16 K noin $1,30 \text{ mk/m}^3 \text{ itd}$.

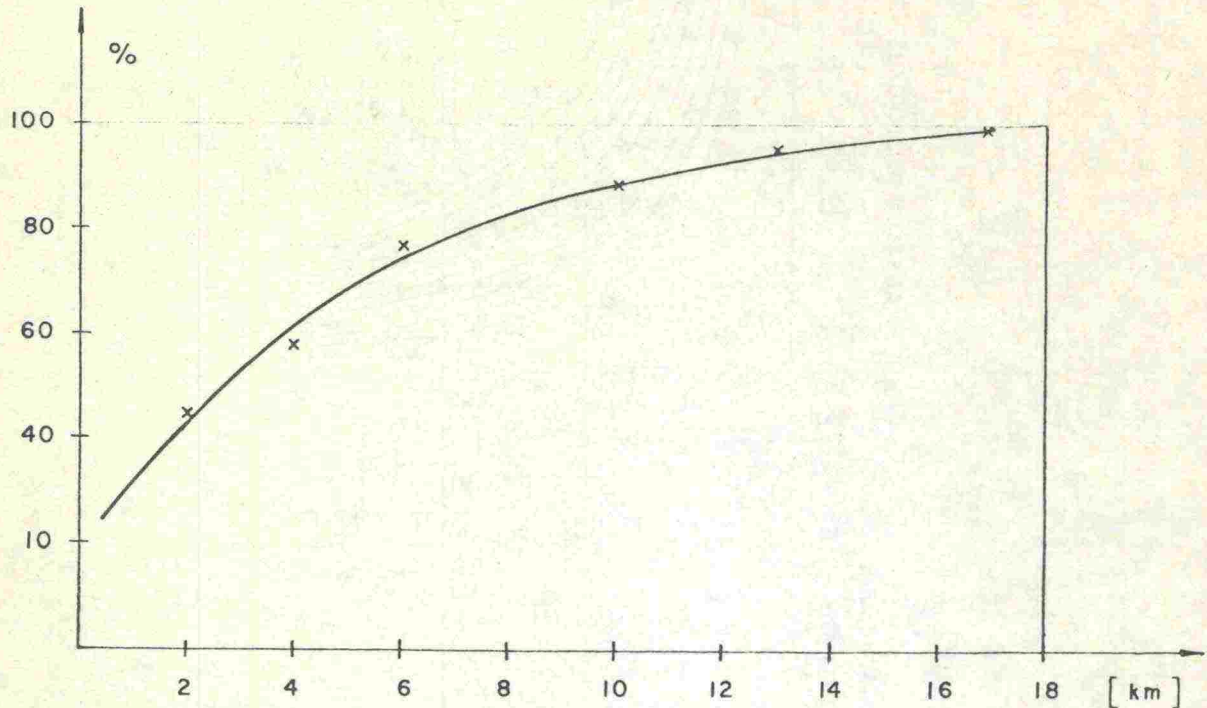


Kuva 22: Kuormaustyön yksikkökustannus /11/.

Koneen koko-luokka		K 2 -kapasiteetti (m ³ itd/h)
Pyörä-kuormaaja	KUP 14	100
	KUP 18	130
	KUP 25	160
Hydraulinen kaivukone	KKH 16 K	80
	KKH 20 K	100
	KKH 25 K	140

Taulukko 14: Kuormauskoneen kapasiteetit louheen kuormauksessa kuljetusvälineeseen. Louheen kaivuluokka L2-L3. Pyöräkuormaajan kantomatka keskimäärin 15 m ja hydraulisen kaivukoneen kääntymiskulma keskimäärin 90° /11/.

Materiaalin kuljetuskustannus riippuu matkan pituudesta. Keskimääräinen materiaalin kuljetusmatka laitokseen oli $4,02 \pm 3,80$ km. Kuljetusmatkan prosenttijakautuma on esitetty kuvassa 23.



Kuva 23: Materiaalin siirto murskauslaitokseen kuljetusvälineellä, matkajakautuma.

Kuljetuskustannusten suuruus matkapituuden funktiona on esitetty taulukossa 15. Maksettavat korvaukset koskevat kuljetuksia, jotka tapahtuvat yleisen liikenteen kuormasuuruuksien moottoriajoneuvoasetuksen mukaisesti ennen 1.7.1975 tapahtunutta akselipainojen korotusta.

Kuljetettaessa yli 50 cm kokoista louhetta suoritetaan siitä maksuihin lii-
sästä kaikilla etäisyyksillä $0,16 \text{ mk/m}^3 \text{ itd } /12/$.

Koneellinen kuormaus

Kuljetus- etäisyys km	Yksikköhintataksa mk/m ³ itd		Kuljetus- etäisyys km	Yksikköhintataksa mk/m ³ itd	
	TL 16	TL 18		TL 16	TL 18
	Maaseutu	Taajama		Maaseutu	Taajama
0 - 0.5	2.14	2.65	20 - 21	10.47	12.10
0.5 - 1.0	2.38	2.94	21 - 22	10.91	12.60
1 - 2	2.83	3.49	22 - 23	11.35	13.09
2 - 3	3.28	4.04	23 - 24	11.79	13.58
3 - 4	3.73	4.58	24 - 25	12.23	14.08
4 - 5	4.17	5.12	25 - 26	12.67	14.57
5 - 6	4.60	5.57	26 - 27	13.10	15.07
6 - 7	4.96	5.96	27 - 28	13.54	15.59
7 - 8	5.32	6.35	28 - 29	13.97	16.09
8 - 9	5.68	6.75	29 - 30	14.41	16.59
9 - 10	6.04	7.14	30 - 31	14.87	17.10
10 - 11	6.40	7.53	31 - 32	15.29	17.59
11 - 12	6.76	7.92	32 - 33	15.72	18.08
12 - 13	7.12	8.32	33 - 34	16.14	18.58
13 - 14	7.48	8.71	34 - 35	16.57	19.08
14 - 15	7.86	9.10	35 - 36	17.00	19.57
15 - 16	8.24	9.61	36 - 37	17.45	20.07
16 - 17	8.74	10.10	37 - 38	17.89	20.56
17 - 18	9.18	10.61	38 - 39	18.32	21.05
18 - 19	9.60	11.11	39 - 40	18.76	21.56
19 - 20	10.04	11.60			

Kuljetusetäisyyksillä > 40 km: Maaseutu 18.76mk/m³itd + 0.44mk/m³itd/km
Taajama 21.56mk/m³itd + 0.49mk/m³itd/km

Taulukko 15: Maa- ja kiviainesten kuljetuksista maksetta-
va korvaus kuljetusetäisyyksittäin, kun kuor-
maus tapahtuu koneellisesti /12/.

3.34 Ylisuurten kivien rikkomiskustannukset

Ylisuuret kivet pyritään nykyisin rikkomaan, jotta materiaalin ottopaikoil-
le ei syntyisi maisemaa rumentavia kivi- ja räjähdyskiviä. Ylisuurten kivien mää-
rä riippuu lähtömateriaalista ja esimurskaimen koosta, joten rikkomisesta
johtuvat kokonaiskustannukset ovat työpaikkakohtaisia. Rikkominen suori-
taan räjäyttämällä. Työnsuoritusta varten tarvitaan porakone, jota tavalli-
sesti käyttää traktorikompressori sekä yksi panostajan pätevyyden omaava
ammattimies, joka suorittaa sekä reikien porauksen että varsinaisen räjäy-
tyksen.

Urakkatarjosten mukaan oli ylisuurten kivien rikkomiskustannukset tutki-
musajankohtana keskimäärin 5,33 ± 1,31 mk/kpl.

Kivien rikkomisesta aiheutuvat kokonaiskustannukset voivat työkohteessa suurimmillaan nousta jopa 100 000 mk, sillä viidessä työkohteessa havaittiin kivien määrän vaihtelevan 10 000 kpl:sta 25 000 kpl:seen. Tällaisissa työkohteissa pitäisi tarjouspyyntökirjeessä asettaa työssä käytettävälle esimuruskaimelle pienin sallittu koko, joka määräytyisi lähtömateriaalissa olevien kivien keskimääräisen koon perusteella.

3.4 Murskaus

3.41 Yleistä

Kaikki toiminta edellyttää tuotantotekijäin käyttöä. Murskaustoiminnassa tuotantotekijät voidaan ryhmitellä esim. seuraavasti:

- työvoima
- koneet ja laitteet
- käyttövoima
- hallinto.

Tuotantotekijäin perusteella kustannukset ryhmitellään vastaaviin kustannuslajeihin. Kustannusten luonteen mukaan voidaan ne jakaa

- kiinteisiin kustannuksiin ja
- muuttuviin kustannuksiin.

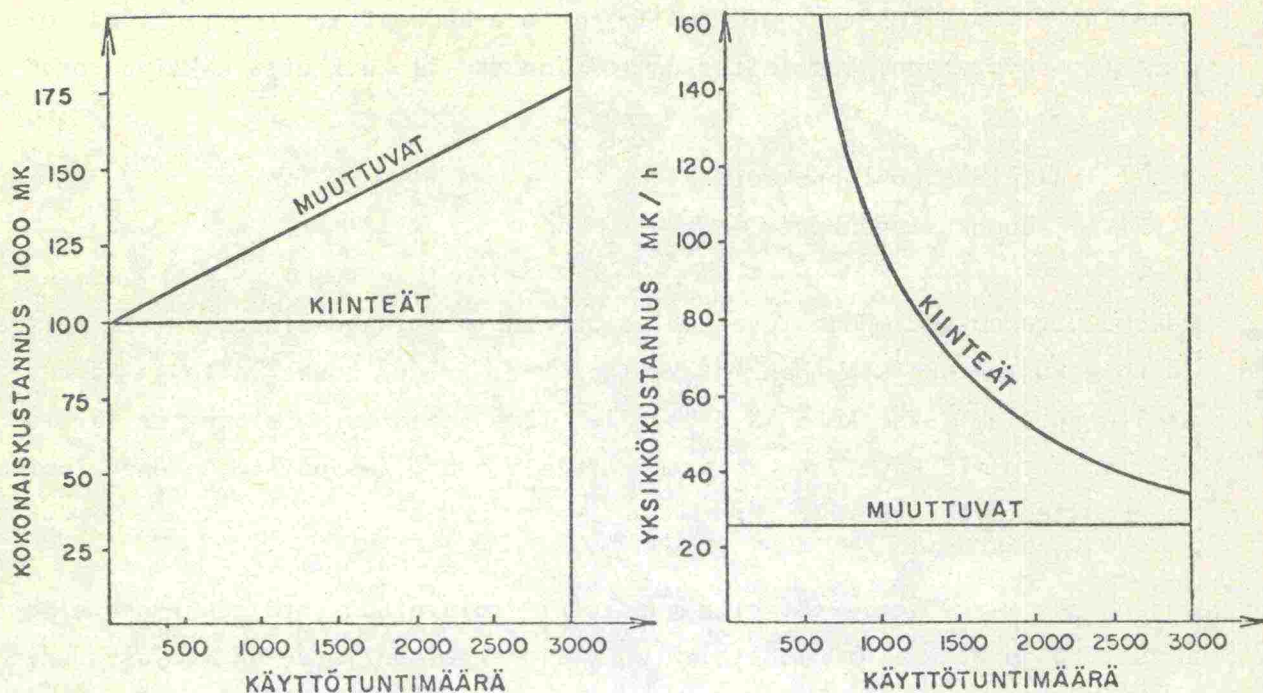
Tällä jaolla pyritään selvittämään niitä vaikutuksia, joita toiminta-asteen vaihtelut aikaansaavat eri tilanteissa.

Kiinteät kustannukset ovat kustannuksia, joiden suuruus määrättyinä ajanjaksona on riippumaton toiminta-asteesta ja tuotannon määrästä. Kiinteiksi voidaan lukea seuraavat kustannukset:

- pääomakustannukset
- laitoksen henkilökunnan palkat sosiaalikuluneen
- yhteiskustannukset (keskushallinto).

Muuttuvat kustannukset ovat kustannuksia, jotka jatkuvasti muuttuvat tuotantomäärän mukaan. Ne voivat olla joko suoraan verrannollisia tai nousta ja laskea hitaammin tai nopeammin kuin tuotantomäärä. Muuttuvia kustannuksia ovat:

- laitoksen perustamis- ja siirtokustannukset
- korjaus- ja huoltokustannukset
- käyttövoima
- matka- ja päivärahat
- ylijäämä (verot, voitto, riski).



Kuva 24: Kiinteiden ja muuttuvien kustannusten vaikutus kokonais- ja yksikkökustannuksiin käyttötuntimäärän funktiona /13/.

Murskaustoiminnassa kiinteiden kustannusten osuus on Ukkosen mukaan 64-69 % /14, 15/. Näiden kustannusten kiinteyden takia ovat murskaustuotteiden yksikkökustannukset ja toiminnan taloudellisuus suuresti riippuvaisia saavutetusta toiminta-asteesta. Katetuottolaskelmien mukaan kustannukset tulevat katetuiksi vasta kun noin 89 % asetetusta tulostavoitteesta on saavutettu /14/. Tämä osoittaa, että murskaustoiminnan kannattavuuden varmuusmarginaali on pieni ja kannattavuusrajan 0-pisteen saavuttaminen edellyttää korkeaa toiminta-astetta.

Työn tuottavuus ilmaistaan aikaansaadun tuoteyksikön ja sen tekemiseen tarvittavien tuotantotekijöiden osamääränä. Tuottavuus on sitä parempi mitä enemmän mursketta aikaansaadaan samoilla panosyksiköillä, eli tuottavuus kasvaa, kun murskauslaitoksen kapasiteettia lisätään. Toisaalta toiminta-astetta pienentävät eri syistä johtuvat seisokit, joiden suuruus kokonaisajasta on noin 20 %. Suurin osa seisokeista voidaan poistaa rationalisoinnilla ja saada siten tuottavuus paranemaan. Toinen keino on investointien lisääminen, eli hankkia tehokkaampia koneita ja laitteita, mikä taas helposti voi johtaa kapasiteetin ylimitoitukseen ja sitä tietä toiminta-asteen alenemiseen ja kannattavuuden huononemiseen.

Seuraavassa lähdetään selvittämään pelkän murskaustoiminnan kustannuksia oletamalla, että laitoksen vuotuinen toiminta-aika on 2 500 tuntia. Tämä toiminta-aste saavutetaan, kun laitos on toiminnassa 11 kuukautta kaksivuorotyössä.

3.42 Kiinteät kustannukset

3.421 Pääomakustannukset

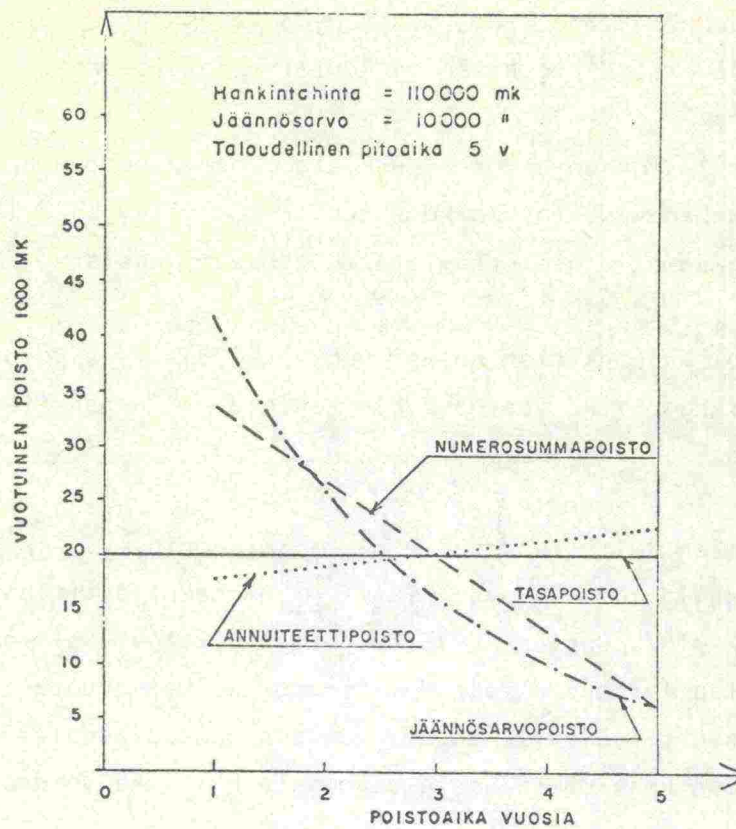
Pääomakustannukset muodostuvat kaluston hankintahinnan aiheuttamista poisto- ja korkokustannuksista. Hankintakustannukset tulee, koska laitosta käytetään useita vuosia, jakaa koko käyttöajalle. Tämä tapahtuu poistoina erilaisia poistomenetelmiä käyttäen. Poistomenetelmiä ovat: tasapoisto, aleneva poisto ja annuiteettipoisto /13/.

Tasapoisto merkitsee sitä, että vuosittain poistetaan yhtä suuri osa sijoitettusta pääomasta. Tämä menetelmä on yksinkertainen ja se on laajassa käytössä sekä yrityksen kirjanpidossa että kustannuslaskennassa. Tasapoisto ei kuitenkaan anna täysin oikeaa kuvaa laitoksen pääomakustannusten kehityksestä, koska laitoksen arvon aleneminen on yleensä nopeampaa alkuvuosina kuin myöhemmin.

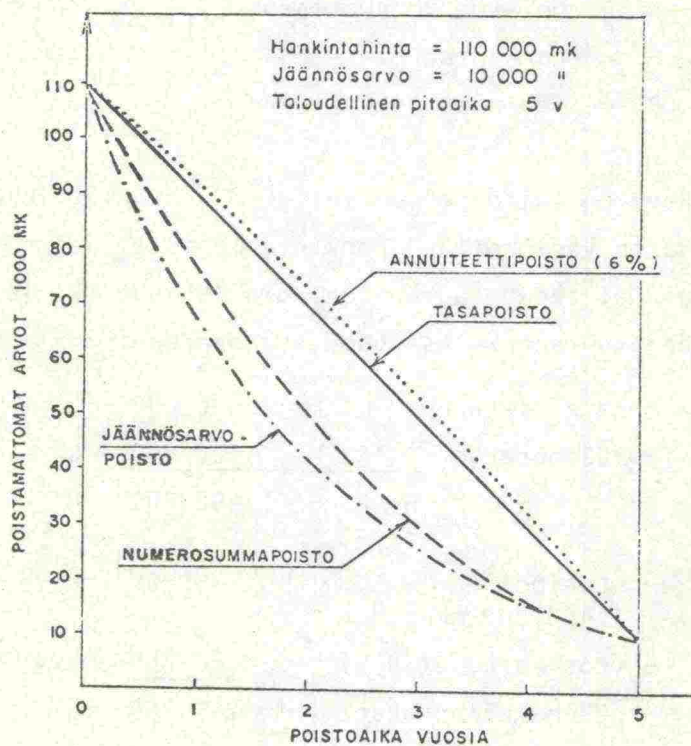
Alenevaa poistomenetelmää käytettäessä poistetaan ensimmäisinä vuosina enemmän kuin myöhemmin. Tämän johdosta aleneva poistomenettely on usein lähellä teoreettisesti oikeata. Menetelmässä poistetaan vuosittain aina sama prosentuaalinen osuus kulloisestakin jäännösarvosta. Poistettava prosenttimäärä on aina harkittava tapauksesta riippuen.

Annuiteettimenetelmässä määrätään vuotuinen poisto siten, että sen ja koron yhteissumma on vuosittain vakio. Poiston ja koron osuudet muuttuvat täten joka vuosi, koska korko lasketaan vain poistamattomalle pääomalle. Alkuvuosina ei annuiteettiin mahdu kuin vähän poistoa, loppuvuosina tilanteen ollessa päinvastainen. Lopputuloksen kannalta tällä ei ole merkitystä, jos vain poistoaika on oikein valittu.

Kuvassa 25 on esitetty poistot vuosittain eri menetelmissä. Siinä numero-summapoisto ja jäännösarvopoisto ovat alenevia poistomenetelmiä ja eroavat merkittävästi annuiteetti- ja tasapoistomenetelmistä. Eri poistomenetelmät johtavat kuitenkin samaan jäännösarvoon (kuva 26).



Kuva 25: Vuosittaiset poistot eri menetelmissä /13/.



Kuva 26: Eri poistomenetelmien graafinen vertailu /13/.

Laskettaessa pääomakustannuksia TVL:n omille laitoksille suositellaan käytettäväksi jäännösarvopoistoa, mutta myös tasapoistoa voidaan käyttää /16/. Jäljempänä olevassa esimerkissä on käytetty tasapoistoa.

Poisto vastaa laitoksen arvon alenemista, joka aiheutuu kulumisesta ja teknillisestä vanhenemisesta. Korkokustannuksia syntyy sekä lainojen koroista että omalle pääomalle asetettavista tuottovaatimuksista.

Murskauslaitoksen hankintahinnaksi vuoden 1976 alussa voidaan arvioida 1,5 miljoonaa markkaa, mikä vastaa TVL:n Lapin piiriin hankittavan ML-75 laitoksen hintaa.

Poistoaika omien laitosten osalta oli aikaisemmin esi- ja jälkimurskainyksiköiden kohdalla 10 v ja syötinyksikön, hihnakuljettimien ja lajitinyksikön kohdalla 6 v /16/. Uusien ML-75 laitosten poistoaikaksi lasketaan 8 v, mikä paremmin vastaa laitoksen taloudellista pitoaikaa. Vuotuiseksi korkoprosentiksi oletetaan tässä 10 %. Korko voidaan laskea usealla eri tavalla. Tässä korko lasketaan keskimääräisestä pääomasta Hk, joka voidaan laskea kaavalla /13/:

$$H_k = \frac{n + 1}{2n} (H - R) + R \quad (2)$$

missä

- n = poistoaika vuosissa
- H = hankintahinta
- R = jäännösarvo

Poistojen jälkeen on laitoksella tietty jäännösarvo, joka pääomakustannuksia laskettaessa on vähennettävä hankintahinnasta. Jäännösarvona käytetään tässä ns. romuarvoa, jonka suuruus on noin 100 000 mk, jos romuraudan hinta on 1 mk/kg. Pääomakustannuksiksi vuodessa saadaan:

- hankintatunnus	H =	1 500 000	mk
- jäännösarvo	<u>R =</u>	<u>100 000</u>	mk
	H - R =	1 400 000	mk
- vuosipoisto			
	1 400 000 mk :	8 v	175 000 mk/v
- vuosikorko (10 %)			
	<u>88 750</u>	mk/v	
- pääomakustannukset yht.			
	263 750	mk/v	

Pääomakustannuksiksi oletetulla toiminta-asteella (2 500 h/v) saadaan 105,50 mk/h.

3.422 Laitoksen käyttöhenkilökunnan palkka- ja sosiaalikulustannukset

Nykyisin pyritään työn rationalisoinnilla ja laitoksen teknisillä parannuksilla pienentämään murskauslaitoksella tarvittavan henkilökunnan määrää. Tie- ja vesirakennuslaitoksen vanhoilla murskauslaitoksilla käyttöhenkilöstön määrä on urakoitsijoihin verrattuna suurempi, koska urakoitsijoiden laitokset ovat uudempia ja siten teknisesti kehittyneempiä. Urakoitsijan käyttämä henkilökunta on tavallisesti: työnjohtaja, konemies ja syöttäjä. Myös TVL:n uusien ML-75 laitosten suunnittelussa on asetettu tavoitteeksi vastaava miesvahvuus.

Käyttöhenkilökunnan kiinteisiin palkkakustannuksiin kuuluu vain peruspalkat. Päivärahat, kilometrikorvaukset ja tuotantopalkkio ovat muuttuvia kustannuksia, joita syntyy vasta kun laitos on toiminnassa. Työntekijöille maksettujen palkkojen lisäksi joutuu työnantaja maksamaan erilaisia henkilösivukustannuksia, joiden suuruus maksetuista palkoista on noin 50 %.

Laitoksen käyttöhenkilöstön kiinteiksi palkka- ja sosiaalikulustannuksiksi vuodessa saadaan:

Työnjohto

- peruspalkka 3 300 mk/kk	40 000 mk/v
- henkilösivukustannukset	<u>20 000</u> "
yht.	60 000 mk/v

Ammattimiehet (2 kpl)

- peruspalkka 2 500 mk/kk	60 000 mk/v
- henkilösivukustannukset	<u>30 000</u> "
yht.	90 000 mk/v

Palkka- ja sosiaalikulustannukset yht. 150 000 mk/v

Kiinteät palkka- ja sosiaalikulustannukset työtuntia kohti ovat 60,- mk.

3.423 Yrityksen yleiskustannukset

Yrityksen yleiskustannukset muodostuvat murskaustoimintaa hoitavan organisaation aiheuttamista kustannuksista. Näistä voidaan käyttää myös nimeä hallintokustannukset, joita ovat

- toimistohenkilökunnan palkat
- muut toimistokustannukset (puhelin, posti)

- kiinteistökustannukset (vuokrat, lämmitys, sähkö)
- työmaan sosiaalituloista johtuvat kustannukset.

Tähän ryhmään sisällytetään usein myös laitoksen varastoinnista ja vakuutuksista syntyvät kustannuserät sekä verot ja voitto.

Laadittaessa murskaustyön kustannusarviota laitoksen omalle kalustolle arvioidaan yleiskustannusten suuruudeksi 5 % varsinaisen murskauksen (luvun 3.4) kokonaiskustannuksista. Tähän eivät sisälly vakuutuskustannukset eivätkä verot ja voitto. Vuonna 1975 oli TVL:n Hämeen piirissä ML-75 laitoksen kohdalla yleiskustannukset 68 900 mk. Vastaavana aikana laitoksen toiminta-aste oli 2 600 h, joten yleiskustannukset työtuntia kohti olivat 26,50 mk.

Murskaustoimintaa harjoittavalle yritykselle syntyy vakuutuskustannuksia murskauslaitosten ja kiinteän omaisuuden (konttori- ja korjaamorakennukset) palovakuutuksista. Toinen mahdollinen vakuutusmuoto on vastuuvakuutus, joka on tarkoitettu turvaamaan kolmanteen henkilöön ja vieraaseen omaisuuteen kohdistuvat vahingot.

Vakuutuskustannusten suuruus on yrityskohtainen ja riippuu vakuutusten määrästä ja siitä, mistä arvosta koneet ja kiinteistöt on vakuutettu.

3.43 Muuttuvat kustannukset

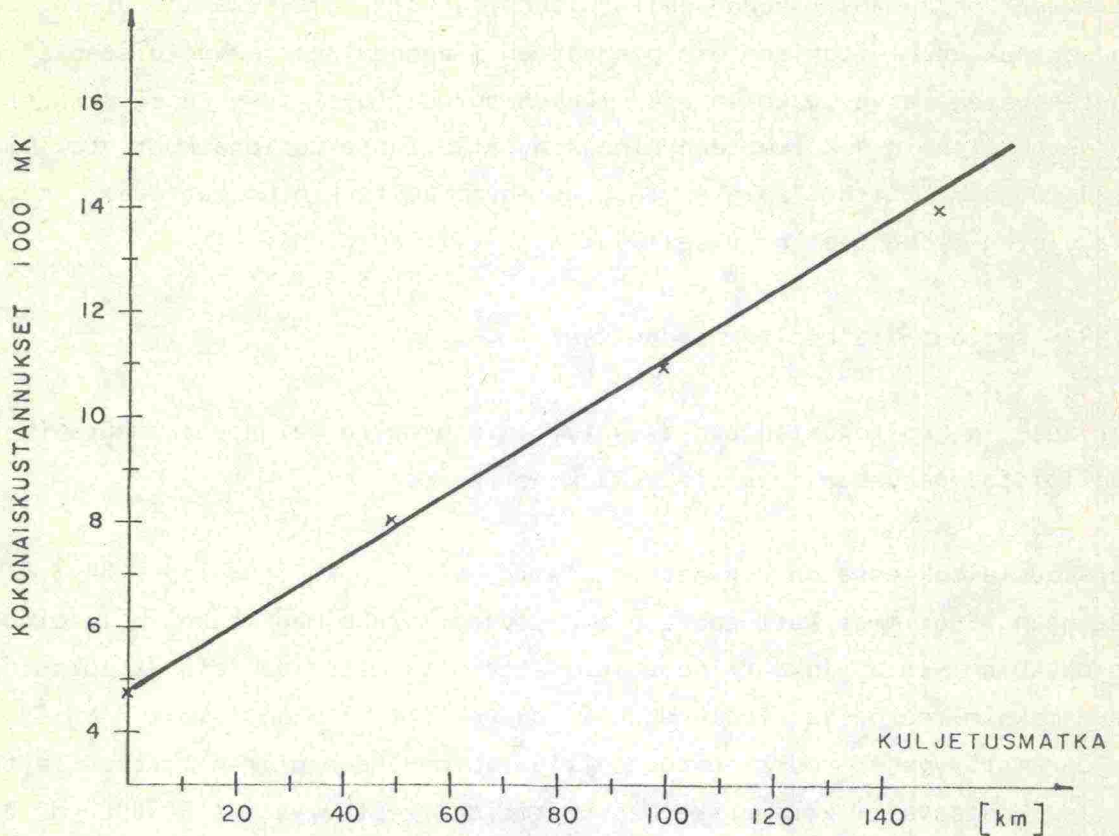
3.431 Perustamis- ja siirtokustannukset

Tie- ja vesirakennuslaitoksen työt vaativat murskauskalustolta hyvää siirrettävyyttä ja nopeaa pystytystä ja purkua, koska laitoksia joudutaan siirtämään keskimäärin 4-5 kertaa vuodessa. Yleensä pyritään siihen, että laitoksen purkamisen ja pystyttämisen suorittaa laitoksen käyttöhenkilökunta. Sen määrä on murskaustyön vuorotyöluonteen vuoksi tavallisesti riittävä, koska optimitoimintayksikkömaanrakennusalan standardien /11/ mukaan on neljä ammattimiestä + pyöräkuormaaja. Kokoluokkaa ML-6 laitoksen pystytys ja purku kestää noin neljä päivää, mikäli työ on huolella suunniteltu ja sen suorittaa ammattitaitoinen henkilökunta.

Murskausalun standardien työmenetelmää käyttäen saadaan pystytys- ja purkukustannuksiksi:

- neljä ammattimiestä (15 mk/h)	1 900 mk
- pyöräkuormaaja KUP 14 (89 mk/h)	<u>2 800 "</u>
pystytys ja purku yhteensä	4 700 mk

Laitoksen siirtokustannukset riippuvat kuljetusmatkan pituudesta. Usein painorajoitetut sillat estävät käyttämästä lyhintä mahdollista reittiä. Kuvas-
sa 27 on esitetty ML-6 laitoksen purku-, pystytys- ja siirtokustannukset kuljetusmatkan pituuden funktiona. Tarvittava kuljetuskaluston määrä eri kuljetusetäisyyksille on saatu maarakennusalan standardeista. Kuljetuskalustolle maksettava korvaus on laskettu TVL:n kuljetusmaksuneuvottelukunnan mietinnön ehdotusosan mukaan käyttäen yhdistettyä kilometri- ja tuntikorvausta.



Kuva 27: ML-6 laitoksen purku-, pystytys- ja siirtokustannukset kuljetusmatkan funktiona.

	Kustannus	2-vaihelaitos		3-vaihelaitos	
		keski- arvo	keski- hajonta	keski- arvo	keski- hajonta
Urakoit- sijan laitos	mk	11 279	5 136	35 479	24 412
	mk/m ³ itd	0,52	0,38	1,02	0,17
TVL:n laitos	mk	15 452	6 932	-	-
	mk/m ³ itd	0,98	0,54	-	-

Taulukko 16: Murskauslaitoksen purku-, pystytys- ja siirtokustannukset vuosina 1974 - 1975.

Jos soraurskauslaitosta siirretään neljä kertaa vuodessa, ovat siirroista syntyvät kokonaiskustannukset

$$4 \times (11\,279 \text{ mk} + 15\,452 \text{ mk}) / 2 = 53\,462 \text{ mk/v}$$

ja työtuntia kohti lasketuksi kustannukseksi saadaan 21,40 mk.

Murskauslaitoksen purku-, pystytys- ja siirtokustannukset muodostavat huomattavan kustannuserän. Jos työkohteet ovat pieniä ja niiden keskinäinen ohjelmointi on huonosti suunniteltu, joudutaan siirtoja tekemään usein. Tästä on seurauksena laitoksen toiminta-asteen pieneneminen ja vuotuisten siirtokustannusten kasvu. Ukkosen /14/ mukaan purku-, pystytys- ja siirtokustannukset ovat noin 4 % tuotteen hinnasta, mikä tuotekuutiota kohti tekisi noin 0,20 - 0,30 mk/m³itd. Taulukon 16 arvot ovat kuitenkin huomattavasti korkeampia, joten työkohteet nykyiselläänkin ovat liian pieniä.

3.432 Korjaus- ja huoltokustannukset

Korjaus- ja huoltokustannuksia syntyy kulutusosien vaihdosta, määräaikaishuolloista, peruskorjauksista sekä konerikoista.

Murskauslaitoksessa on runsaasti kuluvia osia, jotka joudutaan määräväleihin uusimaan. Suurimmat kustannukset aiheutuvat murskaimen leukojen ja sivukiiilojen kulumisesta, joka riippuu murskattavasta materiaalista ja lopputuotteen maksimiraekoosta. Taulukossa 17 on esitetty leukamurskaimen MK-63 leukojen kestävyys eri murskaustuotteille TVL:n Hämeen piirin murskauslaitoksilla. Vastaavasti karamurskaimen kartioiden kestävyys oli 50 000 - 80 000 m³itd, johon määrään sisältyi rakeisuudeltaan erilaisia tuotteita /17/.

Tuote	Kiinteä leuka	Liikkuva leuka
0 - 12	3 000 - 5 000 m ³ itd	5 000 - 9 000 m ³ itd
0 - 18	5 000 - 10 000 "	10 000 - 18 000 "
0 - 35	8 000 - 11 000 "	12 000 - 18 000 "

Taulukko 17: Leukamurskaimen MK-63 leukojen kestävyys eri murskaustuotteilla /17/.

TVL:n Uudenmaan piirin omalla murskauslaitoksella havaittiin työmaapäiväkirjojen perusteella seuraavat kartioiden kestävyudet, kun murskattava tuo-

te oli 0 - 25 mm:

- ylimmäinen kartio	47 700	±	9 400	m ³ itd
- alimmainen kartio	30 400	±	12 800	"

Muita kuluvia osia ovat mm. seulaverkot, kuljettimien hihnat ja rullat sekä kiilahihnat. Nämä ovat kuitenkin leukakustannuksiin verrattuna huomattavasti pienempiä kustannuseriä. Voiteluaineet, pienehköt varaosat (kuten esim. laakerit) sekä sekalaiset tarvikkeet eivät varsinaisesti kuulu kuluviin osiin, mutta yleensä ne voidaan sisällyttää edellä mainitun nimikkeen alle, koska niiden markkamääräinen osuus ei ole kovin suuri.

Määräaikaishuollot käsittävät erilaisia tarkistuksia, voitelua ja öljynvaihtoa ja ne suoritetaan huolto-ohjeiden mukaisesti määrävälein.

Laitoksen iän ja käyttömäärän lisääntyessä on konekorjauksiin käytettävä yhä enemmän varoja. Tämä kustannusten lisääntyminen ei kuitenkaan tapahdu suoraviivaisesti, koska määrävälein suoritettavat peruskorjaukset aiheuttavat jyrkkiä portaita korjauskustannusten summakäyrään.

Vuonna 1975 oli TVL:n Hämeen piirin ML-75 laitoksen korjaus- ja huoltokustannukset 131 600 mk, mikä tekee käyttötuntia kohti (2 600) 50,60 mk.

3.433 Energiakustannukset

Murskauslaitoksen tarvitsema käyttövoima saadaan joko valtakunnallisesta sähköverkosta tai erillisestä dieselgeneraattorista.

Sähköverkon käyttö energialähteenä tulee kysymykseen suurissa työkohteissa tai kohteissa, joissa linja on lähellä perustettavaa laitosta. Sähköverkosta saatava energia on kuitenkin halvempaa kuin dieselgeneraattorin tuottama energia, mutta sähkölinjan rakentaminen ja mahdollisesti muuntajan hankkiminen nostavat energiakustannuksia. Tapaus tapaukselta tulisi selvittää myös tullaanko ja kuinka paljon tulevina vuosina murskaamaan samassa paikassa.

Sähköverkosta saatavan energian käyttö on helppoa ja varmaa, koska siitä ei yleensä aiheudu työn aikana ylimääräisiä huolto- ja korjauskustannuksia.

Dieselgeneraattorin käytön etuna on sen helppo työkohteeseen saatavuus, mutta varjopuolena sen tuottaman energian korkea hinta. Se on 1,5 - 2 kertai-

nen sähköverkosta saatavaan energiaan verrattuna /18/.

Murskaustyö kuluttaa varsin paljon energiaa. Tie- ja vesirakennuslaitoksen murskaustöissä on energiankulutus ollut murskattua irtokuutiometriä kohti noin 7...11 MJ (= 2...3 kWh) /18/. Hukki /19/ on esittänyt, että energian tarve vaihtelee leukamurskaimilla murskauskertaa kohti tavallisesti 0,7...5,4 MJ/h (= 0,2...1,5 kWh/t). Laboratoriomurskauksissa on havaittu energian tarpeen olevan leukamurskaimilla 29...32 MJ/h (= 8...9 kWh/t) ja karamurskaimella 5,4 MJ/h (= 1,5 kWh/t), kun on murskattu materiaalia 0 - 25...55 mm /20/.

Vuonna 1975 oli TVL:n Hämeen piirin ML-75 laitoksella energiakustannukset yhteensä 172 000 mk. Laitoksen energialähteenä oli tällöin kaksi 190 kW:n dieselgeneraattoria. Tästä saadaan energiakustannukseksi laitoksen käyttötuntia kohti 63,20 mk ja murskattua materiaalmäärää kohti 1,03 mk/m³itd.

Jos sähköverkosta saatava energia maksaa 0,20 mk/kWh, saadaan energiakustannukseksi 0,40 - 0,60 mk/m³itd. Dieselgeneraattorin tuottaman energian hinta on siten noin kaksi kertaa kalliimpaa kuin sähköverkosta saatavan energian hinta.

3.434 Henkilökunnan muuttuvat palkkakustannukset

Muuttuvia palkkakustannuksia ovat päivärahat, kilometrikorvaukset sekä yksityisillä laitoksilla maksettava tuotantopalkkio. Murskauslaitoksen henkilökunnan muuttuviksi palkkakustannuksiksi vuodessa saadaan:

Työnjohto

- päivärahat (40 mk/pv)	9 200 mk
- kilometrikorvaukset (1 500 km/kk, 45 p/km)	7 500 "
	yhteensä 16 700 mk

Ammattimiehet (2 kpl)

- päivärahat (35 mk/pv)	16 200 mk
- tuotantopalkkio (0,02 mk/m ³ itd)	10 000 "
	yhteensä 26 200 mk

Muuttuvat palkkakustannukset	yhteensä 42 900 mk
------------------------------	--------------------

Muuttuvat palkkakustannukset työtuntia kohti ovat 17,20 mk.

3.44 Yhteenveto murskauskustannuksista

Tässä esitetään yhteenveto kohtien 3.42 ja 3.43 kustannuksista ja verrataan näitä tutkimusaineistosta laskettuun kokonaiskustannukseen. Taulukossa 18 on esitetty yhteenveto oman työn kustannusrakenteesta. Siitä havaitaan, että kiinteiden ja muuttuvien kustannusten ero ei ole kovin suuri. Ukkonen /14, 15/ on kuitenkin esittänyt, että kiinteät kustannukset olisivat 64-69 % kokonaiskustannuksista.

Kustannus	Vuodessa	Tunnissa	%
<u>Kiinteät</u>			
- pääoma	263 800	105,50	30,6
- palkat	150 000	60,00	17,4
- hallinto	68 900	26,50	7,7
Yhteensä	482 700	192,00	55,7
<u>Muuttuvat</u>			
- siirto	53 500	21,40	6,2
- korjaus ja huolto	131 600	50,60	14,7
- energia	172 000	63,20	18,4
- palkat	42 900	17,20	5,0
Yhteensä	400 000	152,40	44,3
Kustannukset yhteensä	882 700	344,40	100,0

Taulukko 18: TVL:n oman murskaustyön kustannusrakenne (ML-75 laitos)

Tutkimusaineiston perusteella laskettiin murskauslaitokselle tuotto sekä TVL:n omissa töissä että urakoissa. Tuotto saatiin laskemalla murskesoralle yksikköhinta, joka sisältää pelkästä murskauksesta johtuvat kustannukset, sekä kertomalla tämä laitoksen työvaihekapasiteetilla K 4. Taulukossa 19 on esitetty eri rakeisuuksille pelkän murskauksen yksikköhinnan keskiarvot ja keskihajonnat urakatöissä sekä TVL:n omissa töissä. Näiden keskiarvojen tulona on saatu murskauslaitoksen tuotto (mk/h). Omien laitosten osalta keskimääräinen tuotto on 297,50 mk/h, kun taas kustannukset olivat 344,40 mk/h, joten ero ei ole kovin suuri. Sen sijaan urakoitsijan laitoksen tuoton ja TVL:n oman laitoksen tuoton ero on huomattava.

Tuote (mm)	Hinta (mk/m ³ itd)	Kapasiteetti K 4		Laitoksen tuotto (mk/h)	
		Urakka	Oma työ	Urakka	Oma työ
0-12	8,84 ± 1,98	68,9 ± 17,9	38,9 ± 6,0	609,30	343,90
0-18	5,14 ± 1,23	83,2 ± 22,4	48,5 ± 20,6	427,90	249,30
0-20...25	5,77 ± 1,19	88,3 ± 27,3	51,0 ± 10,0	509,70	294,00
0-32...64	4,21 ± 0,62	118,2 ± 42,1	70,2 ± 22,1	497,60	295,50
0-65...150	3,58 ± 0,75	120,3 ± 37,6	85,1 ± 24,9	430,70	304,60
			Keskiarvo	495,04	297,50

Taulukko 19: Murskauslaitoksen tuotto eri rakeisuuksilla urakatöissä ja laitoksen omista töissä v. 1974.

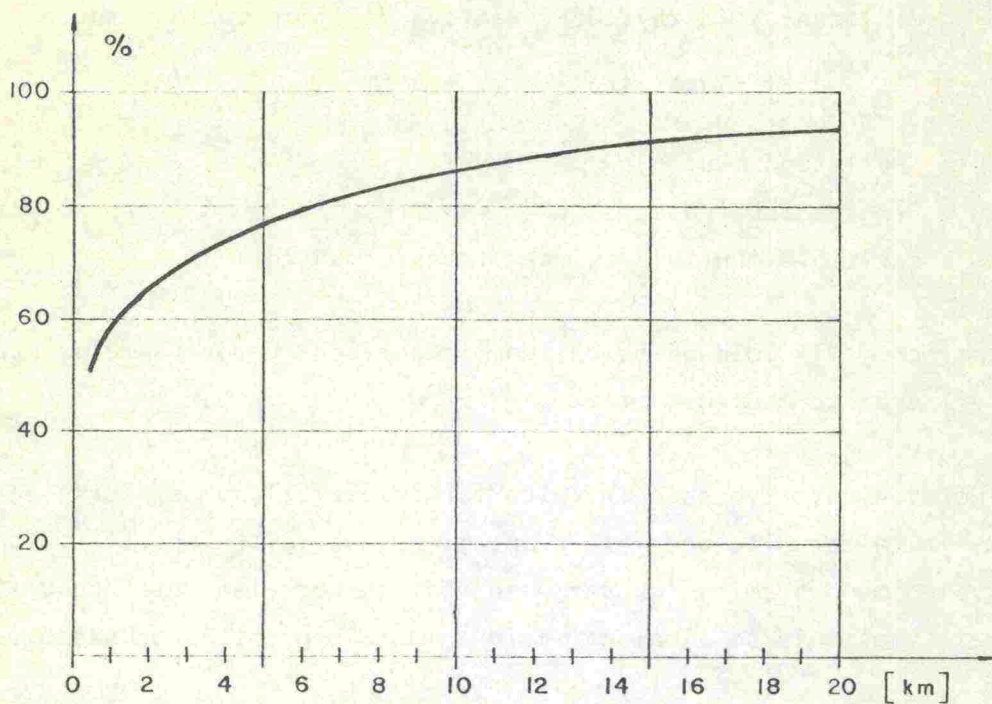
3.5 Valmiin tuotteen siirto välivarastoon tai tien rakenteeseen

Murskauslaitokselta valmis tuote kuljetetaan joko välivarastoon tai suoraan tien rakenteeseen. Tästä syntyvät kustannukset riippuvat kuljetusmatkan pituudesta ja korvausperusteena käytetään taulukon 15 (sivulla 35) yksikköhintoja. Niistä tuotteista, jotka kuljetetaan välivarastoon, syntyy kuljetuskustannusten lisäksi varastointikustannuksia. Näitä ovat varastokasan pohjan tekeminen ja varastokasan kerrosten tasoitus sekä varastoinnissa syntyvät materiaalitappiot.

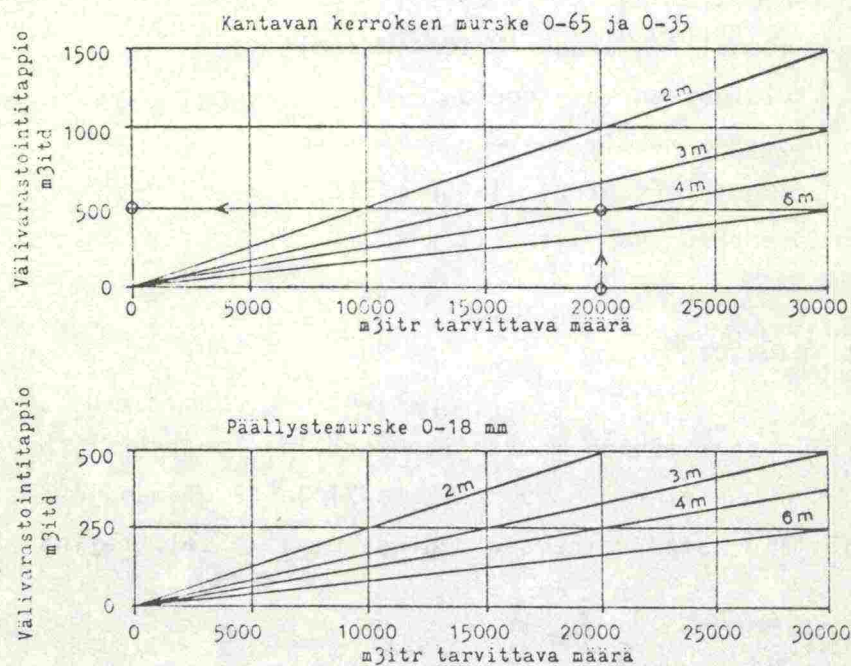
Kuljetusmatkajakautuma on esitetty kuvassa 28. Jos verrataan kuvan 28 jakautumaa murskauslaitokseen kuljetettavan materiaalin matkajakautumaan (kuva 23), niin havaitaan, että valmiin tuotteen kuljetuksissa lyhyiden matkojen osuus on suurempi. Puolet kuljetuksista tapahtuu alle 0,5 km:n etäisyydellä. Toisaalta valmiin tuotteen kuljetuksissa esiintyy muutama huomattavasti pitempi matka kuin materiaalia murskauslaitokseen kuljetettaessa. Prosenttijakautuma saavuttaa 100 %:n rajan vasta etäisyydellä 30 - 32 km. Valmiin murskaustuotteen keskimääräinen kuljetusetäisyys oli $2,71 \pm 2,44$ km.

Murskaustuotteiden välivarastointikustannukset ovat noin $0,15 \text{ mk/m}^3 \text{ itd}$ ilman varastoinnissa syntyviä materiaalitappioita /21/, joiden suuruus riippuu pohjamaan kantavuudesta ja tasaisuudesta sekä varastokasan korkeudesta. Välivarastointitappiot erikorkuisille varastokasoille saadaan kuvasta 29. Kun murskataan tuotetta $0 - 35 \text{ mm } 20\,000 \text{ m}^3 \text{ itd}$, syntyy tämän määrän varastoinnissa materiaalitappiota $500 \text{ m}^3 \text{ itd}$, jos varastokasan korkeus on neljä metriä. Jos oletetaan, että tuote $0 - 35 \text{ mm}$ varastokasassa maksaa n. $9 \text{ mk/m}^3 \text{ itd}$,

ovat materiaalitappiosta aiheutuvat kustannukset noin $0,22 \text{ mk/m}^3 \text{ itd}$. Materiaalin välivarastoinnista syntyvät kokonaiskustannukset ovat noin $0,35 \text{ mk/m}^3 \text{ itd}$.



Kuva 28: Valmiin murskaustuotteen kuljetusjakautuma.



Kuva 29: Varastoinnissa syntyvät materiaalitappiot /9/.

3.6 Kustannusmalli

3.6.1 Mallin kuvaus

Tutkimusaineisto käsiteltiin valtion tietokonekeskuksessa lineaarista monimuuttujaregressioanalyysiä käyttäen. Saatava malli on tällöin muotoa:

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3 + \dots + a_m X_m \quad (3)$$

jossa Y = selittävä muuttuja

a_i = regressiokerroin

X_i = selittävä muuttuja tai sen transformaatio.

Epälineaarinen malli voidaan palauttaa lineaariseksi suorittamalla muuttujan muunnos eli transformaatio.

Mallin luotettavuutta voidaan arvioida tarkastelemalla yhteiskorrelaatiokerrointa R , jolla tarkoitetaan mallin antamien ja havaittujen selittävän muuttujan arvojen muodostamien lukusarjojen välistä korrelaatiota. Luku $100R^2$ on mallin selitysaste ja se ilmaisee, kuinka monta prosenttia on saatu selityksi.

Mallin avulla selvitettiin tärkeimmät soramurskeen yksikköhintaan vaikuttavat tekijät. Mallin selitettävänä muuttujana Y on siis yksikköhinta ja selittävinä muuttujina seuraavat tekijät:

- X_1 = lähtömateriaalin kivisyys (= yli 300 mm olevien kivien prosentuaalinen osuus lähtömateriaalissa)
- X_2 = kiviaineksen Los-Angeles -luku
- X_3 = tuotteen maksimiraekoko (mm)
- X_4 = työkohteen suuruus (1 000 m³itd)
- X_5 = toteutunut kapasiteetti K 4 (m³itd)

3.6.2 Saadut tulokset

Kun muodostettiin selittävien muuttujien korrelaatiomatriisi, havaittiin, että yksikkökustannus ei riipu muuttujista X_1 ja X_2 . Tämän johdosta nämä muuttujat hylättiin tässä vaiheessa regressiomallin selittäjinä.

3.621 Rakeisuuden vaikutus yksikköhintaan

Selitetessä murskaustuotteen yksikköhinnan riippuvuutta tuotteen maksimiraekoosta X_3 saatiin seuraava malli:

$$Y = 6,545 - 0,0314 \cdot X_3 \quad (4)$$

$$100R^2 = 22,5$$

Malli antaa eri rakeisuuksille seuraavat yksikköhinnat:

rakeisuus	yksikköhinta
0 - 12 mm	6,17 mk/m ³ itd
0 - 18 "	5,98 "
0 - 25 "	5,76 "
0 - 35 "	5,45 "
0 - 65 "	4,50 "

Jos verrataan taulukon 5 vuoden 1974 yksikköhintoja ja mallin antamia yksikköhintoja, niin havaitaan, että maksimiraekoon ollessa 12 ja 18 mm malli antaa liian pieniä arvoja todellisiin arvoihin verrattuna. Kuitenkin mallin antama yksikköhinta on kaikilla muilla tuotteilla, paitsi tuotteella 0 - 12 mm, taulukon vaihtelurajojen sisällä.

3.622 Työkohteen suuruuden vaikutus yksikköhintaan

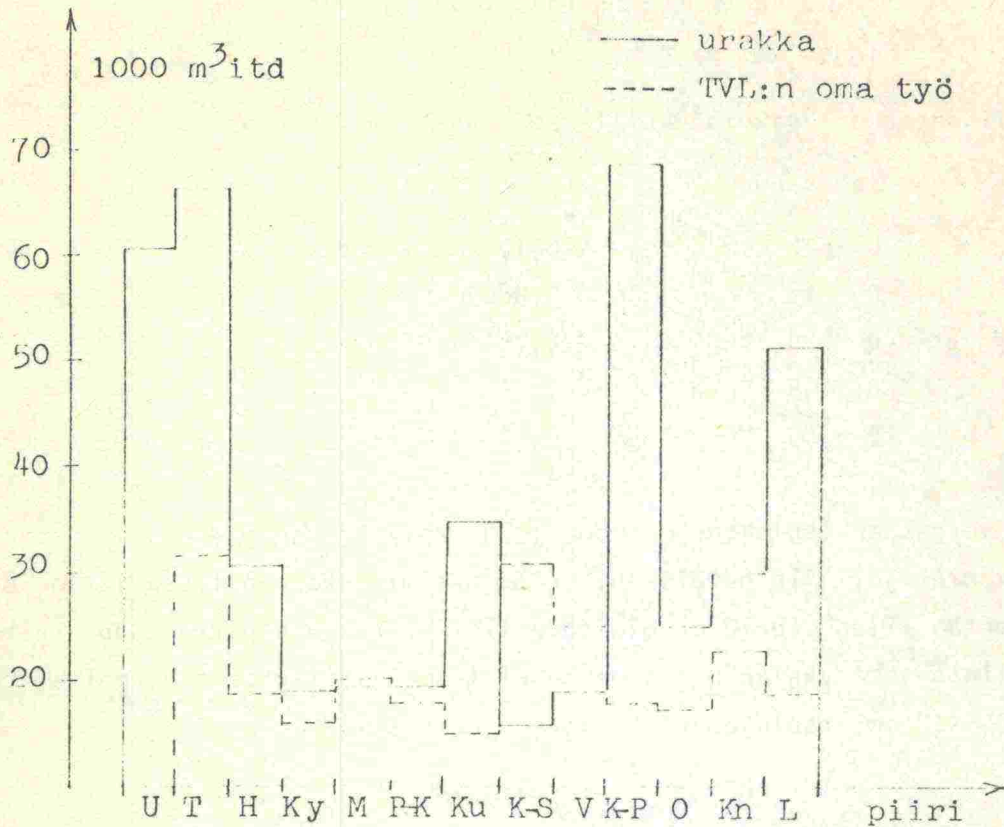
Työkohteen suuruutena pidettiin kaikkien työkohteessa murskattujen tuotteiden kokonaismäärää irtokuutiometreinä. Vuoden 1974 soranmurskaustöissä työkohteen keskimääräinen suuruus oli $27\,700 \pm 12\,400 \text{ m}^3\text{itd}$ ja vastaavasti louheenmurskaustöissä $86\,000 \pm 33\,800 \text{ m}^3\text{itd}$. Verrattaessa eri työtavoilla (urakka/TVL:n oma työ) tehtyjä töitä saatiin soranmurskauksessa seuraavat keskimääräiset työkohteen suuruudet:

- urakka	$35\,200 \pm 18\,800 \text{ m}^3\text{itd}$
- oma työ	$20\,200 \pm 5\,900 \text{ m}^3\text{itd}$

Tästä havaitaan, että urakalla tehdyt murskaustyöt ovat keskimäärin noin 43 % suurempia kuin TVL:n omalla murskauskalustolla tehdyt työt.

Työkohteiden suuruudet vaihtelivat tie- ja vesirakennuspiireittäin melkoisesti, varsinkin urakkatöiden osalta. Nämä piirikohtaiset keskiarvot on esitetty kuvassa 30. Sen mukaan työkohteet urakkatöissä ovat suuria Uudenmaan, Turun, Keski-Pohjanmaan ja Lapin tie- ja vesirakennuspiireissä. Laitoksen omalla kalustolla tehtyjen töiden osalta erot eivät ole yhtä huomattavia.

tavia. Omien töiden osalta kuvasta puuttuu Uudenmaan tie- ja vesirakennuspiirin lukuarvo, koska sen murskauslaitos murskasi koko vuoden samassa työkohteessa.



Kuva 30: Työkohteiden keskimääräiset suuruudet tie- ja vesirakennuspiireittäin soran murskauksessa v. 1974.

Lisättäessä regressiomalliin (kaava 4) työkohteen suuruutta selittävä muuttuja saadaan malli:

$$Y = 6,561 - 0,0263 X_3 - 0,00546 X_4 \quad (5)$$

$$100R^2 = 24,0$$

Tämä malli antaa soramurskeelle 0 - 35 mm seuraavat yksikköhinnat, kun työkohteiden suuruudet ovat 10 000 m³itd, 25 000 m³itd ja 50 000 m³itd:

työkohteen suuruus	yksikköhinta
10 000 m ³ itd	5,59 mk/m ³ itd
25 000 "	5,50 "
50 000 "	5,37 "

Työkohteen suuruuden kasvaessa pienenee tuotteen yksikköhinta. Kohteen kasvu vaikuttaa eniten murskattua irtokuutiometriä kohti laskettuun murskauslaitoksen purku-, pystytys- ja siirtokustannuksiin. Tämän perusteella tuli-

si työkohteessa pyrkiä mahdollisimman suureen murskausmäärään. Tähän päästään arvioimalla useiden vuosien murskaustarve etukäteen ja murskaamalla se varastoon. Ainakin kunnossapitotoimialan osalta tulevien vuosien murskaustarpeen arvioiminen ei ole vaikea tehtävä. Se, mikä tätä vaikeuttaa, on rahoitus, koska varastoon murskatut tuotteet pitää maksaa sen vuoden määrärahoilla, jolloin ne on murskattu.

3.623 Työvaihekapasiteetin vaikutus yksikköhintaan

Murskauslaitoksen työvaihekapasiteettia alentavat eri syiden aiheuttamat seisokit. Näitä ovat murskaimien toimintahäiriöt ja tukkeutumiset, materiaalin puute murskauslaitoksella, joka johtuu kuormauskoneen ja kuljetusvälineiden väärästä valinnasta sekä niiden toimintahäiriöistä, kuljettimien ja seulojen alimitoituksesta johtuva kapasiteetin lasku sekä energian saannissa ilmenevät katkot. Taulukossa 20 on esitetty näiden seisokkien osuudet kokonaistyöajasta eräille soramurskeille. Tästä havaitaan, että TVL:n omisissa töissä sattui seisokkeja jonkun verran enemmän kuin urakkatöissä.

Tuote (mm)	TVL:n oma työ	Urakka
0 - 20...25	0,18 \pm 0,01	0,19 \pm 0,12
0 - 35...64	0,22 \pm 0,09	0,16 \pm 0,11
0 - 65...150	0,22 \pm 0,15	0,18 \pm 0,07
Keskiarvo	0,21 \pm 0,08	0,18 \pm 0,10

Taulukko 20: Työnaikaisten seisokkien osuus kokonaistyöajasta soran murskauksessa.

Kun regressiomalliin (kaava 5) lisätään työvaihekapasiteettia selittävä muuttuja, saadaan malli

$$Y = 7,835 - 0,0261 X_3 - 0,00551 X_4 - 0,0138 X_5 \quad (6)$$

$$100R^2 = 33,1$$

Malli antaa soramurskeelle 0 - 35 mm seuraavat yksikköhinnat työvaihekapasiteetilla 80 m³itd/h, 100 m³itd/h ja 120 m³itd/h, kun työkohteen suuruutena käytetään vuoden 1974 keskiarvoa (27 700 m³itd):

kapasiteetti	yksikköhinta
80 m ³ itd/h	5,66 mk/m ³ itd
100 "	5,38 "
120 "	4,84 "

3.63 Kustannusmallin puutteet

Kustannusmalli on lineaarinen, kuitenkin kaikkien selittäjien ja yksikköhinnan välinen riippuvuus ei täysin tätä ole. Ajanpuutteen takia ei muuttujien transformaatiota kuitenkaan ehditty suorittaa.

Mallin selittävyys $100R^2$ on vain 33,1 % johtuen osittain sen lineaarisuudesta, mutta myös siitä, että havaintoarvojen hajonnat olivat varsin suuret. Olosuhdetekijöillä on murskaustyössä huomattava vaikutus. Työskentely talvella pakkasessa, pimeässä ja lumisateella on paljon hankalampaa kuin kesällä. Tällaisia olosuhdetekijöitä oli mahdoton tässä ottaa huomioon.

4. TIIVISTELMÄ

Tutkittaessa murskaustyön kustannusten muodostumista murskattavan aineksen hankinnasta tuotteen varastointiin saatiin v. 1974 soran murskauksessa seuraavat kustannukset eri työvaiheille:

- lähtömateriaalin hankinta	0,42 mk/m ³ itd
- sora-alueen raivaustyöt	0,26 "
- materiaalin irrotus ja kuormaus laitokseen	1,21 "
- murskaus 0 - 32...64 mm	4,21 "
- siirto välivarastoon (0 - 0,5 km) ja varastointi	<u>2,06</u> "
yhteensä	8,16 mk/m ³ itd

Yllä olevassa yhteenvedossa ovat kuljetuskustannukset pienimmät mahdolliset. Kuitenkin materiaalin keskimääräinen siirtomatka laitokseen oli 4,02 km ja keskimääräinen siirtomatka laitokselta 2,71 km. Näistä kuljetuksista johtuvat kustannukset ovat 6,58 mk/m³itd, joten materiaalin kuljetuskustannukset voivat helposti olla puolet kokonaiskustannuksista.

Tie- ja vesirakennuslaitos saa tarvitsemansa soran joko omistamistaan sora-alueista tai ostamalla sen yksityiseltä maanomistajalta. Omat sora-alueet on saatu joko ostamalla tai lunastamalla tiealueen lunastuksen yhteydessä varamaanottopaikka. Lähtömateriaalin hankinta yksityiseltä maanomistajalta perustuu joko suoraan ostoon tai alueen vuokraukseen. Koko maan soran keskimääräinen hankintahinta v. 1974 oli 0,42 mk/m³itd. Eri hankintatapojen välillä ei ollut hintaeroa.

Tarvittava louhe louhitaan pääasiassa tielinjan kallioleikkauksista. Jonkin verran ostetaan vuosittain myös valmista louhetta muilta lähiseudun rakennuttajilta tai kaivoksista. Vuonna 1974 oli louheen hankintahinta 2 mk/louhe-m³. Soravarojen vähentyessä pitäisi lähtömateriaalin hankinnassa pyrkiä entistä enemmän yhteistyöhön lähiseudun muiden rakennuttajien kanssa, koska osa esim. rakennusten pohjien louhinnassa syntyvää kiveä menee hukkaan.

Murskaukseen käytettävältä sora-alueelta on raivattava pois puut, kannot ja humuspitoinen pintamaa riittävän syvältä sekä mahdollinen lumi ja jää. Samoin on kalliota louhittaessa sen pinta puhdistettava irtomaasta. Alueen raivauskustannuksiin 0,26 mk/m³itd sisältyvät edellä mainittujen töiden lisäksi työmaateiden teko ja kunnossapito, varastokasan perustamiseen liittyvät työt sekä alueen viimeistelyyn ja jälkihoitoon liittyvät työt.

Materiaalin irrotus ja siirto laitokseen tapahtuu pyöräkuormaajalla. Louheen murskauksessa kuitenkin usein käytetään kuormausta - kuljetus -järjestelmää, koska kallion louhinta ja louheen murskaus eivät tapahdu toistensa välittömässä läheisyydessä. Urakoitsijat käyttävät murskaukseen pääasiassa kokoluokkiin KUP 14 ja KUP 18 kuuluvia koneita. TVL:n omilla laitoksilla kuormauskoneista suurin osa kuuluu kokoluokkiin KUP 11 ja KUP 14 (esim. KUP 11 = 4-pyörävetoinen pyöräkuormaaja, jonka paino on 11,01 - 14,00 tonnia).

Kallein työvaihe on varsinainen murskaus, joten muut työvaiheet on järjestettävä siten, että ne aiheuttavat itse murskaukselle mahdollisimman vähän häiriötä. Oheisessa taulukossa on esitetty yhteenveto TVL:n oman ML-75 murskauslaitoksen kustannusrakenteesta, kun vuotuinen tehollinen toiminta-aika on noin 2 500 tuntia (11 kuukautta kaksivuorotyönä).

Kustannus	Vuodessa	Tunnissa	%
<u>Kiinteät</u>			
- pääoma	263 800	105,50	30,6
- palkat 1)	150 000	60,00	17,4
- hallinto	68 900	26,50	7,7
Yhteensä	482 700	192,00	55,7
<u>Muuttuvat</u>			
- siirto	53 500	21,40	6,2
- korjaus ja huolto	131 600	50,60	14,7
- energia	172 000	63,20	18,4
- palkat 2)	42 900	17,20	5,0
Yhteensä	400 000	152,40	44,3
Kustannukset yhteensä	882 700	344,40	100,0

TVL:n oman murskaustyön kustannusrakenne vuosina 1974 - 1975 (ML-75 laitos).

1) käyttöhenkilökunnan peruspalkat ja sosiaalikulut

2) päivärahat, kilometrikorvaukset ja tuotantopalkkio

Niistä murskaustuotteista, jotka kuljetetaan välivarastoon, syntyy kuljetuskustannusten lisäksi varastointikustannuksia. Näitä ovat varastokasan pohjan tekeminen, varastokasan kerrosten tasaus ja varastoinnissa syntyvät materiaalitappiot. Pelkät varastointikustannukset ilman kuljetusta olivat v. 1974 noin $0,35 \text{ mk/m}^3 \text{ itd.}$

5. JOHTOPÄÄTELMÄT

Kuten kaikilla aloilla, niin myös murskaustoiminnassa on tuotteiden valmistus saatava taloudellisesti kannattavaksi. Yhtäaikaan rakennustöiden yleisen vähentymisen ja lisääntyvän hintakilpailun kanssa täsmentyvät murskaustuotteiden laatuvaatimukset. Laadullisesti kelvollisten tuotteiden murskaaminen kohtuullisin kustannuksin vaatii murskaustoiminnan huolellista suunnittelua ja huomion kiinnittämistä toiminnan taloudellisuuteen.

Tutkimusaineiston regressioanalyysikäsittelyn ja murskaustöiden kustannusten muodostumisen perusteella esitetään eräitä toimenpiteitä, joilla voi-

daan saavuttaa kustannussäästöjä TVL:n murskaustoiminnassa:

Ajoitus

TVL:n murskaustoiminta ajoittuu rahoituksen jäykyydestä ja työvoimaviranomaisten määräyksistä johtuen suurelta osin vuoden alkukuukausille, jolloin sääolot ovat työlle epäedulliset. Töiden kausiluontoisuudesta seuraa, että urakoitsijat joutuvat pitämään toimintavalmiina ylimääräistä kapasiteettia, mikä lisää kustannuspainetta. Kun ennusteiden mukaan ostoin hankittavien ja urakalla teetettävien murskaustuotteiden osuus kasvaa vuodesta 1974 vuoteen 1980 55 %:sta 75 %:iin, tulisi töiden ajoitusta siirtää enemmän syksyyn, joka on murskaajalle työttömyys- ja huoltoaikaa.

Työkohteen suuruus

Vuoden 1974 sora- ja murskaustöissä työkohteen keskimääräinen suuruus oli TVL:n omissa töissä $20\,200\text{ m}^3$ itd ja urakatöissä $35\,200\text{ m}^3$ itd. Työkohteen suuruuden kasvaessa pienenee tuotteen yksikköhinta. Kohteen kasvu vaikuttaa eten murksauslaitoksen purku-, pystytys- ja siirtokustannuksiin. Tämän perusteella tulisi työkohteessa pyrkiä mahdollisimman suureen murksausmäärään. Tähän päästään arvioimalla useiden vuosien murksaustarve etukäteen ja murksaamalla se varastoon. Arviointi onnistuu hyvin etenkin kunnossapitotoimialan osalta, jonka osuus koko TVL:n murksausvolyymista on kasvanut tasaisesti viime vuosina.

Materiaalin hankinta

Materiaalin hankinnassa joudutaan usein tekemään vaihtoehtoisia kustannusvertailuja ottaen huomioon kuljetusmatkat. Usein kannattaa selvittää, miten kaukaa soraa tai sora- ja mursketta on taloudellista kuljettaa verrattuna lähiseudun kallion louhimiseen ja sen murksaamiseen. Yhteistyömahdollisuudet lähiseudun muiden rakennuttajien kanssa tulisi myös käyttää hyväksi. TVL:n ja VR:n töiden ajoittuminen samoille alueille olisi tutkittava urakoiden tarjouspyyntövaiheessa, sillä VR ei käytä raidesepeliksi ollenkaan lajitettua 0 - 12 mm, joka soveltuu hyvin esim. sorateiden kunnossapitomurkskeeksi.

Murksauskalusto

Pääosa TVL:n murksauskalustosta on iältään vanhaa ja teholtaan heikkoa. Murksauslaitoksen iän ja käyttömäärän lisääntyessä on koneiden huoltoon ja konekorjauksiin käytettävä yhä enemmän työaikaa ja varoja. Viimein saavutetaan tilanne, jolloin yli-ikäinen kalusto joudutaan pakosta poistamaan käytöstä. Oman kaluston tuotto pienenee vuosi vuodelta, koska vanhojen laitosten kalustopoistuma on nopeampaa kuin suunniteltujen uusien laitosten hankinta.

Toiminta-aste ja kapasiteetti

Murskaustoiminnan kannattavuuden varmuusmarginaali on pieni ja kannattavuusrajan saavuttaminen edellyttää korkeaa toiminta-astetta. Murskauslaitoksen tuottavuus kasvaa, kun kapasiteettia lisätään. Työvaihekapasiteettia taas alentavat eri syiden aiheuttamat seisokit. Syitä ovat: murskaimien toimintahäiriöt ja tukkeutumiset, materiaalin puute murskauslaitoksella, joka johtuu kuormauskoneen ja kuljetusvälineiden väärästä valinnasta sekä niiden toimintahäiriöistä, kuljettimien ja seulojen alimitoituksesta johtuva kapasiteetin lasku sekä energian saannissa ilmenevät katkot.

Huolellisella työn suunnittelulla ja koneiden valinnalla voidaan työvaihekapasiteettia alentavia häiriöitä vähentää ja siten saada aikaan kustannussäästöjä. Tällöin tulee kysymykseen lähinnä eri yksiköiden (kuormaaja, esimurskain, jälkimurskain) oikea tahdistus. Tehokkaan huollon avulla varmistetaan koneiden pysyminen jatkuvasti toimintakunnossa.

Käyttöenergia

Murskaustyö kuluttaa varsin paljon energiaa. Murskauslaitoksen käyttövoima saadaan joko valtakunnallisesta sähköverkosta tai erillisestä dieselgeneraattorista. Sähköverkosta saatava energia on 30-50 % halvempaa kuin dieselgeneraattorin tuottama energia. Kustannusten pienentämiseksi kannattaa aina pyrkiä käyttämään valtakunnallisen sähköverkon tuottamaa energiaa, mikäli tähän ei ole sellaista estettä, joka kääntää edullisuuden päinvas-
taiseksi (esim. erillisen sähkölinjan rakentaminen ja muuntajan hankkiminen). Vertailussa tulisi tapaus kerrallaan selvittää tulevien vuosien murskaustarve alueella sekä mahdollinen päällystystöiden suorittaminen samassa paikassa.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- /1/ Kauranne, L.K., Kiviaineksen käytöstä. Esitelmä murskausalaa kurssilla 14 - 16.1.1975 Säästöpankkiopistolla Espoossa.
- /2/ Niemelä, J., Soraesiintymät ja niiden käytön suunnittelu. Maarakennus ja Kuljetus (1972):4.
- /3/ Kaluston mitoitus. TVH:n kunnossapitotutkimus, 31.1.1974. Julkaisematon.
- /4/ Niskanen, M., Murskaustyön toteutus omalla kalustolla. Murskaustyöt tienpidossa, TVH 2.804, Helsinki 1975.
- /5/ Vuolio, R., Louhintatyö murskausta varten. Murskaustyöt tienpidossa, TVH 2.804, Helsinki 1975.
- /6/ Zablocki, A., Louhintakalusto ja sen valinta. Maansiirto (1973):7.
- /7/ Sora- ja täytemaakuoppien työturvallisuusohjeita, TVH 1.438, Helsinki 1974.
- /8/ Linnola, V., Murskainten ja murskaamon valinta. Murskaustyöt tienpidossa, TVH 2.804, Helsinki 1975.
- /9/ Kankainen, J., Murskaustyön suunnittelu. Esitelmä murskausalaa kurssilla 19 - 20.11.1975 Helsingissä.
- /10/ Maarakennustekniikan luennot Helsingin teknillisessä korkeakoulussa lukuvuonna 1973 - 1974.
- /11/ Maarakennusalan taloudellisuusstandardit, työsuunnittelu, TVH 1.444 - 1.449.
- /12/ Tie- ja vesirakennuslaitoksen kuljetusmaksuneuvottelukunnan mietintö, ehdotusosa. TVH 1.595, Helsinki 1975.

- /13/ Ukkonen, A., Maarakennuskoneiden kustannuslaskenta sekä tulos-
suunnittelu ja valvonta. Lisenssiaattityö , Kauniainen 1972.
- /14/ Ukkonen, A., Murskaustyön kustannusrakenne ja tuottavuuden pa-
rantaminen. Esitelmä murskausalalla kurssilla 19 - 20.11.1975
Helsingissä.
- /15/ Ukkonen, A., Murskaustoiminnan taloudellinen suunnittelu. Murs-
kaustyöt tienpidossa, TVH 2.804, Helsinki 1975.
- /16/ Rannisto, P., Murskauslaitoksen pääomakustannukset. Murskaus
osa II: Työtekniikka, TVH 2.831, Helsinki 1970.
- /17/ Pakkanen, E., Murskauslaitoksen huolto ja korjaus. Murskaus osa
II: Työtekniikka, TVH 2.831, Helsinki 1970
- /18/ Ruuskanen, J., Murskaustyön kustannustekijät, Murskaustyöt tien-
pidossa, TVH 2.804, Helsinki 1975.
- /19/ Hukki, R.T., Mineraalien hienonnus ja rikastus, Keuruu 1964.
- /20/ Hartikainen, O-P., Krossningslagarna. Dansk Vejtidskrift
(1974):10.
- /21/ Huvila, R., Kustannuslaskenta. Esitelmä murskausalalla neuvotte-
lupäivillä 14 - 15.5.1974 Jyväskylässä.

MUUTA KIRJALLISUUTTA

Annala, M., Kiviaineksen murskaus ja seulonta. Maa- ja vesirakennus
RIL 67, Helsinki 1968.

Eromaa, T., Kivitekniikka II. Maarakennus ja Kuljetus (1969):8.

Valkama, P., Jälki- ja hienomurskaimet. Murskaustyöt tienpidossa,
TVH 2.804, Helsinki 1975.

Lokomon murskauskalusto, Rauma-Repola Oy:n Lokomon tehtaiden esite,
Tampere 1974.

Törrönen, T., Hihnakuiljettimen rakenne ja toiminta. Murskaus osa I: Konetekniikka, TVH 2.830, Helsinki 1970.

Airas, H., Murskauslaitoksissa käytettävät syöttö- ja seulontalaitteet. Murskaustyöt tienpidossa, TVH 2.804, Helsinki 1975.

Kankainen, J., Työnjärjestely murskaustöissä. Maarakennus ja Kuljetus (1972):3.

ISBN 951-46-1631-6

77 120/Kr342