



# VAKOLA

03450 OLKKALA  
913-46211

**VALTION MAATALOUSKONEIDEN TUTKIMUSLAITOS**  
**FINNISH RESEARCH INSTITUTE OF ENGINEERING IN AGRICULTURE AND FORESTRY**

TUTKIMUSSELOSTUS N:o 23

Jaakko Kiviniemi

Jukka Pokki

Erkki H. Oksanen

Kaarina Turkkila

NURMISÄILÖREHUN VALMISTUKSEN

JA KÄSITTELYN TEKNIikka

Vihti 1980

ISSN 0506-3841

NURMISÄILÖREHUN VALMISTUKSEN JA  
KÄSITTELYN TEKNIikka

JAAKKO KIVINIEMI  
JUKKA POKKI  
ERKKI H. OKSANEN  
KAARINA TURKKILA

# NURMISÄILÖREHUN VALMISTUKSEN JA KÄSITTELYN TEKNIikka

S I S Ä L L Y S	2
ESISANAT	3
TIIVISTELMÄ	5
SUMMARY	8
1. Johdanto	12
2. Korjuu ja varastointi	15
2.1 Niitto ja luo'on kuivumista nopeuttava käsittely	15
2.11 Niitto	15
2.12 Luo'on kuivumista nopeuttava käsittely	15
2.13 Esikuivaus	27
2.2 Kuormaus ja silppuaminen	33
2.21 Koneet, laitteet ja tekniikka	33
2.22 Työntuotos ja työtekniikka	48
2.3 Siirto pellolta säilölle	51
2.31 Koneet, laitteet ja tekniikka	51
2.32 Työnkäytön tehostaminen	61
2.4 Varastointi ja työtekniikka	64
2.41 Yleistä	64
2.42 Varastojen mitoitukset	65
2.43 Tornisäilön täyttöön sovellettava työtekniikka	67
2.44 Salvosäilön täyttöön sovellettava työtekniikka	72
2.45 Laakasäilön täyttöön sovellettava työtekniikka	73
2.46 Aumojen tekoon sovellettava työtekniikka	77
2.47 Puristeneste	77
2.5 Korjuun koneketjut	79
3. Siirto säilöstä ruokintapöydälle	89
3.1 Irrotus	90
3.11 Tornit ja salvosäilöt	90
3.12 Laakasäilöt ja aumat	93
3.2 Siirto ruokintapöydälle	96
3.21 Pystysäilöt	96
3.22 Tasosäilöt	97
3.3 Rehun käsittelyn ergonomia	99
4. Johtopäätökset ja suositukset	115
5. Julkaisut ja lähdekirjallisuus	118
6. Liitteet	121

## E S I S A N A T

Maataloudellamme on luontaisia edellytyksiä lähinnä nautakarjatalouden harjoittamiseen, josta viljelijät saavatkin pääosan tuloistaan. Karjan ruokinnan tulisi perustua kotoisiin rehuihin. Jotta eläimet saisivat näistä riittävästi valkuaista, tarvitaan säilörehua. Uusien koneiden ja työ- sekä säilöntämenetelmien kehittyessä on katsottu tarpeelliseksi selvittää eri kokoisille karjatiloilte teknisesti, ergonomisesti ja taloudellisesti sopivat säilörehun valmistuksen ja käsittelyn menetelmät. Tutkimus alkoi vuonna 1975 maa- ja metsätalousministeriön rahoittamana esitutkimuksena Maataloustutkimuksen neuvottelukunnan alaisuudessa. Huhtikuussa 1977 käynnistyi laajempi selvitys, jonka päärahoittajat ovat Suomen itsenäisyyden juhluvuoden 1967 rahasto (SITRA) sekä maa- ja metsätalousministeriö.

Tutkimusta ovat suorittaneet valtion maatalouskoneiden tutkimuslaitos (VAKOLA), Työtehoseura, Maatalouden tutkimuskeskus, Helsingin yliopiston maanviljelystalouden laitos, Valio ja Maatalouskeskusten Liitto. Viimeksi mainitun tilalla oli esitutkimuksessa maatilahallituksen rakennustoimisto.

Alustavia tutkimustuloksia on julkaistu ammattilehdissä sekä syksyllä 1978 ilmestyneessä työ- ja konetekniikkaa käsittelevässä väliraportissa. Esilläoleva julkaisu on em. väliraportti täydennettynä. Se julkaistaan samansisältöisenä VAKOLAn tiedotteena ja Työtehoseuran julkaisuna n:o 216. Julkaisun ovat laatineet agr. Jaakko Kiviniemi (VAKOLA) ja agr. Jukka Pokki sekä dos. Erkki H. Oksanen (Työtehoseura). Työtehoseuran tutkimusmateriaalin on koonnut ja käsitellyt agr. Veikko Tertsunen, joka siirtyi muihin tehtäviin 30.9.1979. Rehun käsittelyn ergonomiaa koskevan osan on kirjoittanut FK Kaarina Turkkila Työtehoseurasta.

Agronomi Kiviniemi on selvittänyt lähinnä nurmisäilörehun korjuun teknisiä seikkoja sekä esikuivatun säilörehun tekoa. Työtehosteuran tutkijat ovat selvittäneet etupäässä nurmisäilörehun korjuun, varastoinnin ja säilöstä ruokintapöydälle siirron työtekniikkaa ja työketjuja.

Maa- ja metsätalousministeriön puolesta tutkimusta on valvonut Maataloustutkimuksen neuvottelukunta. SITRAN asettamassa valvontaryhmässä on puheenjohtajana ollut dos. Erkki H. Oksanen, sihteerinä tutkimuksen johtaja agr. Jaakko Kiviniemi sekä jäsenenä mh. Martti Issakainen, professorit Esko Poutiainen (30.4.1978 saakka), Alpo Reinikainen, Viljo Ryyänen ja Liisa Syrjälä (1.5.1978 lähtien), osastopäällikkö Juha Seppälä ja yliarkkitehti Eero Väänänen.

Tutkimuksesta on tähän mennessä laadittu julkaisu "Nurmisäilörehun valmistuksen, käsittelyn ja ruokinnan talous" (Aimo Turkki, Jukka Pokki ja Viljo Ryyänen). Lisäksi on valmisteilla useita julkaisuja aiheesta "Säilöntämenetelmien vaikutus säilörehujen laatuun, maittavuuteen ja tuotantoarvoon lypsylehmien ja mullien ruokinnassa". Laatijoina ovat Elsi Ettala, Heikki Rissanen, Mikko Kommeri ja Erkki Virtanen. Yhteenvedona näistä ja esilläolevasta julkaisusta on SITRAN sarjassa ilmestyvä Nurmisäilörehun valmistuksen ja käsittelyn tekniikka ja talous -julkaisu.

Tutkijaryhmien puolesta esitämme parhaat kiitokset tutkimuksen rahoittajille, Maatalouden tutkimuskeskuksen koeasemille, tutkimustilojen isäntäväelle, tehtäille ja liikkeille sekä kaikille muillekin tutkimusta tavalla tai toisella edesauttaneille.

Helsingissä joulukuussa 1979

Erkki H. Oksanen  
SITRAN valvontaryhmän puheenjohtaja

Jaakko Kiviniemi  
Tutkimuksen johtaja

## T I I V I S T E L M Ä

Rehun silppuamista ja kuormausta edeltävä nurmikasvuston niitto ja käsittely tulee kysymykseen lähinnä vain esikuivattua säilörehua tehtäessä. Niittomurskaimien työntuotokset vaihtelevat työleveydestä riippuen 0,5...1,2 ha/h ja tehon tarpeet 10...40 kW. Käsittelyllä pyritään nopeuttamaan luo'on kuivumista pellolla ja samalla edesauttamaan esikuivatun säilörehun teon onnistumiselle välttämättömän oikean käymisprosessin alkamista.

Esikuivauksella poistetaan kasvustossa olevan veden aiheuttamat haitat, suurennetaan korjuu-, kuljetus- ja säilökapasiteettia sekä helpotetaan rehun käsittelyä. Vaikeutena on suurempi riippuvuus hyvistä korjuusäistä, suuremmat ravinnetappiot pellolla, työn monivaiheisuus ja kalleus. Se soveltuu vain sellaisille karjoille, joissa sekä valmistettava että päivittäin syötettävä rehumäärä on oloihimme nähden melko suuri. Vähimmäiskarjakokona voitaneen tähän mennessä saatujen kokemusten perusteella pitää 25...30 nautayksikköä.

Tavallisen, tuoreena korjattavan rehun nimellinen kuormausteho riippuu silppurin mallista ja työleveydestä sekä käyttävän traktorin ajonopeudesta. Esikuivatun rehun kuormaustehoon vaikuttaa lisäksi niittomurskaimen työleveys. Kelasilppurin nimellinen rehumassatyöntuotos on n. 10...15 t/h ja tarkkuussilppurin n. 10...35 t/h. Käytännössä pinta-alalliset työntuotokset ovat olleet 0,3...0,4 ha/h ja 0,6...0,7 ha/h sekä esikuivattua rehua korjattaessa tarkkuussilppurilla 0,7...0,8 ha/h. Niittolaitteella varustetun ajotarkkuussilppurin työntuotos hyvissä oloissa on ollut n. 1 ha/h. Käytännön työntuotoksiin vaikuttavat paitsi silppureitten tehokkuus nimenomaan paikalliset olosuhteet ja työn järjestely.

Rehun siirto pellolta varastolle on monasti rehun korjuuta eniten hidastava työvaihe. Syynä ovat pitkät ajomatkat, huonot

tiet ja pienet kuormat (800...1200 kg). Teitten pintoja tassaamalla, perävaunun kokoa isontamalla ja kuntoa parantamalla saadaan kuormakoko helposti nousemaan 2 tonniin, mitä on pidettävä tehokkaan rehunteon vähimmäisvaatimuksena. Kipattavien 1-akselisten perävaunujen rehulavan tilavuudeksi saadaan helposti 15 m<sup>3</sup> tekemällä laidat 2 m korkeiksi. Teliperävaunujen rehulavan tilavuudeksi voidaan tehdä jopa 30 m<sup>3</sup>. Monitoimiperävaunujen tilavuus on käytännössä tavallisesti n. 10 m<sup>3</sup>. Tehokkaaseen rehuntekoketjuun ne eivät varsinaisesti sovellu. Siirtokaluston tehokkuus on tärkeä seikka, koska rehussa kuljetetaan varastolle vettä n. 80 % massan kokonaispainosta. Vesimäärän pienentäminen esim. esikuivausta käyttämällä nopeuttaa luonnollisesti rehun kuljetusta.

Varastointi on nopeinta tasosäilöihin. Pystysäilöjen täyttö elevaattoreilla ja lietsoilla on hidasta ja käsityönä raskasta. Säilörehun hyvä laatu on korjuutekniikalle asetettava korkein tavoite. Korjuu ei saa venyä viikkoa pidemmäksi, jotta kasvusto ei ehdi vanhettua eikä avoimessa säilössä oleva vihermassa ehdi kuluttaa liiaksi ravinteitaan hengityksessä. Joustavan ja oikean koneketjun valitseminen on tehtävä tilan olosuhteet huomioonottaen. Kullekin tilalle on saatava koneet ja varastot, jotka soveltuvat sille sekä työteholtaan että hinnaltaan. Naapuriavulla saadaan työhön joustavuutta ja monissa oloissa jopa kaksinkertainen työntuotos.

Rehun irrotus kannattaa koneellistaa vasta tarkan harkinnan jälkeen. Kuhunkin varastoon on saatava siihen sopiva kone. Käsityövälineenä sopivin lienee kourakko. Taljatalikot ovat hinnaltaan ja työntuotokseltaan sopivia valtaosaan maamme rehurtorneista. Siltanosturin käyttö pelkän säilörehun käsittelyyn käytettynä ei ole taloudellisesti perusteltavissa vielä keski-suurissakaan karjoissa. Tasosäilöihin soveltuvat traktorileikkurit tai muut sellaiset laitteet, jotka eivät revi ja pöyhi rehua. Rehua siirretään ruokintapöydälle usein vielä kantamalla, mutta rehuvaunujen ja vanhoihin navetoihin soveltuvan työntötalikon käyttö on jo yleistymässä. Säilörehun irrotuslaitteen hankinnassa ei määrää niinkään irrotusteho kuin laitteen hinta,

käyttöominaisuudet ja kestävyys sekä työn keventäminen. Oman työn käyttö talvella rehun irrotuksessa antaa hyvän tuntipalkan viljelijälle.

Säilörehun käsittelyyn liittyvät työt ovat ergonomisesti katsoen raskaimpia karjatalouteen liittyviä töitä mm. siksi, että eläimille annettavat säilörehumäärät ovat kaksinkertaiset viiden viimeisen vuoden aikana. Raskain säilön tyhjentäminen on talikolla tornista irrotus ja ylöspäin luukusta ulos heitto. Vähiten rasittavaa on rehun irrottaminen traktorisovitteisella leikkurilla laakasäilöstä tai siltanosturilla tornista. Siirtäminen ruokintapöydälle on kevyintä traktorilla ja raskainta kantaen. Työketjuista raskain on irrotus aumasta lapiolla - siirto ruokintapöydälle työntökärryllä - levitys talikolla ja kevein traktorisovitteinen leikkuri - talikko. Selkää pahiten kuluttavaa työtä on rehun kiskominen talikolla irti rehumassasta ja heitto ylöspäin. Vähiten kuluttavaa on rehun irrottaminen ja siirto traktorin etukuormaimella.



S U M M A R Y

THE TECHNICS OF MAKING, HANDLING AND FEEDING OF GRASS SILAGE

In 1976-79, an extensive study was carried out in Finland on grass silage; the technical problems in making it, economy, and its use as feed for cattle. The last mentioned aspect was studied mainly by the Agricultural Research Center, and the results are published in its bulletins. The economy of silage making was studied by the Work Efficiency Association and by the Department of Agricultural Economics at Helsinki University. Results are published in publication series of both institutes. The present publication contains the results of the technical studies in silage making. These studies were carried out by the Work Efficiency Association and the State Research Institute of Engineering in Agriculture and Forestry. The study was funded by the Ministry of Agriculture and Forestry and by SITRA, the Finnish National Fund for Research and Development.

Mowing and crushing before chopping and loading is involved only in making prewilted silage. The output of the mower conditioners varies in accordance with their working width from 0,5 to 1,2 ha/h and the power required from 10 to 40 kW. By crushing the grass it is tried to speed wilting in the field and to start the fermentation necessary for succesful making of prewilted silage.

Prewilting the silage eliminates the troubles caused by wet grass. The capacity of harvesting, hauling and storing is higher and handling of forage becomes easier. Greater dependance from good weather conditions, bigger field losses and more expensive machinery are limiting the use of the method. It fits only for herds in which the amount of silage harvested and the daily usage is far greater than the average in our country. After experiences so far it seems that the minimum herd size for the method should be 25 to 30 cows.

The nominal throughput of the forage harvester in harvesting from standing crop depends on the type and working width of the harvester and of the travel speed. The throughput in making the prewilted silage depends also on the swath width of the mower conditioner. The nominal throughput of the flail forage harvester measured in fodder mass is about 10 to 15 tons/h and that of precision chop forage harvester about 10 to 35 tons/h. The practical output measured in area has varied from 0,3 to 0,4 ha/h and from 0,6 to 0,7 ha/h respectively and with precision chop forage harvester in prewilted silage from 0,7 to 0,8 ha/h. The work output of the self-propelled precision chop forage harvester with cutter bar has been in good conditions about one ha/h. In addition to the efficiency of forage harvester, especially the local conditions and organization of the work have influence on the practical work output.

Transport of the crop from field to storage is often that phase of work which most slows down the silage making. The reasons for this are long hauling distances, poor road and small loads (800-1200 kg). By levelling the roads, and by making the trailers bigger and better, the size of the load can easily be raised up to 2 tons, which could be regarded as the minimum for efficient harvesting of silage. By raising the sides of trailers up to 2 meters, the volume of the tipping 1-axle trailers can easily reach 15 m<sup>3</sup>. The volume of tandem-axle trailers can be raised up to 30 m<sup>3</sup>. That of self-unloading trailers is in practice usually about 10 m<sup>3</sup>. However, they are not suitable for efficient harvesting operations. The efficiency of transport equipment is a very important factor because the silage contains about 80 % water of the total mass weight. The transport of crop can be speeded up by reducing the amount of water with prewilting.

Storing is fastest into horizontal silos. Filling up of vertical silos by elevators and blowers is slow and heavy when done by hand. Good quality of silage is the highest aim which can be set to harvesting technics. The harvesting ought not

to take more than a week so that the grass will not get too old and that the green mass in open silos does not lose too much nutrients in breathing. The flexible and suitable machinery has to be chosen so that attention is paid also to the prevailing conditions. Each farm has to be supplied with machinery and storages which are suitable as to work efficiency and price. Co-operation between neighbours makes the work more flexible and in many cases can even double the work output.

Careful consideration is needed when mechanizing the unloading of silage from silo. Each storage has to be supplied with suitable machinery. Grip forks are best for hand work. As to price and work output, the single-rope electric grab hoists suit to most of the tower silos in our country. The use of a portal crane to mere silage handling is not economical in herds of medium sizes. Tractor-mounted silage cutters and other similar equipment which do not tear or loosen silage are specially suited to horizontal silos. Silage is often carried to manger, but the use of fodder waggon and wheeled forks, which can be used also in old barns, are becoming more and more common. The price of equipment, its suitability and durability as well as its properties to ease the work are more important factors in purchasing the unloading equipment of silage than its unloading capacity. In wintertime the farmer gets a good pay for hours used to unloading the silage by simple and cheap tools.

The work connected with the handling of silage is from the ergonomical point of view the most straining phase in livestock tending. This is caused among other things by the doubling of the amount of silage given to cattle during the last five years. To take out silage from tower silos by fork and to throw it upwards out of the gate is the most straining method. The least straining one is to loosen silage by a tractor-mounted silage cutter from clamp silo or by a portal crane from tower silo. It is easiest to move silage over to the manger by tractor and heaviest manually. The heaviest operation chain is to loosen silage by shovel from stack, to move

it over to manger by wheelbarrow and to deliver it by fork. The easiest chain is to use a tractor-mounted cutter in taking off and transporting and a fork in delivering. The most straining work to the spinal column is to tear silage by fork out of the fodder mass and to throw it upwards. The least straining method is to loosen and to move the silage by a tractor front loader.

## 1. Johdanto

Huolimatta korkeasta valkuaispitoisuudestaan on säilörehun osuus nurmirehuistamme ollut kauan hyvin pieni. Sen osuus alkoi selvästi nousta vasta 1960- ja 1970 lukujen vaihteessa. Osaksi tämä johtunee tehostuneesta säilörehututkimuksesta ja suoritetusta valistustyöstä. Toisaalta 1960-luvulla otettiin käyttöön orgaaniset säilöntäaineet, kelasilppuri alkoi 1970-luvun alussa nopeasti yleistyä ja säilöntäaineet ruvettiin sekoittamaan silppuamisen yhteydessä pellolla. Toimenpiteet poistivat monta epäkohtaa säilörehun valmistuksesta ja tekivät sen huomattavasti kilpailukykyisemmäksi heinäen nähden. Tarkkailukarjoissa säilörehun osuus ruokinnasta onkin kasvanut viime vuosina lähes yhdellä prosenttiyksiköllä vuotta kohti.

Lisääntymisestään huolimatta säilörehun osuus on vieläkin melko pieni. Vuonna 1978 valmistetun säilörehun määräksi voidaan arvioida n. 4,2 milj. t ja vastaavaksi nurmipinta-alaksi n. 220 000 ha. Kyseinen ala on vain n. 23 % koko nurmialasta kuivan heinän osuuden ollessa lähes 50 % ja laitumen, siemenheinän yms. n. 27 %.

Kelasilppureitten määräksi vuonna 1978 voidaan arvioida n. 40 000 kpl. Tällöin on yhtä kelasilppuria kohti n. 6 ha säilörehunurmea. Kun tiedetään, että Suomessa yleisimmin käytetyllä, työlevydeltään 110 cm olevalla kelasilppurilla pystytään riittävän nopeasti korjaamaan rehu 10 ha:n alalta, ei korjuukapasiteetista näin ollen ole puutetta; voidaan pikemminkin puhua ylikapasiteetista. Pelkästään kelasilppureiden tehokkaammalla käytöllä voitaisiin korjattavaa alaa melko helposti lisätä 20...30 %.

Syitä säilörehun yleistymisen hitauteen on ilmeisesti etsittävä muualta. Eräs tärkeimpiä syitä on karjojemme pienuus. Säilörehun kone- ja säilökustannus on pienellä karjalla arvioitu niin suureksi, että on katsottu halvemmaksi pitäytyä heinän seiväskuivauksessa. Säilörehussa saatavalle lisävalkuaiselle ei tällöin panna kovinkaan suurta arvoa. Aumaan säilömistä, mikä olisi kustannuksiltaan heinän seiväskuivaukseen verrattavissa, on pi-

detty rehun laadun kannalta huonona säilöntämuotona. Tilapäissäilöinä niitä käytetään kuitenkin melko usein.

Säilörehun käsittelyä on pidetty raskaana ja epämiellyttävänä. Tämä johtuu siitä, että rehua on, korjuuvaihetta lukuunottamatta, jouduttu yleensä siirtämään ja irrottamaan käsin. Myös säilörehutorniin kipuaminen tuntuu hankalalta.

Siirtyminen heinävaltaisesta ruokinnasta säilörehuvaltaiseen ruokintaan edellyttää perustavaa laatua olevia muutoksia rehun tuotantomenetelmissä. Vanhemmat viljelijät eivät tee mielellään äkillisiä muutoksia ja nuorempien mielestä säilörehun valmistuksen ja käsittelyn nykyinen tekniikka ei sovellu tehokkaaseen tuotantotoimintaan.

Säilörehun valmistuksen tekniikkaa ei ilmeisesti kaikkialla hallita. Vaikka kelasilppureiden määrä on suuri, rehun tekoon tuntuu kuluvan runsaasti aikaa. Puuttuu työn suunnittelua ja ilmeisesti myös tietoa siitä, miten nykyistäkin tekniikkaa voitaisiin tehostaa.

Nykyinen korjuutekniikka ei ole kaikille tiloille enää riittävän tehokasta. Tavanomaisten rehumäärien ollessa kyseessä on kelasilppuri sinänsä riittävän tehokas. Mitä isommiksi säilötävät määrät kasvavat, sitä suuremmat vaatimukset tuottaja asettaa työn tehokkuudelle.

Rehun säilymisen kannalta hyväksi havaittu tornisäilö ei rehun käsittelyn kannalta ole paras mahdollinen säilömuoto. Rehun siirto sekä säilöön että säilöstä haluttaisiin yksinkertaisemmaksi. Tämä olisi mahdollista säilömällä rehu esimerkiksi laakasäilöön. Sen edellyttämää säilöntätekniikkaa ei kaikin paikoin vielä tunneta riittävästi. Jos rehua ei haluta tehdä tornisäilöön, pysytään heinäruokinnassa.

Haluttaessa lisätä säilörehun käyttöä maassamme on sen valmistus- ja käsittelymenetelmien tehokkuutta pystyttävä parantamaan. Tähän on lähinnä kaksi tietä: nykyisin käytettävien menetelmien tehoa lisätään tai selvitetään uusien, tehokkaampien menetelmien soveltuvuus oloihimme. Nämä molemmat ovat olleet kohteina esillä

olevassa SITRAn ja Maa- ja metsätalousministeriön rahoittamassa selvityksessä. Tällöin on VAKOLAn toimesta kehitetty etenkin esikuivatun säilörehun korjuutekniikkaa, tehty työaikakokeita rehunkorjuun eräistä työvaiheista ja selvitetty niihin liittyviä teknisiä yksityiskohtia. Työtehoseuran toimesta on tehty työntutkimuksia säilörehun korjuusta ja käsittelystä kautta koko maan ja samalla kehitetty niiden työtekniikkaa. Tietolähteinä on käytetty myös aikaisempia sekä koti- että ulkomaisia tutkimustuloksia.

## 2. Korjuu ja varastointi

### 2.1. Niitto ja luo'on kuivumista nopeuttava käsittely

Rehun kuormausta ja silppuamista edeltävä nurmikasvuston niitto ja käsittely tulee kysymykseen lähinnä vain esikuivattua säilörehua tehtäessä.

#### 2.11. Niitto

Säilörehuksi tehtävän nurmikasvuston pelkkä niittäminen ilman kuivumista nopeuttavaa käsittelyä ei ole järkevää. Pelkkä niittäminen, tehtiin se sitten tavanomaisella sormipalkki- tai pyöröniittokoneella, ei nopeuta luo'on kuivumista. Käytettäessä sormipalkki- tai useampilautasista niittolaitetta luoko jää niin leveälle karholle, ettei sen noukkiminen ole mahdollista ilman haravointia. Kaksilieriöisellä lieriöniittokoneella saadaan aikaan riittävän kapea karho, mutta sen työleveys on melko pieni. Niittokoneiden työleveydet ovat yleensäkin niin pieniä, ettei niiden käyttö esikuivatun säilörehun teossa työntuotosta ja työnmenekkiä ajatellen ole suositeltavaa.

#### 2.12. Luo'on kuivumista nopeuttava käsittely

Luokoa käsittelemällä pyritään nopeuttamaan karhon kuivumista pellolla ja samalla edesauttamaan säilöntää ajatellen oikean käymisprosessin alkamista. Käsittely suoritetaan meillä mekaanisesti, lähinnä murskaamalla, mutta muualla on kokeiltu karhon käsittelyä myös kuumentaen tai kemiallisilla tai sähköisillä menetelmillä. Pyrkimyksenä on kasvuston biologisten, kemiallisten ja fysikaalisten ominaisuuksien muuttaminen esikuivatun säilörehun teon yhteydessä.

#### Luo'on kuivumista nopeuttavat laitteet

Mekaaninen käsittely voi olla joko iskemistä, rusementamista, murtamista tai hankaamista. Kaikkien eri tapojen tarkoituksena on rikkoa kasvin korren ja lehtin pintasolukkoa siten,



että sen haihtumista estävää vaikutusta voidaan vähentää ja sisempi solukko saadaan ilman kuivaavalle vaikutukselle alttiiksi. Tehokkain kuivumista edistävä tapa olisi poistaa kasvin eri osien päällimmäisin solukerros. Tällaista laitetta ei kuitenkaan vielä ole kehitetty. Toisaalta jo varren ja lehtien pinnoissa olevat repeämät ja haavatkin edistävät huomattavasti veden haihtumista.

Kasvustoa mekaanisesti käsittelevät laitteet eli niittomurskaimet ovat rakenteeltaan kelamurskaimia tai taittelevia tai rusementavia telamurskaimia. Kelamurskainta on kahta eri mallia: varsinainen kelaniittomurskain ja iskukelamurskain.

#### Varsinainen kelaniittomurskain (piirros 1 )

Kelaniittomurskaimen niittävä ja murskaava osa, kela, on rakenteeltaan samanlainen kuin kelasilppurissa. Kone eroaa kelasilppurista lähinnä siinä, että se on varustettu matalalla suoja- ja ohjauskuvulla korkean torven asemesta, kelan kehänopeus on pienempi ja varstat ovat raskaammat. Suojakuvun etuosan puomi tai tela taivuttaa niitettäessä kasvustoa alleen ajosuuntaan siten, että korret ovat kutakuinkin varstojen kärkien piirtämän kehän tangentin suuntaiset. Varstat katkaisevat kasvin korren tyvestä ja kela pyöriessään siirtää katkaistuja kasveja tyvi edellä pitkin suojakuvun sisäpintaa. Tällöin varstat iskevät useammin nimenomaan kasvin kovempaan tyvipäähän. Ajonopeuden ja kelan kehänopeuden suhteen ollessa oikea on kasvuston silppuuntuminen vähäistä. Hitaasti ajettaessa syntyy yleensä enemmän silppua. Sitä lisää lähinnä se, että kelaniittomurskaimella niitettäessä kasvusto on eteenpäin taivutetussa asennossa ja sänki jää ensi vaiheessa melko pitkäksi, mutta ponnahtaa välittömästi pystyyn, jolloin varstat katkaisevat sen uudelleen ja peltoon jää 5...8 cm:n pituisia sängen kappaleita.

Pellon pinnan ollessa tasainen on kelamurskaimen jälki tyydyttävää. Liiallisesti murskautumisesta johtuvat varisemistappiot saattavat heinäkasvejakin niitettäessä olla melkoiset. Apilan

käsittelyyn ei konetta voida suositella.

Karhon kuivumista edistävä vaikutus on hyvä.

Työntuotos on työleveydestä riippuen 0,5...0,7 ha/h ja tehon tarve 30...40 kW.

#### Telaniittomurskain (piirros 2 )

Telaniittomurskaimessa on samaan runkoon yhdistetty sekä niittävä että murskaava osa. Niittolaite on yleensä joko tynkäsormiterä- tai lautasterälaite. Murskaavan osan muodostavat kaksi telaa, jotka taittelevat ja/tai rusentavat välissään niittolaitteen niittämän luonon. Kone on lisäksi varustettu kaatokelalla.

Telat voivat olla joko pelkillä teräs- tai kumitetuilla pienoilla varustettuja, jolloin niiden murskaava vaikutus perustuu lähinnä kasvien lehtien ja varsien taittelemiseen.

Monissa nykyisin valmistettavissa murskaimissa kuitenkin toinen tela on joko sileä tai uritettu kumitela toisen ollessa joko uritettu tai pienoilla varustettu terästela. Tällaisen rakenteen murskaava vaikutus perustuu lähinnä kasvien lehtien ja korren rusentamiseen.

Telaniittomurskaimet eivät silppua kasvustoa liikaa ja niitä voidaan käyttää myös apilan käsittelyyn ilman suurempia lehtien varisemistappioita. Telaniittomurskain on rakenteeltaan monimutkaisempi ja kalliimpi kuin kelamurskain. Kuivumista nopeuttava vaikutus on melko hyvä. Työntuotos on työleveydestä riippuen 0,5...1,2 ha/h ja tehon tarve 10 - 25 kW. Niittävä osa voi olla joko tavanomainen, edestakaisin liikkuvalla terällä varustettu terälaite tai lautasniittolaite. Edestakaisin liikkuva terä rajoittaa murskaimen ajonopeutta ja tukkeutuu ellei sitä ole varustettu ns. tynkäsormilla (piirros 3 ). Tynkäsormiterälaitekaan ei tukkeutumattomuudestaan huolimatta pysty niittämään lakoista nurmea myötälakoon liian pitkää sänkeä jättämättä. Lautasniittolaite sallii suuremman ajonopeuden, mutta saattaa aiheuttaa lyhyttä kasvustoa niitettäessä tarpeettomia silppuuntumistappioita. Lautasniittolaitteen tehon tarve on selvästi sormiterälaitteen tehon tarvetta suurempi. Telamurskaimet soveltuvat hyvin nimenomaan esikuivatun säilörehun tekoon.

### Iskukelaniittomurskain

Uusin tulokas niittomurskainten joukossa on iskukelaniittomurskain (piirros 4). Niittävänä elimenä on tavallisesti lautasniittolaite ja niitetyn karhon murskaa niittolaitteen takana oleva varstoilla varustettu nopeasti pyörivä kela. Karhon käsittely tapahtuu siten iskemällä. Sen kuivumista nopeuttava vaikutus on samaa luokkaa kuin telaniittomurskaimen. Työntuotos on noin 0,5...1,2 ha/h ja tehon tarve terälaitteesta riippuen 20...30 kW.

### Kaksoisilppuri (piirros 5 )

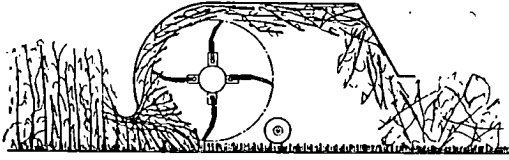
Kaksoisilppuria voidaan käyttää myös kasvuston murskaukseen ohjaamalla niittokelan katkaisema ja esisilppuama kasvusto koneen taakse karholle. Murskaustapa on jokseenkin sama kuin varsinaisen kelaniittomurskaimen.

Kuivumista nopeuttava vaikutus on samaa luokkaa kuin muillakin murskaimilla. Kasvusto silppuuntuu melko voimakkaasti, joten sitä ei voida suositella lyhyen kasvuston eikä varsinkaan apilan murskaamiseen. Karho on korjattava samalla koneella. Tällöin noukintatappiot pysyvät kohtuullisina. Tavanomaisella noukkimella varustetulla silppurilla karhon korjaaminen aiheuttaa, varsinkin lyhyttä kasvustoa korjattaessa, suuremmat varisemistappiot. Karhoa kaksoisilppurilla korjattaessa niittokelan varstojen etäisyys pellon pinnasta on säädettävä pienemmäksi kuin niitettäessä. Tällöin ne saattavat leikata pellon pintaa varsinkin nopeammin ajettaessa ja aiheuttaa rehun likaantumista.

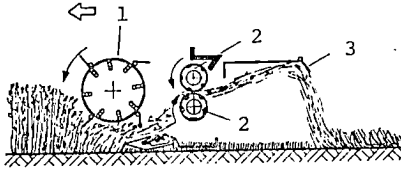
Työntuotos on noin 0,7 - 0,8 ha/h ja tehon tarve noin 25 kW.

### Murskatun karhon kuivumisesta

Luo'on kuivuminen hajallaan on nopeampaa kuin karhossa. Esikui-vattua säilörehua tehtäessä ei karhoa ole syytä kuitenkaan pöyhiä, koska pöyhminen aiheuttaa varisemistappioita ja mahdollisesti myös rehun likaantumista. Vaikka karhon pinta- ja pohja-kerrokset kuivuvatkin eri tavoin, ne sekoittuvat kuitenkin silppurissa. Joka tapauksessa karhon murskaaminen aiheuttaa sen, että korret ja lehdet kuivuvat lähes yhtä nopeasti. Käsittelemättömän kasvuston korsien ja lehdistön kuivumisnopeudessa on hyvin selvä ero (piirros 6).

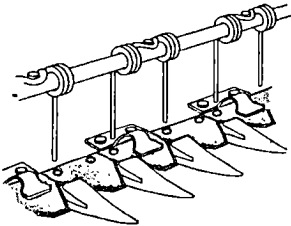


Piirros 1. Varsinainen kelaniittomurskain

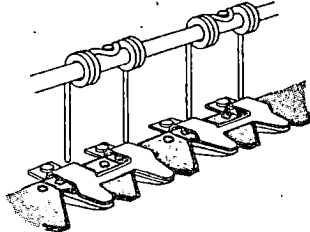


Piirros 2. Telaniittomurskain

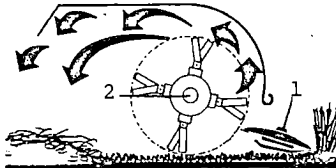
1. Kaatokela
2. Kumipienatela
3. Ohjauskupu



Piirros 3a. Tavanomainen sormiterä

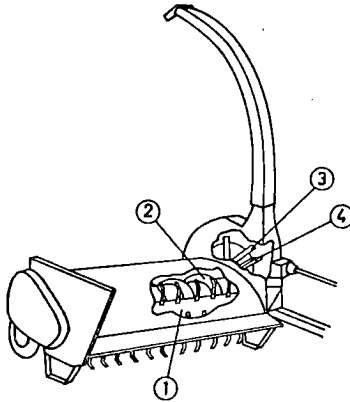


Piirros 3b. Tynkäsormiterä



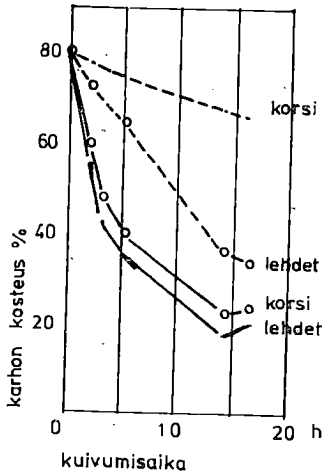
Piirros 4. Iskukelaniittomurskain

1. Lautasniittolaite
2. Iskevä ja hankaava varstakela



Piirros 5. Kaksoissilppuri

1. Niittävä varstakela
2. Syöttöruuvi
3. ja 4. Silppuava lietso. Sen tilalla käytetään myös silppuavaa kelaa.



Piirros 6. Murskaamisen korren kuivumista edistävä vaikutus. Kaksi alempaa käyrää osoittavat selvästi, kuinka murskatun kasvuston sekä korret että lehdet kuivuvat jokseenkin samalla nopeudella.

Murskattu kasvusto kostuu suuremman kosteutta sitomaan pystyvän pintansa ansiosta helpommin sateen tai kasteen vaikutuksesta kuin käsittelemätön kasvusto. Vastaavasti se taas hyvissä oloissa kuivuu nopeammin. Koska vapaat solunesteet huuhtoutuvat helposti sateen mukana, ei kasvuston murskaamista pitäisi saattaa korsien murtamista, lehtien pintasolukon rikkomista ja lehtisuonien murtamista pitemmälle.

Myös maasta nouseva kosteus imeytyy helposti murskattuun kasvustoon. Kasvuston murskaamisen vaikutus on tehokkainta ensimmäisinä tunteina, koska kuivumisnopeus on silloin suurimmillaan. Kuivausta jatkettaessa kuivuminen hidastuu. Tämä merkitsee käytännössä sitä, että 30...35 % kuiva-ainepitoisuus saavutetaan melko nopeasti, kun taas heinäsiilörehun ka-pitoisuus, 45...55 %<sup>1)</sup>, vaatii jo huomattavasti pitemmän kuivausajan puhumattakaan paalettavan heinän 75...80 % kuiva-ainepitoisuudesta.

### Niittomurskaimen käyttötekniikka

#### N i i t t o t a p a

Säännöllisen muotoisella, salaojitetulla peltolohkolla on pyrittävä aina ajamaan pisimmän sivun suuntaisesti. Näin jää käännösten lukumäärä mahdollisimman pieneksi ja niihin kuluva aika mahdollisimman lyhyeksi. On laskettu, että jos niitettävän sivun pituus kasvaa esimerkiksi 200 m:stä 400 m:iin, alenee hehtaarin alalla tehtävien käännösten lukumäärä lähes kolmannekseen.

Peltolohko on edullista ajaa aina vähintään neljään kertaan ympäri, jotta korjuukoneyhdistelmälle saadaan riittävästi tilaa päisteeseen. Säännöllisen muotoista, isohkoa peltolohkoa ei kannata ajaa jatkuvasti ympäri, vaan se on syytä niittää murskaimen työlevydellemme sopiviin sarkoihin.

#### A j o n o p e u s

Niittomurskaimen ajonopeus riippuu sen terälaitteesta, sadon suuruudesta, kasvuston lakoisuudesta ja kosteudesta sekä pellon pinnan tasaisuudesta.

---

1) Kts. sivu 27

Edestakaisin liikkuvalla terällä varustetun murskaimen ajonopeutta ei voida nostaa niin suureksi kuin esimerkiksi lautasterälaitteella varustetun murskaimen. Toisaalta lautasterälaitteeseen suurenlaisen ajonopeuden, jottei se silppuasi kasvustoa liikaa.

Sadon suureneminen samoinkuin kasvuston lakoisuus ja märkyys pienentävät kaikkien murskaintyyppien ajonopeutta, hidastaen kuitenkin voimakkaimmin edestakaisin liikkuvalla terällä varustetun murskaimen ajonopeutta.

Pellon pinnan ollessa epätasainen ja mahdollisesti vielä kivien pienenevät murskainten ajonopeudet huomattavasti. Tasoittamalla pellot ja jyräämällä pienet kivet pinnan tasalle säästeään sekä aikaa että murskaimen ja silppurin korjauskustannuksia.

Käytännön ajonopeus on useimmiten, olipa murskain malliltaan mikä tahansa, 6...8 km/h ja raskaissa oloissa vain 4...5 km/h. Erittäin hyvissä oloissa voidaan ajaa nopeudella 10 km/h tai nopeamminkin. Koneen hallitseminen on kuitenkin jo tällöin melko vaikeaa, mistä johtuen ei pystytä käyttämään koneen koko työlevyettä vaan tehollinen niittoleveys saattaa jäädä jopa 20 % nimellistyölevyettä pienemmäksi. Edellä esitetyllä 6...8 km/h nopeudella on vielä mahdollista pitää tehollinen työleveys vain 10 % nimellistyölevyettä pienempänä. Suurilla nopeuksilla on myös koneiden särkymisalttius suurempi. Jotta kasvuston niittomurskaus ei muodostuisi esikuivatun säilörehun korjuuta hidastavaksi tekijäksi, on niittomurskaimen työlevyeden oltava selvästi kelasilppurin työlevyettä suurempi. Kapea niittomurskain viivyttaa korjuun alkamishetkeä ja osittain estää tarkkuussilppurin täystehoisen käytön. Liian kapeat karhojen välit aiheuttavat myös helposti karhojen tallaantumista. Tähän mennessä saatujen kokemusten perusteella niittomurskaimen työlevyeden olisi oltava vähintään noin 2 m.

#### K a r h o j e n k o k o j a k u i v u m i n e n

Karhojen koko, ts. niiden leveys ja korkeus riippuvat lähinnä sadon suuruudesta ja murskaimen työlevydestä. Karhot tulisi tehdä mahdollisimman leveiksi, ts. hahduttavaa pintaa pitäisi olla niin paljon kuin mahdollista. Karhon leveys ei saa kuiten-

kaan ylittää silppurin noukkimen tehollista leveyttä. Paksujen karhojen sisäosan kuivumisolosuhteet ovat paljon huonommat kuin pintakerroksen. Niinpä karhon pohja- ja pintakerrosten kuiva-ainepitoisuuksien välillä on yleensä melkoinen ero. Se kuitenkin tasoittuu silppurissa niin, että perävaunuun siirretyn silpun kuiva-ainepitoisuus on yleensä pohja- ja pintakerrosten keskiarvo.

Ohut karho, jossa on vähän kuivattavaa ruohoa, kuivuu luonnollisesti selvästi nopeammin kuin paksu karho. Sadon suuruuden vaikutus on siten aina otettava huomioon niiton ja murskauksen jälkeen korjuun alkamisajankohtaa määrättäessä.

Paksu karho ei sadekuuron sattuessa kastu kauttaaltaan niin helposti kuin ohut karho. Toisaalta se kastuttuaan ei luovuta sisälleen saamaansa irtovettä niin helposti kuin ohuempi karho.

Jos sato on pieni, ei karhoa pidä tehdä liian leveäksi. Siitä tulee silloin niin matala, että noukintatapit korjattaessa kasvavat tarpeettoman suuriksi.

M u r s k a u s a j a n k o h d a n v a i k u t u s k u i -  
v u m i s e e n

Mitä aikaisemmassa kasvuvaiheessa kasvusto niitetään, sitä enemmän kasvit sisältävät vettä. Tämä johtuu siitä, että kuivemman korren osuus on silloin pienempi. Toisen ja kolmannen sadon lähtökuiva-ainepitoisuudet ovat usein hieman korkeammat kuin ensimmäisen, varhain korjatun sadon.

Päivittäisellä niittoajankohdalla on sikäli merkitystä, että aikaisin aamulla kasvusto on kosteampaa kuin myöhemmin päivällä. Tämä on luonnollisesti kasteesta johtuvaa irtovettä, joka haihtuu nopeammin pois pystystä kuin karholle niitetystä kasvustosta. Kasteisena aamuna ei runsassatoista kasvustoa kannata ruveta murskaamaan liian aikaisin. Sama koskee sateen jälkeistä tilannetta: satanut irtovesi haihtuu nopeammin pystystä kasvustosta kuin karhosta. Jos sade on ollut runsas ja pitkäaikainen, on myöskin pinta niin kostea, että kannattaa odottaa jonkin aikaa enemmän veden imeytymistä ja haihtumista. Karhon alla oleva vesi ei haihdu. Jos sitä on runsaasti, se vain kostuttaa karhoa.



## K a s v i l a j i

Apilakasvusto sisältää enemmän vettä kuin heinäkasvusto. Tämä johtuu lähinnä apilan varsien ja lehtiruotien suuremmasta kosteudesta. Apilakasvusto kuivuu siten hieman hitaammin kuin heinäkasvusto.

Apilan lehdet varisevat myös helpommin kuin heinäkasvien lehdet. Murskauksen on oltava hellävaraisempaa kuin heinäkasvien. Apilan lehdet puhaltuvat kuivuttuaan helposti perävaunujen ulkopuolelle. Silppurin puhallustorven säätöjen on oltava tällöin oikeat ja nopeat ja perävaunun laitojen riittävän korkeat ja tiheät ja perävaunu takaa katettu.

### Murskaamisen ja esikuivaamisen aiheuttamista hävikeistä

Kyseisiä hävikkejä ei Suomessa ole kovinkaan paljon selvitetty. Tässä esitetyt tiedot perustuvat pääasiassa ulkomaisiin lähteisiin.

### M e k a a n i s e s t i a i h e u t e t u t h ä v i k i t

#### Varisemistappiot

Varisemistappioilla tarkoitetaan niiton, murskauksen ja pöyhinnän yhteydessä syntyvää silppua tai mursketta, jota ei korjuukoneilla pystytä ottamaan talteen. Tällaiset tappiot ovat sitä suuremmat mitä kauemmin kasvustoa joudutaan pellolla kuivaamaan ja mitä useammin sitä pöyhitään. Erilaisilla niitto- ja murskauslaitteilla on jonkin verran vaikutusta varisemistappioihin. Edes-takaisin liikkuvan terän aiheuttamat silppuuntumis-, vastaavasti varisemistappiot ovat hyvin pienet, pyörö- eli lautas- tai lie-riöterälaitteiden hieman suuremmat ja kelaniittomurskainten kaikkein suurimmat. Lyhyt kasvusto ja koneiden väärä käyttö vaikuttavat voimakkaimmin pyörö- (lautas- tai lieriö-) ja kelaniittolaitteiden aiheuttamia silppuuntumistappioita lisäävästi. Esikuiva-  
tun säilörehun teon yhteydessä ja sadon ollessa keskinkertainen ei oikein käytettyjen niittomurskainten välillä ole kovin suuria eroja. Tämä johtuu lähinnä siitä, että karhoja ei kuivata 30... 40 ka-% kuivemmaksi eikä niitä pöyhitä, jolloin niitettäessä ja murskattaessa syntyvä silppu pysyy karhon sisällä nousten korjuun yhteydessä silppuriin ja edelleen perävaunuun. Sadon ollessa hyvin pieni saattavat kuitenkin silppurin noukkimis-

tappiot muodostua melko suuriksi.

## N i i t t o t a p p i o t

Niittotappioilla tarkoitetaan tässä yhteydessä liian pitkäksi jääneen sängin tai laon vuoksi kokonaan niittämättä jääneen kasvuston aiheuttamia tappioita.

Ajoneopeuden lisääminen pyrkii lisäämään näitä tappioita. Eri niittolaitteiden välillä on kuitenkin selviä eroja. Edestakaisin liikkuva terä rajoittaa ajonopeutta selvimmin. Ajonopeuden noustessa yli 7 km/h ei se enää ehdi niittää täysvahvaa kasvustoa täydellisesti vaan kaataa sitä alleen. Näin siitä huolimatta, että edestakaisin liikkuvalla terällä varustetut niittomurskaimet on yleensä varustettu myös kaatokelalla.

Lieriö- tai lautasniittolaitteella varustetulla niittomurskaimella voidaan ajaa vahvaakin kasvustoa selvästi nopeammin ilman, että sängin pituus sanottavasti kasvaa. Peltojen pinnan epätasaisuus aiheuttaa kuitenkin melko helposti tällaisenkin koneen hujumista ja hyppimistä, jolloin ylipitkän sängin osuus kasvaa haitallisen suureksi. Ajonopeus n. 10 km/h lienee tällaisille laitteille riittävän suuri.

Lakoisuuden aiheuttamat niittotappiot ovat helposti suurimmat edestakaisin liikkuvalla terällä varustettua niittomurskainta käytettäessä. Sillä ei ole paljoakaan merkitystä ovatko terälaitteen sormet tavanomaiset tai tynkäsormimallia. Vastalakoon riittävän hitaasti ajettaessa ovat sorminiittolaitteen aiheuttamat niittotappiot kohtuullisen pienet, mutta myötälakoon vahvaa kasvustoa ajettaessa niittotappiot saattavat kasvaa melko suuriksi. Lieriö- ja nimenomaan lautasniittolaitteiden aiheuttamat niittotappiot pysyvät vaikeissakin oloissa kohtuullisina. Varstakelaniittomurskainten niittotappiot nimenomaan vahvaa lakoista kasvustoa myötälakoon ajettaessa ovat hieman suuremmat kuin pyöröniittolaitteiden.

Varisemis- ja niittotappioiden suuruutta on melko vaikea määrittellä. Esikuivattua säilörehua tehtäessä voidaan varisemistappiot pitää niin pieninä ettei niillä ole paljoakaan merkitystä. Tuskin kuitenkaan koskaan päästään alle 50 kg ka/ha. Pahimmassa tapauksessa ne saattavat olla 200 kg ka/ha. Niittotappiot ovat

suotuisissa oloissa myös pienet, mahdollisesti jopa samaa luokkaa kuin varisemistappiotkin. Epäsuotuisissa oloissa ne voivat nousta jopa 500 kg:aan ka/ha.

#### M u u t k u i v a - a i n e h ä v i k i t

H e n g i t y k s e s t ä johtuva kuiva-ainehävikki on ensimmäisen kuivausvuorokauden aikana pienimmillään. Se suurenee jonkin verran seuraavien vuorokausien aikana.

M i k r o b i t o i m i n n a n aiheuttama hävikki on ensimmäisen vuorokauden aikana vähämerkityksellistä. Kuivausajan pidentessä ja varsinkin kosteissa ja lämpimissä oloissa sen vaikutus kasvaa.

H u u h t o u t u m i s e s t ä johtuvan hävikin suuruus riippuu paitsi sateen määrästä myös siitä tuleeko sade lievänä mutta pitkäaikaisena vaiko ankarampana, mutta lyhytaikaisena sadekuurona. Lyhyt sadekuuro, vaikka vesimäärä on sama, ei kastele niin paljoa kuin pidemmän ajan kuluessa tullut sama vesimäärä. Murskattu, kuivahtanut kasvusto on huuhtoutumiselle alttiimpaa kuin juuri niitetty käsittelemätön kasvusto.

Eräiden ruotsalaisten kokeiden mukaan hengityksestä, mikrobi-toiminnasta ja huuhtoutumisesta johtuva kuiva-ainehävikki on yhteensä n. 2,5 % vuorokaudessa. Meillä kuivausaika esikuivatua säilörehua tehtäessä on yleensä alle 24 tuntia ja näin ollen voitaneen tätä lukua soveltaa myös meidän oloihimme.

#### Sokerihävikki

Hävikki on suurimmillaan kasvuston ollessa tuoretta, mutta pienenee sitä nopeammin mitä nopeammin karho kuivuu. Tämä johtuu siitä, että homeiden ja mikro-organismien elinolot ovat kuivumisen alussa parhaimmillaan. Lämmin, kostea ilma edesauttaa sokerin hajoamista kun taas melko viileä ilma ja karhosta haihtuvaa vettä nopeasti siirtävä tuuli ovat eduksi. Syysadon sokerihävikki on yleensä pienempi kuin kesäadon. Sokerihävikki oli eräissä ruotsalaisissa kokeissa keskimäärin n. 0,5 %-yksikköä vuorokaudessa.

## Raakavalkuaishävikki

Yleisesti otaksutaan, että sulavan raakavalkuaisen hävikki on suhteellisesti yhtä suuri kuin orgaanisten aiheiden hävikki yleensä, Mitä suurempi raakavalkuaispitoisuus, sitä suurempi hävikki.

## Vitamiinihävikki

Ruotsalaisten selvitysten mukaan karotiinihävikki oli ensimmäisen kuivausvuorokauden aikana n. 15 - 20 %. Hävikki oli suurempi kesällä kuin syksyllä.

### 2.13. Esikuivaus

Tuore säilörehu on nurmikasvustosta suoraan niittäen ja silputen tehtyä rehua. Säilörehuasteella olevan nurmikasvuston ka-pitoisuus on 18...20 %.

Esikuivattu säilörehu on nurmirehua, jota on ennen sen korjuuta ja säilömistä kuivattu pellolla niin paljon, että sen kuiva-ainepitoisuus on 30...35 %. Jos ka-pitoisuus nostetaan 45...50 %:iin, voidaan rehusta käyttää nimitystä h e i n ä - s ä i l ö r e h u.

### Esikuivauksen edut ja haitat

Esikuivauksella saavutetaan tuoresäilörehuun verrattuna mm. seuraavia etuja:

- puristemehun määrä pienenee loppuen lähes tyystin ka-pitoisuuden noustessa yli 30 %
- virhekäymisriski pienenee
- korjuun työntuotos ja nimenomaan ka-työntuotos kasvaa<sup>1)</sup>
- kuljetuskaluston ja säilöjen ka-kapasiteetti<sup>1)</sup> kasvaa
- rehun käsittely helpottuu.

1) Kuiva-aine(ka) työntuotoksella ja -kapasiteetilla ymmärretään tässä yhteydessä sitä kuinka paljon rehun kuiva-ainetta korjataan aikayksikössä tai saadaan säilöön mahtumaan

- jäätymisalttius pienenee

Haittapuolia ovat:

- riippuvuus hyvistä korjuusäistä on suurempi kuin tuoresäilörehua tehtäessä
- pellolla kuivaus aiheuttaa lisätappioita
- kasvuston murskaaminen aiheuttaa yhden lisätyövaiheen ja suurentaa kokonaistyömenekkiä
- suuremmat konekustannukset
- useamman työvaiheen yhteensovittaminen aiheuttaa lisävaatimuksia töiden järjestelylle
- esikuivattu rehu asettaa tuoretta säilörehua suuremmat vaatimukset säilönnän nopeudelle, säilöjen tiiviydelle ja rehun peittämiselle
- esikuivaus soveltuu vain sellaisille tiloille, joissa sekä valmistettavat että päivittäin syötettävät rehumäärät ovat suuria.

#### Esikuivauksen soveltuvuudesta oloihimme

Säilörehun esikuivaamisen soveltuvuus oloihimme on lähinnä ilmastollinen kysymys: ovatko korjuukausien säät sellaiset, että esikuivaus yleensä on mahdollista? Meillä ei ole suoritettu koko maata käsittävää tilastollista tutkimusta eri pituisten kuivien kausien esiintymistiheydestä kesän aikana. Kokemuksesta kuitenkin tiedetään, että kevätkesä on yleensä kuiva ja että myös keskikesällä, toisen korjuukauden aikana, esiintyy useamman päivän mittaisia poutakausia. Suoritettujen kokeiden ja selvitysten perusteella näyttää siltä, että esikuivaustekniikkaa on mahdollista soveltaa myös meidän oloissamme (piirros 7). Viimeisen, syksyllä tapahtuvan korjuun aikana esikuivausmahdollisuudet ovat yleensä lähes olemattomat. Tämä ei johdu pelkästään mahdollisista sateista vaan myös siitä, että ilman suhteellinen kosteus on suuri. Päivien lyhyydestä johtuen on kovin lyhyt nimenomaan se aika, jolloin suhteellinen kosteus on laskenut niin paljon,

että ilma pystyy sitomaan karhosta haihtuvaa vesihöyryä. Myös maan pinta on kostea ja siitä haihtuva vesi kostuttaa rehu-karhoa. Karhon kuivumista voidaan edistää pöyhimällä. Tätä ei säilörehua esikuivattaessa kuitenkaan suositella, koska pöyhittyä luokoa karholle haravoitaessa rehun joukkoon tulee helposti multaa ym. epäpuhtauksia.

#### Esikuivauskokeiden tuloksia

Kuivumisnopeus riippuu karhon käsittelyn tehokkuudesta, ts. koneesta, säästä, ja sadon suuruudesta sekä kasvuston lakoi-suudesta.

Kuivumisnopeus on vaihdellut eri vuosina ja eri olosuhteissa 0,4...5,0 prosenttiyksikköä tunnissa. Kun keskimääräinen kuivumisnopeus on noin 3,5 %-yksikköä tunnissa, tarkoittaa se käytännössä sitä, että 35 ka-prosentin raja saavutetaan noin kuuden tunnin kuivauksella.

Jos kuivumisnopeus on 5 %-yksikköä tunnissa, kasvusto kuivuu 35 ka-%:iin 3...4 tunnissa. Sadon ollessa pieni ja karhojen ohuita saattaa tällöin ilmetä jopa liikakuivumisen vaaraa. Jos kuivumisnopeus on 1,0 %-yksikköä tunnissa, karhoa ei saman vuorokauden kuluessa saada kuivumaan riittävästi. Tällöin karho joudutaan korjaamaan kosteampana tai sen korjuu siirtyy seuraavaan päivään (piirroksat 7 ja 8 ).

Ilman suhteellinen kosteus ja tuulen nopeus vaikuttavat kuivumisnopeuteen ainakin yhtä voimakkaasti kuin ilman lämpötila ja auringon paiste (piirros 7 ).

Karho kuivuu pinnalta huomattavasti nopeammin kuin pohjalta. Mittauksissa syyskorjuun aikana pinnan kuivumisnopeus oli keskimäärin noin 2,6 %-yksikköä tunnissa ja pohjan kuivumisnopeus noin 1,0 %-yks./h. Karhon sisällä olevan ilman liik-kumista olisi saatava tehostetuksi karhon eri kerroksissa tapahtuvan haihtumisen nopeuttamiseksi. Karhoa korjaavassa silppurissa kosteus tasoittuu lähelle pinnan ja pohjan kes-kiarvoa, kuten seuraavasta asetelmasta ilmenee:

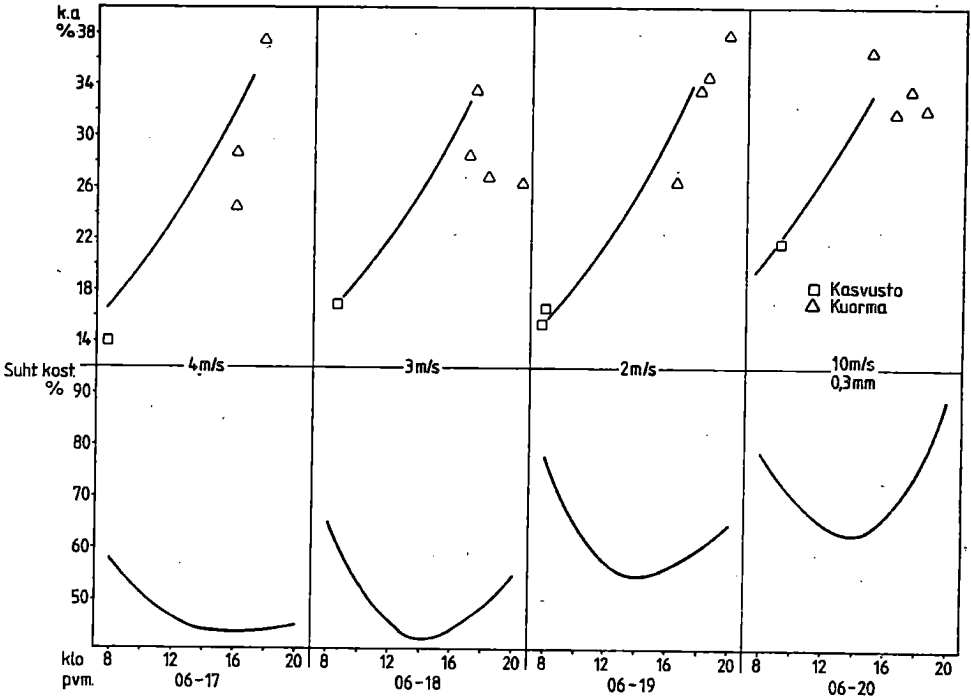
Karhon pinta	33 % ka
Karhon pohja	23 % ka
Kuorma	26,5 % ka

Säilössä rehun eri osien kosteus tasoittuu kuiva-ainepitoisuuden jäädessä yleensä pienemmäksi kuin kuormasta mitaten. Tätä kuvaa seuraava asetelma:

Pvm	ka-%					
	8.6		9.6		10.6	
Viimeiset mittaukset kuormasta	23	34	38	45	37	38
Säilöstä	23	28	36	40	33	32

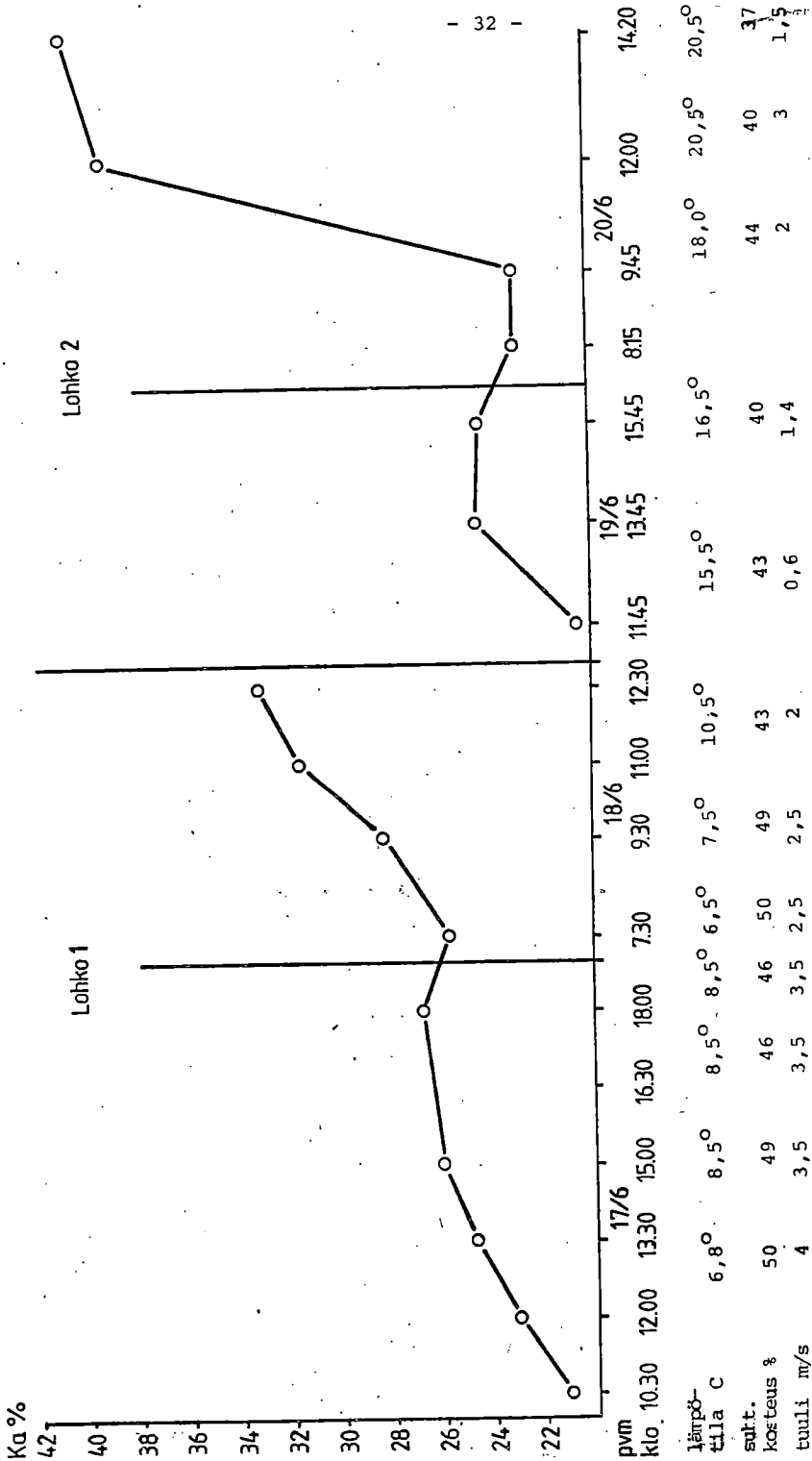
Suoritettujen kokeiden perusteella voidaan esittää seuraavaa:

- Ilmastolliset edellytykset esikuivatun säilörehun valmistamiseksi ovat meillä vähintään samanveroiset ja alkukesästä jopa paremmat kuin muualla Euroopassa. Alueellisia eroja ilmeisesti on, ja vähäsateisempi ja tuulisempi Pohjanmaa saattaa soveltaa esikuivaukseen paremmin kuin sateisempi Sisä-Suomi. Joka tapauksessa oikeata tekniikkaa soveltaen saadaan hyvää rehua.
- Konetekniset edellytykset ovat kohtalaisen hyvät, viljelytekniisissä edellytyksissä on parantamisen varaa.
- Taloudelliset edellytykset, tilakokomme huomioon ottaen, eivät ilman monitilatoimintaa ole kovinkaan hyvät. Yhteistoiminta on esikuivattuun säilörehuun siirryttäessä sekä teknisesti että taloudellisesti katsoen lähes välttämätöntä.
- Parhaan mahdollisen hyödyn saavuttamiseksi viljelijän on hallittava hyvin esikuivatun rehun teon tekniikka. Tämä vuorostaan vaatii tutkimusta ja neuvontaa.
- Pienten karjojen rehun säilöntämenetelmäksi esikuivaus ei varsinaisesti sovellu. Tämä ei johdu pelkästään taloudellisista seikoista vaan myös pienten valmistus- ja syöttömäärien vaikutuksesta rehun laatuun.



Piirros 7. Sääolot ja karhon kuivuminen Maaningalla 17...20.6.77. Ylempi osa piirroksesta kuvaa karhon kuivumista, alempi ilman suhteellisen kosteuden muutoksia. Tuulen nopeus ja sademäärä on esitetty jokaisen vuorokauden kohdalla. Kuten piirroksesta havaitaan, karhon kuivuminen on jokseenkin yhtä nopeata jokaisena päivänä, myös 20.6, jolloin ilman suhteellinen kosteus oli alimmillaan 65 % lähennellen korkeimmillaan 90 %:ä. Yhtä nopea kuivuminen selittyy lähinnä tuulen nopeuden suurenemisella (10 m/s).





Piirros 8. Säälot ja karron kuivuminen Maaningalla 17..20.6.78. Sadon ollessa selvästi suurempi kuin v. 1977 karron ka-% ei noussut toivottuun 30 %:iin saman vuorokauden aikana. Karho ei yön aikana paljoakaan kostunut ja sen kuivuminen seuraavana päivänä oli nopeaa.

## 2.2. Kuormaus ja silppuaminen

### 2.21. Koneet, laitteet ja tekniikka

#### Silppurit

##### Kelasilppuri (piirros 9 )

Kelasilppurissa ajosuuntaa vastaan pyörivä kela sekä niittää, silppuaa että kuormaa rehun. Kääntyvästi kiinnitetyt varstat niittävät ja silppuavat rehun iskemällä, ei leikkaamalla. Kiinnitystavastaan johtuen varstat eivät ole kovinkaan arkoja kiville. Ne kuluvat kuitenkin melko nopeasti ja joudutaan vaihtamaan 50...80 ha:n niiton jälkeen. Kelan pyörimisnopeus vaihtelee alueella 15...30 r/s ja kehänopeus 30...55 m/s.

Kelasilppuri ei varsinaisesti leikkaa kasvustoa lyhyeksi silpuksi vaan lähinnä vain murskaa sen. Murskautumisaste riippuu koneen säädöstä ja ajotavasta. Silpun pituus vaihtelee hyvin väljissä rajoissa, 20...400 mm (taulukko 1, s. 37 ja piirros 10, s. 36). Siihen vaikuttaa terien iskutaajuuden (kelan nopeus r/s x varstojen luku) lisäksi vastaterän asento ja ajonopeus: mitä hitaampi ajonopeus ja mitä suurempi iskutaajuus, sitä lyhyempi silppu.

K e l a s i l p p u r i n n i m e l l i n e n r e h u m a s s a n t y ö n t u o t o s on ajonopeudesta ja kasvustosta riippuen 10...20 t/h. Sen läpäisykyky on siten hyvä. Jos sato on 15 t/ha ja työleveys 1,0 m, saadaan 7 km/h ajonopeudella teoreettiseksi työn tuotokseksi n. 10 t/h. Ainoa keino tuotoksen lisäämiseksi on työleveyden suurentaminen. Tällöin luonnollisesti myös tehon tarve kasvaa.

K e l a s i l p p u r i n t e h o n t a r v e riippuu lähinnä rehumassan työntuotoksesta. Tehon tarvetta arvioitaessa on huomattava, että jo joutokäynnin vaatima teho on 7,5...11,0 kW. Kelan nopeutta lisättäessä tehon tarve kasvaa jyrkästi. Nostettaessa eräässä kokeessa kelan nopeus 23 r/s:sta 32 r/s:ään tehon tarve lisääntyi 8 kW:sta 18 kW:iin.

Työlevydelteään 110 cm kelasilppurin käyttöön ja perävaunun siirtoon voidaan arvioida tarvittavan voimanottoakselin teholtaan n. 30...40 kW:n ja 130 cm työlevyisen n. 40...50 kW:n traktori.

Kelasilppureiden silpun heittokyky vaihtelee melkoisesti. Mitä parempi heittokyky, sitä paremmin saadaan silppusuihku ohjatuksi perävaunuun. Kelakammion etuläpällä voidaan vaikuttaa heittokykyyn.

Kelasilppurilla on sen rakenteesta johtuen taipumus myös leikata ja imeä multaa. Mitä lyhyempään sänkeen pyritään leikkaamaan, sitä suurempi on tämä vaara. Valion vuonna 1975 suorittaman selvityksen mukaan kuiva-aineen tuhkapitoisuus vaihteli tutkituissa näytteissä 8...28 %, ja yli 20 % rehuista sisälsi tuhkaa vähintään 9 %, jota on pidettävä ehdottomana ylärajana. Liian lyhyeen sänkeen leikkaamista olisi pyrittävä välttämään, koska siitä saattaa olla jopa haittaa pienemmän jälkisadon muodossa. Erään ulkomaisen selvityksen mukaan kapitoisuuden ollessa 18 % ja sängen pituuden 3 cm tuhkapitoisuus niitetyssä lu'ossa oli n. 20 % ka:sta. Sängen pituuden ollessa 6 ja 9 cm olivat vastaavat tuhkapitoisuudet 11 ja 9 % (piirros 11 ).

Kelasilppureiden kiinnitys traktorin sivulle nostolaitteisiin aiheuttaa osaltaan niiden keinumista ja siitä edelleen taipumuksen leikata maata. Viime aikoina on vakavuutta saatu parannetuksi etukiinnityspisteen kohtaa muuttamalla tai asentamalla keinumista rajoittava tukipyörä.

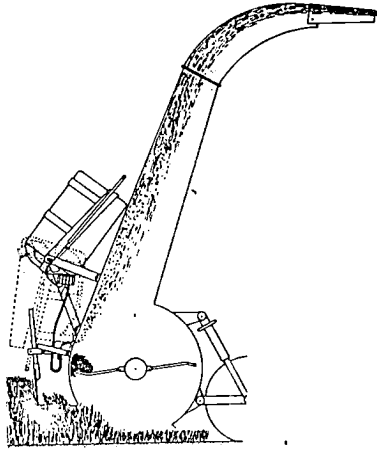
Poistotorven ja sen läpän asennon säätö nimenomaan turvaohjaimolla varustetusta traktorista on vaikeaa. Hankala säätö on vaikuttanut paitsi ohiheittotappioita lisäävästi, myös ajotarkkuutta heikentävästi ja korjuutehoa pienentävästi. Markkinoillamme olevat silppurit alkavat olla nykyisin ohjausvaijeilla tai sähköisillä tahi hydraulisilla poistotorven säätölaitteilla varustettuja. Sekä torven että läpän hydraulinen säätö edellyttää, että traktorissa on kaksi paineöljyn ulosottoa. Yleensä niissä on vakiovarusteena vain yksi ulosotto.

Traktorin ja perävaunun kääntymistä seuraava automaattinen poistotorven ohjaus ei ole yleistynyt. Pienillä, epäsäännöllisillä peltolohkoilla ajettaessa automatiikka helpottaa kuljettajan työskentelyä ja vähentää myös jonkin verran ohiheittotappioita. Suuremmilla säännöllisillä kuvioilla torveja joudutaan kuitenkin säätämään ohi automatiikan silpun tasaiseksi levittämiseksi perävaunuun. Jos säätölaitteet ovat riittävän nopeat ja helpot käsitellä, automatiikan edut jäävät melko vähäisiksi.

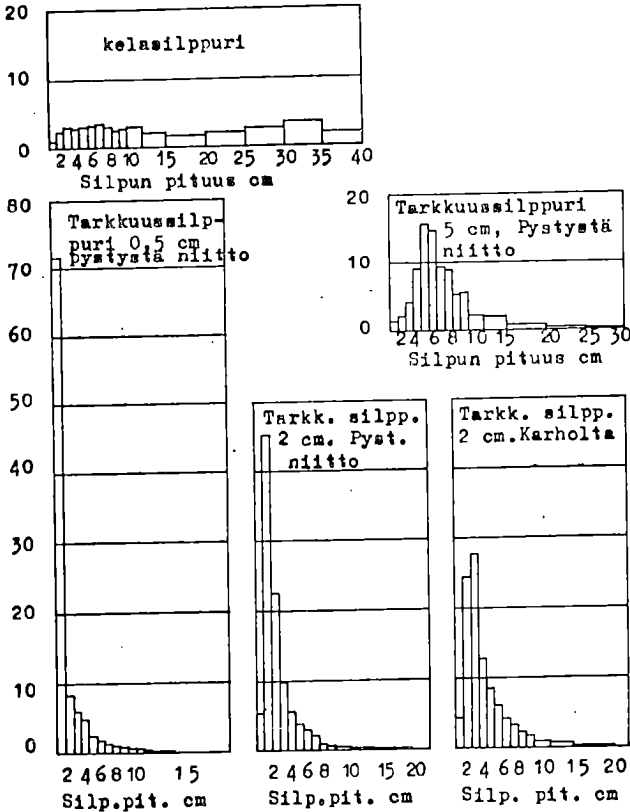
### Tarkkuussilppuri (piirros 12 )

Tarkkuussilppurille on tunnusomaista, että nopeasti pyörivän kelan kehällä olevat teroitettut terät silppuavat leikkaamalla syöttötelojen puristaman ja määrättyllä nopeudella syöttämän kasvimassan vastaterää vasten. Kela toimii useimmissa silppurimalleissa myös heittolietsona. Silputtavaa massaa syötetään määrätty matka jokaisen leikkaustapahtuman välillä. Tämä matka on sama kuin silpun nimellisipituus. Mitä lyhyemmäksi silpun pituus on säädetty sitä lähempänä nimellisipituutta aikaan saatu silppu on (taulukko 1 ja piirros 10 ). Silppu on kutakuinkin tasamittaista ja sen pituutta voidaan säätää lähinnä terien lukumäärää vaihtelemalla, mutta myös syöttönopeutta ja kelan pyörimisnopeutta muuttamalla. Kelan kehänopeus vaihtelee 28...32 m/s. Terien lukumäärä voidaan säätää yhdestä (+ vastapaino) kymmeneen.

T a r k k u u s s i l p p u r i n n i m e l l i n e n r e h u m a s s a n t y ö n t u o t o s on koosta ja silputtavan massan ominaisuuksista riippuen 10...35 t/h. Kelan läpäisykyky voi olla jopa 80 t/h, mutta tällaisiin lukuihin ei käytännössä päästä. Koska korjattavan massan kapasiteettisuus vaihtelee melkoisesti, antaa ka-työntuotos vertailukelpoisemman tuloksen. Suoritetuissa mittauksissa on voitu todeta, että 4 t/h kuiva-ainetta on tuotos, joka on nykyisillä tarkkuussilppureilla kohtuudella saavutettavissa. Silpun pidentäminen pienentää tarkkuussilppurin työntuotosta.



Piirros 9. Säilöntäaineen annostelimella varustettu kelasilppuri



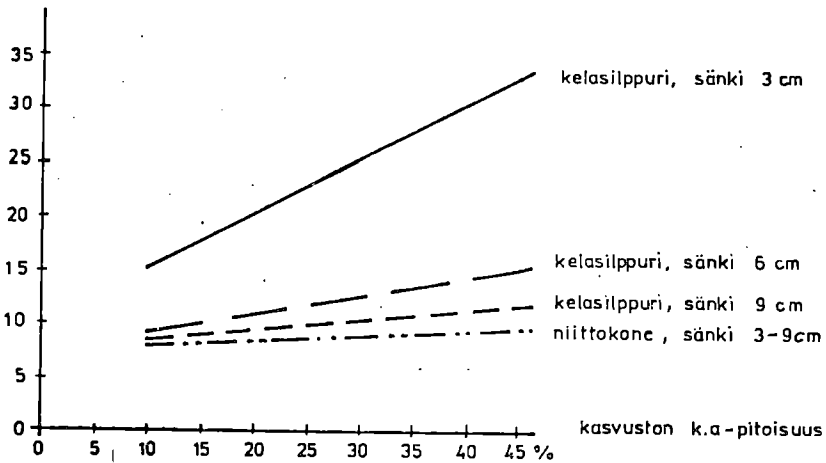
Piirros 10. Silpun jakautuminen eri pituusluokkiin kelasilppuria ja eri tavoin säädettyä tarkkuussilppuria käytettäessä.

Eri pituisten silpun prosenttiosuudet

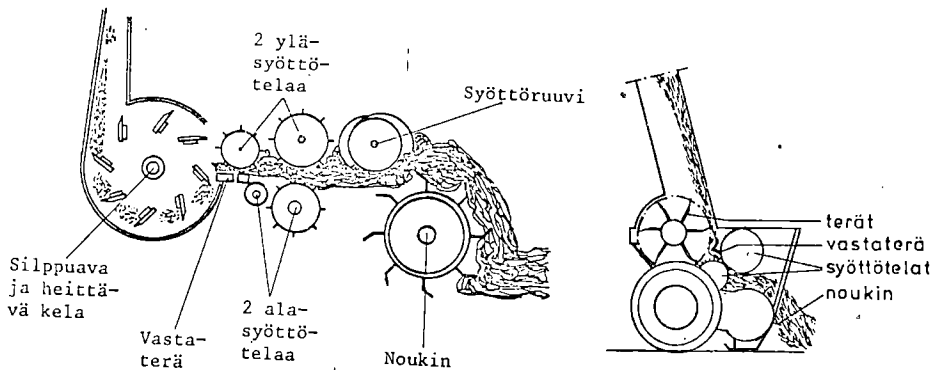
Malli	<10 mm	10-25 mm	25-40 mm	40-55 mm	>55 mm	Ajonepeus km/h
Tarkkuussilppuri A	6,5	27,5	26,5	13,5	26	4,17
- " -	2	16	23	16	43	5,56
- " -	3,5	19	23,5	13	41	5,56
Tarkkuussilppuri B	10	50,5	18,5	9,5	11,5	5,56
- " -	6	40,5	20,5	11,5	21,5	8,33
- " -	6	48	23,5	11	11,5	11,11
Kelasilppuri	<20 mm %	20-50 mm %	50-100 mm %	100-150 mm %	150-200 mm %	>200 mm %
pystystä	2	10	16	8	17	4,55
karholta	1	2	8	8	16	"

Taulukko 1. Kahden eri tyyppisen tarkkuussilppurin ja kelasilppurin silpun pituusjakauma. Tarkkuussilppuri A:ta ei ole varustettu lainkaan syöttöteloililla, tarkkuussilppuri B:ssä on yksi syöttötelapari.

Tuhkaa %  
kuiva-aineesta



Piirros 11. Sängren pituuden ja k.a-pitoisuuden vaikutus korjatun rehun tuhkapitoisuuteen. Kasvuston k.a-pitoisuuden ollessa n. 20 % on piirroksen mukaan kelasilppurilla 3 cm sänkeen niitetyn luo'on tuhkapitoisuus 20 % kun se on ollut 9 cm sänkeen ajettaessa vain n. 9 %. Niittokoneella 3-9 cm sänkeen niitetyn luo'on tuhkapitoisuus on n. 8 %.



Piirros 12a. Kahdella syöttöteltaparilla varustettu tarkkuussilppuri

Piirros 12b. Yhdellä syöttöteltaparilla varustettu tarkkuussilppuri

T e h o n t a r v e vaihtelee melkoisesti olosuhteiden mukaan. Suoritettujen mittausten ja kokeiden perusteella voidaan arvioida tarkkuussilppurin silppuamistehon tarpeen vaihtelevan niinkin väljissä rajoissa kuin 30...45 kW. Kun tähän lisätään traktori-silppuri-perävaunuyhdistelmän liikkuttamiseen tarvittava teho, n. 10...15 kW, voidaan tarkkuussilppurin käyttöön arvioida tarvittavan traktori, jonka voimanottoakselin teho on vähintään n. 45 kW. Vaikeammissa olosuhteissa ja nimenomaan suuriin tehoihin pyrittäessä tarvitaan kuitenkin traktori, jonka voimanottoakselin teho on n. 60 kW.

Suurimman osan, n. 85 %, tarkkuussilppurin tarvitsemasta tehosta vie kela. Kelan vaatima teho on sitä suurempi mitä lyhyempään silppuun pyritään. Silppuamisvälin, ts. vastaterän ja kelan terien välin kasvaessa tehon tarve kasvaa. Jos silppuamisväli suurenee 0,5 mm:stä 1,5 mm:iin. kelan tehon tarve kasvaa kaksinkertaiseksi.

Traktorivetoisten tarkkuussilppureiden lisäksi käytetään malleja, jotka kiinnitetään traktorin nostolaitteisiin siten, että varsinainen silppuriosa on traktorin sivulla. Koneitten rakennetta on myös yksinkertaistettu, jolloin ne on saatu halvemmiksi, mutta samalla on mm. silpun lyhydestä ja tasamittaisuudesta jouduttu hieman tinkimään.

Poistotorven ja sen ohjausläpän säädön nopeus ja helppous on tarkkuussilppureissa vielä tärkeämpää kuin kelasilppureissa, koska lyhyt ja useimmiten esikuivattu silppu kulkeutuu tuulen mukana paljon helpommin kuin tuore kelasilppurin silppu. Tarkkuussilppurit onkin yleensä varustettu joko riittävän varmatoimisilla käsivivuilla tai sitten hydraulisella tahi sähköisellä säätöjärjestelmällä. Sähköisten laitteiden nopeuteen on ollut vielä huomauttamista.

#### Ajotarkkuussilppuri

Ajotarkkuussilppuri on tehokas pystystä niitettävän tuoreen säilörehun teossa. Sen niittoleveys on suuri, yleensä 3 m,



ja moottori voimakas. Koska esikuiyatun säilörehun teossa niittomurskaimen työleveys vaikuttaa ratkaisevasti työn tuotukseen, ei karholta poimittaessa ajosilppurin tuotosta voida rehua tallaamatta käyttää riittävän tehokkaasti hyväksi, ellei kahta murskaimen karhoa haravoida yhteen. Tästä tulee yksi työnvaihe lisää. Tuoreen tarkkuussilputun säilörehun ruokinnallisia ominaisuuksia ei vielä tunneta.

### Silppureiden työntuotokseen vaikuttavia tekijöitä

#### Ajonopeus

Ajonopeus vaikuttaa ratkaisevasti silppureiden työntuotokseen. Mitä suuremmaksi ajonopeus saadaan sitä suurempi on myös työntuotos. Ajonopeutta ei kuitenkaan pystytä nostamaan rajattomasti. Se on riippuvainen monesta tekijästä, kuten satotasosta, peltokuvion muodosta ja pinnan tasaisuudesta, koneyhdistelmän ajettavuudesta ja toiminnasta. Työntutkimukset ja käytännön kokemus osoittavat, että ajonopeus on yleensä 4...8 km/h.

Satotason vaikutus ajonopeuteen on voimakkainta satojen ollessa pieniä. Niinpä eräiden selvitysten mukaan sadon suurettessa viidestä t/ha kymmeneen t/ha ajonopeus pienenee 10 km/h:sta 7 km/h:iin. Sadon suuretessa 15 t/ha:sta 20 t/ha:iin ajonopeus pienenee viidestä neljään km/h.

Työleveys vaikuttaa ajonopeuteen ja samalla silppurin työntuotokseen. Ajonopeuden ja työleveyden vaikutus käytännön korjuutehoon voidaan laskea yksinkertaisella kaavalla:

$$\text{Työntuotos (ha/h)} = \frac{\text{ajonopeus (km/h)} \times \text{tehollinen työleveys (m)}}{15}$$

15

Todettakoon kuitenkin, että työntuotosarvoja ilmoitettaessa on yleensä kysymys vain ohjearvoista, jotka vaihtelevat hyvin paljon käytettävästä korjuumenetelmästä, pellon koosta, traktorin tehosta ym. riippuen.

Silppurin työntuotos on suurimmillaan, kun satotaso on korkea. Jos satotaso laskee, voidaan tästä johtuvaa työntuotoksen laskua pienentää lisäämällä ajonopeutta. Koska ajonopeutta ei voi juuri lisätä yli 8 km/h, laskee korjuuteho erittäin nopeasti silloin, kun satotaso laskee alle sen tason, jossa laskua ei voi enää korvata ajonopeutta lisäämällä.

Tämän tutkimuksen työaikakokeissa voitiin todeta, että ajonopeus 10 km/h on liian suuri käytännön olosuhteisiin. Sekä kela- että tarkkuussilppurilla tätä nopeutta ajettaessa rehusuihkun saaminen perävaunuun oli vaikeaa. Tämä johtui osin pellon pinnan epätasaisuudesta, jolloin puhallustorven yläpää heilui niin paljon, että suihku hajosi ja lensi helposti ohi perävaunun. Suurin syy näytti kuitenkin olevan se, ettei kuljettaja ehtinyt suunnata rehusuihkua tarpeeksi hyvin. Lisäksi koneyhdistelmän ajaminen vaikeutui huomattavasti.

Kelasilppurin sängin pituuden säätö ei ollut enää riittävän tarkkaa tällä nopeudella ajettaessa. Osaksi se johtui siitä, ettei kela ehtinyt leikkaamaan kaikkea, osaksi taas säädön vaikeutumisesta. Kelasilppuri leikkasi tällöin helposti multa.

Ajonopeuksia mitattiin myös käytännön olosuhteissa maatiiloilla sekä tuoreen että esikuivatun säilörehun teossa. Lisäksi tutkittiin esikuivatun rehun teossa käytettävien niitotetelamurskainten käytännössä saavuttamia ajonopeuksia. Taulukossa 2 on esitetty ajonopeuksien vaihtelurajat.

Taulukko 2. Eri silppurimallien ja niittotelamurskaimien käytännön ajonopeudet. Sivukiinnitteinen tarkkuussilppuri A varustettu yhdellä syöttötelaparrilla, B:ssä ei syöttöteloja ollenkaan. Hinattava tarkkuussilppuri A ulkomainen, B kotimainen.

Kone	tuore rehu km/h	esikuivattu rehu km/h
Kelasilppuri	5 - 9	6 - 8
Sivukiinnitteinen tarkkuussilppuri, leikkuulaite	5 - 8	-
Sivukiinnitteinen tarkkuussilppuri A, noukinlaite	5 - 8	6 - 8
Sivukiinnitteinen tarkkuussilppuri B, noukinlaite	-	5 - 7
Hinattava tarkkuussilppuri A, noukinlaite		6 - 8
Hinattava tarkkuussilppuri B, noukinlaite		6 - 8
Niittotelamurskain 210 cm	6 - 8	
Niittotelamurskain 250 cm	6 - 8	

Taulukosta nähdään, että kaikkien koneiden käytännön ajonopeus oli suurin piirtein sama. Ajonopeudet riippuivat varsin paljon satotasosta. Suurimmilla ajonopeuksilla myös koneketjun ajettavuus asetti rajoituksia.

#### Ajo päisteissä ja käänöksissä

Päisteissä ja käänöksissä ajamiseen kuluva aika riippuu erittäin paljon peltolohkon koosta ja muodosta sekä peltolohkon korjuutavasta. Työaikakokeiden yhteydessä korjuu aloitettiin korjaamalla ensin salaojitetun lohkon päisteet, jonka jälkeen

lohko korjattiin jakamalla se sarkoihin. Tällöin voitiin tehollinen silppuaminen ja päisteissä ja käännöksissä ajo erottaa selvästi toisistaan. Taulukossa 3 on ilmoitettu eri silppurimallien päisteissä ja käännöksissä ajamiseen kuluvat keskimääräiset ajat min/ha ja prosenttiosuus kokonaisajasta sekä tuoreen että esikuivatun säilörehun korjuussa. Korjuutyössä käytettiin edellä esitettyjä koneita.

Taulukko 3. Päisteissä ja käännöksissä ajamiseen kuluva aika min/ha ja prosenttiosuus kokonaisajasta

Tuorerehu		Esikuivatettu rehu				Niittomurskaus							
Kelasilppuri	Tarkkuus-silppuri	Kelasilppuri	Tarkkuus-silppuri	Tarkkuus-silppuri	Tarkkuus-silppuri	Niittotela-	Niittotela-	murskain	murskain				
min/ha	%	min/ha	%	min/ha	%	min/ha	%	210 cm	250 cm				
18,6	17,0	12,5	11,9	17,1	13,6	13,0	11,1	8,4	11,2	16,7	27,2	12,8	16,4

Taulukosta 3 käy ilmi, että päisteissä ja käännöksissä ajamiseen kuluvan ajan suhteellinen osuus on esikuivatun rehun korjuussa pienempi kuin tuoreen rehun korjuussa. Tämä johtuu siitä, että esikuivatun rehun korjuussa tulee päisteissä ja käännöksissä ajoa vähemmän, koska rehu korjataan karholta. Karho on tehty murskaimella, jonka työleveys on yleensä suurempi kuin pystystä korjaavien silppureiden. On kuitenkin huomattava, että lukuarvoissa esiintyy suurta vaihtelua. Mitä pitempi on se suora sivu, jolla varsinainen tehollinen silppuaminen tapahtuu, sitä pienemmäksi jää päisteissä ja käännöksissä ajamisen osuus kokonaisajasta, koska käännösten lukumäärä vähenee. Sama vaikutus on myös suuremmilla työleveyksillä. Tällöin saattaa kuitenkin työleveyden vajaa käyttö rajoittaa korjuutehoa. Saatujen tulosten perusteella 10... 20 % kokonaisajasta kuluu päisteissä ja käännöksissä ajamiseen.

### Perävaunun vaihto

Osa työajasta kuluu perävaunun vaihtoon. Perävaunun irrotukseen ja kytkemiseen käytetty aika säilörehun korjuutyössä riippuu siitä, kuinka usein tämä työvaihe joudutaan tekemään ja mikä on vaunun vaihtoon kerralla kuluva aika. Vaihtokertojen lukumäärä hehtaaria kohti riippuu satotasosta ja kuormakoosta.

Yhteen perävaunun vaihtoon kuluva aika on ruotsalaisten tutkimusten mukaan taulukon 4 mukainen.

Taulukko 4. Perävaunun vaihtoon kuluva aika NILSSONin mukaan.

Sato 17,0 t/ha

Menetelmä ja varustus	Kuorman koko t	Kuluva aika	
		min/kerta	min/ha
Pienen sivukiinnitteisen kelasilppurin kytkentä ja irrottaminen	1,6	2,5	28
Yksiakselisen seisontatuella varustetun perävaunun vaihto	1,6	5,0	55
Vankkurityyppisen perävaunun vaihto	3,0	2,5	15
Vankkurityyppisen perävaunun vaihto	5,0	2,5	10
Vankkurityyppisen automaattisella kytkimellä varustetun perävaunun vaihto	5,0	1,5	6
Suuren sivukiinnitteisen pikakytkimellä varustetun silppurin kytkentä ja irrottaminen	5,0	2,5	10

Käytettäessä pieniä perävaunuja saattaa yhden hehtaarin korjuutyössä kulua melkein tunti perävaunujen vaihtoihin. Tämä johtuu tietysti siitä, että vaihtoja joudutaan tekemään sitä useampia mitä pienempiä kuormat ovat. Taulukossa 4 on esitetty myös meillä harvoin käytettyjen 2-akselisten perävaunujen vaihtoajan tarve, mistä nähdään kuorman koon ja helpon perävaunun kytkentätavan vaikutus perävaunun vaihtoon käytettävään aikaan. Suuria ja helposti kytkettäviä ja irrotettavia perävaunuja käyttäen päästään huomattavaan ajan säästöön.

Tässä tutkimuksessa tehdyissä työaikakokeissa ja käytännön työntutkimuksissa maatiloilla on saatu taulukon 5 mukaiset tulokset yhteen perävaunun vaihtoon kuluvasta ajasta eri silppurimalleilla.

Taulukko 5 . Yhteen perävaunun vaihtoon kuluva aika eri silppurimallien yhteydessä.

Työnvaihe	Kelasilppuri min/kerta	Tarkkuus- silppuri leikkuu- laitteella min/kerta	Tarkkuus- silppuri noukinl. sivukiinn. min/kerta	Tarkkuus- silppuri noukinl. hinattava min/kerta
Irrotus	0,8	1,0	0,9	1,1
Kytkeminen	1,0	1,8	1,7	2,6
Yhteensä	1,8	2,8	2,6	3,7

Perävaunun irrottamiseen kului kaikkien silppurimallien yhteydessä suurin piirtein sama aika. Perävaunun kytkeminen oli helpointa kelasilppuriin ja vaikeinta hinattavaan tarkkuussilppuriin. Hinattavan tarkkuussilppurin suuri kytkentäaika johtui siitä, että silppurin takana sijaitsevaan vetokoukkuun oli erittäin huono näkyvyys. Kaikissa silppureissa vetokoukku toimi joko traktorin nostolaitteen avulla tai muuten hydraulisesti.

#### Säilöntäainepullon vaihto

Säilöntäaine levitetään nykyään silppuamisen yhteydessä. Täten säilöntäainepullon vaihto vie osan korjuuajasta. Levitettävä säilöntäainemäärä ratkaisee sen, kuinka usein pullo on vaihdettava. Yhteen pullonvaihtokertaan kului työntutkimusten mukaan aikaa keskimäärin 1,5 min ja hehtaaria kohden 3,5 min.

### Huolto, puhdistaminen yms.

Huoltoon, puhdistamiseen, tukkeumien avaamiseen ja pellolla tehtäviin korjauksiin yms. kuuluva häiriöaika säilörehun korjuutyössä vaihtelee hyvin paljon. Siihen vaikuttavat hyvin monet tekijät, kuten pellon pinnan tasaisuus, pellon kivi-syys, satomäärä, kuljettajan taito ja huolellisuus, koneen ikä ja kunto. Työaikakokeiden yhteydessä havaittiin, että kelasilppurilla menee tuoretta rehua korjattaessa huomattavasti pienempi osuus kokonaisajasta huoltoon, puhdistuksiin yms. kuin tarkkuussilppurilla. Tämä johtuu kelasilppurin yksinkertaisemmasta rakenteesta. Tarkkuussilppurin tukkeutumien aukaiseminen oli erittäin aikaavieppää. Yhden tukoksen aukaisemiseen saattoi kulua yli puoli tuntia. Tukkeumat voidaan kyllä estää, jos kuljettaja on tarpeeksi huolellinen. Tukoksen aukaisemisessa on erittäin suuri apu tehokkaasta takaisinpyörysmahdollisuudesta. Käsikampi on usein liian heikko.

### Työaikakokeiden tulosten tarkastelua

Säilörehun korjuussa teholliseen silppuamiseen käytetään selvitysten mukaan 45...60 % koko korjuutyöhön kaluvasta ajasta. Silppurimallien välillä ei tässä suhteessa ole suuriakaan eroja. Perävaunun vaihtoon, päisteissä ja käännöksissä ajamiseen, huoltoon, puhdistukseen yms. ja säilöntäainepullon vaihtoon kuluu 40...55 % korjuutyöhön käytettävästä ajasta. Tämä ei ole tehollista työaikaa vaikkakin välttämätöntä työn jatkumiselle. Tarkalla korjuutöiden ja -järjestelyiden suunnittelulla olisi pyrittävä pienentämään tätä aikaosuutta. Korjuutyö tulisi suorittaa siten, että peltolohkon muodon ja koon huomioon ottaen päisteissä ja käännöksissä ajoa on mahdollisimman vähän. Vetolaite sekä silppurissa että perävaunussa olisi saatava yksinkertaiseksi ja hydraulisesti toimivaksi. Lisäksi hyvä näkyvyys vetolaitteeseen, varsinkin kytkettäessä, on ehdoton edellytys. Paljon parantamista olisi myös perävaunun seisontatukijaloissa. Nykyisin melkein ainoa käytetty tukijalka on pölkky. Perävaunujen vaihtopaikka olisi järjestettävä siten, ettei silppurin tarvitse liikkua tyhjän tai täyden perävaunun kanssa pellolla pitkiä matkoja.

Häiriöiden osuus korjuutyöhön käytettävästä kokonaisajasta saattaa muodostua hyvin suureksi. Kuljettaja pystyy konetta jatkuvasti tarkkaillen estämään esim. useimmat silppurin tukkoonajot. On huomattavasti vähemmän aikaavieppää pienentää ajonopeutta kuin aukaista usein tukkoommenevää silppuria. Toisaalta on kuitenkin pyrittävä käyttämään silppuria mahdollisimman tehokkaasti.

Silppurin huolto ja tarkastus kannattaa suorittaa ennen korjuutyön alkua päivittäin talouskeskuksessa. Pellolla huoltaminen on huomattavasti vaikeampaa ja hitaampaa ja aiheuttaa aina keskeytyksen korjuutyöhön.

Säilöntäainepullon vaihto tapahtuu nopeasti, jos on huolehdittu siitä, ettei pulloa tarvitse nostaa korkealle, ja se on helppo kiinnittää telineeseen. Lisäksi pullon täytyy olla helposti saatavilla, ettei sitä tarvitse kanniskella tai hakea kovin kaukaa. Kahden tai useamman pullon mukana olo helpottaa vaihtotyötä.

Keskimääräiset korjuutehot työaikakokeissa vaihtelivat silppurimallista riippuen 0,53...0,80 ha/h. Kelasilppurin korjuutehot olivat pienimmät sekä tuoreen että esikuivatun säilörehun teossa. Suurimmat korjuutehot saavutettiin hinattavalla tarkkuussilppurilla. Tuloksia arvosteltaessa on otettava huomioon perävaunujen koko, joka oli vetotarkkuussilppurilla 30 m<sup>3</sup>, muilla silppureilla 8 m<sup>3</sup>. Myös toisilla silppureilla päästäisiin suurempiin korjuutehoihin, jos käytettäisiin suurempia perävaunuja. Näin kävisi erityisesti esikuivatun säilörehun osalta, koska kuormat painuisivat tällöin tiiviimiksi ja perävaunun vaihdot vähenisivät.

### Silppureiden huolto

Silppurit on valmistettu suhteellisen ohuesta teräslevystä. Hapon syövyttävä vaikutus yhdistyneenä ruostumiseen pilaa kalliit koneet nopeasti, ellei niitä asianmukaisesti huolleta ja varastoida. Koneitten huolellinen peseminen vedellä korjuukauden päättyessä sekä öljyäminen ja suojaan vieminen säästävät viljelijälle huomattavia summia vuodessa. Silppureiden huoltoon korjuukuukausina pitää myös kiinnittää huomiota.



Säilöntäaineen sekoittaminen rehuun pumpppua käyttäen mahdollistaa suuttimen sijoittamisen poistotorven yläosaan. Mittaus-ten mukaan tämä ei ole heikentänyt säilöntäaineen sekoittumista rehuun. Koneen syöpyminen kannalta tästä on selvää etua, koska säilöntäaine ei pääse silloin kelakammioon eikä myöskään kelan laakereihin.

## 2.22. Työntuotos ja työtekniikka

Onnistuneen säilörehun teon perusedellytys on nopea korjuu ja varastointi. Nopealla korjuulla pienennetään tappioita kahtaalla: ruoho ei ehdi korsiintua pellolla pystyyn eikä korjattu rehu kuluta hengityksessä avoimessa varastossa ollessaan ravintoaineitaan.

Nopea ja tehokas säilörehun korjuu ja varastointi edellyttää, että silppuri kuormaa pellolla taukoamatta. Silppurille tulevat odotusajat hidastavat eniten korjuuta, koska useimmiten silppuri määrää suurimman korjuutehon. Säilörehun korjuun koneketju on oikein mitoitettu, kun työtä hidastavia pullonkauloja ei ole ja silppurin kapasiteetti määrää koko koneketjun korjuutehon. Korjuu on suunniteltava joustavaksi kolmen vaiheen toiminnoksi, jossa kuormaus, rehun siirto ja varastointi niveltyvät kitkattomasti toisiinsa. Kunkin vaiheen työntuotosten tulee olla oikeassa suhteessa toisiinsa.

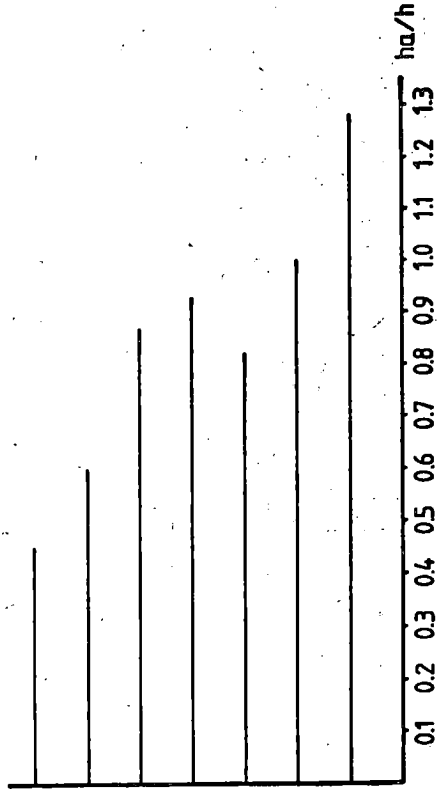
Kelasilppureiden käytännössä mitattu työntuotos on ollut 0,3...0,5 hehtaaria tunnissa. Kaksois- ja tarkkuussilppureilla päästään 0,6...0,8 hehtaariin sekä esikuivatun rehun kuormauksessa 0,7...0,9 hehtaariin tunnissa. Suuria lohkoja säilörehunkorjuukoneella ajettaessa päästään parhaimmillaan kahteen hehtaariin tunnissa, mutta keskimääräinen työn tuotos on noin 1 ha/h (piirros 13).

Lisäämällä silppurin työleveyttä 110 cm:stä 130 cm:iin työntuotos kasvaa 32 aarista 44 aariin tunnissa eli 12 aaria. Tämä suurelta tuntuva lisäys ei kuitenkaan auta paljon, jos kysymyksessä on yhden traktorin menetelmä, missä rehun siirrot ja kuorman purkamiset vievät suurimman osan työajasta.

# Silppurien työntuotokset

Tuore sato 15 t/ha  
 Tuoreen sadon ka-% 18  
 Esikuivatun sadon ka-% 30

t/h	ka t/h	Silppurimalli
6.5	1.17	Kelasilppuri, työlev. 110 cm
8.8	1.58	Kelasilppuri, työlev. 130 "
13.0	2.34	Kaksoissilppuri, työlev. 150 "
14.3	2.57	Kaksoissilppuri, työlev. 180 "
12.5	2.25	Tarkkuussilppuri, työlev. 150 "
15.0	4.5	Esikuiiv./tarkk.silppuri niittomurskaimen työlev. 250 "
19.4	3.69	Ajotarkkuussilppuri, työlev. 300 "



Maassamme yleisimmin käytettävän työketjun muodostavat traktori, silppuri, monitoimiperävaunu, elevaattori ja torni sekä kaksi miestä. Tässä ketjussa silppuri seisoo joutilaana pellolla yli puolet ajasta, koska ketjun ainoa traktori myös siirtää rehun pellolta ja purkaa rehun varastolla perävaunusta elevaattorille.

Toisen traktorin ja perävaunun saaminen mukaan korjuuseen vuokrakäyttönä tai naapuriapuna lisää työntuotoksen lähes kaksinkertaiseksi ja samalla yhteiskonetta käyttämällä pienennetään koneitten hankintakustannuksia. Naapuriavun käytölle on vahvat sekä taloudelliset että työn jouduttamisperusteet.

## 2.3. Siirto pellolta säilölle

### 2.31. Koneet, laitteet ja tekniikka

#### Perävaunut

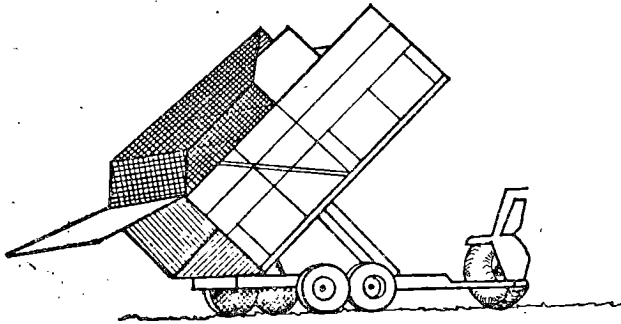
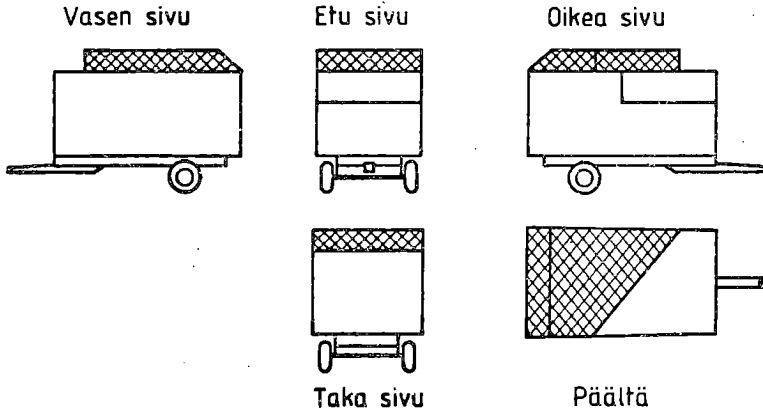
Säilörehun teon tärkeimpiä osatekijöitä on riittävä ja toimiva kuljetuskalusto. Sen täytyy olla siten mitoitettu, ettei siitä johtuvia keskeytyksiä synny rehun korjuutyössä, vaan silppuri voi olla koko ajan liikkeellä. Perävaunun koko ja rakenne vaikuttavat ratkaisevasti kuljetustehoon. Rakenteen on oltava sellainen, että perävaunun kytkeminen ja irrottaminen on helppoa, sen täyttö ja tyhjennys käy vaivatta ja siten, ettei synny suuria varisemistappioita sekä liikkuminen pellolla ja tiellä on helppoa ja turvallista eikä aiheuta liian suuria rasituksia näiden pinnoille.

Suomessa käytetään säilörehun teossa lähinnä kahden tyyppisiä perävaunuja; monitoimiperävaunuja ja kipperävaunuja. Nämä ovat yleensä yksiakselisia, mutta myös telirakennetta käytetään jonkin verran. Ulkomailla ovat hyvin yleisiä myös 2-akseliset perävaunut ja korkealta kippaavat rehuvaunut, joista silputtu rehu kipataan johonkin toiseen perävaunuun tai kuorma-autoon.

#### Kipattavat perävaunut

Kippaaminen on nopein tapa tyhjentää perävaunu. Kipattavaa perävaunua voidaan parhaiten käyttää hyväksi tehtäessä rehua laaka-säilöön.

Rehun kuljetukseen tarkoitetun perävaunun on oltava varustettu riittävän korkeilla ja riittävän tiiviillä laidoilla. Korkeat laidat vähentävät tuulitappioita ja poistotorven ohjausvirheistä aiheutuvaa haaskaantumista. Lisäksi rehu ehtii tilavassa perävaunussa täytön aikana tiivistyä, millä on melkoinen merkitys kuljetuskapasiteetin lisääjänä. Esikuivattua rehua tarkkuussilppurilla korjattaessa on laitojen oltava tiiviit ja peräosan osittain katettu. Sivulaitojen ollessa sileät ja niiden etäisyyden ollessa takana suurempi kuin edessä valuu kuorma helpommin kipattaessa. Kuljettajan työtä helpottaa perälaudan automaattinen avautuminen kipattaessa (piirros 14).



Piirros 14.

Telillä varustetun perävaunun kuormatilavuus on mahdollista tehdä lähes kaksinkertaiseksi 1-akseliseen perävaunuun verrattuna. Suuria rehumääriä siirrettäessä ja nimenomaan esikuivattua rehua tehtäessä suuri tilavuus pääsee oikeuksiinsa. Renkaiden suuren kantopinnan ansiosta teli on myös hyvin käyttökelpoinen pehmeillä pelloilla ajettaessa. Epätasaisilla teillä teli tekee perävaunun kulun vakaammaksi vaikuttaen siten ajonopeutta lisäävästi.

Kipattavien 1-akselisten perävaunujen rehulavan tilavuudeksi saadaan helposti  $15 \text{ m}^3$  tekemällä laidat 2 m korkeiksi. Tämä on täysin mahdollista ilman, että esimerkiksi kelasilppurin toiminta vaikeutuu. Teliperävaunujen rehulavan tilavuudeksi saadaan jopa  $30 \text{ m}^3$ .

#### Purkavat perävaunut

Monitoimiperävaunut on tarkoitettu käytettäväksi paitsi erilaisiin siirtoajoihin myös karjanlannan levittiminä. Ne on rehun ajossa varustettu peräosaan kiinnitetyllä viistopurkaimella, korotetuilla laidoilla ja laitoihin kiinnitettyjen kaarien varaan pingotetulla verkolla.

Monitoimiperävaunun tyhjentäminen on epätasaista ja sen purkausteho on melko pieni. Täyttää purkaustehoa ei voida elevaattoria ja lietsoa syötettäessä käyttää täysin hyväksi. Jos monitoimiperävaunu täytetään mahdollisimman täyteen niin, että rehua on myös verkkoa vasten, ei sen tyhjentäminen ole mahdollista ilman apua. Rakenteestaan johtuen monitoimiperävaunu on melko altis särkymisille.

Monitoimiperävaunujen tilavuudeksi tulee käytännössä tavallisesti n.  $10 \text{ m}^3$ . Tehokkaaseen rehun tekoon ne eivät sovellu. Esikuivatun tarkkuussilputun rehun teossa ne vuotavat helposti, ja rakenteen harvuudesta johtuen tuuli- ja varisemistappiot ovat tarpeettoman suuret.

Purkavat, varsinaiset rehuperävaunut ovat kuormatilavuudeltaan suuria, n.  $25...30 \text{ m}^3$ , ja yleensä kaksiakselisia vankkureita. Tyhjentävinä eliminä ovat vaunun etuosassa olevat purkauskelat ja poikittaiskuljetin. Ne toimivat tehokkaasti vain esikuivatun, tarkkuussilputun rehun siirrosta ja soveltuvat silloin myös lietson riittävän tasai-

seen ja tehokkaaseen syöttöön.

### Tutkimustuloksia kuljetuksen työnkäytöstä

#### Ajonopeus

Ajonopeuden vaikutus kuljetuskaluston tehoon riippuu kuljetusmatkojen pituudesta. Mitä pitemmät kuljetusmatkat ovat sitä suurempiin ajonopeuksiin on pyrittävä. Ajonopeus riippuu teiden ja peltojen kunnosta ja tasaisuudesta, perävaunun ja varsinkin sen akseliston rakenteesta sekä jonkin verran traktorin vaihteistosta. Ruotsalaisten työntutkimusten mukaan ajonopeudet olivat keskimäärin tiellä 20 km/h ja pellolla 9 km/h. Sillä ajettiin perävaunu tyhjänä vai kuorman kanssa, ei ollut suurta merkitystä.

Saksalaisten tutkimusten mukaan ajonopeus voi hyvällä tiellä täydellä kuormalla ajettaessa olla 8...10 km/h ja tyhjänä 10...15 km/h. Tämän mukaan kuorma vaikuttaisi ajonopeuteen. Englantilaiset taas esittävät ajonopeuksia 13...20 km/h.

Tämän tutkimuksen työaikakokeissa verrattiin suuren teliperävaunun ja pienen kippiperävaunun ja monitoimiperävaunun ajonopeutta viljelysteillä. Pienen kippiperävaunun ja monitoimiperävaunun ajonopeus mitattiin 1 km kuljetusmatkalta ja teliperävaunun 1,5 km kuljetusmatkalta. Tiet olivat samantyyppisiä viljelysteitä. Kaikilla perävaunuilla ajonopeus oli keskimäärin 18 km/h. Ajonopeuden vaihtelu oli kuitenkin suuri myös eri ajokertojen välillä, 15...22 km/h. Kunkin perävaunun ajonopeus mitattiin 10 kuorman hakumatalla. Ajossa perävaunu tyhjänä tai täynnä ei ollut nopeuseroa. Myöskään perävaunun akseliston rakenne ei näyttänyt vaikuttaneen paljoa ajonopeuteen, sillä sitä säätelee yleensä traktorin heiluminen ja hypkiminen. Teliperävaunun kulku on kuitenkin selvästi tasaisempaa kuoppaisella tiellä kuin yksiakselisen perävaunun. Selvästi oli myös havaittavissa, että heiluvat ja rämisevät rehulaidat pienensivät ajonopeutta.

Suurten teliperävaunujen ajonopeutta seurattiin myös ajomatkan ollessa 12,3 km sorapäällysteistä maantietä. Ajonopeus oli

tällöin keskimäärin 23 km/h. Kuljetusmatkan ollessa pitkä syntyi myös ero perävaunun tyhjänä ja täynnä ajamisen välillä: tyhjänä ajettaessa ajonopeus oli keskimäärin 24,5 km/h ja kuorman kanssa 21 km/h. Erot ajonopeuksien eri ajokertojen välillä olivat pienemmät kuin ajomatkan ollessa lyhyt.

Maatiloilla tehdyissä työntutkimuksissa havaittiin, että pelloilla keskimääräiset ajonopeudet olivat 5...6 km/h, viljelysteillä 12...13 km/h ja maanteillä 14...15 km/h. Epätasaisilla pelloilla siirtonopeudet olivat siis vain puolet tiellä tapahtuvien siirtojen nopeuksista. Rehun siirrossa täydellä kuormalla menee hieman enemmän aikaa kuin pellolle tyhjänä palatessa. Siirron kokonaisaika riippuu ajonopeudesta ja siirtomatkastasta (piirros 15).

Edellä esitetyn perusteella voidaan sanoa ajonopeuden vaihtelun hyvin laajasti. Erään selvityksen mukaan ajonopeuteen eniten vaikuttava tekijä on teiden kunto. Varsinkin pienemmät pelloille johtavat tiet ovat usein erittäin huonokuntoisia. Nämä korjaamalla voidaan rehunsiiirrossa päästä huomattaviin ajansäästöihin.

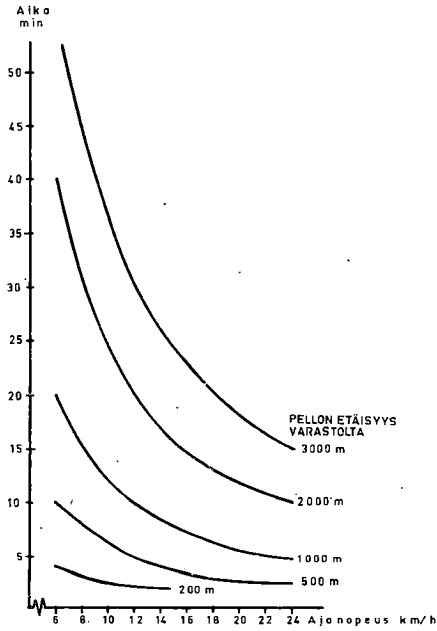
#### Silpun pituuden ja kuiva-ainepitoisuuden vaikutus kuorman kokoon

Silpun pituuden vaikutus kuljetuskaluston tehoon näkyy lähinnä kuormien koossa. Mitä lyhyempää silppu on, sitä enemmän sitä sopii yhteen kuormaan. Kuormien kokoa verrattaessa on otettava huomioon niiden sisältämä kuiva-ainemäärä. Taulukko 6 esittää eripituisten silppujen tilavuuspainon. Lukujen arvot on mitattu tavallisen 15 m<sup>3</sup> kokoisen maatilaperävaunun kuormista kuljetuksen lopussa. Arvoista voidaan päätellä, että kuorma pakkaantuu sitä tiiviimmäksi mitä lyhyempää silppu on. Silpun pituuden ollessa alle 2 cm on tilavuuspainon nousu huomattava.

Taulukko 6 . Silpun pituuden vaikutus rehun tilavuuspainoon (kg/m<sup>3</sup>) kuljetuksessa NILSSONin mukaan.  
(Tulos kokeesta v. 1965, apila-heinänurmi, jonka kuiva-ainepitoisuus 22 %)

Silpun pituus	0,5 cm	2 cm	5 cm	Kaksois- silputtu	Kela- silputtu
Tilavuuspaino kg/m <sup>3</sup>	340	240	210	200	180





Piirros 15. Kun ajonopeus on viljelysteillä 12 - 13 km/h, 500 metrin peltoetäisyydellä ( 1 km:n ajomat- kalla) aikaa kuluu n. 5 min. Jos peltoetäisyys on 1,5 km (ajomatka 3 km), aikaa kuluu jo 15 min. Siirtoaika on sama kuljetetaanpa rehua tonni tai kaksi.

Perävaunun koko vaikuttaa myös rehun tilavuuspainoon. Mitä suurempi on perävaunu sitä suuremmaksi tulee myös tilavuuspaino.

Rehun kuiva-ainepitoisuus vaikuttaa silputun rehun tilavuuspainoon ja kuorman kuiva-ainemäärä nousee esikuivauksen ansiosta. Rehun esikuivaus on siten kuljetuskaluston tehon kannalta suositeltavaa.

Esikuivaus parantaa kuljetuskaluston tehoa kuitenkin vain silloin, kun kuiva-ainepitoisuus jää alle 40 %. Englantilaisessa oppaassa todetaan, että 10 tonnia kaksoissilputtua rehua, jonka kuiva-ainepitoisuus on 20 %, täyttää viisi kymmenen kuutiometrin perävaunua. Jos kuiva-ainepitoisuus nousee 30 %:iin, painaa kyseinen rehumäärä enää 6,6 tonnia, joten se sopii kolmeen kuormaan. Jos rehua kuivataan vielä 40 kuiva-aineprosenttiin saakka, se tulee kevyemmäksi ja pöyheämmäksi eikä pakkaannu enää yhtä tiukkaan kuin aiemmin. Tällöin rehu ei mahdu enää kolmeen kuormaan, vaan siitä tulee 4 kuormaa, jotka ovat tosin keveämpiä kuin aikaisemmin.

Työaikakokeiden perusteella kuormien painoja tarkasteltaessa voidaan sanoa, että säilörehun kuljetuksessa harvoin saavutetaan perävaunujen nimelliskantavuus. Kokeissa käytettyjen 8 m<sup>3</sup> perävaunujen nimelliskantavuus oli 5000 kg ja suurten 30 m<sup>3</sup> perävaunujen 10 000 kg. Varsinkin esikuivattua säilörehua korjattaessa kuorman painot jäivät huomattavasti alle nimelliskantavuuden. Tuoretta säilörehua korjattaessa oli kuormien keskimääräinen paino 8 m<sup>3</sup> vaunuissa 2120 kg. Suurin mitattu kuorma kelasilputtua rehua painoi 3545 kg. Kelasilppurin yhteydessä käytettiin rehulaitojen korotusverkkoa. Esikuivatun rehun korjuussa kelasilputtujen kuormien keskimääräinen paino oli vain 780 kg ja suurinkin kuorma painoi ainoastaan 1205 kg. Tarkkuussilppuria käytettäessä kuorman paino saatiin kaksinkertaiseksi samanlaisia perävaunuja käyttäen. Suurten 30 m<sup>3</sup> perävaunujen kuormat painoivat keskimäärin 4610 kg ja suurin mitattu kuorma 6040 kg. Edellä esitetyn perusteella perävaunujen kantavuus ei rajoita niiden kuljetustehoa säilörehun korjuutyössä. Tässä yhteydessä on kiinnitettävä huomiota pelon pinnan kestävyYTEEN. Märissä olosuhteissa saattaa perävaunu painua, vaikka kuorman paino ei ole edellä esitettyä suurempi.

Perävaunun tilavuus ratkaisee yleensä säilörehun kuljetuksessa kuorman koon. Pienet tilavuudet estävät perävaunun täyden kantavuuden hyväksikäytön. Tämä tulee erittäin selvästi esille esikuivatun säilörehun korjuussa. Tutkimuksissa voitiin havaita, että pieniä perävaunuja ja tarkkuussilppuria käytettäessä vain noin kolmasosa perävaunun kantavuudesta tuli käytetyksi hyödyksi. Suuria perävaunuja käyttäen päästiin puoleen kantavuudesta. Pienten perävaunujen tilavuuden hyväksikäyttö oli parempi kuin suurten perävaunujen. Pienillä perävaunuilla kuljetettiin jokseenkin täysiä kuormia, mutta suurten perävaunujen tilavuudesta käytettiin hyväksi vain vähän yli puolet. Tämä johtui suureksi osaksi siitä, että kuljetuksessa suuren perävaunun kuorma painui ja tiivistyi enemmän kuin pienen.

Tuoreen kelasilputun rehun tilavuuspaino oli kokeissa  $240 \text{ kg/m}^3$  ja esikuivatun kelasilputun rehun vain  $110 \text{ kg/m}^3$ . Kun verrataan tuoreen kelasilputun ja esikuivatun tarkkuussilputun rehun tilavuuspainoa saman kokoisissa perävaunuissa, se oli suurin piirtein sama,  $230...240 \text{ kg/m}^3$ . Sen sijaan esikuivatun tarkkuussilputun rehun tilavuuspaino suurissa perävaunuissa oli selvästi suurempi,  $290 \text{ kg/m}^3$ , koska suurissa perävaunuissa rehu painui tiiviimmäksi kuljetuksen aikana. Kelasilppurilla korjattu kuutiometri painoi vain  $110 \text{ kg}$ , kun tarkkuussilppurilla korjattu kuutiometri painoi  $230 \text{ kg}$ . Silpun pituus vaikuttaa siten ratkaisevasti kuljetustehoon.

#### Kuormien koko ja tilavuuspaino kuiva-ainemäärinä

Parhaan vertailukohdan perävaunujen kuljetusteholle antavat kuormien kuiva-ainemäärät ja tilavuuspainot kuiva-ainekiloina mitattuina. Tuoreen rehu kuorman kuiva-ainemäärät olivat mitauksissa  $359$  ja  $385 \text{ kg}$  silppurista riippuen. Tuoreen rehun korjuussa ei silpun pituus vaikuttanut kovin paljoa kuorman kuiva-ainemäärään. Esikuivattua rehua kelasilppurilla korjattaessa jäi kuorman kuiva-ainemäärä pienemmäksi kuin tuoretta rehua korjattaessa esikuivauksesta huolimatta. Tämäkin osoittaa, ettei kelasilppuri sovellu erityisen hyvin esikuivatun säilörehun korjuuseen. Tarkkuussilppurilla esikuivattua rehua korjattaessa on kuorman kuiva-ainemäärä kaksinkertainen kelasilppurin kuormiin verrattuna samankokoisia perävaunuja käytettäessä. Se on myös huomattavasti suurempi kuin tuoretta rehua

tarkkuussilppurilla korjattaessa. Samoin on myös kuutiometrin sisältämän kuiva-ainemäärän laita. Tämä osoittaa sen, että esikuivaus ja lyhyt silppu lisäävät huomattavasti perävaunun kuiva-aineen kuljetustehoa. Turhalta veden kuljettamiselta vältytään.

Perävaunun suuri tilavuus lisää myös kuiva-aineen kuljetustehoa. Suuren, 20 m<sup>3</sup> perävaunun kuormassa oli keskimäärin 97 kg ka/m<sup>3</sup> esikuivatun tarkkuussilputun rehun korjuussa, kun pienen 8 m<sup>3</sup> perävaunun kuormassa oli vain 78 kg ka/m<sup>3</sup>. Myös tämä osoittaa sen, että suuren perävaunun kuorma painuu tiiviimmäksi: kolme kertaa suuremmissa perävaunuissa on myös kolme kertaa enemmän kuiva-ainetta kuormassa. Näin on ollut huolimatta siitä, että suurten perävaunujen tilavuudesta vain vähän yli puolet on ollut täytettynä punnitushetkellä, koska kuorma on painunut kuljetuksessa melkein puoleen sen lähtötilavuudesta.

Taulukossa 7 on esitetty kuljetukseen kuluva aika sekä kuorman painon ja kuormaustehon vaikutus ajomatkaan, jolta rehu voidaan kuljettaa silppurin tarvitsematta odottaa. Nämä ovat vain ohjearvoja, sillä vaihtelu saattaa olla hyvinkin suuri olosuhteista riippuen.

Taulukko 7. Kuljetukseen kuluva aika ja erikokoisten perävaunujen suurin käytännön kuljetusmatka

Kuorman koko t	Silppurin kuormausteho t/h	Kuljetusaika min		Suurin mahdollinen käytännön kuljetusmatka m	
		2 perävaunua	3 perävaunua	2 perävaunua	3 perävaunua
	8	9	17	700	1000
1,5	12	4,5	9	270	730
	15	-	6	-	410
	8	12	24	1140	3200
2	12	7	14	500	1370
	15		10	-	550
	8	19,5	39	2100	5480
3	12	12	24	1140	3200
	15	9	18	700	2150
	8	27	54	3560	7310
4	12	17	34	2510	4390
	15	13	26	1280	3470

Kenttätutkimuksissa perävaunujen varustetaso maataloilla -  
lisälaidat ja verkot - todettiin erittäin heikoiksi. Kuormaus  
pellolla matalaan vaunuun oli hankalaa ja kuormat jäivät pie-  
niksi. Pellolta siirrettyjen kuormien paino vaihteli pääasias-  
sa 800...1200 kg, vaikka vaunuissa oli tilaa suuremmallekin  
määrälle.

#### Kuorman purkaminen

Kuorman purkaminen vie usein hyvin paljon aikaa. Tämä riippuu  
ennen kaikkea perävaunun rakenteesta, mutta myös purkauspaikan  
yleisestä järjestelystä. Purkaustavan ja samalla usein myös no-  
peuden ratkaisee se, kuinka rehu siirretään purkauspaikalta  
säilöön.

Kippiperävaunun purkausaika on lyhyt, koska rehu voidaan purkaa  
kerralla kasaan. Monitoimiperävaunun purkamiseen saattaa kulu  
hyvinkin pitkiä aikoja.

Purkausnopeus ei kuitenkaan yksin ratkaise perävaunun käyttökel-  
poisuutta, vaan on otettava huomioon myös rehun säilöön siirtä-  
misessä käytettävä menetelmä.

Työaikakokeissa havaittiin, että kuormien purkuajat riippuvat  
pääasiassa perävaunutyyppistä. Kippiperävaunu saadaan tyhjäksi  
erittäin nopeasti, jos purkauspaikka on hyvin järjestetty. Ko-  
keissa saatiin sekä isojen (30 m<sup>3</sup>) että pienten (10 m<sup>3</sup>) kippi-  
perävaunujen keskimääräiseksi purkausajaksi 3,5 min kuormaa  
kohti. Tällöin perävaunun takalaidan lukitus oli ensin avattava.  
Kun käytettiin perävaunuja, joiden takalaita avautui kipattaessa  
automaattisesti, kului kuorman purkamiseen aikaa vain 1,5 min  
eli puolet edellisestä.

Monitoimiperävaunujen purkausaika on jonkin verran pitempi kuin  
kipperävaunun, kun puretaan vapaasti kasaan. Rehun kuiva-aine-  
pitoisuus ja silpun pituus vaikuttavat purkausaikaan. Tuoreen  
kelasilputun rehun purkamiseen kului kokeiden mukaan keskimää-  
rin 4,3 min kuormaa kohti. Tarkkuussilputun tuoreen rehun pur-  
kamiseen kului aikaa keskimäärin 5,3 min/kuorma ja esikuivatun  
rehun purkamiseen keskimäärin 5,0 min/kuorma. Perävaunujen  
tilavuus oli 8 m<sup>3</sup>. Korotusverkkoa käytettäessä purkaminen hidas-  
tui, koska käytetyt verkot olivat perävaunun takaosasta liian

matalia. Purettaessa rehu nousi viistokuljettimen vuoksi kiinni verkkoon, jolloin pohjakuljetin kulki rehun alitse. Varsinkin tarkkuussilputun rehun purkamisessa kävi usein näin. Yleensäkin oli selvästi havaittavissa, että kelasilputtu rehu liikkui paremmin kuin tarkkuussilputtu rehu pohjakuljettimen mukana. Tarkkuussilputtu rehu tuli kuitenkin tasaisemmin ulos perävaunusta. Monitoimiperävaunujen purkausteho vaihteli silpun pituuden ja kuiva-ainepitoisuuden mukaan. Purkausteho oli tuoretta kelasilputtua rehua vapaasti purettaessa 475 kg/min, tuoretta tarkkuussilputtua rehua purettaessa 520 kg/min ja esikuivattua tarkkuussilputtua rehua purettaessa 360 kg/min. Korotusverkko hidasti selvimmin kelasilputun rehun purkua.

Kokeissa seurattiin vertailun vuoksi monitoimiperävaunun purkua myös elevaattoriin. Tällöin kului tuoretta kelasilputtua rehua purettaessa aikaa keskimäärin 15 min/kuorma. Esikuivatun tarkkuussilputun rehun purkamiseen kului keskimäärin 13 min/kuorma. Aikaa kului siten kolme kertaa niin paljon kuin purettaessa vapaasti kasaan. Suurin syy purkamisen hidastumiseen oli se, ettei rehu tullut tarpeeksi tasaisesti perävaunusta. Purettaessa elevaattoriin oli lyhyestä silpusta etua, sillä se ei tullut alas suurina kasoina kuten kelasilputtu rehu. Yleensäkin kokeissa olleiden säilörehuelevaattorien kuljetustehot eivät vastanneet monitoimiperävaunujen purkaustehoja. Tämä johtui lähinnä siitä, että ne pystyvät toimimaan täydellä teholla vain silloin kun syöttö on tasaista.

Maatiloilla käytännön rehunteosta tehdyissä työntutkimuksissa havaittiin kippaus muita purkaustapoja nopeammaksi menetelmäksi. Kippausajaksi saatiin keskimäärin 3 min/kerta käytettäessä tavallisia maatilaperävaunuja (noin 10 m<sup>3</sup>). Monitoimiperävaunun purkausajaksi saatiin purettaessa rehu suoraan varastoon 7,5 min, purettaessa elevaattorille 14,0 min ja purettaessa kuorma syöttösuppilon avulla lietsoon 17,4 min kertaa kohti.

## 2.32. Työnkäytön tehostaminen

Pyrittäessä tehostamaan työnkäyttöä kuljetuksessa on kuljetettavan kuorman koolla ratkaiseva merkitys.

Jos maamme yleisimmässä koneketjussa: kelasilppuri, purkava monitoimiperävaunu, torni ja elevaattori, päästäisiin 2 tonnin kuormiin tonnin asemesta, saataisiin 6 tunnin työpäivänä kilometrin siirtomatalla (pellon etäisyys 500 m) päivittäin n. 15 tonnia enemmän rehua varastoon. Ajomatkan kasvaessa ero tulee vielä suuremmaksi. Purkavaan perävaunuun on kuitenkin vaikea saada isoja (2 t) kuormia, koska syöttölaitteiston häiriöriskit kasvavat, kun niiden päälle tulee suuri paino. Perävaunun kuljetuskapasiteettia saadaan kasvatettua korkeilla lisälaidoilla huomattavasti. Kun perävaunun pohja on 1,7 x 4,4 m ja kuormakorkeutta kasvatetaan 1 metristä 1,4 metriin, kuormattu massa kasvaa 1,5 tonnista 2,0 tonniin. Tämä saadaan aikaan siis pelkällä vaunun reunan korotuksella. Kun perävaunun laidat ovat riittävän korkeat ja ne ovat vahvistetut kestämään rasitusta, saadaan kerralla kuormatuksi 2,5...3,0 tonnin massoja. Seuraavassa asetelmassa esitetään kippiperävaunuun (2 x 4 m) pellolla saatavan kuorman korkeuden vaikutus kuormapainoon, kun kasvusto oli kuivaa ja rehu kelasilputtua (tilavuuspaino 200 kg/m<sup>3</sup>).

Kuorman keskimääräinen korkeus m (lava 2 x 4 m)	Kuorman paino t
1,0	1,6
1,5	2,4
2,0	3,2

Perävaunun korokelaidat voidaan rakentaa maatilalla omatoimisesti. Rakentamisessa on kiinnitettävä huomiota mm. seuraaviin seikkoihin:

Perävaunun laidat on rakennettava siten, että kuormaaminen käy helposti. Erityistä huomiota on kiinnitettävä siihen, että perävaunu saadaan joka paikasta täyteen, ja mahdollisimman vähän rehua lentää laitojen ulkopuolelle. Laitojen tulee olla tukevat ja tarpeeksi tiheet varsinkin tarkkuussilputun rehun ollessa kyseessä.

Kippiperävaunuissa verkkomaiset laidat saattavat hidastaa rehun alastuloa kipattaessa. Sopiva laitojen korkeus on n. 2 m.

Etulaita on kuitenkin jätettävä tarpeeksi matalaksi, jotta kuljettaja pystyy seuraamaan perävaunun täyttöö. Perävaunu olisi varustettava myös katolla. Tällöin on varmistettava silppurin puhaltaman ilman pois pääsy perävaunusta. Katon on oltava n. 0,5 m silppurin puhallustorven suuaukon yläpuolella.

Silppu painuu lyhyenkin ajomatkan aikana jopa 25 %. Kevyen, varsinaisia laitoja korottavan katoksen avulla voidaan perävaunun koko tilavuus käyttää hyväksi. Varsinaisten laitojen korottaminen 0,7...1,0 metrin katoksella tuo 15...20 % lisää kuormaustilaa. Katos helpottaa myös perävaunun takaosan täyttöö, koska silppusuihkun ohjaus on helpompaa katoksen ansios-ta. Kippiperävaunun olisi oltava takaosastaan noin 15 cm leveämpi, jotta rehu tulisi helposti alas.

Sopiva perävaunun koko on 16...22 m<sup>3</sup> riippuen renkaiden ja akseliston rakenteesta. Tämä vastaa 2,5...5,0 tonnin kuormaa nurmirehua.

Perävaunun koko tilavuutta ei kuitenkaan voida käyttää hyväksi. Täytettäessä perävaunut silppurilla, jää yleensä tyhjäksi 25...30 % koko tilavuudesta. Tämä osoittaa sen, että silppusuihkun ohjattavuus on tehtävä mahdollisimman helpoksi, jotta tilavuus voitaisiin paremmin hyödyntää.



## 2.4. Varastot ja varastoinnin työtekniikka

### 2.4.1. Yleistä

Säilörehuvarastoina käytetään yleisyysjärjestyksessä luetellen torni- ja laakasäilöjä, aumoja ja salvosäilöjä. Kaikilla varastotyypeillä on etunsa ja haittansa. Suuret rehumäärät on edullisempaa varastoida laakasäilöihin kuin tornisäilöihin, mikäli aiotaan selvittää viikon korjuuajassa yksinkertaisella työtekniikalla. Pienillä tiloilla aumat ovat halvimpia varastoja. Keskustelun torni - laakasäilö asemesta tulisikin kiinnittää huomio todelliseen ongelmaan - korjuutekniikan oikeaan toteuttamiseen ja sitä kautta tappioiden vähentämiseen. Korjuunopeus ja -tekniikka sekä työn huolellisuus vaikuttavat ilmeisesti enemmän rehun laatuun ja varastointitappioihin kuin pelkkä säilön muoto.

Korjuukatkon ajaksi (yöt ja viikonloput) hengittävä rehumassa tulisi peittää muovilla. Varastossa pitää olla lisäksi riittävä ilmanvaihto, jotta kasvin hengityksessä tuleva hiilidioksidi pääsee pois eikä aiheuta työskentelijöille tukehtumisvaaraa.

Kun säilö on täynnä, on rehun pinta tasoitettava huolellisesti. Pinta voidaan kastella viimeiseksi vielä säilöntäaineella. Sen jälkeen rehun päälle levitetään tiivis muovi, mieluummin kaksinkertainen. Torneissa rehun painotuksessa käytettävä vesiallas saattaa aiheuttaa omat hankaluutensa; altaassa olevan reiän kautta painona oleva vesi saattaa valua rehumassan läpi ja pilata rehua. Talvella märkä rehu on erittäin altis jäätymiselle. Siltanosturilla täytettävissä säiliöissä ehjän päällysmuovin päälle pannaan betonipainot tai vedellä täytettävät tynnyrit. Tasosäiliöissä muovin päällä painona käytetään 15... 20 cm sahanpurua. Tärkeätä on, että muovi on koko ajan tiiviisti rehun pintaa vasten, jottei muovin alle jää ilmatilaa, mistä rehun lämpeneminen saattaa alkaa. Ns. imuaumoissa rehu näyttää säilyvän laadullisesti erittäin hyvänä. Imuaumassa tiiviistä, esim. silitysraudalla kuumasaumatusta muovipaketista imetään ilma pois pölynimurilla tai kompressorilla.

Imeminen on tehtävä nopeasti yhtenä päivänä, minkä jälkeen aumaa peitetään kuten laakasäilöt. Aumaa ei avata ennenkuin ruokinnan alkaessa. Imemisen pääasiallinen merkitys on rehukasan tiivistäminen. Hapen ja hiilidioksidin siirtymistä muovi ei pidemmän päälle pysty estämään.

Säilöt puhdistetaan ennen seuraavan sadon sisäänpanoa vanhasta rehusta, homeesta ja muusta roskasta.

#### 2.42. Säilörehuvarastojen mitoituksesta

Säilörehuvarastojen oikea mitoitus on tärkeää. Säilön koon huolellinen suunnittelu varmistaa sen, että saadaan korjattavaan rehumäärään nähden oikean kokoiset säilöt. Säilön muodon suunnittelun avulla voidaan taas pienentää rehun laatu-tappioita.

##### Laakasäilö

Sopiva korkeus laakasäilölle on 2,0...2,5 m. Painumisen jälkeen tulee varastointikorkeudeksi 1,7...2,2 m. Painuminen on vähäisempää tarkkuussilputussa kuin kelasilputussa rehussa ja tällöin säilön tilavuus tulee paremmin hyväksi käytetyksi.

Laakasäilön pitää olla vähintään 4...5 m leveä, jotta tiivistäminen onnistuisi hyvin traktorilla (kaksi traktorin leveyttä). Jotta säilöntätappiot saataisiin pysymään niin pieninä kuin mahdollista, ei laakasäilö saa kuitenkaan olla liian leveä. Otettaessa rehua säilöstä joutuu leikkauspinta kosketuksiin ilman kanssa. Tällöin on olemassa rehun pilaantumisen riski. Tämän vuoksi leikkuupinta ei saa olla yhteydessä ilman kanssa viittä päivää kauemmin. Säilö pitää mitoittaa niin, että päivittäin rehua otetaan keskimäärin vähintään 8...10cm (rintuus etenee 8...10 cm päivävauhdilla).

Esimerkkinä laakasäilön leveyden ja pituuden mitoituksesta voidaan seuraavassa laskea säilön mitat 15 lehmän karjalle. Lehmille annetaan 30 kg säilörehua päivittäin. Rehun tilavuuspaino on  $750 \text{ kg/m}^3$  ja säilön varastointikorkeus on 1,7 m.

Päivittäinen rehunottomäärä on  $15 \text{ (lehmää)} \times 30 \text{ kg} = 450 \text{ kg}$

Tämän rehumäärän tilavuus on:  $\frac{450 \text{ kg}}{750 \text{ kg/m}^3} = 0,6 \text{ m}^3$

$$\begin{aligned} \text{Säilön leveys} &= \frac{\text{Päivittäin otetun rehumäärän tilavuus (m}^3\text{)}}{\text{Rintuuden eteneminen (m) x varastointikorkeus (m)}} \\ &= \frac{0,6 \text{ m}^3}{0,09 \text{ m} \times 1,7 \text{ m}} = 4 \text{ m} \end{aligned}$$

Jos päivittäinen rehuannos jää pienemmäksi, on säilön korkeutta tai leveyttä pienennettävä, jotta päästään 8...10 cm päivävahtiin rintuukien etenemisessä. Leveys ei saa tulla kuitenkaan 4 m pienemmäksi, koska tiivistäminen ei silloin enää käy traktorilla.

Jos esimerkissämme ruokintakauden pituus on 255 päivää, tulee säilön pituudeksi  $0,09 \text{ m/pv} \times 255 \text{ pv} = 23 \text{ m}$ .

Jos lehmäluku on niin suuri, että säilön pituudeksi tulee noin 30 m, voidaan silloin jakaa kahteen osaan siten, että säilöt ovat vierekkäin. Tällöin molemmat sadot saadaan omiin säilöihin ja täyttö käy riittävän nopeasti. Esimerkissämme esitettyä 23 m:n laakasiiltoa ei kuitenkaan ole syytä jakaa kahteen osaan vaan mieluummin täyttää se perältä alkaen täyteen korkeuteen, jolloin eri sadot eivät tule päällekkäin vaan peräkkäin. Alle 15 m pitkien sillojen täytössuhde jää yleensä huonoksi niitä traktorilla täytettäessä.

### Tornisäilö

Tornisäilössä korkeuden ja halkaisijan suhteen suunnittelu on tärkeää. Mitä suurempi säilön pohjan ala on sitä suurempi riski on rehun pilaantumiselle rehun oton yhteydessä. Rehua pitää joka päivä ottaa vähintään 3 cm kerros säilöstä. Säilön halkaisijalla on myös merkitystä täyttökapasiteettiin nähden. Tornia pitää täyttää vähintään 2 m joka päivä. Mitä pienempi säilön pohja-ala on, sitä nopeammin säilö täyttyy. Säilössä, jonka halkaisija on 5 m, on pohjapinta-ala n.  $20 \text{ m}^2$ . Kuuden metrin halkaisija lisää alan  $29 \text{ m}^2$ :iin ja 7,5 m halkaisijalla ala on jo noin  $44 \text{ m}^2$ . Se on runsaat kaksi kertaa suurempi kuin 5 m säilön ala, jolloin rehua täyttyy myös ottaa päivittäin kaksi kertaa enemmän, jottei pilaumisriski tulisi liian suureksi. Pienimmällä suositetulla täyttömäärällä, 2 m/pv, pitää säilöön panna rehua n. 25 t/pv, jos

halkaisija on 5 m. Tämä vastaa noin 2 hehtaarin satoa. Kaksi kertaa enemmän rehua ja alaa pitää korjata ja varastoida silloin, kun säilön halkaisija on 7,5 m.

## 2.43. Tornisäilön täyttöön sovellettava työttekniikka

### Täyttö elevaattoria käyttäen

Tornit täytetään elevaattoreilla tai lietsoilla. Muutamissa harvoissa tapauksissa käytetään myös lukkeja. Voimakoneena ovat pääasiassa sähkömoottorit, mutta myös traktoreita tarvitaan.

Väärät perävaunujen purkausasennot ja liian jyrkät elevaattorien nousukulmat hidastavat eniten elevaattorilla täyttöä. Elevaattorin nousukulma ei saa olla yli  $45^{\circ}$ , jottei rehu vyöry takaisin syötön aikana. Nousukulma pienenee elevaattoria pidentämällä. Elevaattorin alapäässä perävaunun kohdalla tarvitaan ehdottomasti levyistä rakennetut reunat, jotka ohjaavat rehun elevaattorille. Tuuli pölyyttää helposti etenkin kevyttä, esikuivattua rehusilppua pois elevaattorilta. Elevaattorin kattamisella poistetaan tämä haitta.

Paras perävaunun sijaintipaikka kuorman purkausta varten haetaan aluksi kokeilemalla. Maahan hakattu paalu ja pölky pyörien takana auttavat löytämään oikean purkauksen seurantavilla kerroilla (piirros 16). Perävaunun on oltava suorassa kulmassa elevaattoriin nähden. Silloin tornin täyttö käy kitkattomasti, ellei purkavassa perävaunussa satu häiriöitä.

Tutkimuksissa ilmeni, että isojen tai poljettujen kuormien purkaus ei useinkaan käy häiriöttä. Viistopurkain on häiriöherkkä ja keskeyttää työt liian usein.

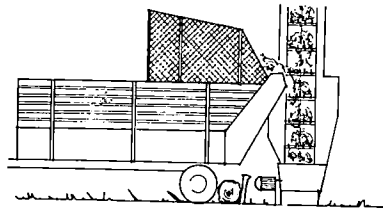
Maassamme ei ole yleistynyt sellainen elevaattori, jonka alaja yläpäässä on vaakasuora osa. Alapään vaakasuoralle osalle pystytään rehu purkamaan kourakoilla kippiperävaunua kallistamalla. Onkin tarkoin harkittava, vastaako monitoimiperävaunun hankkiminen tarkoitustaan, jos kourakko-kippiperävaunuyhdistelmällä päästään lähes samaan työntuotokseen. Kippivaunu on yleensä jo tilalla muita tarkoituksia varten.

Elevaattorin yläpään vaakasuoraan osaan on helppo kiinnittää rehun levitin.

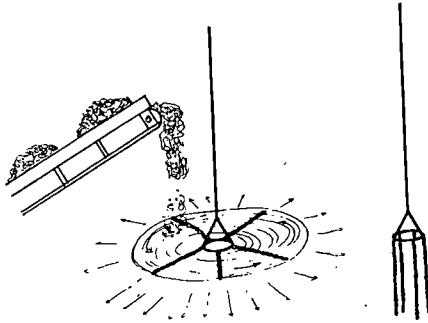
Rehun siirto torniin monitoimiperävaunulla ja elevaattorilla vei työntutkimusten mukaan aikaa 7 min/rehutoni. Kippiperävaunulla ja talikolla elevaattori-täyttö vei 9,8 min/t. Ajoissa ovat mukana vaunun peruutusajat ja purkauksen valmisteluajat varastolla. Elevaattorin teho määrää siis pitkälle tornien täyttönopeuden, ja aikaa kului siinä noin neljä kertaa enemmän kuin suorassa kippauksessa perävaunusta laakasäilöön. Monitoimiperävaunun ja elevaattorin työntuotos oli 8,6 t/h ja kippiperävaunu-talikko-elevaattoriyhdistelmän 6,1 t/h.

Yhden traktorin menetelmässä rehun korjuu hidastuu ratkaisevasti varastolla tapahtuvan kuorman purkauksen vuoksi, koska perävaunun tyhjennykseen menee sama aika kuin sen täyttämiseen pellolla.

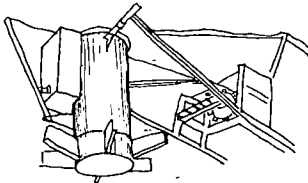
Rehun levitys varastoissa on raskasta ja aikaavievää, mikäli se tehdään käsityönä. Elevaattorin päähän kiinnitettävät sähkömoottorilla toimivat levittimet vähentävät ihmistyön määrän n. 30 %:iin siitä ajasta, mikä tarvitaan pelkällä käsin tehtävällä levityksellä (piirroksat 17 ja 18). Levitystyö on aina viimeisteltävä talikolla tai kourakolla hyvälaatuisen rehun turvaamiseksi. Levitystyössä on oltava huolellinen, sillä elevaattorin loppupään tai lietson putken tuloaukon alapuolelle muodostuu erittäin tiivis patti, joka ei painu alaspäin samassa suhteessa kuin muualla tornissa oleva rehu. Tiivis patti aiheuttaa painotuksen aikana vaikeuksia. Vesialtaan tansainen täyttö ei onnistu, vaan allas kallistuu helposti ja vesi karkaa reunan yli.



Piirros 16. Monitoimiperävaunun paikka elevaattorilla ja rehun ohjauslevyt perävaunun kohdalla



Piirros 17. Keskipakovoimasta levittimen ketjut nousevat vaakatasoon ja heittävät rehun eri puolille tornia. Ketjun pituutta muuttamalla saadaan levitystyön karkea säätö eri kokoisille varastoille



Piirros 18. Elevaattorin päähän kiinnitettävä pyörivä levitin, jossa on portaaton pyörimisnopeuden säätö ja pyörimissuunnan vaihto

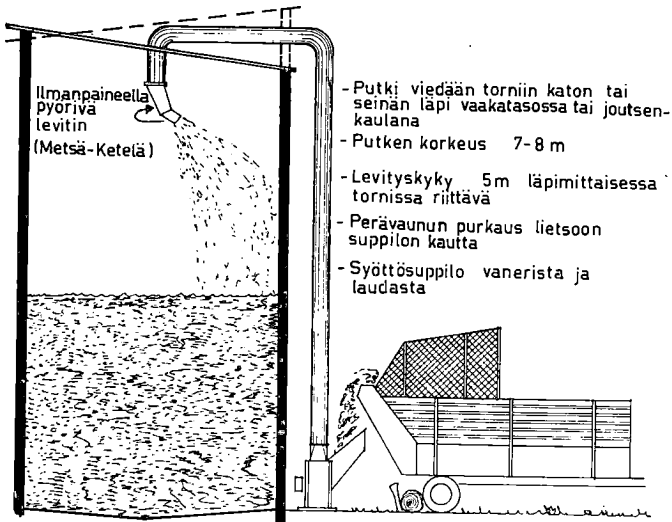
Viljelijöiden itsensä rakentamissa täyttöelevaattoreissa oli usein rakennevirheitä. Esimerkkinä mainittakoon liian lyhyet elevaattorin tartuntapiikit, jolloin rehu vyöryy helposti alaspäin.

Työskentelytilat elevaattorin alapään ympärillä on tehtävä riittävän väljiksi, jotta traktori voi esteettä liikkua kuorman purkaukseen ryhdyttäessä.

#### Täyttö lietsoa käyttäen

Tornien täyttö lietsolla käsin syöttäen on raskasta ja vaarallista. Vaarallista siksi, että lietsojen suuaukkoja suojaavat syöttösuppilot usein poistetaan, koska raskasta rehua ei haluta nostaa ylöspäin. Lietson avoimeen suuaukkoon ja pyöriviin siipiin voi joutua paitsi hanko myös syöttäjän jalat. Onnettomuusvaara on aina olemassa, kun suojalaitteita poistetaan. Toinen vaarallinen paikka varastoinnissa on monitoimiperävaunun nivelakseli, jota joudutaan vaihtamaan silppurin ja perävaunun välillä kaksi kertaa kutakin kuormaa kohti. Useiden vaihtojen vuoksi nivelakselin ketjut joko puuttuvat kokonaan tai ne jäävät irti. Monasti nivelakselin päältä puuttuu muovinen suojakuorikin. Housun lahkeet ovat usein vaarallisen lähellä pyörivää akselia, jolloin onnettomuus voi tapahtua koska tahansa. Korjuutekniikasta johtuvat vaarat poistetaan turvamääräyksiä noudattamalla ja suojalaitteita käyttämällä.

Lietson syöttö voi tapahtua kipeästä rehuasasta talikolla tai monitoimiperävaunulla, jolloin lietsoon liitetään laudasta ja vanerista rakennettu kalteva suppilo tai erillinen syöttöpöytä. Lietson syöttö talikkotyönä kesti 15,1 min/tonni (työntuotos 4 t/h), monitoimiperävaunulla ja syöttösuppilolla 8,7 min/t (6,9 t/h), monitoimiperävaunun sivusyöttölaitteella 7,2 min/t (8,3 t/h). Erillisellä syöttöpöydällä työmenekki oli 6,2 min/t (9,7 t/h). Näiden lukujen valossa näyttää siltä, että tornin täyttö elevaattorilla on nopeampaa kuin lietsolla.



Piirros 19. Ilmanpaineella pyörivä levitin, sähkömoottorin käyttö pyörityksessä on myös mahdollista.

Raskas käsisyöttö lietsoon voidaan poistaa jyrkänviistolla suppilolla, johon monitoimiperävaunu purkaa kuormansa. Lietson syöttö sitoo silloin kuitenkin traktorin varastolle ja korjuutyö hidastuu.

Rehun levitykseen säilössä voidaan käyttää lietson putken suuhun asennettavaa ilmanpaineella pyörivää levitintä, joka pyöriessään heittää rehun eri puolille tornia (piirros 19). Kovin leveisiin varastoihin ei sen levitysteho riitä, mutta vielä 5 m halkaisijaltaan oleva torni täyttyy 11 kW:n moottorilla, kun pystyputkien korkeus on 7...8 m. Lietson putken vaakasuora osa tukkeutuu helposti, jos syöttö on epätasaista. Vaakasuoraa putkea parempi on joutsenkaulainen, loivasti kaareva putki, jossa painava rehu lentää helpommin levittimelle asti. Jos tornin kattoon tehdään lietson putkea varten reikä, tulee huolehtia siitä, ettei vesi pääse aukon kautta rehuun. Olisikin parempi, jos seinään tehdyn reiän kautta vietyt vaakasuorat putket kiinnitettäisiin kattoon sen alapinnalle.



Näin ei reiällä heikennettäisi katon rakenteita eikä vettä pääsisi katon kautta rehuun.

#### 2.44. Salvosäilön täyttöön sovellettava työtekniikka

Salvosäilön ollessa maahan upotettu voidaan sen täyttö aloittaa suoraan kippaamalla. Salvosäilöjen yksi seinä on avoin, jota korotetaan lankuilla sitä mukaan kuin rehupatsas kasvaa. Siltanosturilla varustetuissa säilöissä työt on organisoitava niin, että nosturin suurta kapasiteettia voidaan käyttää mahdollisimman paljon hyväksi. Pellolla kuormaukseen ja siirtoon säilölle on oltava eri traktori. Kipattavien perävaunujen on oltava riittävän suuria, jottei rehun siirtotyö muodostu pullonkaulaksi. Kippausalustan on oltava esteetön ja puhdas. Traktorin ajo peruuttaen kippausalustalle vähentää irtonaisen mullan pääsemistä rehun joukkoon.

Lukkityyppisten kahmareiden käyttö ei tule salvosäilöissä kysymykseen niitten huonon työtehon vuoksi. Lukkia käytettäessä rehun siirtämiseen säilöön kului aikaa 16,6 min/t. Sähkö-hydraulisella kahmarilla varustetulla siltanosturilla rehua siirrettäessä kului harjaantuneelta käyttäjältä aikaa 6 min/t. Vastaavat työntuotokset olivat 3,6 t/h ja 10 t/h. Siltanosturin työn tuotos pienenee selvästi nosturin vaakasuorien ajomatkojen kasvaessa.

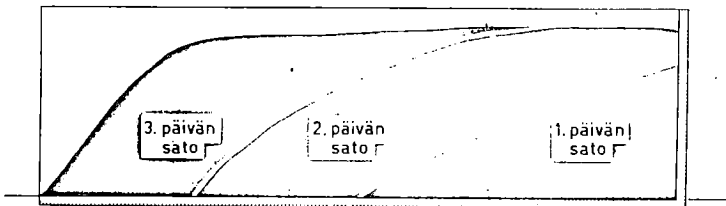
Siltanosturin joustavan käytön edellytyksenä salvosäilöissä on se, että kahmain pääsee liikkumaan koko säilön rehupinnan alueella. Tämä on tärkeää sekä täytön että purkaustyön aikana. Levitys voidaan tehdä tasaisesti kaikkialla säilöissä. Tyhjentäessä voidaan varastoitu rehu kuoria tasaisina kerroksina koko pinnalta, repimättä. Säilöjen nurkat on tehtävä pyöreähköiksi, jotta myös kulmissa oleva rehu saadaan riittävästi tiivistetyksi. Painotuksena käytetään tiiviin muovin päällä olevaa vesiallasta, betonipainoja tai vesitynnyreitä, jotka nostetaan säilöön nosturilla. Siltanosturin hankinnassa on kiinnitettävä huomio siihen, että vanhaan varastoon nosturia asennettaessa menetetään varastointitilasta 1,5...2,0 metriä, ellei nosturia voida asentaa säilön reunojen yläpuolelle.

Siltanosturia käytettäessä on muistettava, että liikkuminen kah-

maimen taakan alla on vaarallista paitsi taakan putoamisvaaran vuoksi myös siksi, että harjaantumaton nosturin käyttäjä voi pudottaa teräväpiikkisen kahmaimen alas nostamisen sijasta. Tämä vaara menee kuitenkin ohi varsin pian, kun käyttäjä oppii tuntemaan kauko-ohjauksen toiminnot. Siltanosturin käyttöä ja hankintaa suunniteltaessa tulisi rakennukset ja toiminnot sijoittaa niin, että siltanosturilla pystytään siirtämään säilörehun lisäksi heinää, lantaa, lannoitteita, väkirehuja tms. Keskusvarastojatteluun toteuttaminen vanhoihin rakennuksiin on kuitenkin lähes aina mahdotonta, minkä vuoksi maamme siltanostureista nyt vain muutamat pystyvät siirtämään muuta kuin säilörehua. Siltanosturia vanhoihin rakennuksiin suunniteltaessa on ehdottomasti selvitettävä millä tavoin rakennus on tuettava siltanosturin aiheuttamien huippukuormitusten varalta.

#### 2.45. Laakasäiliön täyttöön sovellettava työtekniikka

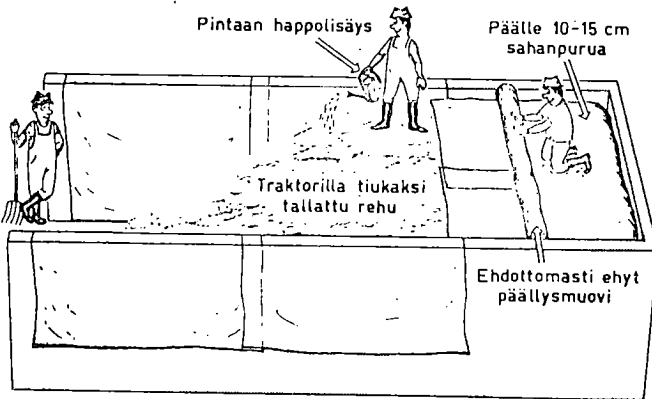
Maassamme on ollut paikoin väärä käsitys laakasäilöstä ja sen rakentamisesta. On tehty kalliita virheratkaisuja, jotka eivät ole toimivia. Esimerkkinä mainittakoon neliskulmaiset syväälle maahan upotetut bunkkerit. Tällaisten varastojen täyttö, rehun tiivistys ja irrotus on käytännössä erittäin raskasta, vaikeaa ja myös hankalasti koneellistettavaa. Säilön täyttäminen ja rehun tiivistäminen traktorilla onnistuu parhaiten suorakaiteen muotoisessa säilössä. Säilön täyttö kiilamaisesti täyteen korkeuteen perältä alkaen pitämällä samalla rehurintausta mahdollisimman jyrkkänä, on eräs parhaista rehun säilymistä edistävästä täyttötavoista (piirros 20).



Piirros 20. Kiilatäyttö laakasäilöissä. Takakuormaimella levitetään rehua tonni 4 minuutissa (työntuotos 15 t/h).

Jos laakasäilö on maahan upotettu, ajoluiskan on oltava riittävän loiva, jotta säilöä täyttävä ja tiivistävä traktori voi liikkua edestakaisin ilman kaatumisvaaraa. Laakasäilöt olisi rakennettava mieluummin samaan tasoon navetan kanssa.

Muovikalvoja oikein käyttäen on mahdollista vähentää hapettumisesta johtuvat ravinnetappiot pienimmilleen ja estää sadeveden pääsy rehuun (piirros 21).



Piirros 21.

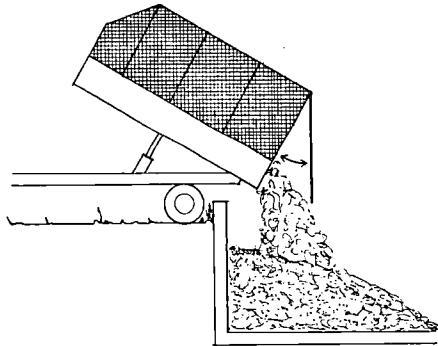
Kattorakennelman käyttö säilön päällä on mahdollista. Kate-tussakin varastossa tarvitaan rehumassan päälle kuitenkin pak-kasta vastaan lämpöeriste. Sahan puru (15...20 cm), heinä- tai olkipaalit tai irtoheinä ja -olki suojaavat pinnan jääty-misestä. Leikkausrintuuksien suojaaminen käy paaleilla tai pressulla. Kovilla pakkasilla molemmin puolin päällystetty vuorivillamatto antaa suojaa.

Kattorakennelminä voidaan käyttää mm. erillisiä, täytön ajaksi poissiirrettäviä elementtejä. Säilön päälle erikseen rakennettu kiinteä katto on kustannuksiltaan erittäin kallis eikä kuitenkaan rehun säilymisen kannalta välttämätön.

Laakasäilön seinät voidaan tehdä betonista tai puusta. Filmi-

pintainen vaneri on hyvä seinämateriaali, mutta ei välttämätön muoveja käytettäessä. Samoin ei lankkuseinän tarvitse olla muoveja käytettäessä pontattua ja höylättyä.

On eduksi, jos lankkuseinä on painekyllästettyä. Puiset tukipilarit on ainakin syytä painekyllästäää. Paras säilön pohja-aine on betoni. Valaminen on tehtävä huolellisesti ja riittävän suurella sementtimäärällä. Laakasäilön pohja on keskeltä harjamainen ja reunoilla on puristenestekourut, joita pitkin neste valuu virtsakaivoon tai lietelantalaan. Kaltevuus säilön pohjassa on 2 %. Laakasäilön eteen on vallettava riittävän suuri betonilaatta, jonka päälle rehukuormat kipataan ja jolta rehu siirretään etu- tai takakuormaimella säilöön. Kuorman kippaukseen kuluu aikaa 1,5 min/tonni (piirros 22). Kun käytetään erillistä täyttötraktoria, multaa ei mene pyörissä rehun joukkoon.

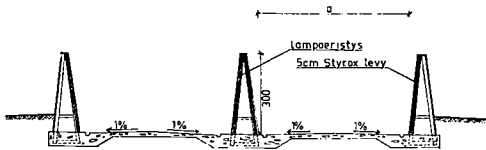


Piirros 22. Kippaus on nopein kuorman purkaustapa. Betonireunama estää perävaunun putoamisen säilöön. Takaluukku on saranoitu yläosasta ja avautuu kippatessa. Se voidaan saranoida myös sivulta ja kääntää pitkin sivuseinämää ennen kippaamista.

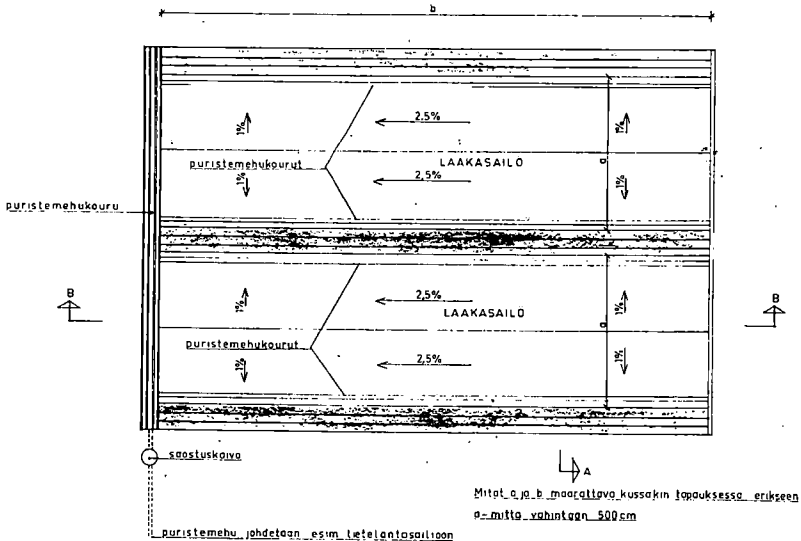
Jos rehu voidaan kipata suoraan säilöön kuten esim. rinnevarastoissa, rehutonni levitetään käsityövälinein 8,5 minuutissa (7,1 t/h). Takakuormaimella rehutonni siirretään

kippausalustalta ja tasoitetaan 4 minuutissa (15 t/h) ja etukuormaimella 2,7 minuutissa (22 t/h). Voidaankin todeta, että traktorin siilotyöskentely ei ole rajoittava tekijä korjuuketjussa. Vain käsityövälinein tehtävä rehun levitys voi olla lyhyellä ajomatalla joskus pullonkaulana työssä. Tällöin säilössä rehun levitystyössä olevien henkilöiden määrää on lisättävä tai sinne on hankittava kuormaustraktori.

LEIKKAUS A-A



Piirros 23. Työteho-seurassa suunniteltu lankkurakenteinen laak-säilö, jossa on solumuovilämpöeristys. Pohjaan kal-tevuus sivulle on 1...2 %. Puristenesteurat. Beto-niin upotetut tukilankut on painekyllästetty.



Käikki puutavara painekyllästetty

Piirros 24. Piirroksessa 23 esitetyn siiloparin pohjapiirros. Säilön edustalla on betonilaatta, joka toimii kip-pialustana. Laatan ja säilön välissä on poikittai-nen syvennys päällysritylällä varustettuna. Uraan valuvat puristeneste ja sadevesi. Urasta lähtee viemärijohto virtsasäiliöön tai lietelantalaan.

#### 2.46. Aumojen tekoon sovellettava työtekniikka

Aumoja tekevät ne viljelijät, jotka ovat siirtymässä säilörehun käyttöön ja ne, joitten varsinaiset varastot tulevat liian aikaisin täyteen. Aumalla on tilapäisvaraston luonne. Kuitenkin aumassa tutkimusten mukaan saadaan erittäin hyvää rehua. Korjuu aumoihin on nopeaa, koska aumat tehdään usein pellolle ja silloin massan siirrot käyvät sukkelaan. Lisäksi syksyllä, jo kylmällä säällä tehdyissä tilapäisluonteisissa aumoissa käymiset eivät ehdi pilata rehua.

Aumojen valmistustekniikka purkavaa perävaunua käytettäessä on kasan yliajo ja rehun ripotteleminen perävaunusta tasaisena mattona läpi kasan. Traktorin pyörät vievät kuitenkin helposti multaa rehun joukkoon, minkä vuoksi auman ympäristön on oltava kuiva ja kovanurmikkoinen, ettei multa irtoa siitä traktorin pyöriin.

Kippivaunuja käytettäessä kipatut kuormat levitetään etu- tai takakuormaimella. Ensiarvoisen tärkeätä aumoja tehtäessä on niiden huolellinen talleaminen traktorilla. Pitämällä luiskat sekä auman päädyissä että sivuilla sopivan loivina ei kaatumisen vaaraa ole. Auman peittäminen muovilla tilapäisesti yön ajaksi vähentää pilaantumisen vaaraa. Auma on peitettävä huolellisesti ja mahdollisesti syntyneet reiät paikattava. Muovin päälle on ehdottomasti levitettävä valo- ja lämpöeristeeksi esimerkiksi sahanpurua, maata tai hiekkaa. Olkipaaleja ei suositella, koska ne saattavat kostuessaan lämmitä. Ne eivät myöskään paina muovia kasan pinnalla oleviin kuoppiin vaan jättävät helposti ilmatilaa, mistä rehun lämpeneminen saattaa alkaa.

#### 2.47. Puristeneste

Puristenestettä tulee tuoresäilörehusta 10...40 % kokonaisuudesta. Määrä riippuu suuresti sateiden määrästä ja korjuuajankohdasta. Suurimmalla osalla tiloista puristenesteen keräilyä, varastointia ja käyttöä ei ole vielä järjestetty, vaan rehusta tullut neste lasketaan suoraan maaperään tai jopa vesistöihin. Puristenesteen haitalliset vaikutukset ilmenevät ensiksi pahana hajuna ja kasvuston kuolemisenä siltä alueelta, minne neste johdetaan. Seuraavaksi näkyvä saastuminen vesistöjen rehevöitymisestä sekä salaojien

tukkeutumisenä pelloilla. Tukkeutumisvaara on etenkin sala-  
ojitetuilla lohkoilla olevilla auma-alueilla.

Puristenestehaitat ovatkin pahimpia varastoitaessa säilörehua  
aumoihin. Puristeneste menee yleensä aumoista suoraan maape-  
rään, koska kiinteitä pohjaratkaisuja ei haluta rakentaa. Mi-  
käli aumat kasataan kunakin vuonna eri paikkoihin, ei niiden  
saastuttava vaikutus ole niin suuri kuin paikalleen rakenne-  
tuilla säilöillä, joista neste virtaa vuodesta toiseen samaan  
kohtaan.

Erityisen tärkeää on huolehtia talouskeskuksen lähellä olevien  
säilöjen puristenesteen talteenotosta. Useissa tapauksissa on  
todettu, että puristeneste on kyllästännyt maaperän ja pilan-  
nut kaivon. Maaperän kyllästymisaika voi olla jopa 5 vuotta.  
Vasta tämän ajan jälkeen pohjavesi on pilalla. Tosin vesien  
pilaantuminen voi tapahtua vuodenkin päästä rehun teosta.

Puristeneste on koottava joko valmiisiin virtsakaivoihin, lie-  
telantaloihin tai sitä varten rakennettuihin kaivoihin. Niis-  
tä neste voidaan viedä lannoitteeksi pellolle, jopa samana  
kesänä korjatulle rehunurmelle ennen seuraavaa sadonkorjuuta.  
Levitysmäärät vaihtelevat nesteen väkevyydestä riippuen, mut-  
ta 20 tonnin määrää hehtaarille ei nurmen palamisvaaran vuok-  
si saa ylittää. Levitys nurmen pinnalle ei ole suotavaa, vaan  
neste olisi pyrittävä sijoittamaan pinnan alle. Puristenesteen  
johtaminen on torneissakin vaikea ongelma. Leveissä ja kor-  
keissa torneissa varastoidaan kaksi, jopa kolmekin rehusatoa  
päällekkäin. Alinna olevan rehun laatu huononee joka kerta,  
kun puristeneste virtaa jo säilötyn massan läpi. Tornien  
seinillä on käytetty pystyriukuja, salaoja- tai muoviputkia,  
jotka ohjaavat nestevirtauksia alaspäin. Avoimet putket toi-  
mivat kuitenkin ilmanvaihtokanavina ja rehu pilaantuu put-  
kien ympäriltä joskus jopa kymmeniä senttejä.

Suuriläpimittaisissa torneissa seinillä olevat pieniläpi-  
mittaiset putket tai ohuet rimat (1" x 1/2") ovat kuitenkin  
välttämättömiä liian nesteen poisjohtamiseksi. Rimoja tai  
putkia kiinnitetään seinään esim. metrin välein, jolloin  
puristeneste pääsee virtaamaan niiden ulkopintaa pitkin  
säilön pohjalle. Pohjalle pannaan kiviä tai myös säteit-  
täisiä riukuja lattiakaivoon päin puristenesteen johtami-  
seksi pois säilöstä.

Kun näyttää siltä, että aumoja tehdään edelleenkin ja varsinkin pienillä tiloilla, joilla ei ole varaa kalliittien rehuvarastojen rakentamiseen, tulisi neuvonnan kiinnittää erityistä huomiota puristenesteen haitallisten vaikutusten selvittämiseen viljelijöille. Puristenesteen aiheuttamat vahingot johtuvat lähes aina tiedon puutteesta.

## 2.5. Korjuukoneketjut

Työtehoseuran tutkijat kävivät lähes 200 tilalla rehunkorjuuaikana (liite 1). Korjuu- ja varastointimenetelmät olivat sangen kirjavina. Niinpä tuli tarve kehittää tutkimus- ja raportointimenetelmä, joka antaisi mahdollisuudet useiden eri kokoisille tiloille soveltuvien korjuumenetelmien laskemiseen jo suunnitteluvaiheessa. Tuloksena kehittelystä syntyivät ns. elementtiajat, missä työnvaiheille on saatu työmenekin osa-ajat käsiteltyä rehutonnia kohti. Näitä elementtejä yhdistelemällä saadaan kaikki maassamme varteenotettavat korjuumenetelmät ja niiden työntuotokset laske- tuksi. Seuraavilla sivuilla esitetään elementtiajat ja niiden perustana olevien työntutkimusten määrät. Liitteessä 2 esitetään elementtiajoista laskettuna 20 erilaista säilörehun korjuun koneketjua.

Eri työketjujen työmenekkien ja työntuotosten vertailukelpoisiksi saaminen edellyttää määrättyjen tekijöiden vakiointia:

Vakioituja tekijöitä ovat:

- korjuukerran tuoresato 15 t/ha
- tuoreen kasvuston ka-pitoisuus 18 %
- kuormakoko 2 tonnia
- siirtomatka edestakaisin 1 km (lohkon etäisyys 500 m varastolta)
- ajonopeudet maantiellä 15 km/h, viljelysteillä 12 km/h ja pellolla 6 km/h
- työpäivän tehollinen pituus 6 tuntia
- häiriöaikalisa 10 % paitsi monitoimiperävaunuilla 15 %
- satotappioita ei peltotyöskentelyssä ole otettu huomioon
- esikuivauksessa oletetaan päästävän 30 % ka-pitoisuuteen



Piirroksissa 25 ja 26 esitetään työntuotokset pelkkää kuiva-ainetta perustana pitäen (ka-% = 100).

Työteho-seuran työntutkimusten perusteella elementtiajat ja niistä lasketut korjuumenetelmät työntuotoksineen ovat seuraavat (kts. myös piirrokset 25 ja 26, missä pullonkaulat eri ketjuissa on alleviivattu):

<u>Kuorma</u>	Havaintoja kpl	Työntuotos t/h	Työmenekki min/t
Kelasilppuri, työleveys 110 cm	32	6,5	9,2
" " 130 cm	17	8,8	6,8
Kaksoisilppuri, " 150 cm	4	13,0	4,6
Tarkkuussilppuri, " 150 cm niittävä	3	12,5	4,8
Esikuiवास, nostolaitekiinnitteinen tarkkuussilppuri, noukkiva niittomurskaimen työleveys 210 cm	5	14,3	4,2 (ka-pit. 30 %)
Esikuiवास, vetotarkkuussilppuri, nouk- kiva, niittomurskaimen työleveys 240 cm	2	15,0	4,0 "
Niittävä ajotarkkuussilppuri, niittolaitteen työleveys 300 cm	3	19,4	3,1
<u>Siirto- ja varastointityöt</u>	Havaintoja kpl	Työntuotos t/h	Työmenekki min/t min/kerta
Perävaunun irrotus ja kiinnitys kumpikin erikseen	23		0,9 1,8
Silppurin irrotus ja kiinnitys kumpikin erikseen	41		1,2 2,0
Säilöntäainepullon vaihto	11		0,3 0,6
Kippaus, sivulle kippaava eri- koisrehuvaunu	10		0,5
Kippaus, taakse kippaava maa- talousperävaunu	43		1,5 3,0
Monitoimiperävaunu, purku viisto- purkaimella suoraan varastoon	29	16,2	3,7
Monitoimiperävaunu, purku viisto- purkaimella elevaattorille	22	8,6	7,0
Monitoimiperävaunu, purku sivu- purkaimella lietsoon	3	8,3	7,2
Monitoimiperävaunu, purku viisto- purkaimella syöttösuppilon kautta lietsoon	2	6,9	8,7
Siltanosturi-kahmain (harjaantunut käyttäjä)	10	10,0	6,6/6,0
Lukkilaite-talja	2	3,6	16,6
Traktorin etukuormain	5	22,2	2,7
Traktorin takakuormain	12	15,0	4,0

# TYÖNTUOTOKSET

**Työntuotos t/h**

## Koneketju

**ka. 18 %**  
**ka. 100 %**

1	1 tr., <u>kelas. 110 cm, monit.-peräv., torni ja elevaatt., 2 miestä</u>	2.6	0.5
2	2 tr., <u>kelas. 110 cm, 2 <u>monit.-peräv.</u>, torni ja elevaatt., 3 miestä</u>	5.0	0.9
3	1 tr., <u>kelas. 110 cm, kippivaunu, laakasäilö, 2 miestä</u>	3.7	0.7
4	2 tr., <u>kelas. 110 cm, 2 kippivaunua, laakasäilö, 3 miestä</u>	5.2	0.9
5	2 tr., <u>kelas. 130 cm, 2 kippivaunua, laakasäilö, 3 miestä</u>	6.8	1.2
6	3 tr., <u>ylö-silpp. 150 cm, 2 kippivaunua, laakasäilö, 3 miestä, takakuormain</u>	9.1	1.6
7	2 tr., <u>kelas. 130 cm, 2 kippivaunua, siltanosturi, salvosillo, 3 miestä</u>	6.8	1.2
8	Varata 3000-ajosilppuri, 2 tr., <u>2 kippivaunua, laakasäilö, etukuormain, 3 m.</u>	11.0	2.0
9	3 tr., <u>tarkk.silpp., siv.-kipp.-peräv., 2 kippiv., laakas., 3 miestä</u>	12.7	2.3
10	3 tr., <u>Valtra-silppuri, laakasäilö, 2 kippivaunua, 3 miestä</u>	15.7	2.8
<b>Työntuotos ha/h</b> (sato 15 t/ha)			
	0.2 0.4 0.6 0.8 1.0		

TYÖNTUOTOKSET

Työntuotos t/h  
ka. ka.  
18% 100%

Koneketju

11	1 tr., <u>kelas. 110 cm</u> , kippivaunu, torni, lietso + käsielevaattori, 3 miestä	3.7	0.7
12	1 tr., <u>kelas. 110 cm</u> , monit.-peräv., tornilietso + syöttösuppilo, 2 miestä	2.4	0.5
13	2 tr., <u>kelas. 110 cm</u> , 2 <u>monit.-peräv.</u> , torni, lietso + syöttösuppilo, 3 miestä	4.3	0.8
14	1 tr., <u>kelas. 110 cm</u> , monit.-peräv., laakasäilö, 2 miestä	3.1	0.6
15	2 tr., <u>kelas. 110 cm</u> , 2 monit.-peräv., laakasäilö, 3 miestä	5.2	1.0
16	1 tr., <u>kelas. 110 cm</u> , monit.-peräv. + sivusyött., torni, lietso, 2 miestä	2.6	0.5
17	2 tr., <u>kelas. 110 cm</u> , 2 <u>monit.-peräv.</u> + <u>sivusyött.</u> , torni, lietso, 3 miestä	4.9	0.9
18	1 tr., <u>kelas. 110 cm</u> , kippiv., auma, 2 miestä	3.6	0.7
19	2 tr., <u>kelas. 110 cm</u> , 2 kippiv., auma, 3 miestä	5.2	0.9
20	2 tr., <u>kelas. 130 cm</u> , 2 kippiv., auma, 3 miestä	6.8	1.2

0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 Työntuotos ha/h (sato 15 t/ha)

	Havaintoja kpl	Työntuotos t/h	Työmenekki min/t
Taakse kippaava perävaunu ja lietso, syöttö käsityövälinein	7	4,0	15,1
Taakse kippaava perävaunu ja elevaattori, syöttö käsityövälinein	3	6,1	9,8
Torni, levitys käsityövälinein	7	7,5	8,0
Torni, pyörivä levitin, tarkistus- levitys käsityövälinein	3	21,4	2,8
Laakasiilo, levitys käsityövälinein	8	7,1	8,5
Auma, levitys käsityövälinein	7	10,7	5,6
Painotus siilossa			2,0

#### Koneketjujen vertailua

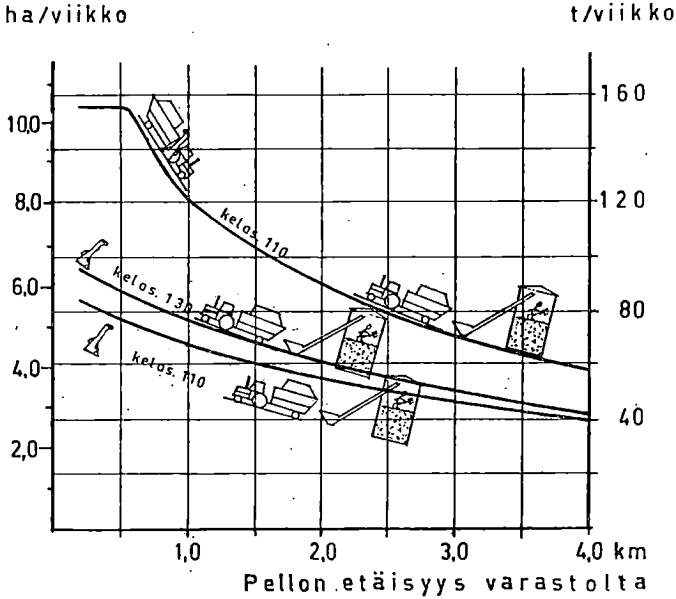
Siirtomatkan vaikutus työntuotokseen on selviö. Mitä pitempi matka, sitä pienempi työntuotos. Piirroksissa 27...32 esitetään peltolohkon etäisyyden vaikutus työntuotokseen. Näissä piirroksissa etäisyys kasvaa 0,2 km:stä 4,0 km:iin muiden tekijöiden pysyessä vakiona.

Polkemistyötä ei ole otettu huomioon torneissa eikä yhden ja kahden traktorin tasosäilöketjuissa. Rehua tiivistetään tasosäilöissä sekä taukoaikoina että varsinaisen työpäivän päättyessä n. 1 tunnin ajan.

Rinnakkain on otettu 110 cm ja 130 cm kelasilppurit yhden traktorin, monitoimiperävaunun, tornin ja elevaattorin menetelmissä sekä naapuriapu 2 traktorin ja 2 monitoimiperävaunun menetelmässä (piirros 27).

Lyhyellä ajomatalla (edestakainen siirtoajomatka alle 400 m) 110 cm kelasilppurilla ja yhdellä traktorilla päästään 5,6 ha:iin viikossa. Kun kelasilppurin kokoa lisätään 130 cm:iin, kasvaa viikkoteho vain n. 80 aaria eli lopputulos on 6,4 ha/viikko. Silppuria suurentamalla ei päästä siis kovin suuriin tehon lisäyksiin. Käytettäessä naapuriapua työntuotos on lyhyellä ajomatalla lähes kaksinkertainen eli n. 11 ha/viikko. Samalla säästetään konehankinnoissa, kun voidaan käyttää yhteistä silppuria.

Siirtomatkan kasvaessa 8 km:iin työntuotos pienenee kaikilla menetelmillä 2...3 ha:iin/viikko.

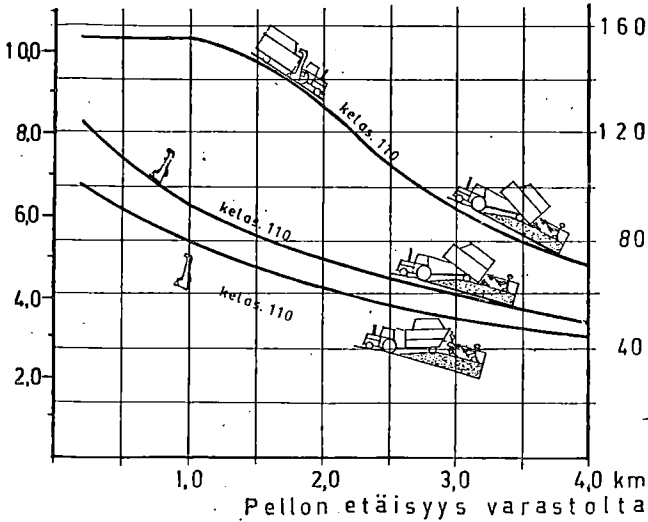


Piirros 27. Tornin täyttö elevaattorilla.

Laakasäilön täyttö yhdellä traktorilla ja yhdellä monitoimiperävaunulla (a) tai yhdellä kippivaunulla (b) tahi 2 traktorilla ja 2 kippivaunulla (c) (piirros 28). Alle 400 metrin edestakaisella siirtomatalla päästään monitoimiperävaunulla 6,7 ha:iin viikossa, yhdellä kippivaunulla 8,3 ha:iin viikossa sekä kahden traktorin ja kahden kippikärryn menetelmässä 10,5 ha:iin viikossa. Tämä taso pysyy kahden traktorin menetelmässä vielä kahden kilometrin siirtomatkaan asti, koska pullonkaula on silppurilla.

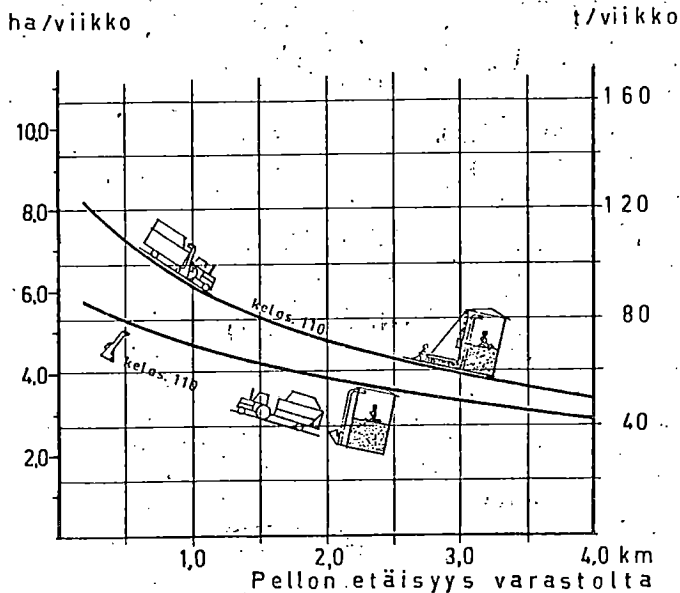
ha/viikko

t/viikko



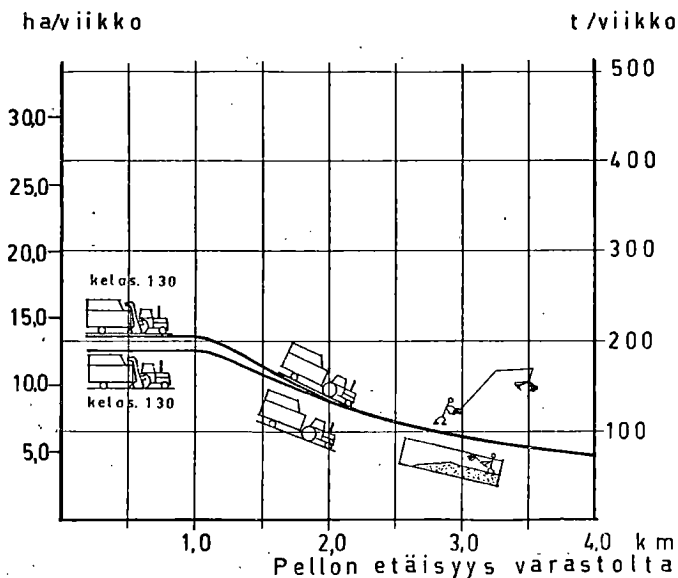
Piirros 28. Laakasiilon täyttö eri koneyhdistelmin.

Tornin täyttö lietsolla ja sen apuvälineillä (piirros 29).  
Monitoimiperävaunu, jossa on sivupurkain, pitää ainoan traktorin tornilla kiinni koko purkausajan. Viikkoteho on 5,7 ha. Jos rehu kipataan ja kasasta kaksi henkilöä syöttää käsityönä apunaan syöttöpöytä tai käsin liikuteltava syöttöraappa, traktori vapautuu purkauksesta kuormaukseen ja työntuotos kasvaa 8,3 ha:iin viikossa.



Piirros 29. Tornin täyttö lietsolla.

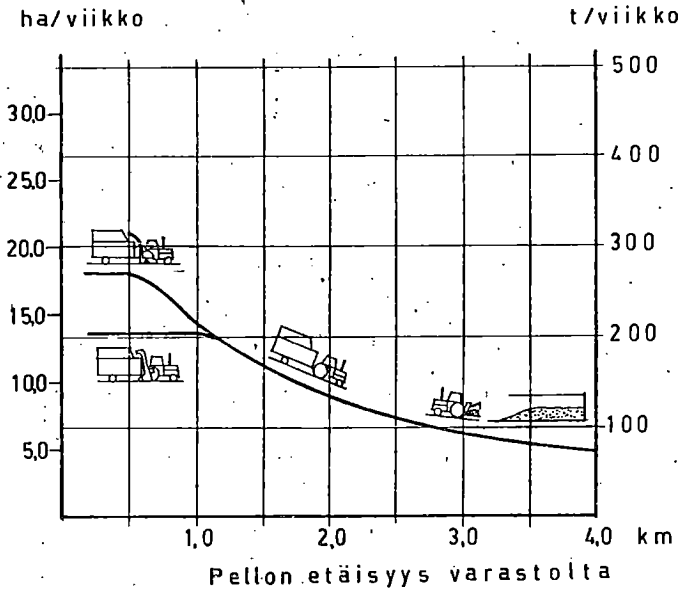
Traktorin, 130 cm kelasilppurin ja kahden kippivaunun ketjut, joissa purkausvaihtoehdot ovat käsityö laakasäilössä ja siltanosturi salvosäilössä (piirros 30). Käsinväily on hitautensa ja raskautensa vuoksi rajoitettava tekijä lyhyellä ajomatalla. Viikkoteho on sen määräänä 12,8 ha. Salvosäilön täyttö siltanosturilla on helppoa. Viikkoteho on 13,9 ha. Sama taso säilyy 2 km:n edestakaiselle siirtomatalle asti.



Piirros 30. Käsityö ja siltanosturi.

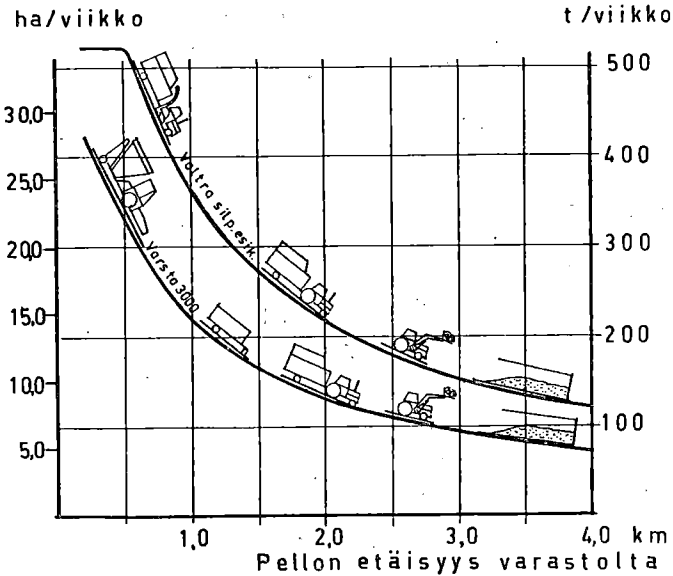
Piirroksessa <sup>31</sup> on menetelmä, missä on 3 traktoria ja kaksi kippivaunua. Traktoreista yksi on aina säilössä siirtämässä ja polkemassa rehua. Vertailuun on otettu 130 cm kelasilppuri ja Ylö-tarkkuussilppuri rinnakkain. Kelasilppurimenetelmällä on saavutettu 13,9 ha:n viikkoteho (sama kuin siltanosturilla salvosiilossa, vrt. piirros 30). Niittäväää tarkkuussilppuria (työleveys 150 cm) käytettäessä työntuotos on 18,3 ha viikossa. Kelasilppurilla työntuotos säilyy samana 1 km:n ja tarkkuussilppurilla 0,5 km:n etäisyyteen. Vasta sen jälkeen siirto säilölle tulee rajoittavaksi tekijäksi ja työn tuotos alkaa pienetä.





Piirros 31. Tasosäilö, kolme traktoria ja kaksi kippiperävaunua.

Piirroksessa 32 on rinnakkain kaksi tehoketjua, niittävä ajotarkkuussilppuri ja esikuivatun säilörehun korjuuseen tarkoitettu, noukkimella varustettu vetotarkkuussilppuri. Vetotarkkuussilppuriketjun työntuotos on muunnettu tuoreen rehun työntuotokseksi, jotta lukuarvot olisivat keskenään vertailukelpoisia. Rehu varastoidaan molemmissa menetelmissä tasosäilöihin etukuormainta käyttäen. Niittävän ajotarkkuussilppurin viikkoteho on 28 ha kahta kippivaunua käytettäessä, vetotarkkuussilppurin viikkotehon (ka-pit. 30 %) ollessa n. 35 ha. Molemmissa menetelmissä on käytetty 2 t kuormia. Jos kuormia suurennetaan esim. isoilla vaunuilla 5 tonniin, mikä olisi edullista, työntuotokset kasvavat selvästi. Esikuivausketjussa niitto on tehtävä joko neljännellä traktorilla tai yhdellä ketjun traktoreista siten, ettei se haittaa korjuun joustavuutta.



Piirros 32. Kaksi tehoketjua.

### 3. Siirto säilöstä ruokintapöydälle

Säilörehun siirto varastosta ruokintapöydälle on joustavinta silloin, kun irrotuksen jälkeisiä välipurkauksia ja kuormauksia ei tarvita. Tämä on mahdollista, jos säilörehu on varastosta otettaessa sulaa, eläimille syöttökelpoista.

Jäinen rehu alentaa tuotoksia ja lisää sairastumisen vaaraa. Rehu ei jäädy haitallisesti, jos lämpöeristykset varastorakenteissa ovat riittävän paksut ja/tai maan lämpöä käytetään hyväksi sekä rehumassa peitetään huolellisesti ottokertojen välillä. Jäätynyt rehu tuodaan sulamaan välivarastoon. Esi-kuivatun rehun jäätymisalttius on huomattavasti pienempi kuin tuoreen säilörehun.

### 3.1. Irrotus

#### 3.1.1. Tornit ja salvosäilöt

Rehun irrotus on tehty näihin päiviin (1979) asti valtaosin käsityönä. Syötettävien rehumäärien kasvaessa rehun irrotus- ja siirtovälineitä on kehitelty helpottamaan raskasta rehunkäsittelyä (piirros 33). Käsien tapahtuvassa tornien ja salvosäilöjen tyhjennyksessä ovat työskentelyvälineinä olleet lantatalikot ja heinähangot. Elotalikko ja kourakko ovat käsityövälineinä soveliaampia kuin talikko ja hanko. Elo- talikon piikkien oikea muotoilu helpottaa niiden tunkeutumista rehuun. Lisäksi työskentelyasento voi olla pysty. Kourakkoa käytettäessä selkä ei rasitu, koska rehu kuoritaan irfi vetämällä kasan pintaa pitkin. Talikkoa käyttäen irrotusteho on 30 kg/min, kourakolla 45 kg/min.

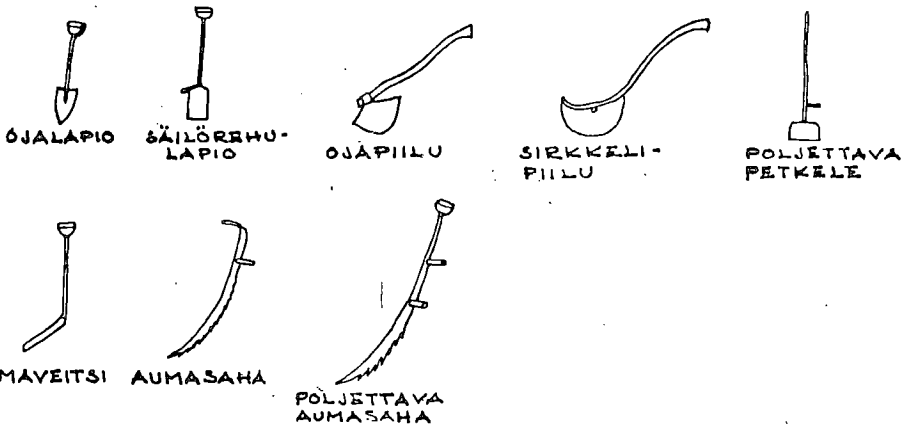
Muutaman vuoden markkinoilla ollut, sähkötaljalla varustettu tehotalikko (piirros 34), ei ole yleistynyt kovinkaan paljon. Syynä lienee kallis hinta ja koneen hieman epäonnistunut rakenne. Varsinkin tottumattomalle käyttäjälle laite on hankala käsitellä.

Niveltalikko on tehotalikon tyyppinen, sähkötaljalla varustettu, kipattava, kevyt talikko (piirros 34). Talikosta ei tarvitse pitää kiinni rehutaakkaa nostettaessa. Se voidaan kipata tornin tai salvon purkausaukon reunaa tukena käyttäen alhaalla olevaan kärryyn tai rehuvaunuun. Navetan yhteydessä olevissa, katetuissa laakasäilöissä niveltalikon talja voidaan asentaa katossa olevaa kiskoa pitkin liikkuvaan kelkkaan, jolloin rehu voidaan ilman välilastauksia siirtää suoraan ruokintapöydälle.

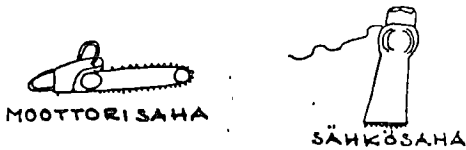
## REPIVIÄ



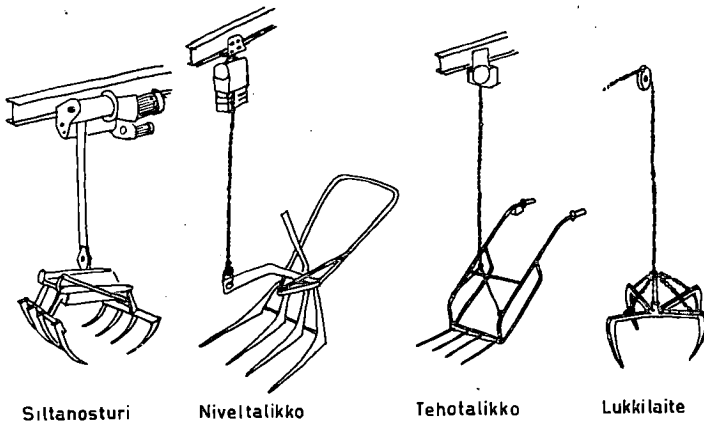
## LEIKKAAVIA



## MOOTTORIKÄYTTÖISIÄ, LEIKKAAVIA



Piirros 33. Käsikäyttöisiä säilörehun irroitus- ja paloit-  
telutyökaluja



Työntuotos rehun irro- tuksessa kg/min	130	60	60	65
---	-----	----	----	----

Piirros 34. Sähkökäyttöiset rehun irrotus- ja siirtolaitteet.

Muita torneissa ja salvosäilöissä käytettäviä irrotusvälineitä ovat rehulukki ja siltanosturi (piirros 34). Lukin piikit repivät ja kohottavat rehua. Se saattaa panna alulle rehumassan lämpenemisen. Lukin asentaminen torniin siten, että kuormat voidaan pudottaa suoraan tornin ulkopuolella olevaan rehuvaunuun, tuottaa hankaluuksia, ellei käytetä irrallista viistolavaa, joka ohjaa rehun ulos varastosta.

Siltanosturin hankkiminen ja käyttö pelkän säilörehun käsittelyyn on taloudellisesti perusteltavissa vasta suurissa karjoissa.

Torneissa käytettäviä, rehumassaa pinnalta jyrsviä tyhjentimiä ei maassamme ole toiminnassa montaakaan kappaletta. Yleistymisen esteinä lienevät hinta ja koneiden toiminnan epävarmuus. Jyrsvintä käytettäessä silpun on oltava lyhyttä, tasamittaista ja myös esikuivattua, ettei se jäädy talvella. Rehun tulee olla tornissa erittäin tasaisesti levitettyä ja tiiviiden joka kohdassa samanlaista, jotta jyrsvittävä pinta kuluu tasaisesti. Työntuotos jäi mittauksissa pieneksi; 50 kg/min, vaikka olosuhteet toiminnan onnistumisen kannalta

olivat hyvät.

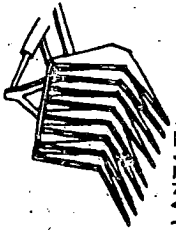
Salvosäilöjen tyhjennyksessä siltanosturi on usein ainoa mahdollisuus, koska säilöt ovat monasti maahan upotettuja. Siltanosturin ottamat rehutaakat pudotetaan yleensä suoraan rehuvaunuun, jolla kuormat viedään ruokintapöydälle.

### 3.12. Laakasäilöt ja aumat

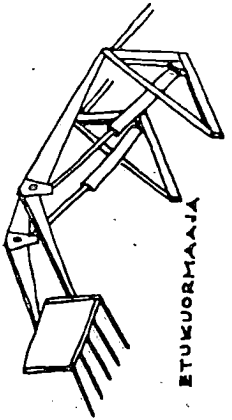
Laakasäilöjen ja aumojen tyhjennyksessä voidaan käyttää halpoja ja yksinkertaisia käsityövälineitä. Tutkimustiloilla oli käytössä mm. seuraavia välineitä: ojalapio, rehulapio, turvekuokka, turvepiilu, ojapiilu, aumaveitsi, aumasaha, poljettava aumasaha, petkel jne. (piirros 33). Rehumäärien ollessa pieniä tämäntyypiset ratkaisut ovat sopivimpia, joskin työ on raskasta. Kun rehu leikataan ensin hyvin irti, ei tallikotyö enää vaadi kovin paljon voimaa. Käytettäessä moottorisahaa rehun leikkaamiseen siitä poistetaan ketjun purukouru ja puruhampaita, jolloin se saadaan toimintavarmemmaksi. Moottorisahalla leikattu rehukappale voidaan irrottaa esim. traktorin etukuormaimella. Rehun ottaminen laakasäilöstä traktoriyökonetta käyttäen on helppoa mikäli laakasäilöt on asianmukaisesti rakennettu.

Traktorisovitteisia rehuleikkureita on markkinoilla useita (piirros 35). Traktorien taka- ja etukuormaimet pihteineen eivät aina riitä tuoreen, kelasilputun rehun irrotuksessa, vaan joudutaan käyttämään leikkaavia apuvälineitä. Repiminen aiheuttaa rehun lämpenemistä etenkin syksyllä. Lämpenemistä on vaikea pysäyttää. Tarkkuussilputtua, esikuivattua rehua voidaan leikkaamatta irrottaa myös taka- ja etukuormaimilla edellyttäen, että ne on varustettu sopivilla pihti- ja kouralaitteilla.

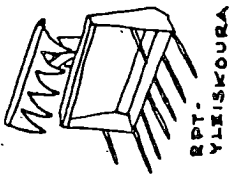
Runni-rehuleikkurin leikkaavana osana toimii hydraulisten sylintereiden avulla edestakaisin kierrettävä lieriö. Sen vaipan teroitettu alareuna viiltää edestakaisin liikkeessaan rehua. Painettaessa lieriötä toisen sylinterin avulla samalla alaspäin se leikkaa rehusta lieriömäisen kappaleen. Leikkuri on tavallisesti kiinnitettynä trukkirunkoon ja sen leikkukorkeus on mallista riippuen 2,5...3,0 m. Sama lieriöleikkuri



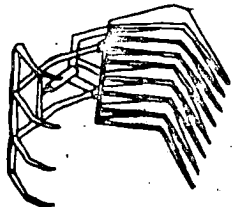
LANTATALIKKO



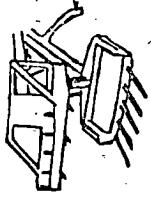
ETUKUORMAAJA



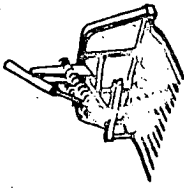
RPT-  
YLEISKOURA



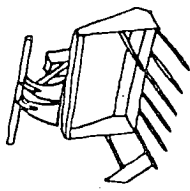
PATU - REHUPIHTI



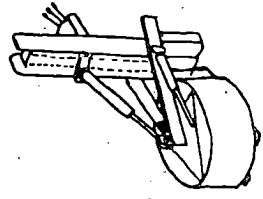
RYSKY - LEIKKURI



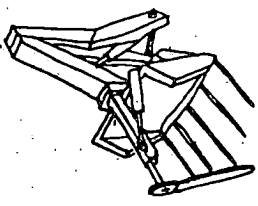
LAME - REHUPIHTI



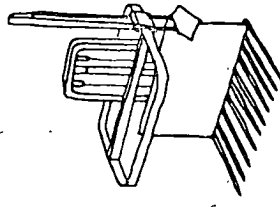
RPT - LEIKKURI



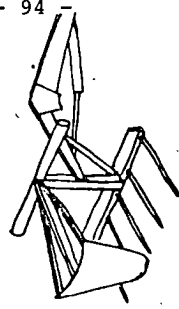
RUNNIN - REHU -  
LEIKKURI



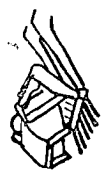
NORMET - REHU -  
LEIKKURI



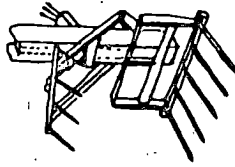
RÖMA - LEIKKURI



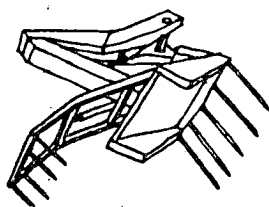
KOIVIKKO - LEIKKURI



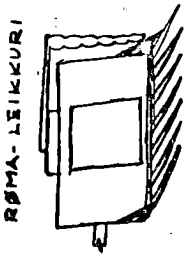
SOLID - LEIKKURI



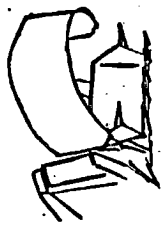
RUNNIN - REHU TALIKKO



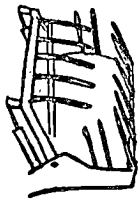
NORMET - PIHTI



KESLA - LEIKKURI



NORMET - LEIKKURI



VALTRA - KUORMAIN

Piirros 35. Traktorisovitteisiä säilörehun irrotuslaitteita.

ri voidaan kytkeä myös etukuormaimiin ja nostolaitteisiin. Nostolaitesovitteisen mallin leikkuukorkeus on 1,4 m. Työntuotokseksi mitattiin 130 kg/min.

Normet-leikkuri muistuttaa toiminnaltaan Runni-leikkuria. Normet-leikkurin leikkaava osa on halkaistu lieriö. Se on lisälaitte traktorin takakuormaimiin. Leikkuria käytetään nostolaitteiden vivustolla. Normet-leikkurin irrotusteho on samaa (130 kg/min) luokkaa kuin Runni-leikkurin. Aikaisemmassa Normet-leikkurissa rehukakku sahattiin irti (piirros 35). Kesla-leikkurissa on ylös-alas liikkuva terästerä, joka sahaa puoliliერიömäisen kappaleen irto rehumassasta. Koneen irrotusteho on 110 kg/min. Kone on pelkkä rehuleikkuri.

Rysky-leikkurissa on vaakatasossa liikkuvaan ketjuun kiinnitetty muutamia terälappuja, jotka sahaavat suorakaiteen muotoisen kappaleen. Työntuotos on n. 60 kg/min.

Solid-leikkuri on etukuormaimiin lisälaitteeksi asennettava, hydraulisella puristuksella toimiva ja terillä varustettu yläkoura, irrotusteholtaan 100 kg/min.

Viljelijöitten itsensä rakentamia koneita edustaa Koivikko-leikkuri. Leikkuri on koottu romuosista ja se on erittäin halpa. Ratkaisu on melko onnistunut. Työntuotos on jopa 150 kg/min.

Esikuivatun, tarkkuussilputun rehun irrottamiseen eivät leikkurit ole tarkoituksenmukaisia.

Etukuormaimilla päästään 150 kg/min työntuotokseen. Takakuormaimista RPT-yleiskouralla irtoaa rehua 150 kg/min ja LAME- ja Patu-pihdeillä n. 120 kg/min. RPT-kouralla saadaan leikkaavaa jälkeä, kun käytetään oikeaa irrotustekniikkaa. Hydraulikouran puristus yhdistettynä pariin kolmeen traktorin eteenpäin nytkäytykseen jättää leikkausrintuuden tiiviiksi ja lähes pystyksi. Patu- ja Lame-pihdit ovat repiviä, joiden yhteydessä on käytettävä leikkaavia käsityövälineitä kuten esim. aumasahaa, aumaveistä tms.

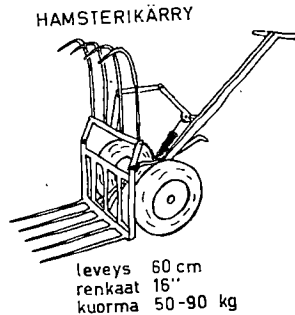


### 3.2. Siirto ja jako ruokintapöydälle

Rehu voidaan siirtää ruokintapöydälle joko kantamalla tai käyttämällä apuna erilaisia rehuvaunuja ja -kärryjä. Leveimmille pöydille rehu pystytään kuljettamaan traktorilla joko leikattuna kakkuna tai purkavassa monitoimiperävaunussa. Sähkökäyttöisiä jakeluvaunuja ja tasokuljetinruokintalaitteita on maassamme toistaiseksi (1979) vain muutamia.

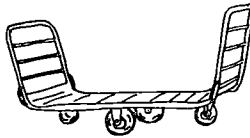
#### 3.2.1. Pystysäilöt

Työntökärry on yleisin rehunsiiirtoväline maassamme. Pienillä tiloilla sen teho (35 kg/min) on riittävä, mikäli kuljetusväylät ovat sellaiset, että kärry sopii niissä kääntymään. Vanhoihin navetoihin kapeille ruokintapöydille sopii pyörillä ja kääntyvällä yläkouralla varustettu työntötalikko. Rehutaakan painopiste on alhaalla ja laite liikkuu kevyesti.



Piirros 36. Työntötalikko, jolla työntuotos on 80 kg/min, talikkokantamisen 20 kg/min.

Salvosäilöistä ja isoista torneista rehu siirretään suoraan ruokintavaunuun ja koko rehuerä viedään yhdellä kerralla lehmille (piirros 37). Viljelijät ovat tehneet itse ruokintavaunujen rakentamisessa monta onnistunutta ratkaisua pienin kustannuksin.



putkirunko  
leveys 90 cm.  
renkaat 2x12"  
kuorma 500-700 kg

Piirros 37. Ruokintavaunu. Siirto- ja levitysteho 65 kg/min.

Vaikeina pakkastalvina rehu jäätyy torneissa, etenkin kiviainesseinäisissä. Tornin lämmittämiseksi ja rehun sulana pitämiseksi käytetään erillisiä sähkölämmittimiä tai navetta-ilmaa. Navetta-ilma on kuitenkin kosteaa, ja se kastelee ja kuuroittaa rehuvaraston. Elleivät tornin ja navetan väliset tilat ole painekyllästettyä puuta eikä tuuletusta ole järjestetty, seinät lahoavat pahimmassa tapauksessa jo viiden vuoden kuluessa. Rehun sulattaminen navettatiloissa on yleistä. Rehusta tullut kosteus ja haju tekevät helposti koko navettailman tunkkaiseksi. Rehun sulatustila pitäisi rakentaa erilliseksi.

### 3.22. Tasosäilöt

Tasosäilöistä rehu voidaan viedä traktorilla, rehuvaunulla tai kantaen joko suoraan tai erilaisten välivaiheiden kautta navettaan. Tehokkainta on siirto traktorilla suoraan ilman, että rehua siirron aikana kuormataan kuljetusvälineestä toiseen. Leikattuna kakkuna siirtäen työntuotos on n. 80 kg/min ja purkavalla perävaunulla 60...80 kg/min. Ruokintapöydän leveyden on oltava traktorin liikkeitä varten yli 3 metriä. Korkeille traktoreitten hyteille ovat ovet usein liian matalia ja lypsykoneen putket estävät ajamista.

Rehun otto aumoista on talvipakkasella vaikeaa. Siksi pitäisikin pyrkiä siihen, että kerralla otetaan useamman päivän tarve. Tämä vähentää käyntikertoja aumalla, ja rehukasa peitetään varmasti paremmin harvoilla kuin usein tapahtuvilla ottokerroilla. Useamman päivän erää otettaessa tarvitaan välivarastointi. Hyvin monet viljelijät peittävät ottamansa rehukasan heinillä ja paperisäkeillä rehulatoihin, joista

otetaan ruokintäerät tarpeen mukaan.

Yksi mahdollisuus suuremman rehuerän ottamiseksi on rehutunnelin käyttö. Leikatut, tiiviit rehukakut nostetaan pienipyöräisille rehulavoille. Navetan seinän läpi viety tunneli nostetaan ulkopuolelta ja puretaan navetassa. Pieni tunnelin pohjan kaltevuus helpottaa rehulavojen vierimistä navettaan. Tunnelin suulta rehulavat siirretään edelleen haarukkavaunulla ruokintapöydälle (piirros 38).

Haarukkavaunu  
ja rehulava



lava vaneria  
kuorma 400-500 kg

Piirros 38. Haarukka-vaunu-rehulavajärjestelmä.

Sähkökäyttöisen vaunun työn tuotos rehun jaossa ruokintapöydälle on 220 kg/min ja purkavan monitoimiperävaunun 140...150 kg/min. Nämä laitteet tulevat korkean hintansa vuoksi kyseen vain suurille karjoille. Säilörehun irrotuksessa ja käsittelyssä tehoa merkittävämpiä ovat laitteen kestoikä, toiminnallisuus, hinta ja työn keventäminen.

### 3.3. Rehun käsittelyn ergonomia

Karjataloustyön raskauteen ja töiden tarkoituksenmukaiseen järjestelyyn on 1970-luvulla alettu kiinnittää erityistä huomiota. Säilörehun käsittelyyn liittyvät työt on todettu eräiksi raskaimmista karjanhoitoon liittyvistä töistä mm. siksi, että eläimille annettavat säilörehunmäärät ovat kaksinkertaistuneet viiden viimeisen vuoden aikana. SRTT-projektin yhtenä tarkoituksena oli saada selville ergonomisesti oikeat säilörehun irrotus- ja siirtomenetelmät varastosta ruokintapöydälle ottamalla samalla huomioon pienehköt karjamme ja kustannukset yksikköä kohden.

Rehun käsittelyn ruumiillista rasittavuutta on tutkittu sisäruokintakaudella. Työn rasittavuuden (fyysisen kuormittavuuden) mittana on käytetty työntekijän työnaikaista sydämen lyöntinopeutta.

Tutkimuksen kohteena kevättalvella 1977 on ollut noin 40 tilaa, joista suunnilleen puolet on alle 15 n:n, puolet yli 15 n:n karjatiloja. Työntekijänä on ollut kaikissa tutkimuksissa tapauksissa sama henkilö. Tulosten käsittelyä varten tutkimusaineisto on ryhmitelty säilörehun varastotyyppin, irrotus- ja siirtomenetelmän sekä tilan karjakuon perusteella kymmeneksi tyyppiratkaisuksi. Jako on melko karkea koneellisten menetelmien osalta; esimerkiksi kaikki traktorisoitteiset leikkurit ja repivät rehukourat on yhdistetty samaan ryhmään. Käsitelymenetelmiä on käsitelty yksityiskohtaisemmin.

Piirroksissa 39 ja 40 on esitetty eri tyyppiratkaisuissa rehun irrotukseen ja pudotukseen, siirtoon ja ruokintapöydällä levitykseen keskimäärin kulunut aika ja ajan suhteellinen jakautuminen työntekijän sydämen lyöntinopeuden perusteella raskaaseen, kevyeseen, jne. työhön.

Piirroksessa 41 on esitetty koko rehun käsittelytyöhön ruokintakerralla kuluneen ajan suhteellinen jakautuminen huomattavan raskaaseen, raskaaseen, kohtalaisen raskaaseen ja kevyeseen työhön.

Eri rehunkäsittelyratkaisujen keskinäiseksi vertaamiseksi työn rasittavuuden suhteen on vertailuperusteeksi otettu raskaan ja huomattavan raskaan työn ajallinen kesto suhteessa käsiteltyyn rehumäärään.

#### Rehun irrotus

Tutkimuksen perusteella raskain rehusäilöjen tyhjennystavoista irrotettuun rehumäärään nähden on ollut talikolla tornista irrotus ja luukusta ulosheitto (piirros 39, pylväikkö III 2). Tässä on otettava huomioon, että mittaukset on suoritettu keväällä, jolloin rehusäilöt ovat olleet lähes tyhjillään. Rehu on jouduttu heittämään ulos säilöistä ylöspäin, mikä on suuresti lisännyt purkaustyön rasittavuutta ja on myös selkää kuluttavaa työtä. Seuraavaksi raskainta rehun irrotus on ollut lastauskourulla eli pokaralla (piirros 39, pylväikkö I 2). Kumara työasento on ollut tämän menetelmän lisähaittana.

Työntekijää keskimäärin vähiten ruumiillisesti rasittavaa käsiteltyyn rehumäärään nähden on ollut rehun irrotus traktorisoitteisilla leikkureilla tai -rehukourilla laakasäilöstä tai aumasta (piirros 40, pylväikkö X 2) ja siltanosturilla tornista (piirros 40, pylväikkö IX 2).

Seuraavaksi vähiten sykintää kohottavaa tehoon nähden on ollut rehun irrottaminen tornista rehutalikolla (niveltalikko, tehotalikko) (piirros 40, pylväikkö VIII 2). Näiden laitteiden etuna edellisiin nähden on kohtuullinen hinta. Ne voidaan asentaa suhteellisen helposti vanhoihinkin eläintiloihin.

#### Rehun siirto

Rehun siirtäminen rehuvarastosta ruokintaan on ollut kevyintä traktorilla ja tehoon nähden raskainta muovisaaveilla tai sylissä kantaen. Toiseksi raskainta rehun siirtäminen on ollut aumalta käsikärryillä tai työntökärryillä työntämällä. Tutkituissa tapauksissa aumat sijaitsivat keskimäärin 35 m:n päässä navetasta. On kuitenkin huomattava, että vaikka kärryjen työntäminen on ollut raskasta työtä, se ei kuitenkaan rasita ja kuluta selkää siinä määrin kuin esimerkiksi taakkojen nostaminen ja kantaminen. Työntämisessä voidaan nimittäin käyttää hyväksi raajojen pitkien ojentajalihasten voimaa.

Piirroksat 39 ja 40

Säilörehun irrotuksen, siirron ja ruokintapöydälle levityksen fyysinen kuormittavuus ratkaisuihin I-V ja VI-X. Kuormituksen ilmaisijana työntekijän sydämen sykintätaajuus. Pylväät kuvaavat eri työnvaiheisiin keskimäärin kulunutta aikaa ja ajan suhteellista jakautumista eri kuormittavuusluokkiin.

Selitykset:

I. Torni, rehun irrotus pokaralla, siirto saaveilla, levitys talikolla (1 tila, 13,5 ny).

II. Torni, rehu talikolla luukusta suoraan ruokintapöydälle, levitys talikolla (3 tilaa, keskim. 11 ny).

III. Torni, irrotus talikolla, siirto käsirattailla, levitys talikolla (4 tilaa, keskim. 13 ny).

IV. Upotettu laakasäilö, rehun irrotus lapiolla, kuokalla tai talikolla, heitto ylös työntökärryille tai suoraan ruokintapöydälle, levitys talikolla (4 tilaa, keskim. 9,6 ny).

V. Normaali kaltevapohjainen laakasäilö navetan yhteydessä, irrotus lapiolla tai talikolla, siirto työntökärryillä, levitys talikolla (3 tilaa, alle 15 ny).

VI. Auma, irrotus lapiolla tai petkeleellä, siirto työntökärryillä, levitys talikolla (siirtomatka keskim. 35 m) (2 tilaa, keskim. 11,5 ny).

VII. Auma tai laakasäilö, irrotus lapiolla tms., nosto talikolla traktorin kärryille, ajo navettaan (siirtomatka keskim. 35 m), traktorin kärryiltä työntökärryille, levitys talikolla (5 tilaa, alle 15 ny).

VIII. Torni, irrotus rehutalikolla (niveletalikko, tehotalikko tai lukki), siirto työntökärryillä, levitys talikolla (6 tilaa, keskim. 24 ny).

IX. Torni, irrotus siltanosturilla, siirto työntökärryillä, levitys talikolla (2 tilaa, keskim. 33 ny).

X. Laakasäilö tai auma, traktorisovitteinen leikkuri tai re-  
pivä irrotuslaite (Normet- tai Runni-leikkuri, RPT-yleiskoura),  
ajo suoraan ruokintapöydälle, levitys talikolla (8 tilaa,  
keskim. 33 ny).

1 = valmistelu (esim. meno torniin)





2 = rehun irrotus ja pudotus

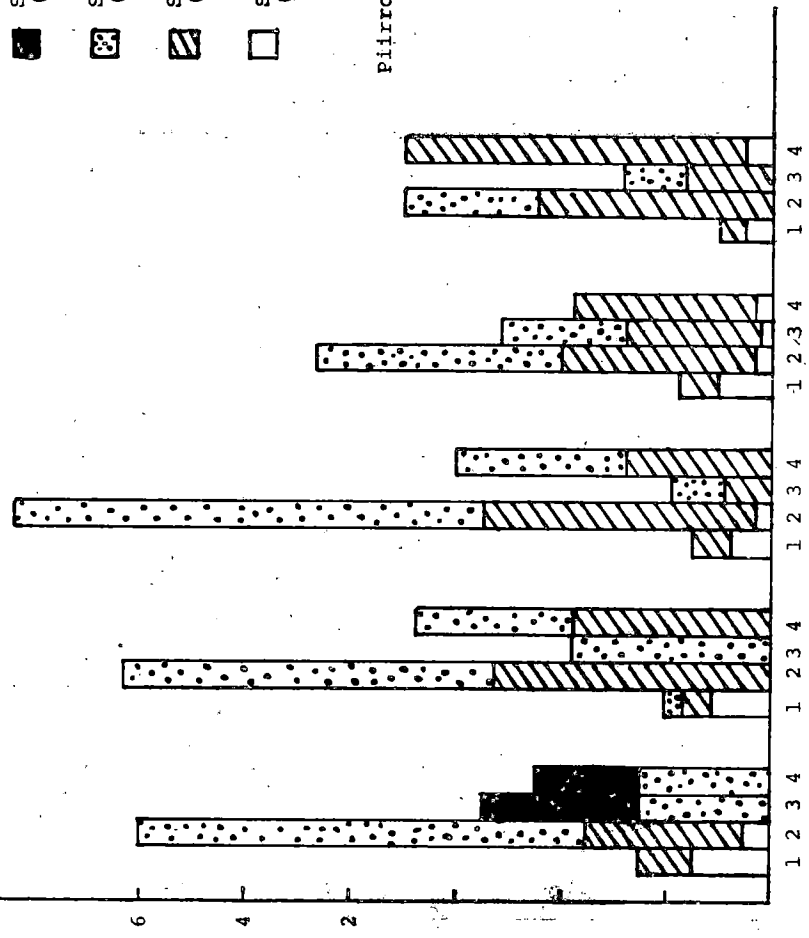
3 = rehun siirto ruokintapöydälle tai sen päähän

4 = rehun levitys eläinten eteen

Keskim.  
aika  
min  
8

I II III IV V

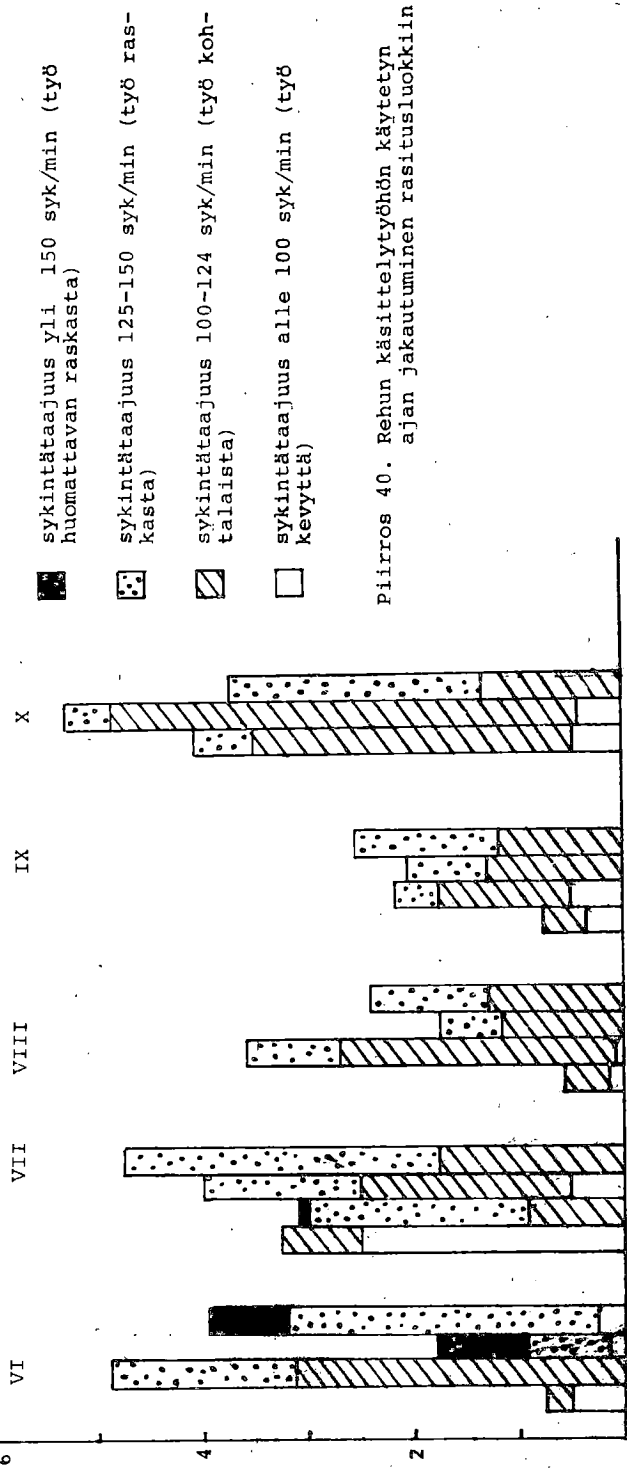
-  Sykintätaajuus yli 150 syk/min  
(työ huomattavan raskasta)
-  Sykintätaajuus 125-150 syk/min  
(työ raskasta)
-  Sykintätaajuus 100-124 syk/min  
(työ kohtalaista)
-  Sykintätaajuus alle 100 syk/min  
(työ kevyttä)



Piirros 39. Rehun käsittelytyöhön käytetyn ajan jakautuminen rasitusluokkiin



Keskim.  
aika  
min



Piirros 40. Rehun käsittelytyöhön käytetyn ajan jakautuminen rasitusluokkiin

### Koko työketju

Koko rehunkäsittelytyö on sydämen sykinnän perusteella mitattuna ollut keskimäärin raskainta tehoon nähden ratkaisuisissa VI ja VII (irrotus aumasta lapiolla, kuokalla tms. - siirto työntökärryillä navettaan tai traktorivaunuilla navetan eteen, josta edelleen työntökärryille ja navettaan - levitys talikolla (ks. piirros 41)). Näissä ratkaisuisissa raskaan kuljetusvaiheen lisäksi oli myös rehun levitys eläinten eteen ollut raskasta, koska kärryt eivät mahtuneet ruokintapöydälle, vaan rehu oli levitettäessä haettava talikolla pöydän päästä.

Vähiten raskasta on tehoon nähden koko rehun käsittelytyö ollut ratkaisussa X (irrotus ja siirto suoraan ruokintapöydälle traktorisovitteisella leikkurilla - levitys talikolla). Seuraavaksi vähiten raskasta on työ ollut torni-siltanosturivaunut/kärryt-ratkaisussa (ks. piirros 41, pylväät X, IX ja VIII).

Vaikka viimeksimainituissa tapauksissa rehun irrotus (ja siirto) on ollut tehokkaasti koneellistettu, rehun levitys eläinten eteen on tapahtunut edelleen kokonaan käsityönä. Suurien rehumäärien levittäminen on yhä raskasta työtä siitäkin huolimatta, että rehu on kuljetettu ruokintapöydälle asti.

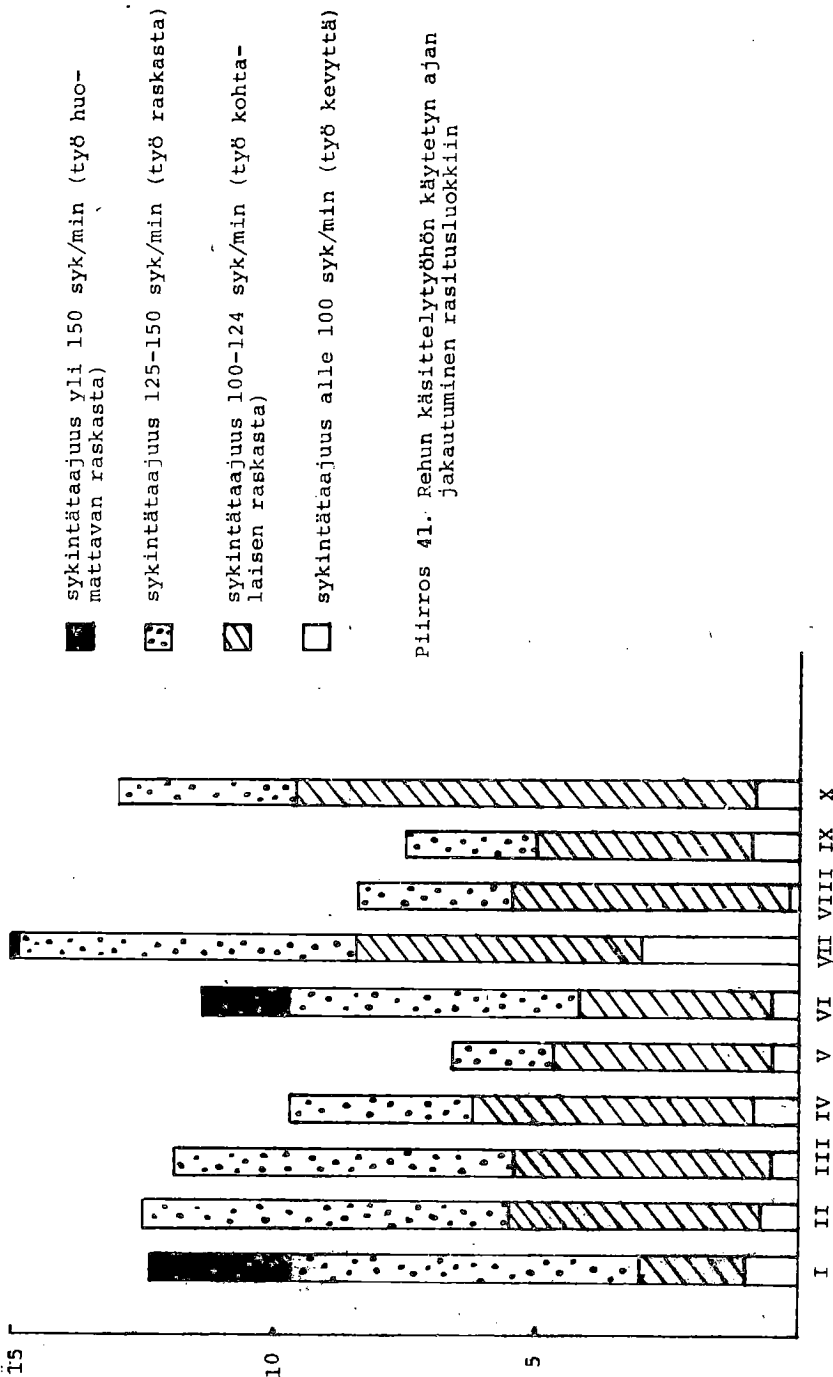
### Raskaimmat työvaiheet

Sydämen lyöntinopeuden perusteella mitattuna osoittautuivat säilörehun käsittelyssä kaikkein raskaimmiksi osatöiksi seuraavat siirtotyöt: rehun kantaminen astioilla tai sylissä säilöstä ruokintapöydälle ja täysien kärryjen työntäminen ulkona lievästikin epätasaisessa maastossa. Vaikka tutkimuksessa työntekijänä oli nuori, erittäin hyväkuntoinen mies, kohosi hänen sydämensä lyöntinopeus näissä töissä lukemille, jotka ylittivät työn kuormittavuudesta säädettyt normit. On huomattava, että vanhempaa tai muuten heikompikuntoista henkilöä samat työt rasittavat suhteellisesti paljon enemmän.

Huomattavan korkeita sydämen lyöntinopeuden lukemia esiintyi lisäksi seuraavissa osatöissä:

- revittäessä talikolla rehua upotetusta tornista ja heitetäessä ulos ylöspäin

Keskim.  
aika  
min.



Piirros 41. Rehun käsittelytyöhön käytetyn ajan jakautuminen rasitusluokkiin

- leikattaessa upotetusta laakasäilöstä rehua lapiolla, kuokalla tms. ja heitettäessä rehupalat talikolla säilöstä ylöspäin
- leikattaessa aumasta rehua lapiolla, petkeleellä tms. ja nostettaessa rehupalat talikolla työntö- tai traktorikärkyille
- työnnettäessä täysiä rehukärryjä navetassa yli kynnyksen
- levitettäessä rehua ruokintapöydän päähän jätetyistä kärryistä
- levitettäessä yli 200 kg rehua )siirtomenetelmästä riippumatta).

Mainittuihin töihin kuluu aikaa kuitenkin vain muutama minuutti ruokintakertaa kohti. Tästä syystä verisuonistoon kohdistuva rasitus ei ole sitä luokkaa, että siitä olisi terveelle ihmiselle haitallisia vaikutuksia.

Sydämen lyöntinopeutta mittaamalla voidaan siis tutkia työntekijän verisuoniston kuormittumista työssä. Tällaiset mittaukset eivät kuitenkaan anna kuvaa työntekijöiden tuki- ja liikuntaelimistön kuormituksesta. Esimerkiksi selkävikojen syntymisriskiä ei näillä mittauksilla voida selvittää.

Säilörehun purkaus käsityönä tehtynä kuormittaa nimenomaan tuki- ja liikuntaelimistöä. Tästä on osoituksena tuki- ja liikuntaelimistön vaivojen runsas esiintyminen karjanhoitoa harjoittavilla henkilöillä.

#### Työasennot säilörehun irrotuksessa säilöstä

Tilakäyntien aikana kevättalvella 1977 haastateltiin isäntäväkeä mm. tuki- ja liikuntaelimistön kunnosta. Eriasteisia selkävaivoja esiintyi runsaasti. Siksi päätettiin tehdä työasentotutkimus säilörehun käsittelyn raskaimmasta työnvaiheesta, säilöstä irrotuksesta. Kevättalvella 1978 käytiin noin 40 tilalla eri puolilla Suomea keräämässä tutkimusaineistoa. Säilörehun käsittelyn työketjut tallennettiin TV-kameran avulla videofilmeille. Filmiltä työasennot analysoitiin ns. OWAS- eli työasentojen havainnoimismenetelmää käyttäen.

OWAS-menetelmä on kehitetty työperäisten tuki- ja liikuntaelimistön haittatekijöiden kartoittamiseen itse työssä. Jär-

jestelmä sisältää standardisoituja asentoja eli tyyppityö-asentoja ja niiden luokittelun haitallisuusasteen perusteella neljään toimenpideluokkaan.

Toimenpideluokka 1:n asennot ovat tavanomaisia eivätkä edellytä ryhtymistä toimenpiteisiin. Toimenpideluokka 2:n työasunnoilla on merkityksellinen vaikutus rasitukseen ja tuki- ja liikuntaelinten kulumiseen. Asentoihin pitäisi vaikuttaa lähitulevaisuudessa. Toimenpideluokka 3:en kuuluvilla asunnoilla on erittäin merkityksellinen vaikutus rasitukseen ja tuki- ja liikuntaelinten kulumiseen. Asentoihin olisi puututtava ensi tilassa. Toimenpideluokka 4:n asento on sellainen, että sillä on voimakkaasti merkittäviä vaikutuksia tuki- ja liikuntaelinten rasitukseen ja kulumiseen. Työasento tuntuu kivuliaalta ja aiheuttaa kehollisen väsymyksen jo lyhyen ajan jälkeen. Työasennon muutos olisi löydettävä välittömästi.

Työasentokokonaisuus muodostuu selän, yläraajojen, alaraajojen ja pään yhteisestä asennosta. Asennon rasittavuuteen vaikuttaa luonnollisesti myös se kuorma tai voimantarve, joka työssä asennon yhteydessä on.

Koska rehun purkaus pahimmillaankin vie vain noin tunnin päivästä, erilaisten rehun käsittelymenetelmien rasittavuuden ja kuluttavuuden mittapuuna on käytetty vain toimenpideluokka 4:n asentojen esiintymisprosenttia työnvaiheen kestosta.

#### Käsityövälineillä runsaasti kuormittavia työasentoja

Rehun purkauksella tarkoitetaan tässä irrotusta ja säilöstä ulos heittoa. Purku käsityövälinein tornisäilöstä on sisältänyt keskimäärin 21,3 % purkuvaiheen kestosta sellaisia työasentoja, joilla on merkittäviä vaikutuksia tuki- ja liikuntaelinten rasitukseen ja kulumiseen. Torni-käsinpurkaustiloja on tutkimuksessa ollut mukana 10. Tilojen keskimääräinen karjakoko on ollut 21 ny.

Purku käsityövälinein laakasäilöstä on sisältänyt kuluttavia asentoja 11,2 % ja aumoista 18,6 (taulukko 9). Laakasäilökäsinirrotus-tiloja on tutkimuksessa ollut mukana 6. Tilojen keskimääräinen karjakoko on ollut 15 ny. Auma - käsinpurku-tiloja on ollut 2, karjakoko keskimäärin 9 ny.

Taulukko 9. Tuki- ja liikuntaelimistölle merkittävästi haitallisten työasentojen osuus työn kestosta eri menetelmin rehua purettaessa. Havainnot tehty 0,5 min. välein purkutyön aikana.

Rehusäilö	Säilörehun purkausväline tai -laite	Tilojen lukumäärä	Havaintojen lukumäärä	% haitallisia työasentoja
Torni	talikko/lapio	10	232	21,3
	niveltalikko	3	36	0
	tehotalikko	4	56	3,1
	lukki+talikko	1	40	20
	niskanosturi	2	19	0
Laakasäilö tai	talikko/lapio	6	166	11,2
	moottorisaha+ talikko	2	53	37
salvosäilö	(upotettu laaka-säilö)			
	traktorisoitteinen leikkuri	5	75	0
	traktorisoitteinen pihti	1	13	0
	traktorisoitteinen etukuorma	2	20	0
Auma	talikko/lapio	2	36	18,6
	moottorisaha+traktorisoitteinen pihti	1	26	7,7
	moottorisaha+talikko	1	27	11,1

Rehun purkuun torneista käytetyistä käsityövälineistä on kourakko eli pirunkoura osoittautunut käyttäjälleen terveellisimmäksi välineeksi; toimenpideluokka 4:n työasentoja ei kourakolla purettaessa esiintynyt lainkaan. Tornien poistoluukku on kourakoilla ollut keskimäärin puolen metrin korkeudella rehun pinnasta. Raskasta rehua ei ole tarvinnut nostella, vaan rehu on voitu kourakolla vetää myös ulos tornista.

Rehua talikolla tornista purettaessa terveydelle vaarallisia työasentoja on ollut 23 % purkuun kuluneesta ajasta. Tornien poistoluukun korkeus rehun pinnasta on ollut keskimäärin 60 cm (vaihtelu 20-210 cm). Selkää kuluttavinta on ollut jäätyneen rehun purkaus tornista lapiolla hakaten ja talikolla irrottaen, jolloin rehun purkuajasta kolmannes on ollut toimenpideluokka 4:n asentoja ja yhteensä 60 % tukirankaa kuluttaviksi katsottavia asentoja (piirros 42).

Rehun purku käsivoimin kokonaan maan pinnalla olevasta laakasäilöstä tai aumasta on sujunut työntekijää vähiten rasittavasti lapiolla leikkaamalla ja talikolla irrottamalla. Purku samoilla välineillä keskimäärin 115 cm maahan upotetusta, ruokintapöydän vieressä sijaitsevasta salvosäilöstä on sen sijaan osoittautunut huomattavan kuluttavaksi työksi (piirros 42).

Rehun paloitteluun laakasäilössä tai aumassa on käytetty ojapiota, kuokkaa ja rehulapiota (Runnin tai Alfa-Lavalin lappio). Näistä on rehulappio osoittautunut työskentelyasennon suhteen parhaaksi (piirros 43).

Moottorisahalla rehua paloiteltaessa on selän asento ollut huono, mutta koska altistusaika on lyhyt, ei sillä käytännössä ole merkitystä. Sen sijaan moottorisahan poistokaasut saattavat umpinaisessa säilössä olla todellinen terveysvaara.

Käsityövälineitä arvosteltaessa on parhaistakin välineistä käytetty ilmaisua "vähiten kuluttava" tai "vähiten rasittava" siksi, että purettaessa rehua millä tahansa käsityövälineellä työhön sisältyy enemmän tai vähemmän "mustan listan" (toimenpideluokkien 3 ja 4) asentoja.

## HAITALLISTEN TYÖASENTOJEN %-OSUUS PURKUTYÖN KESTOSTA

HAV.  
LUKUM.

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

TORNISÄILÖT

TALIKKO

167

LAPIO+ TALIKKO (jähnen rehi)

34

KOURAKKO

27

LUKKI + TALIKKO

40

TEHTALIKKO

56

NIVELTALIKKO

36

KESKAKUSTURI

19

TASOSÄILÖT

LAPIO + TALIKKO

58

LAPIO + TALIKKO (upotettu säilö)

64

KUKKA + TALIKKO

51

KÖÖTTÖRISAHAN + TALIKKO

37

TRAKTORISIVITTEINEN LEIKKURI  
-PIHTI, -ETUKUORMAIN

100

1) Havainnot on tehty 0,5 min välein purkutyon aikana (tasosäilö = laakasäilö, salvosäilö tai auma)

■ = TOIMENPIDELUOKKA 4:N ASENTOJA (TERVEYDELINEN HAITTA ERITTÄIN MERKITTÄVÄ)

□ = -"- = -"-

3:N -"-

(TERVEYDELINEN HAITTA MERKITTÄVÄ)



**REHUN PALCITTELUVALINE** Työnme-  
nekki  
min/100 kg

**HAITALLISTEN TYÖASENTOJEN %-OSIUS REHUN PALCITTELUUN KESTOSTA**

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Ojalapio

3,70

Rehulapio

3,85-  
5,26


Kuokka tai pertuska


-

Rehusaha

3,57

Moottorisaha

 = toimenpideluokka 4:n työasentoja (asentojen terveydellinen haitta erittäin merkittävä)

 = toimenpideluokka 3:n työasentoja (asentojen terveydellinen haitta merkittävä)

### Koneilla helpotusta, mutta haittojakin on

Rehun irrotus tornisäilöstä niveltalikolla ja tehotalikolla on sujunut selkää pahemmin rasittamatta. Niveltalikkaa käytettäessä kuluttavimpia asentoja ei ole esiintynyt lainkaan ja tehotalikollakin vain 3 % irrotusajasta. Niveltalikon pienenä ergonomisena epäkohtana voidaan kuitenkin pitää säätönappien sijoitusta erilliseen ohjauskoteloon. Tehotalikossa säätönappit ovat mukavasti ohjaustangossa.

Niskanosturi on työasentojen ja työn keveyden suhteen ollut ehdoton ykkönen, mikäli sen asennuksessa on käytetty tervettä järkeä. Huonona esimerkkinä voidaan mainita tila, jossa isäntä sääteli nosturiaan 8 m:n korkeudessa tornin reunaan tuettujen lankkujen päällä maaten. Tapaus on tyyppiesimerkki siitä, miten itsessään erittäin ergonominen laite on asennettu siten, että tulos on kaikkea muuta kuin ergonominen.

Lukkilaitteen käyttö rehun irrotukseen on vaatinut edellisiä laitteita enemmän jalkavoimaa ja selän kumartamista piikkien saamiseksi tukevasti rehuun. Lukilla rehuutaakkaa ei yleensä myöskään voida työntää suoraan ulos tornista, vaan rehu on heitettävä talikolla ulos. Rehun irrotus ja siirto tasosäilöstä traktoriin liitettyllä leikkurilla, pihdillä tai etukuormaimella ei tämän tutkimuksen perusteella ole sisältänyt työasentoja, joilla olisi merkittäviä vaikutuksia tuki- ja liikuntaelimistön kulumiseen.

Työasento on kuitenkin ollut huomattavan epämukava - selkä ja kaula lähes 180° kiertyneenä - leikattaessa rehua traktorin perään kiinnitettävillä laitteilla, esim. Runnin leikkurilla. Normetin uudessa leikkurissa leikkurin vivut sijaitsevat kuljettajan oikealla puolella, joten selän kiertyminen on vähäisempää. Paras työskentelyasento saavutetaan kuitenkin, kun rehu irrotetaan etukuormaimella.

### Selkä rasittuu rehun purkutyössä

Säilörehun käsittelyssä selkää pahiten kuluttaviksi töiksi ovat osoittautuneet rehun kiskominen talikolla, hangolla tms. irti rehumassasta ja heitto ylöspäin, säilöstä ulos tai

kärryille. Kun rehua on talikoitu 0,5-1,0 metrin korkeudelle, selkä on 60 % ajasta ollut kumarassa, 10 % kiertyneenä ja 15 % kumarassa ja kiertyneenä. Nostettaessa rehua yli metrin korkeuteen (säilöstä ulos tai traktorin kärryille) selkä on 33 % ajasta ollut kumarassa, 20 % kiertyneenä ja 20 % kumarassa ja kiertyneenä.

Selän ollessa kumarassa nikaman välilevyn paine suurenee ja jakautuu epätasaisesti. Taakkoja nostettaessa paine voi nousta jopa  $1000 \text{ kN/cm}^2$ :in (kp). Jo  $600-700 \text{ kN/cm}^2$ :n (kp) paine saattaa aiheuttaa välilevyrappeumaa, joka ilmenee eriasteisina selkävaivoina.

Kun selkä on kiertyneenä, nikaman välilevystä ja kahdesta pikkunivelestä muodostuva "kolmen pisteen tuki" menetetään, ja selkärangan tukevuus häviää. Runsas kuormitus pikkuniveliä äärialueilla aiheuttaa nopeasti erilaisia rappeutumisilmiöitä. Tästä syystä voimaa vaativia ponnistuksia ei saisi tehdä, kun keho on kiertyneenä tai asentoa muutetaan.

Oikea nostotapa on selän kunnon kannalta ensiarvoisen tärkeä. Taakkojen siirtämiseen tarvittava voima pitää kehittää säärien ja reisien suurilla, vahvoilla lihaksilla kyyryasennosta noustun ennemmin kuin selän ja käsivarsien lihaksilla.

#### 4. Johtopäätökset ja suositukset

Teknisten selvitysten perusteella voidaan todeta, että kela-silppurilla korjuuseen perustuvaa tuoresäilörehun valmistusmenetelmää oikein käyttäen saadaan pääosalle nykyisistä karjatalouksistamme riittävät määrät hyvää säilörehua tehokkaasti ja vähäisin tappioin. Karjakokomme hitaan suurenemisen takia menetelmä säilyttää paikkansa ensisijaisena säilöntämuotona vielä pitkään.

Esikuvivatun säilörehun merkitys on meillä toistaiseksi vähäinen. Sillä on kiistämättömiä etuja suuria rehumääriä valmistettaessa ja se myös soveltuu oloihimme. Voidaan pitää melko varmana, että sen käyttö lisääntyy tilakohtaisten säilörehumäärien ja karjakojojen kasvaessa. Se soveltuu suurehkoille maidon ja/tai lihan tuottajille varsinkin niillä alueilla, joilla voimaperäiseen nurmiviljelyyn perustuva karjatalous on lähes ainoa maatalouden harjoittamisen vaihtoehto.

Säilörehun valmistuksen työketjujen kokonaistyöntuotokset jäävät selvityksen mukaan meillä usein hyvin alhaisiksi. Valmistusolot saattavat luonnollisesti olla voimakas työntuotoksia alentava tekijä: pienet ja muodoltaan epämääräiset peltokuviot, avo-ojat, kivisyys, pellon pinnan epätasaisuus, rinteet, huonot tiet ja sillat jne. vaikuttavat työntuotokseen alentavasti. Osaan kyseisistä tekijöistä viljelijä ei voi vaikuttaa, mutta esimerkiksi salaojittamalla ja tasaamalla pellot sekä parantamalla teiden kuntoa hän voi huomattavasti parantaa työntuotosta.

Koneiden vajaakäyttö alentaa sekä kyseisen koneen että koko työketjun työntuotosta. Tämä voi johtua siitä, että on valittu sopimaton kone tai siitä, että konetta ei osata käyttää. Useimmiten lienee kuitenkin kysymys epäonnistuneesta työn suunnittelusta ja järjestelystä tai niiden laiminlyömisestä. Ei ole tiedostettu sitä, että säilörehun teko on eri vaiheiden kautta tapahtuvaa massojen siirtämistä, jonka tehokkuus edellyttää koko työketjun eri vaiheiden toimintojen joustavaa ja kitkatonta toisiinsa kytkemistä ja niiden työntuotosten oikeaa suhteuttamista.

Säilörehun valmistuksen työntuotoksen alhaisuuden lisäksi jää koneiden käyttöaste monella pienellä tilalla alhaiseksi. Säilörehumäärät ovat tällöin niin vähäisiä, että pienillekään korjuukoneille ei tule riittävästi käyttöä. Koneiden monitilakäyttö olisi tällöin oikea ratkaisu, mutta monista syistä - niin todellisista kuin kuvitelluistakin - viljelijät pyrkivät hankkimaan omat koneet ja tekemään rehun omin voimin. Näin siitä huolimatta, että naapurin kanssa yhdessä tehden voitaisiin suurentaa rehun teon työntuotosta ja vähentää työketjun pullonkauloja molemmilla tiloilla.

Tulevina vuosina teknisen tiedon ja taidon merkitys yhä korostuu. Karjojen luku pienenee ja niiden koko suurenee. Väkilannoitteiden hinnat nousevat energian hinnan nousun myötä. Niitä käytetään vähemmän, mistä on seurauksena pienemmät sadot. Sama rehumäärä on silloin korjattava isommalta alalta. Tällöin on tekniikan oltava entistä tehokkaampaa. Hävikkien vähentäminen on entistä tärkeämpää. Uudet tai uudelleen käyttöön otetut rehu- kasvit, kuten esimerkiksi apila, asettavat entistä suuremmat vaatimukset tekniikan hallitsemiselle.

Varastoinnin tekniikkaa silmällä pitäen on laakasäilö osoittautunut edullisimmaksi. Sen suurimpia etuja on sen täyttöön ja tyhjennykseen sovellettava yksinkertainen tekniikka. Selvityksen valossa näyttää kuitenkin siltä, että laakasäilön täyttötekniikkaa ei meillä vielä osata. Yleensäkin ei nopean ja huolellisen säilön täytön täyttä merkitystä rehun laadulle aina ymmärretä. Esikuivattua rehua valmistettaessa on oikean tekniikan hallitseminen vielä tärkeämpää. Rehun tiivistämisen, ilman poistamisen ja mahdollisimman ilmatiiviissä tilassa säilömisen merkitys kasvaa tulevaisuudessa, jolloin esimerkiksi nykyisten säilöntäaineiden hintojen nousu saattaa pakottaa etsimään uusia säilöntäaineita ja -tapoja. Tällä saattaa myös olla vaikutusta säilöjen rakenteeseen.

Rehun irrottaminen siilosta ja sen siirto edelleen ruokintapöydälle olisi pyrittävä ratkaisemaan niin selväpiirteisien menetelmien kuin mahdollista. Tasosäilöistä rehun irrottaminen traktori-käyttöisillä laitteilla käy jo tyydyttävästi. Pystysäilöistä

rehun irrottaminen nosturi-kahmaimella on myös tehokasta. Lie-riömäisten tornisäilöjen tyhjentimet ovat tähän mennessä osoit-tautuneet toiminnaltaan epävarmoiksi. Tällä hetkellä automatiin-kan soveltaminen rehun irrottamiseen ja edelleen ruokintapöydäl-le siirtoon ei ole järkevää. Se edellyttäisi lähinnä alta tyh-jennettäviä ilmatiiviitä silloja, joiden käytölle ei oloissamme ainakaan tällä hetkellä ole riittäviä teknisiä ja taloudellisia edellytyksiä. Ilmatiiviin tornisiilon rehun laatu ei ole laaka-säilön rehun laatua niin paljon parempi, että kustannusero peit-tyisi.

Säilössä syntyvien hävikkien kannalta olisi tärkeätä, että mah-dollisimman pieni osa rehusta olisi mahdollisimman lyhyen aikaa ilman vaikutuksille alttiina. Mitä pienemmät rehumäärät ovat kysymyksessä, sitä vaikeampi tähän on päästä. Tässä mielessä säilöjen rakenteissa ja rehua irrottavissa laitteissa samoin-kuin irrottamistekniikassa olisi vielä kehittämisen varaa. Sama koskee myös rehun käsittelyn ergonomiaa. Olisi pyrittävä löytä-mään selväpiirteiset, työntekijää mahdollisimman vähän rasitta-vat menetelmät. Säilörehumäärien kasvaessa ja yhä harvempien työntekijöiden hoitaessa rehun käsittelyn sekä valmistus- että ruokintavaiheessa ei enää ole varaa työntekijää kohtuuttomasti rasittavaan käsityöhön.

5. Julkaisut ja lähdekirjallisuus

5.1. Julkaisut

ETTALA, E., HELMINEN, J. & al., Säilörehun valmistuksen ja käsittelyn tekniikkaa ja taloutta. Helsinki 1978. SRTT-projektiryhmän tutkimusten yhteenveto. Eripainos, Karjatalous (1978):54. S. 1-15.

KIVINIEMI, J., Kannattaako säilörehu esikuivata. Helsinki 1978, Työtehoseuran maataloustiedotus 245. 3 s.

KIVINIEMI, J. & TERTSUNEN, V., Nurmisäilörehun valmistuksen ja käsittelyn tekniikka. Helsinki 1978. SRTT-väli raportti. 55 s., 2 liit. (Moniste).

TERTSUNEN, V., Traktorin taakse kiinnitettävät säilörehun irrotuslaitteet. Helsinki 1977. Työtehoseuran maataloustiedotus 218. 4 s.

TERTSUNEN, V., Ennakkotuloksia säilörehun korjuun ja varastoinnin työtaloudesta. Helsinki 1978. Työtehoseuran maataloustiedotus 235. 8 s.

TURKKI, A., POKKI, J. & RYYNÄNEN, V., Nurmisäilörehun valmistuksen, käsittelyn ja ruokinnan talous. Helsinki 1979. Helsingin yliopiston maanviljelystalouden laitoksen julkaisuja 2/1979 ja Työtehoseuran julkaisuja 215. S. 1-75.

TURKKILA, K., Työasennot säilörehun purkaustyössä. Helsinki 1979. Työtehoseuran maataloustiedotus 246. 4 s.

5.2. Lähdekirjallisuutta

ANIANSSON, G. & al., Förtorkning av vallfoder. Uppsala 1965. Jordbrukstekniska institutet, JTI Meddelande nr. 312. S. 1-67.

- BEAUVOIS, M. & al., Les chaines de récolte des fourrages. Beauvais 1968. Bureau Commun du Machinisme Agricole, Etude Technico-Economique des Chantoers. S. 1-147.
- CHERRY, M. & al., Grass Conservation Handbook. London 1968. Farmer and Stockbreeder Publications. S. 1-154.
- CLASON, Å., DJURBERG, L. & al., Vallen - från fält till mule. Borås 1978. S. 1-174.
- CLASON, Å., JOHANSSON, V. & al., Vallskördemetoder - inverkan på foderkostnader. Uppsala 1976. Aktuellt från Lantbrukshögskolan nr. 227. S. 1-26.
- DAVIES, A. J. & al., Silage. Agricultural Development and Advisory Service A.D.A.S., Serie Profitable Farm Enterprises. Booklet 9. Pinner 1975. S. 1-89.
- Grain and Forage Harvesting. The proceedings of the first international grain and forage harvesting conference. Ames, Iowa, Sept. 25-29, 1977. Publ. American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph, Michigan. 1978. S. 219-338.
- GRIMM, K., Die Häcksellinie im modernen Futterbaubetrieb. Angewandte Landtechnik 1969:4, s.1-146.
- HILTUNEN, A., AIV-aapinen eli vihreä AIV-linja. Seinäjoki 1975. S. 1-91.
- LUNDGREN, N., Stuveriarbetarnas hälsa och arbetsmiljö. Stockholm 1972. Arbetsmedicinska Institutet, AJ-rapport nr. 18. 37 s.
- NILSSON, E., Uttagning av ensilage. Uppsala 1967. Jordbrukstekniska institutet, JTI Meddelande nr. 320. S. 1-63.
- NILSSON, E., Skörd och inläggning vid ensilering. Uppsala 1969. Jordbrukstekniska institutet. JTI Meddelande nr. 329. S. 1-111.



NILSSON, E., Intransport och fördelning av ensilage. Uppsala 1970. Jordbrukstekniska institutet, JTI Meddelande nr. 335. S. 1-61.

NILSSON, E., Arbetsbehov, kostnader och metodval vid ensilering. Uppsala 1971. Jordbrukstekniska institutet, JTI Meddelande nr. 339. S. 1-71.

Preparation et utilization, des fourrages conservés.  
V<sup>es</sup> journées d'information du "Grenier de Theix"  
Theix, 22-24 Novembre, 1972. Publ. Association  
Française pour la Production Fourragère. Paris  
1973. S. 1-315.

RAYMOND, F. & al., Forage Conservation and Feeding. London 1972. s. 1-175.

ROSENBLATT, V.V., On problems of physiological standardization of load in heavy work. Seminar: Ergonomics in machine design. Arr. ILO. Geneve 1969. s. 385-389.

SALCENEN, A. & HEINLAHTI, P. Owas työasentojen havainnointijärjestelmä. Rationalisointineuvottelukunta SAK-STK (RANK) ja SITRA. Helsinki 1979. SITRA, sarja B:50. 151 s. 5 liit.

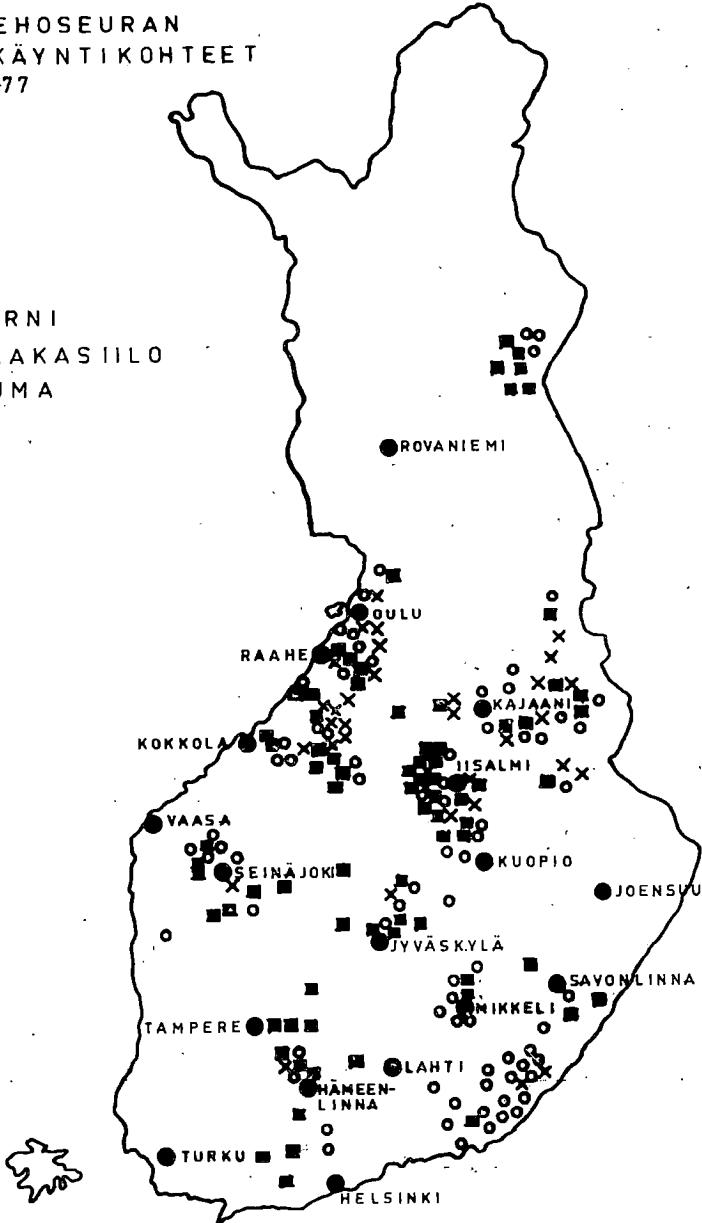
Utskrift av Nordiska jordbruksforskarens förenings seminarium om ensilering. Uppsala den 23-26 januari 1968. Publ. Jordbrukstekniska Institutet, Ultuna 1968. s. 1-146. (Moniste)

WIENEKE, F., Verfahrenstechnik der Halmfuttermittelproduktion. Göttingen 1972. s. 1-607.

# SÄILÖREHUN TEKNIikka-JA TALOUS- PROJEKTI

TYÖTEHOSEURAN  
TILAKÄYNTIKOhteET  
1976-77

- TORNI
- LAAKASIILO
- x AUMA



Koneketjumallit

Korjuukerran tuoresato kaikissa malleissa 15 t/ha.

Malli 1

1 traktori  
Kelasilppuri, 110 cm  
1 monitoimiperävaunu  
2 miestä  
Torni ja elevaattori

1. mies	<u>Työmenekki</u>	2. mies
Kuormaus	9,2	Levitys säilössä 8,0 min/t
Pullon vaihto	0,3	
Silpp. irr. + kiinn.	1,2	
Siirto säilölle	2,6	
Purkaus elevaattorille	<u>7,0</u>	
	20,3 min/t	
Häiriöt 15 %	<u>3,0</u>	
	23,3 min/t	

Pullonkaula on kuormauksessa

Työntuotos 0,17 ha/h; 2,6 t/h

Malli 2

2 traktoria  
Kelasilppuri, 110 cm  
2 monitoimiperävaunua  
3 miestä  
Torni ja elevaattori

	<u>Työmenekki</u>		
1. mies		2. mies	3. mies
Kuormaus	9,2	Vaununvaihto 0,9	Levitys säilössä 8,0 min/t
Pullonvaihto	0,3	Siirto säilölle 2,6	
Vaununvaihto	0,9	Purkaus elevaatorille 7,0	
	<hr/>		
	10,4 min/t		10,5 min/t
Häiriöt 15 %			<hr/>
			1,5
			12,0 min/t

Pullonkaula on siirrosta

Työntuotos 0,33 ha/h; 5,0 t/h

Malli 3

1 traktori  
Kelasilppuri 110 cm  
Kippivaunu  
2 miestä  
Laakasäilö

	<u>Työmenekki</u>		
1. mies		2. mies	
Kuormaus	9,2	Levitys säilössä 8,5 min/t	
Pullonvaihto	0,3		
Silpp. irr. + kiinn.	1,2		
Siirto säilölle	2,6		
Kippaus	<hr/>		
	1,5		
	14,8 min/t		
Häiriöt 10 %	<hr/>		
	1,5		
	16,3 min/t		

Pullonkaula on kuormauksessa

Työntuotos 0,25 ha/h; 3,7 t/h

Malli 4

2 traktoria  
Kelasilppuri, 110 cm  
2 kippivaunua  
3 miestä  
Laakasäilö

	<u>Työmenekki</u>		
1. mies		2. mies	3. mies
Kuormaus	9,2	Vaununvaihto 0,9	Levitys säilössä 8,5 min/t
Pullonvaihto	0,3	Siirto säi- lölle 2,6	
Vaununvaihto	<u>0,9</u>	Kippaus <u>1,5</u>	
	10,4 min/t		5,0 min/t
Häiriöt 10 %	<u>1,0</u>		
	11,4 min/t		

Pullonkaula on kuormauksessa

Työntuotos 0,35 ha/h; 5,2 t/h

Malli 5

2 traktoria  
Kelasilppuri, 130 cm  
2 kippivaunua  
Laakasäilö  
3 miestä

	<u>Työmenekki</u>		
1. mies	2. mies	3. mies	
Kuormaus	6,8	Vaununvaihto. 0,9	Levitys säilössä 8,5 min/t
Pullonvaihto	0,3	Siirto säi- lölle 2,6	Häiriöt
Vaununvaihto	<u>0,9</u>	Kippaus <u>1,5</u>	10 % <u>0,9</u>
	8,0 min/t	5,0 min/t	9,4 min/t

Pullonkaula on levityksessä

Työntuotos 0,42 ha/h; 6,4 t/h

Malli 6

3 traktoria  
Niittävä tarkkuussilppuri, 150 cm  
2 kippivaunua  
Laakasäilö  
Takakuormain  
3 miestä

	<u>Työmenekki</u>	2. mies	3. mies
Kuormaus	4,8	Vaununvaihto 0,9	Levitys säilössä 8 min/t
Pullon vaihto	0,3	Siirto säilölle 2,6	
Vaununvaihto	<u>0,9</u>	Kippaus <u>1,5</u>	
	6,0 min/t	5,0 min/t	
Häiriöt 10 %	<u>0,6</u>		
	6,6 min/t		

Pullonkaula on kuormauksessa

Työntuotos 0,61 ha/h; 9,1 t/h

Malli 7

2 traktoria  
Kelasilppuri, 130 cm  
Siltanosturi  
Salvosäilö  
3 miestä  
2 kippivaunua

	<u>Työmenekki</u>	2. mies	3. mies
Kuormaus	6,8	Vaununvaihto 0,9	Levitys siltanosturilla 6 min/t
Pullon vaihto	0,3	Siirto säilölle 2,6	
Vaunun vaihto	<u>0,9</u>	Kippaus <u>1,5</u>	
	8,0	5,0	
Häiriöt 10 %	<u>0,8</u>		
	8,8 min/t		

Pullonkaula on kuormauksessa

Työntuotos 0,45 ha/h; 6,8 t/h

Malli 8

Niittävä ajosilppuri, 300 cm

2 kippivaunua

2 traktoria

Etukuormain

3 miestä

Laakasäilö

	<u>Työmenekki</u>			
1. mies		2. mies		3. mies
Kuorma	3,1	Vaununvaihto	0,9	Levitys säilöön etukuormaimella
Kippaus	0,5	Siirto säi- lölle	2,6	2,7 min/t
		Kippaus	<u>1,5</u>	
	3,6 min/t		5,0 min/t	
Häiriöt 10 %			<u>0,5</u>	
			5,5 min/t	

Pullonkaula on siirrosta

Työntuotos 0,73 ha/h; 11 t/h

Malli 9

Telaniittomurskain, 210 cm

Nostolaittekiinnitteinen tarkkuussilppuri, noukkiva

2 kippivaunua

3 traktoria

3 miestä

Laakasäilö

	<u>Työmenekki</u>			
1. mies		2. mies		3. mies
Pullon vaihto	0,3	Siirto säi- lölle	2,6	Levitys säilöön etukuormaimella
Kuorma	6,4	Kippaus	1,5	2,7 min/t
Vaununvaihto	<u>0,9</u>			
	7,6 min/t		<u>4,1</u> min/t	
Häiriöt 10 %	<u>0,8</u>			
	8,4 min/t			

Pullonkaula on kuormauksessa

Työntuotos 0,80 ha/h; 7,2 t/h (ka-pit. 30 %)

7,6 t (30 % ka) rehua vastaa 12 t rehua, jonka ka-pitoisuus on 18 %.

Malli 10

Telaniittomurskain, 240 cm  
Vetotarkkuussilppuri, noukkiva  
3 traktoria  
3 miestä  
2 kippivaunua  
Etukuormain  
Laakasäilö

	<u>Työmenekki</u>			
1. mies		2. mies		3. mies
Kuormaus	4,6	Vaununvaihto	0,9	Levitys säilöön etukuormaimella 2,7 min/t
Vaunun vaihto	0,9	Siirto säi- lölle	2,6	
Pullon vaihto	<u>0,3</u>	Kippaus	<u>1,5</u>	
	5,8 min/t		5,0 min/t	
Häiriöt 10 %	<u>0,6</u>			
	6,4 min/t			

Pullonkaula on kuormauksessa

Työntuotos 1,0 ha/h; 9,4 t/h (ka-pit. 30 %).

9,4 t tällaista rehua vastaa 15,7 t rehua, jonka ka-pitoisuus on 18 %.

Malli 11

1 traktori  
Kelasilppuri, 110 cm  
Kippivaunu  
Torni, syöttöraappa ja lietso  
2 miestä

	<u>Työmenekki</u>		
1.mies		2. mies	
Kuormaus	9,2	Syöttö raapalla lietsoon	11,8 min/t
Silpp. irr. + kiinn.	1,2		
Siirto	2,6		
Kippaus	1,5		
Pullon vaihto	<u>0,3</u>		
	14,8 min/t		
Häiriöt 10 %	<u>1,5</u>		
	16,3 min/t		

Pullonkaula on kuormauksessa

Työntuotos 0,25 ha/h; 3,7 t/h



Malli 12

1 traktori  
Kelasilppuri, 110 cm  
Monitoimiperävaunu  
Torni, lietso ja syöttösuppilo  
2 miestä

	<u>Työmenekki</u>	
	1. mies	2. mies
Kuormaus	9,2	Levitys tornissa 8 min/t
Silpp. irr. + kiinn.	1,2	
Siirto	2,6	
Purkaus lietsoon	8,7	
Pullon vaihto	<u>0,3</u>	
	22,0 min/t	
Häiriöt 15 %	<u>3,3</u>	
	25,3 min/t	

Pullonkaula on kuormauksessa

Työntuotos 0,16 ha/h; 2,4 t/h

Malli 13

2 traktoria  
Kelasilppuri, 110 cm  
2 monitoimiperävaunua  
Torni, lietso + syöttösuppilo  
3 miestä

	<u>Työmenekki</u>		
	1. mies	2. mies	3. mies
Kuormaus	9,2	Vaununvaihto 0,9	Levitys säilössä 8 min/t
Vaunun vaihto	0,9	Siirto 2,6	
Pullon vaihto	0,3	Purkaus lietsoon	<u>8,7</u>
	10,4 min/t	12,2 min/t	
Häiriöt 15 %		<u>1,8</u>	
		14,0 min/t	

Pullonkaula on kuljetuksessa ja purkauksessa

Työntuotos 0,29 ha/h; 4,3 t/h

Malli 14

1 traktori  
Kelasilppuri, 110 cm  
Monitoimiperävaunu  
Laakasäilö  
2 miestä

	<u>Työmenekki</u>	
	1. mies	2. mies
Kuormaus	9,2	Levitys säilössä 8,5 min/t
Silpp.irr. + kiinn.	1,2	
Siirto säilölle	2,6	
Purkaus	3,7	
Pullon vaihto	<u>0,3</u>	
	17,0 min/t	
Häiriöt 15 %	<u>2,6</u>	
	19,6 min/t	

Pullonkaula on kuormauksessa

Työntuotos 0,21 ha/h; 3,1 t/h

Malli 15

2 traktoria  
Kelasilppuri, 110 cm  
2 monitoimiperävaunua  
Laakasäilö  
3 miestä

	<u>Työmenekki</u>		
	1. mies	2. mies	3. mies
Kuormaus	9,2	Vaununvaihto 0,9	Levitys säilössä 8,5 min/t
Vaununvaihto	0,9	Siirto säilölle	2,6
Pullon vaihto	<u>0,3</u>	Purkaus	<u>3,7</u>
	10,4 min/t		7,2 min/t
Häiriöt 10 %	<u>1,0</u>		
	11,4 min/t		

Pullonkaula on kuormauksessa

Työntuotos 0,35 ha/h; 5,2 t/h

Malli 16

1 traktori

Kelasilppuri, 110 cm

Monitoimiperävaunu sivusyöttölaitteella varustettuna

Torni ja lietso

2 miestä

	<u>Työmenekki</u>	
1. mies		2. mies
Kuormaus	9,2	Levitys säilössä 8 min/t
Silpp.irr. + kiinn.	1,2	
Siirto säilölle	2,6	
Purkaus	7,2	
Pullon vaihto	<u>0,3</u>	
	20,5 min/t	
Häiriöt 10 %	<u>2,0</u>	
	22,5 min/t	

Pullonkaula on kuormauksessa

Työntuotos 0,17 ha/h; 2,6 t/h

Malli 17

2 traktoria

Kelasilppuri, 110 cm

2 monitoimiperävaunua sivusyöttölaittein

Torni ja lietso

3 miestä

	<u>Työmenekki</u>		
1. mies		2. mies	3. mies
Kuormaus	9,2	Vaununvaihto	0,9
Vaunun vaihto	0,9	Siirto säilölle	2,6
Pullon vaihto	<u>0,3</u>	Purkaus	<u>7,2</u>
	10,4 min/t		10,7 min/t
Häiriöt 15 %			<u>1,6</u>
			12,3 min/t

Pullonkaula on siirrosta

Työntuotos 0,33 ha/h; 4,9 t/h

Malli 18

1 traktori  
Kelasilppuri, 110 cm  
Kippivaunu  
Auma  
2 miestä

	<u>Työmenekki</u>	
1. mies		2. mies
Kuormaus	9,2	Levitys säilössä 8,5 min/t
Silpp.irr. + kiinn.	1,2	
Siirto säilölle	2,6	
Kippaus	1,5	
Pullon vaihto	<u>0,3</u>	
	14,8 min/t	
Häiriöt 10 %	<u>1,5</u>	
	16,3 min/t	

Pullonkaula on kuormauksessa

Työntuotos 0,24 ha/h; 3,6 t/h

Malli 19

2 traktoria  
Kelasilppuri, 110 cm  
2 kippivaunua  
Auma  
3 miestä

	<u>Työmenekki</u>		
1. mies		2. mies	3. mies
Kuormaus	9,2	Vaununvaihto 0,9	Levitys säilössä
Vaunun vaihto	0,9	Siirto säi- lölle 2,6	5,6 min/t
Pullon vaihto	<u>0,3</u>	Kippaus	<u>1,5</u>
	10,4 min/t		5,0 min/t
Häiriöt 10 %	<u>1,0</u>		
	11,4 min/t		

Pullonkaula on kuormauksessa

Työntuotos 0,35 ha/h; 5,2 t/h

Malli 20

2 traktoria  
Kelasilppuri, 130 cm  
2 kippikärryä  
Auma  
3 miestä

	<u>Työmenekki</u>		
1. mies		2. mies	3. mies
Kuormaus	6,8	Vaununvaihto	0,9
Vaunun vaihto	0,9	Siirto säi- lölle	2,6
Pullon vaihto	<u>0,3</u>	Kippaus	<u>1,5</u>
	8,0 min/t		5,0 min/t
Häiriöt 10 %	<u>0,8</u>		
	8,8 min/t		

Pullonkaula on kuormauksessa

Työntuotos 0,45 ha/h; 6,8 t/h