

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

# LAPIN KOEASEMA

TIEDOTE N:o 2

REHUARVON MÄÄRITYS LAPIN KOEASEMALLA

Arvi Valmari ja Irja Valmari

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

L A P I N   K O E A S E M A

TIEDOTE N:o 2

REHUARVON MÄÄRITYS LAPIN KOEASEMALLA

Arvi Valmari ja Irja Valmari

Rovaniemi 1975

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

LAPIN KOEASEMAN TIEDOTE N:o 2

Arvi Valmari ja Irja Valmari

REHUARVON MÄÄRITYS LAPIN KOEASEMALLA

Sisällys	sivu
Johdanto	1
Huomioonotettavat orgaaniset ravinteet	2
Rehuarvon laskeminen	12
Käsitteitä ja symboleja	12
Säilörehun rehuarvon laskeminen	14
Heinän rehuarvon laskeminen	15
Compucorp-ohjelmat	17
Tiivistelmä	26
Kirjallisuusluettelo	26

Rovaniemi 1975

## JOHDANTO

Lapin koeasemalla pystytään kohtalaisen hyvin tekemään rehuanalyseja, ja niitä on vuosittain tehtykin sekä säilörehuista että kuivasta heinästä suurehko määrä (vuonna 1973 analysoitiin noin 2300, vuonna 1974 noin 2400 rehunäytettä). Neuvontajärjestö on esittänyt toivomuksen, että kehitettäisiin nopea ja halpa menetelmä, jolla saataisiin analysoitua näytettä vastaavan rehun korvausluku, täyttävyys ja sulavan raakavalkuaisen määrä rehuyksikössä joitenseläkin tarkkuudella. Täydellistä keskuslaboratoriossa tehtyä analyysia ei tulla suuressa määrin lähiaikoina käyttämään, ja tuskin sitä tietä saadaan tuloksia riittävän nopeasti, jotta niitä voitaisiin käyttää ruokintasuunnitelmia tehtäessä. Maatalouskeskuksessa päädyttiin toivomukseen, että menetelmällä saatavan tuloksen pitäisi olla "tyhjää parempi". Jos käytettävissä on vain valkuais- ja kuituprosentit mutta ei korvauslukua ja siitä riippuvia rehuarvotietoja, niin ruokintasuunnitelma joudutaan perustamaan kalenterista saatuihin lukuihin, jolloin kemiallinen analyysi ei anna tyhjää parempaa tulosta.

Vuonna 1973 koeasemalla laskettiin suurehko joukko rehunäytteitten analyysituloksia käyttäen Pohjoismaiden Maataloustutkijain Yhdistyksen (PMY:n eli NJF:n) taulukoita (NJF 1969). Työn teki MMK Esko KOSKENKORVA. Hän joutui kuitenkin toteamaan, että NJF:n taulukossa on timoteisäilörehulle vain yhdet sulavuuskertoimet, joten esim. timotein korjuuasteen vaikutusta ei NJF:n taulukon perusteella voida ottaa huomioon. SALON (1973) mukaan korjuuaste on tärkeämpi kuin heinälaji, kun pysytään saman kasviheimon puitteissa, joten toisten heinälajien perusteella voitaisiin korjuuasteen merkitys jotenkuten arvioida, mutta se on kovin hankalaa. KOSKENKORVA laati oman taulukonsa, jossa sulavuuskertoimet muuttuvat kuituprosentin mukaisesti. Tässä hän käytti apuna POUTIAISEN ja RINTEEN kirjoitusta (1971). Nämä sulavuuskertoimet laskettiin erikseen kuidulle, raakavalkuaiselle ja typettömille uuteaineille. Jäljempänä esitettävän tarkastelun tuloksena voidaan todeta, että Koskenkorvan sulavuuskertoimet pienenevät varsin jyrkästi kuitupitoisuuden suuretessa. Koskenkorva ilmoittaa kirjoituksessaan todenneensa, että useammasta kasvista tehty säilörehu on vaikeanlainen tapaus. Hän laski eri kasvien kertoimien keskiarvoja, joita hän käytti omissa laskelmissaan.

Kun merkitsimme PMY:n (NJF:n) taulukosta saatavia tietoja piste-

diagrammaksi siten, että kuitupitoisuus oli vaaka-akselilla ja sulavuuskerroin pystyakselilla, niin havaitsimme, että PMY:n taulukkoon sisältyy hyvin suurta vaihtelua (kuvat 1-4). Niinpä kuvassa 1 kuitupitoisuuden 30...32 % kohdalla vaihtelevat sulavuuskertoimet rajoissa 61...72 % (PMY:n taulukon näytteet n:o 201 ja 207), ja jos otetaan mukaan vahvasti esikuivattu näyte n:o 224, niin sulavuuskerroin on vain 38 %. Kuitenkin myös PMY:n taulukossa näkyy sellainen tilastollinen riippuvuus, että sulavuudet alenevat kuitupitoisuuden noustessa. Koskenkorva lienee tehnyt oman taulukkonsa pääasiassa Poutiaisen ja Rinteen suppean ja toisenlaista tarkoitusta varten kerätyn aineiston mukaan. Seuraavassa esitettävä uusi menetelmä perustuu laajempaan aineistoon.

#### HUOMIOON OTETTAVAT ORGAANISET RAVINTEET

Jo aikaisemmin on katsottu, että rasvapitoisuus ei vaihtele niin paljoa, että sen analysoiminen kaikista näytteistä olisi välttämätön. KOSKENKORVA on laskenut kolmen vuoden säilörehunäytteistä keskimääräisen raakaraspitoisuuden 6.1 %. Seuraavassa käytetään säilörehulla tätä arvoa. Heinillä raakaraspitoisuus on taulukoiden mukaan alhaisempi, ja seuraavassa käytetään PMY:n taulukosta laskettua keskiarvoa 2.3 %.

Näinollen määritettäviä ravinteita ovat raakavalkuainen ja kuitu. Typettömiä uuteaineita ei yleensä määritetä erikseen, vaan niiden määrä saadaan erotuksena. Näiden lisäksi analyysissä tarvitaan kosteus eli kuiva-ainepitoisuus sekä tuhkapitoisuus. Säilörehuissa kosteus vaihtelee niin paljon, että pelkkä kosteuden huomioonottaminen antaisi jo "tyhjää paremman" tuloksen. Esimerkiksi talvella 1973-74 Apukassa analysoiduissa Taivalkoskelta saapuneissa heinästä tehdyn säilörehun näytteissä, 35 näytteen erässä, olivat kuiva-aineiden ääriarvot seuraavat:

näyte 8	kuiva-aine	14.8 %	raakavalkuainen	21.6 %
"- 26	"-	31.2 %	"-	17.2 %

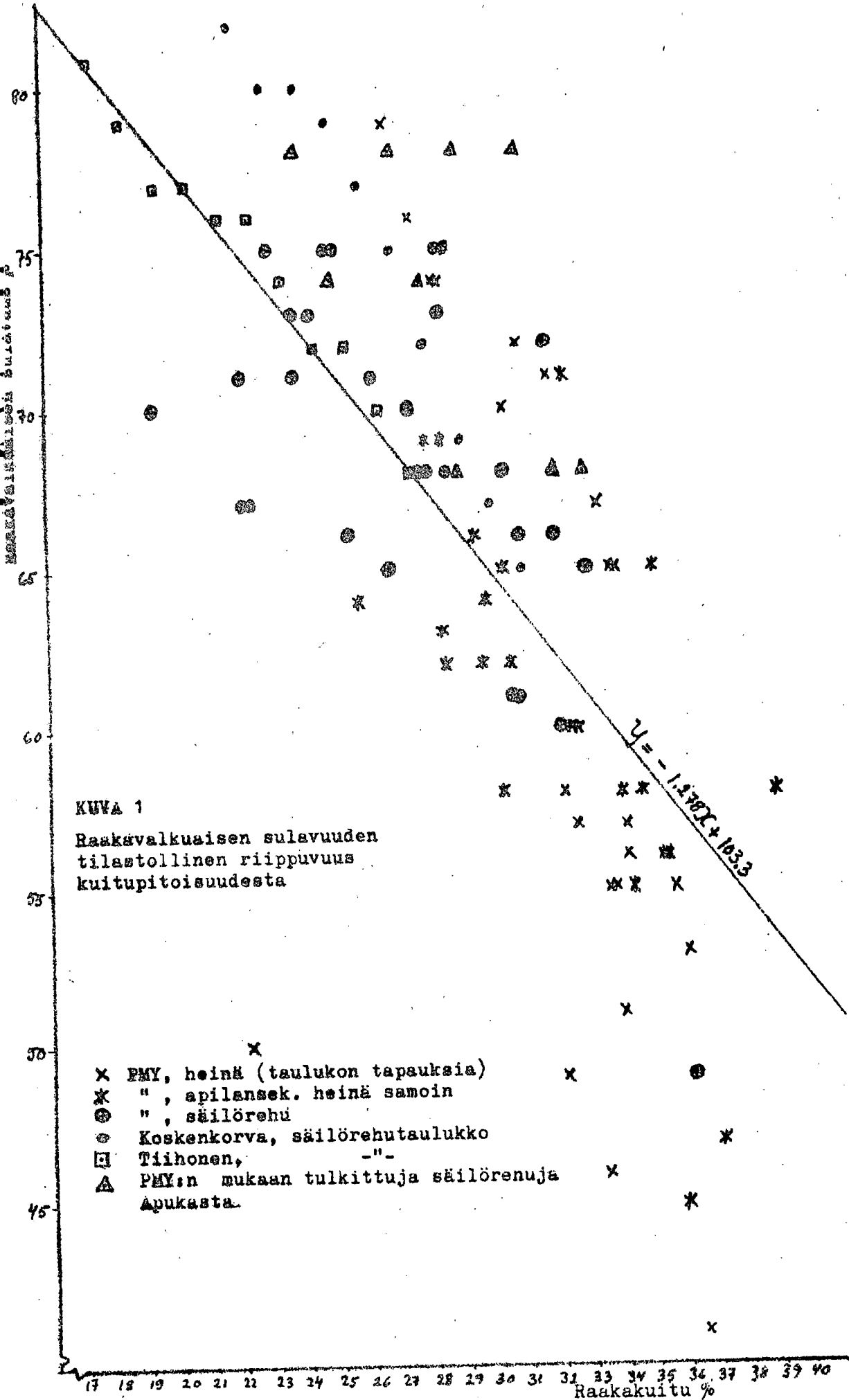
Apukkaan maakunnasta saapuneissa näytteissä on joskus ollut mukana myös kivennäismaata niin paljon, että tuhkapitoisuuden huomioon ottamista kunkin näytteen kohdalla erikseen on pidettävä välttämättömänä. Syksyllä 1973 saapuneissa 314 säilörehunäytteessä oli yhdessä tuhkapitoisuus 30.0 % (kivennäismaata mukana näytteessä), ja

8 näytteessä se oli välillä 15-20 %, kun keskiarvo liikkuu 7-8 %:n vaiheilla. Analyysitulokset on siis syytä laskea prosentteina orgaanisesta kuiva-aineesta. Tällöin ei näytteen satunnaisesti liian korkea tuhkapitoisuus vääristä sulavuusprosentteja, kun ne arvioidaan kuitupitoisuuden perusteella. Jos näytteessä on enemmän tuhkaa kuin sen edustamassa rehuerässä, niin korvausluku ja siitä johtuen myös sulavan raakavalkuaisen määrä rehuyksikköä kohti tulevat kyllä virheellisiksi, mutta kun analyysitietoihin sisältyy tuhkapitoisuus, niin näytteen otosta johtuva virhe on kohtalaisen helposti havaittavissa ja korjattavissakin pelkästään siten, että luonnottoman korkean tuhkapitoisuuden tilalle pannaan arvioitu oikeampi tuhkapitoisuus.

Kuviin 1...3 on koottu eri lähteistä saatua kuitupitoisuuden ja sulavuuskertoimen tilastollista riippuvuutta kuvaavaa aineistoa. Vaaka-akselilla on kuitupitoisuus ja pystyakselilla sulavuuskerroin. Kuva 1 koskee raakavalkuaista. Kuvaan on vedetty suora  $Y = -1.278 X + 103.3$ , jota Lapin koeasemalla nyt käytetään arviotaessa sulavuutta raakakuitupitoisuuden perusteella. Suora on pantu kulkemaan TIIHOSEN (1975) kokoamiin tietoihin perustuvan sulavuustaulukon mukaisesti, taulukon äärimmäisiä luokkia edustavien pisteiden kautta, kuitenkin niin että suora on piirtämisen helpottamiseksi määritelty kulkemaan pyöreämmin luvuin ilmaistujen pisteiden ( $X = 19, Y = 79$ ) ja ( $X = 37, Y = 56$ ) kautta.

Seuraava tarkastelu koskee kuvan 1 lisäksi pääpiirteissään myös kuvia 2 ja 3. Kuvista ilmenee, että hajonta on suuri, joskin sulavuusprosentin tilastollinen riippuvuus kuitupitoisuudesta on selvä varsinkin raakavalkuaisen ja typettömien uuteaineiden osalta. Eri aineistot poikkeavat ilmeisesti toisistaan.

Tiihosen esittämä säilörehujen sulavuustaulukko loppuu kuitupitoisuuteen 27.99 %. Pohjoissuomalaisista säilörehunäytteistä, joissa keskimääräinen raakakuitupitoisuus oli 27.2 % sekä v. 1972 että v. 1973, noin kolmannes jää suuren kuitupitoisuuden vuoksi tämän taulukon ulkopuolelle. Heinästä on runsaammin sellaista aineistoa, jossa kuitupitoisuus on korkea. Ottaen huomioon järempänä esitetyt heinän ja säilörehun vertailut voidaan niiden orgaanista kuiva-ainetta pitää siinä määrin samanlaisena, että heinästä saatuja sulavuuskertoimia voidaan käyttää hyväksi arviotaessa paljon kuitua sisältävien säilörehujen sulavuutta.



KUVA 1

Raakavalkuaisen sulavuuden tilastollinen riippuvuus kuitupitoisuudesta

- x PMY, heinä (taulukon tapauksia)
- \* " , apilasek. heinä samoin
- ⊙ " , säilörehu
- ⊖ Koskenkorva, säilörehutaulukko
- Tiihonen, "-"
- △ PMY:n mukaan tulkittuja säilörenuja Apukasta.

Kuvassa 1 olevien heinää edustavien pisteiden pohjalta lähtien olisi ehkä kuvaan 1 suoran sijasta piirrettävä alaosastaan jyrkemmin laskeva käyrä. Sitä ei ole tehty, vaan Tiihosen taulukkoon perustuvaa suoraa on jatkettu korkeampiin kuitupitoisuuksiin. Näin on tehty siksi, että menetelmää kehitettäessä ei ollut yhtenäistä ja riittävää aineistoa, jonka perusteella käyräviivainen kuvaaja olisi voitu objektiivisesti, regressioanalyysin avulla, määrittää, ja myös siksi että loivemmin laskeva suora edustaa varovaisempaa arviota. Jyrkästi laskeva kuvaaja johtaisi siihen että pieni analyysivirhe kuitupitoisuudessa aiheuttaisi suuren virheen sulavuudessa. Varovaisella arviointitavalla, siis loivaa käyrää käyttämällä, vähennetään "hajonnan perässä juoksemista".

Kuvan 1 suora kulkee siis yläosassaan tuoreimman käytettävissä olleen laajahkon aineiston mukaisesti. Lisäksi se kulkee PMY:n säilörehuaineiston keskipisteen läheltä ja samoin PMY:n heinäaineiston keskipisteen läheltä. Käyrän jyrkkyys ja käyräviivaisuuden aste on tarkemmin todettavissa sitten kun on käytettävissä koko vaihtelu- aluetta edustava ja riittävä sulavuusmääritysaineisto. Kun sulavuuden tilastollinen riippuvuus kuitupitoisuudesta on yleisesti hyväksytty tosiasia, on ilmeistä että kuitupitoisuuden varovainen huomioonottaminen parantaa tulosta. Lasketut rehuarvot eivät ole kovin ratkaisevasti kuitumäärityksen varassa, vaan niihin vaikuttaa voimakkaasti myös valkuaismääritys. Näin laskettujen rehuarvojen perusteella voidaan verrata eri näytteiden edustamia rehueriä toisiinsa, siis esimerkiksi eri tilojen rehuja ja myös eri vuosien alueittaisia keskiarvoja. Kahden vuoden näyteaineistosta Apukassa saatu kokemus osoittaa, että näytteissä tilojen välillä esiintyvät erot ovat yleensä luontevia siten että ne vastaavat viljelytekniikassa (typpilannoituksessa, korjuuasteessa) esiintyviä eroja. Vuoden 1974 lopputulokset eivät tätä kirjoitettaessa ole valmiit, mutta 333 näytteestä tehty yhteenveto osoittaa, että syyspuolella niitettyjen säilörehujen kuitupitoisuudessa on parin prosenttiyksikön nousu edellisiin vuosiin verrattuna, mikä vastaa märkyydestä johtuvaa korjuun myöhästymistä. Vastaavasti on täyttävyydessä 4...6 sadasosan nousu. Valkuaispitoisuus on edellisten vuosien keskiarvon tienoilla. Vasta rehuarvolaskelma osoittaa, että sulavan raakavalkuaisen määrä 140 g/ry on edellisten vuosien huipputasoa, joten säilörehu osoit-



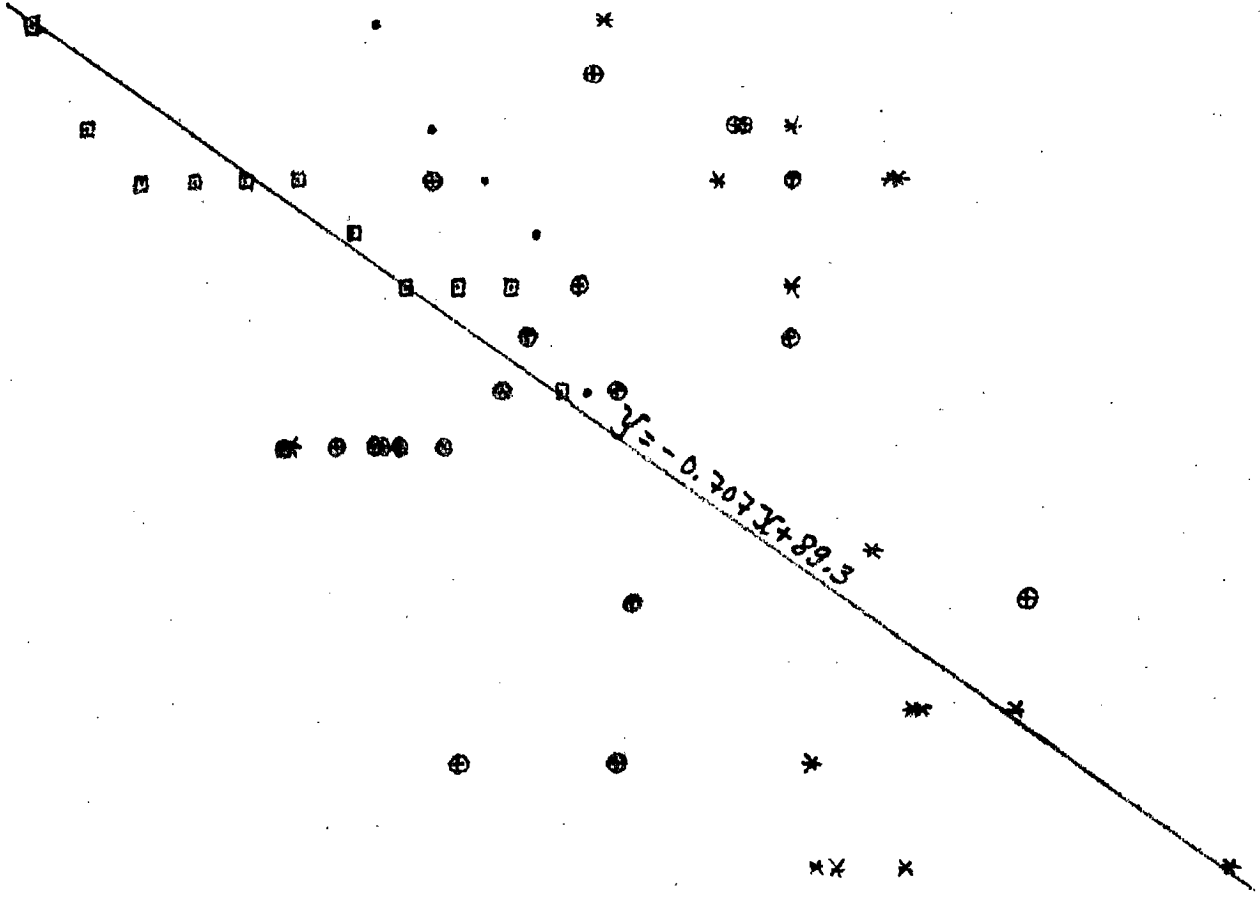
KUVA 2

Kuidun sulavuuden tilastollinen riippuvuus kuitupitoisuudesta

- \* NJF, heinä
- ⊕ NJF, säilörehu
- Koskenkorva, säilörehu
- Tiihonen, säilörehu

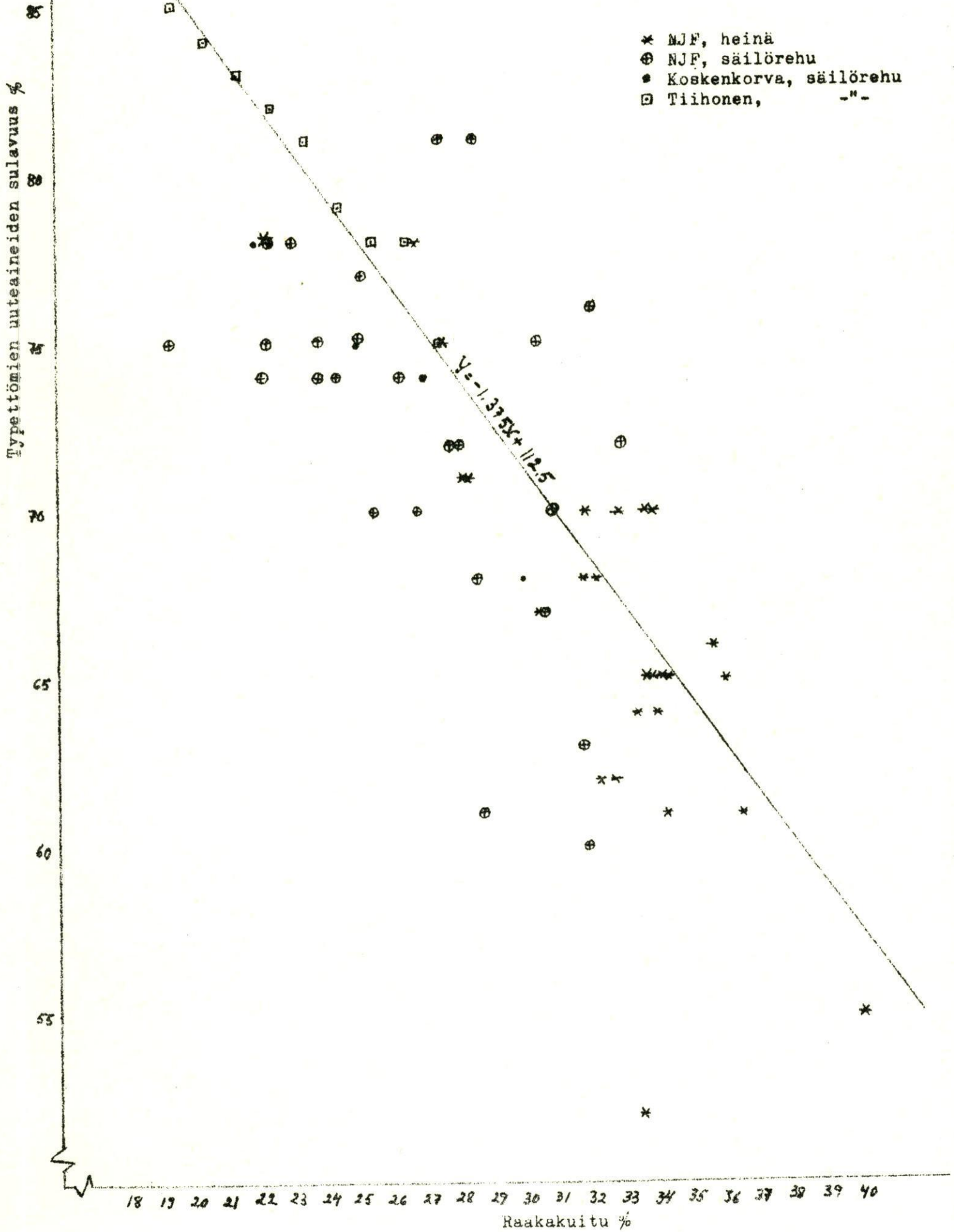
Kuidun sulavuus %

85  
80  
75  
70  
65  
60  
55  
50



17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40  
Raakakuitu %

KUVA 3  
Typettömien uuteaineiden tilastollinen  
riippuvuus kuitupitoisuudesta



tautuu luotettavaksi kotoisen valkuaisen lähteeksi. Jatkuvasti lisääntyvien analyysien perusteella voitiin esittää syksystä 1974 lähtien, talven mittaan yhä varmemmin, se käsitys, että tilanne ei rehun laadun suhteen ollut erityisen huolestuttava, vaikka nurmien talvehtiminen oli huono ja korjuusäätkin huonot. Tässä esitettävä laskumenetelmä on täyttänyt tehtävänsä.

Tässä yhteydessä tulee jo esille säilörehu- ja heinäaineiston sijoittaminen samaan kuvioon. Joskin regressiosuora PMY:n aineiston heiniä koskevassa osassa ilmeisesti kulkisi vähän eri tavalla kuin saman aineiston säilörehuja koskevassa osassa, niin kuitenkin erot eivät ole niin suuret, että säilörehun ja heinän erottaminen olisi esillä olevan tehtävän kannalta välttämätöntä.

Kuvaan 2 on kerätty kuvaa 1 vastaavaa kuidun sulavuutta koskevaa aineistoa. Kuvaan piirretty suora seuraa Tiihosen taulukoiden aineistoa ja sitä on jatkettu korkeampia kuitupitoisuuksia ja alempia sulavuuksia kohti. Koskenkorvan käyrä on jyrkemmin laskeva. PMY:n taulukoista poimitun säilörehuaineiston osalta tuskin voidaan puhua minikäänlaisesta korrelaatiosta. Heinissä korrelaatio saattaa olla vähän selvempi ja siltä osin käyrän lasku olisi ehkä huomattavastikin jyrkempi. Tämä käyttöön otettu suora on siis ratkaisevasti kotimaiseen aineistoon perustuva. Sen ohella on huomattava, että PMY:n aineisto jakaantuu kohtalaisen tasaisesti suoran molemmille puolille. Suora on laskemisen helpottamiseksi pantu kulkemaan koordinaateiltaan pyöristettyjen pisteiden ( $X = 17.5$ ,  $Y = 77$ ) ja ( $X = 36$ ,  $Y = 64$ ) kautta.

Kuvassa 3 on esitetty typettömien uuteaineitten aineisto samalla tavalla kuin muut fraktiot edellisissä kuvissa. Tähänkin kuvaan piirretty suora on ratkaisevasti Tiihosen taulukon perusteella sijoitettu. Korrelaatio on vähän selvempi kuin kuidulla. PMY:n säilörehu- ja heinäaineistot liittyvät ilman mitään selvää porrasta toisiinsa. Jakaantuminen suoran kahta puolta ei ole aivan tasainen, mutta jos siihen olisi pyritty, olisi pitänyt kääntää kuvaajaa jyrkemmin putoavaksi, mitä ei aikaisemmin esitetyistä syistä ole haluttu tehdä. Suora kulkee pisteiden ( $X = 20$ ,  $Y = 85$ ) ja ( $X = 36$ ,  $Y = 63$ ) kautta.

Kun typettömät uuteaineet lasketaan toisten analyysitulosten perusteella eikä siis suoraan analysoituina, niin niiden huomioon ottaminen lopullisessa laskutoimituksessa tuntuu turhalta. Menetelmän

kokeiluvaiheessa kuitenkin laskettiin lopputuloksia eli rehuarvoja ja sulavan raakavalkuaisen määriä rehuyksikköä kohti siten että kuvista 1...3 katsottiin erikseen sulavuusprosentit raakavalkuaiselle, kuidulle ja typettömille uuteaineille. Käytettävissämme olleeseen Tiihosen aineistoon sisältyi piirros, jonka perusteella saadaan heinällä orgaanisen aineen sulavuus kuitupitoisuuden perusteella. Kuvaja on murtoviiva, joka voidaan oikaista suoraksi. Laskimme orgaanisen aineen sulavuusprosentteja myös säilörehuille. Valkuaisen sulavuus näytti kuitenkin poikkeavan sen verran orgaanisen aineen kokonaissulavuudesta, että valkuaiselle on käytettävä omaa sulavuuskerrointa kun lasketaan sulavan raakavalkuaisen määrää rehuyksikköä kohti. Sen sijaan rehun väkevyyttä, rehuyksikköarvoa ja korvauslukua laskettaessa voidaan käyttää orgaaniselle aineelle yhtä sulavuuskerrointa. Näin voidaan laskutoimituksia huomattavasti yksinkertaistaa. Kokeiluvaiheessa laskettiin myös menetelmällä, jossa ei ollut valkuaisellekaan omaa sulavuuskerrointa, mutta siitä tuli varsinkin korkeissa kuitupitoisuuksissa 10, jopa 20 gramman eroja valkuaispitoisudessa rehuyksikköä kohti laskettaessa. Eroa olisi voitu kertoimia muuttamalla pienentää, mutta katsottiin paremmaksi ottaa raakavalkuaisen sulavuus huomioon niin tarkkana kuin se erillisestä yhtälöstä on saatavissa.

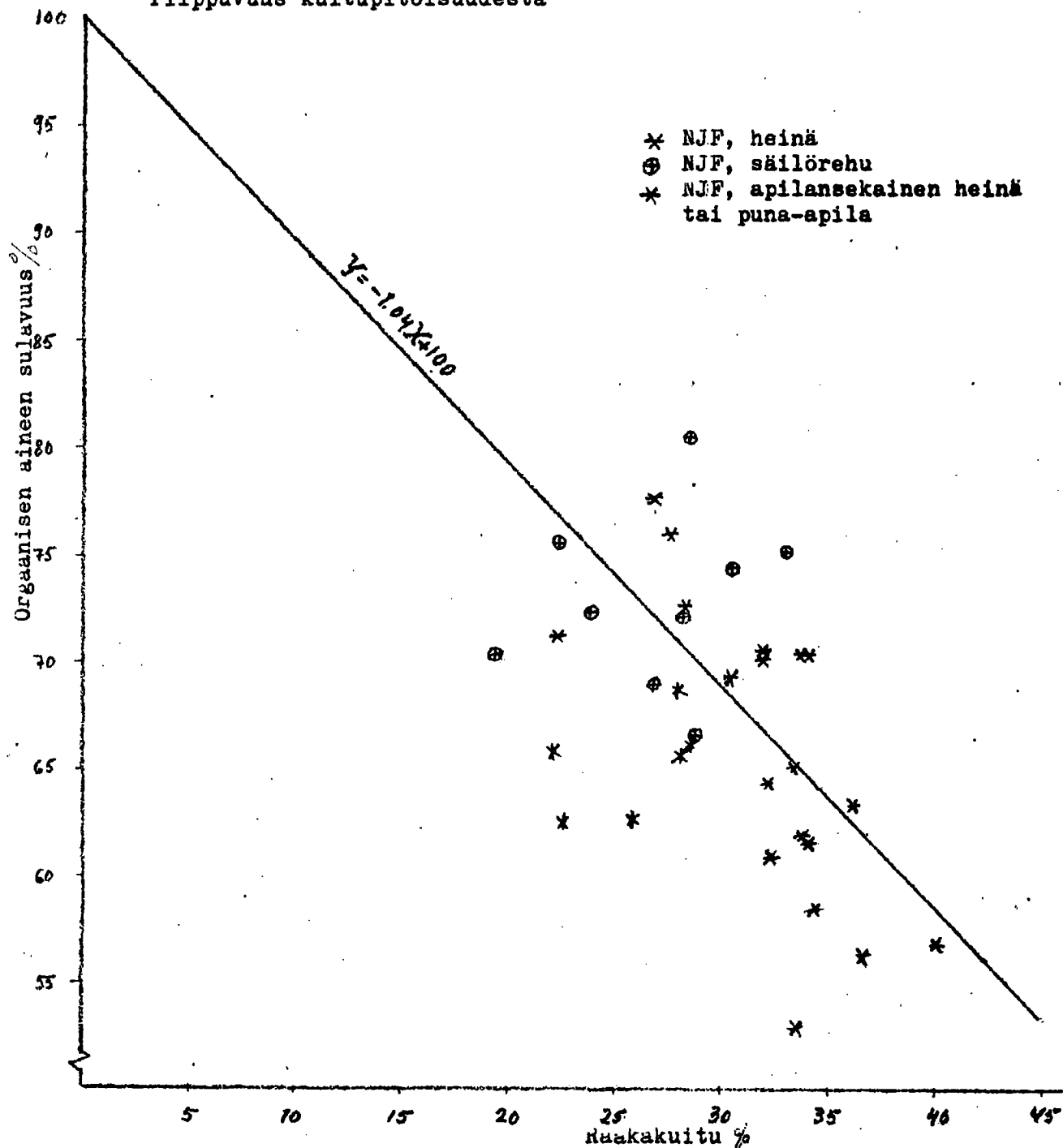
Kuvassa 4 on esitetty PMY:n taulukosta saatuja tapauksia. Kuvassa on orgaanisen aineen sulavuus ilmaistu kuitupitoisuuden funktiona. Kuvaan 4 piirretty suora ei ole pelkän PMY:n aineiston perusteella saatu, vaan kuvasta 5 kuvaan 4 siirretty. Kuvan 4 mukainen suora kulki kenties parin prosenttiyksikön verran alempana.

Kuvaan 5 on otettu Apukassa analysoidusta koeaseman toimialueen vuosien 1972-73 aineistosta eri kuitupitoisuusluokkiin kuuluvia säilörehu- ja heinänäytteitä, valikoimatta aineistoa muussa suhteessa. Näistä on laskettu sulavuus ottaen huomioon erikseen valkuaisen, kuidun ja typettömien uuteaineiden sulavuus kuvien 1-3 mukaisesti. Rasvaa ei ole analysoitu vaan se on edellä (s. 2) esitetyn mukaisesti oletettu säilörehulla 6.1 %:ksi ja heinällä 2.3 %:ksi. Piirros osoittaa, että säilörehun ja heinän tulokset asettuvat suoran läheisyyteen niin tarkasti, ettei ole aihetta erottaa niitä sulavuuskerrointa määrittäessä.

Kuvan 5 alaosassa on katkoviiva, joka edustaa Tiihosen aineiston

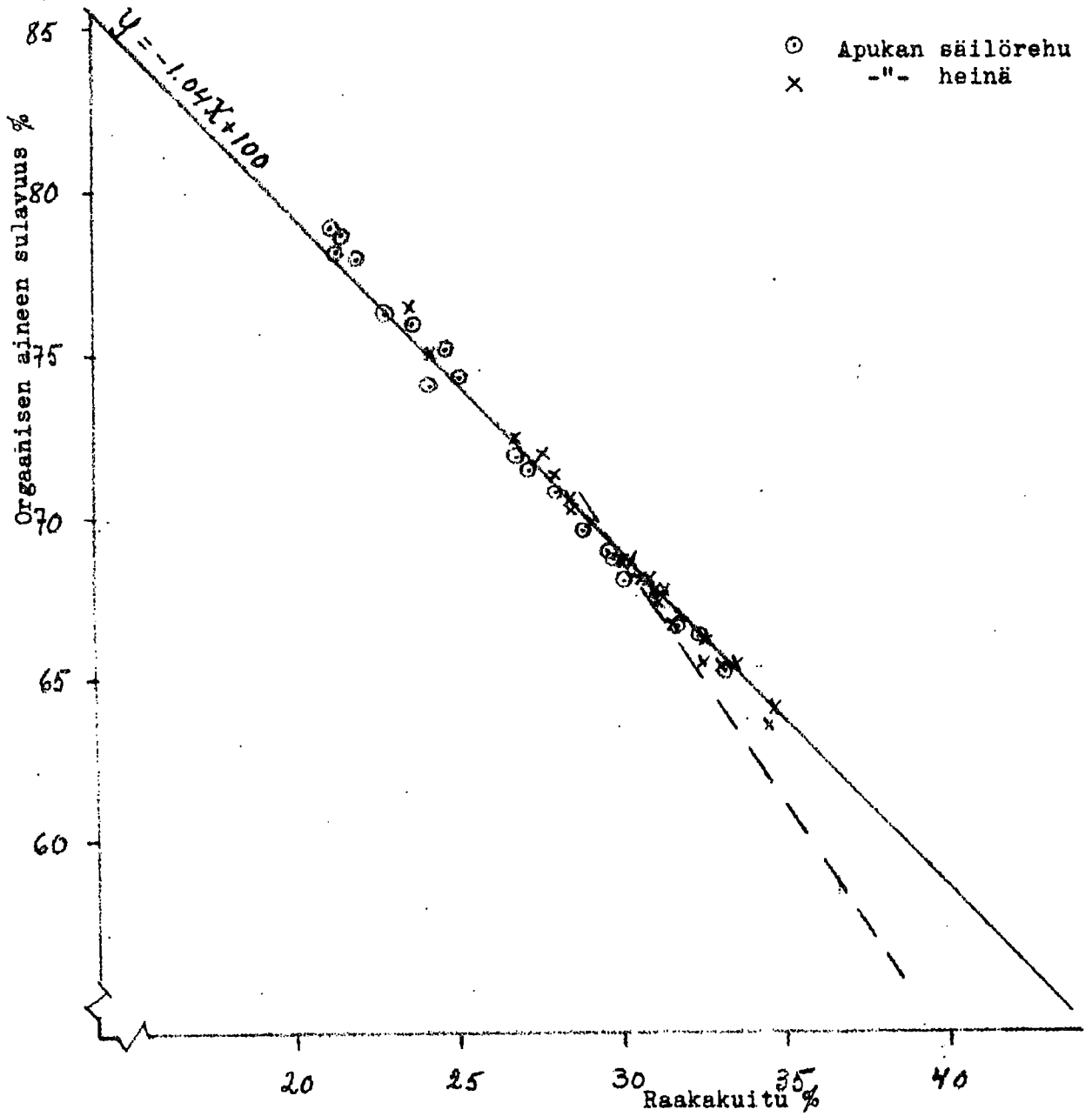
KUVA 4

Orgaanisen aineen sulavuuden tilastollinen riippuvuus kuitupitoisuudesta



KUVA 5

Orgaanisen aineen sulavuuden tilastollinen riippuvuus kuitupitoisuudesta



heinää koskevia arvoja. Katkoviiva putoaa jyrkemmin kuin muu osa kuviosta, mutta sen yläosa menee muun aineiston kanssa limittäin. Apukan aineiston korkeimman kuitupitoisuuden sisältävät näytteet eroavat Tiihosen aineistoa vastaavasta suorasta parin sulavuusprosentin yksikön verran, ja Tiihosen suoran alapää eroaa meidän suorastamme neljän prosenttiyksikön verran. Kuvaan 5 piirretty suora kulkee pisteiden ( $X = 0, Y = 100$ ) ja ( $X = 40, Y = 58.5$ ) kautta. Apukan sekä PMY:n taulukon aineistoista lasketut pisteet eroavat tästä suorasta enintään yhden prosenttiyksikön verran. Näinollen voidaan todeta, että ei ole tarpeellista laskea erikseen kuidun ja typtettömien uuteaineiden sulavuuksia kuvien 2 ja 3 mukaan, eikä raakavalkuaisenkaan sulavuutta muulloin kuin laskettaessa sulavan raakavalkuaisen määrää rehuyksikköä kohti.

Kuvassa 5 oleva suora leikkaa Y-akselin luontevasti pisteessä 100 %. Alapäässään suora leikkaisi X-akselin 96 %:n kuitupitoisuuden kohdalla, mikä sekin tuntuu hyvin sopivalta kun koko aineisto sijoitetaan yhden suoran tuntumaan. Tämä on ainoa tapaus, jossa silmään pistävä ero Tiihosen aineistoon on havaittavissa, mutta toisaalta tässä on saatu säilörehut ja heinät saman suoran ja saman yhtälön puitteisiin. Suoran yhtälö on  $Y = -1.04 X + 100$ . Tätä yhtälöä on käytetty numerisissa tarkistuksissa, joita esitetään jällempänä olevissa taulukoissa.

#### REHUARVON LASKEMINEN

##### Käsitteitä ja symboleja

x kertomerkki

Ka % = kuiva-aine prosentteina tuorepainosta (Laskelmat tapahtuvat yleensä kuiva-aine pohjalla, mutta siirryttäessä korvauslukua laskettaessa rehun varastopainoon tarvitaan kuiva-aineprosenttia.)

Th % = tuhka prosentteina kuivapainosta

Rv % = raakavalkuainen -"-

Rk % = raakakuitu -"-

Rr % = raakarasva -"-

Rasvaa ei yleensä määritetä,

vaan oletetaan sen olevan säilörehulla 6.1 ja heinällä 2.3.

Jos ei käy ilmi kummasta on kysymys, niin pidetään rajana kos-

teusprosenttia 30 eli  $Ka \% = 70$ . Jos siis  $Ka \% \leq 70$  on  $Rr = 6.1$ , jos  $Ka \% > 70$  on  $Rr = 2.3$ . Laskukaavassa heinä ja säilörehu eroavat toisessakin kohdassa.

Vä = väkevyys

Rya = rehuyksikköarvo

Kl = korvausluku

Srv % = sulava raakavalkuainen %:na kuiva-aineesta

Srv g/ry = sulava raakavalkuainen grammaa rehuyksikköä kohti

(Tu % = typettömät uuteaineet, ei yleensä lasketa, mutta saataisiin kaavasta  $100 - (Th \% + Rv \% + Rk \% + Rr \%)$ ).

s = sulavuuskerroin

Rvs % = raakavalkuaisen sulavuuskerroin prosentteina

s org = orgaanisen aineen sulavuuskerroin =  $\frac{100 - 1.04 Rk \%}{100}$

org % =  $100 - Th \%$

Vä = ry/1 kg ka

$Rya = \frac{Vä \times Ka \%}{100}$

$Kl = \frac{1}{Rya} = \frac{100}{Vä \times Ka \%}$

qh = 1.45 = vakio heinälle (selitys jälempänä)

qv = 1.13 = vakio säilörehulle (selitys seuraavassa kappaleessa)

Kerroin qv = 1.13 on saatu seuraavasti: NJF-taulukkojulkaisun sivulla 8 olevasta taulukosta on yhdistetty käsitteet "faktori", joka säilörehulla on raakavalkuaisella 0.94 ja muilla orgaanisilla fraktioilla 1.00, sekä "ry-kerroin", joka on kaikilla orgaanisilla fraktioilla = 1.43, sekä lisäksi (NJF s. 5) arvoluku, joka näillä rehuilla on = 0.80. (Myös SALO, 1973, on yhdistänyt kaksi kerrointa). Teorias-  
sa raakavalkuaisen vaihtelu vaikuttaa arvoon qv. Tämä vaikutus on kuitenkin niin pieni, että se voidaan jättää huomiotta. Arvoa qv = 1.13 laskettaessa otettiin lähtökohdaksi Apukassa vuosien 1972 ja 1973 sadosta analysoitujen säilörehunäytteiden keskimääräisen valkuaispitoisuuden osuus orgaanisen aineen kokonaismäärästä. Kun sitten laskettiin kerroin qv joukolle muita säilörehuja, myös NJF:n taulukosta otettuja, siis kullekin rehulle oma qv-kerroin, niin tämä kerroin pysyi aina kolmen numeron tarkkuudella samana, siis lukuna 1.13. Kun sitten laskettiin 24 kpl Kaukosen meijerin säilörehuja, joissa Rv vaihteli rajoissa 9.7...18.2 %, täydellisellä PMY:n laskukaavalla mutta Tiihosen sulavuuskertoimilla, niin arvo srv g/ry on pysynyt



kaikissa tapauksissa grammalleen samana kuin samoilla sulavuusker-  
toimilla meidän kaavallamme laskien Kun kysymyksessä it-  
seasiassa on vain kertoimien 0.94 ja 1.00 kesken tapahtuva painolli-  
sen keskiarvon laskeminen, ei monen prosentin vaihtelua voi odottaa-  
kaan.

Heinäällä käytettävä kerroin  $q_h = 1.45$  on saatu vastaavasti kuin  
qv. "Faktori" on sama kuin säilörehulla paitsi raakarasvan faktori,  
joka heinäällä on 1.91. Ry-kerroin on sama kuin säilörehulla (1.43).  
Arvolukua ei heinäällä ole, sen sijaan on kuitukerroin  $1.43 \times 0.64 =$   
 $0.92$  (vrt. SALO, 1973, s. 21). Näinollen raakakuitu esiintyy väkevyy-  
den kaavassa heinäällä kahdessa paikassa, säilörehulla vain yhdessä.

Säilörehun rehuarvon laskeminen

$$\begin{aligned} \text{Väkevyyys (ry/kg)} &= \text{Vä} = qv \times s \times \text{Org. aine \%} \\ &= 1.13 \times \frac{100 - 1.04 \text{ Rk \%}}{100} \times \frac{100 - \text{Th \%}}{100} \\ &= \frac{1.13(100 - 1.04 \text{ Rk \%}) (100 - \text{Th \%})}{10\ 000} \end{aligned}$$

$$\text{Korvausluku} = K1 = \frac{100}{\text{Vä} \times \text{Ka \%}} = \frac{1\ 000\ 000}{1.13 \text{ Ka \%} (100 - \text{Th \%}) (100 - 1.04 \text{ Rk \%})}$$

$$\begin{aligned} \text{Sulava raakavalkuainen g/ry} &= \text{Srv g/ry} = \\ &= \frac{\text{Rvs \%} \times \text{Rv \%} \times 1\ 000}{(100 - 1.04 \text{ Rk \%}) \times 1.13(100 - \text{Th \%})} \end{aligned}$$

Seuraavassa esiintyvä lauseke  $103.3 - 1.28 \text{ Rk \%}$  on kuvassa 1 esite-  
tyn yhtälön mukainen raakavalkuaisen sulavuusprosentti laskettuna  
kuidun perusteella.

$$\begin{aligned} \text{Srv g/ry} &= \frac{(103.3 - 1.28 \text{ Rk \%}) \times \text{Rv \%} \times 1\ 000}{1.13 (100 - \text{Th \%}) (100 - 1.04 \text{ Rk \%})} \\ &= \frac{\text{Rv \%} \times (103.3 - 1.28 \times \text{Rk \%}) \times \text{Ka \%} \times K1}{1\ 000} \end{aligned}$$

Heinän\_rehuarvon\_laskeminen

$$\text{Väkevyys} = \frac{(100 - 1.04 \times \text{Rk } \%) (100 - \text{Th } \%) \times 1.45 - 92 \times \text{Rk } \%}{10\ 000}$$

$$\text{Korvausluku} = \frac{100}{\text{Ka } \% \times \text{Vä}}$$

$$= \frac{1\ 000\ 000}{\text{Ka } \% (100 - 1.04 \text{ Rk } \%) (100 - \text{Th } \%) \times 1.45 - 92 \times \text{Rk } \%}$$

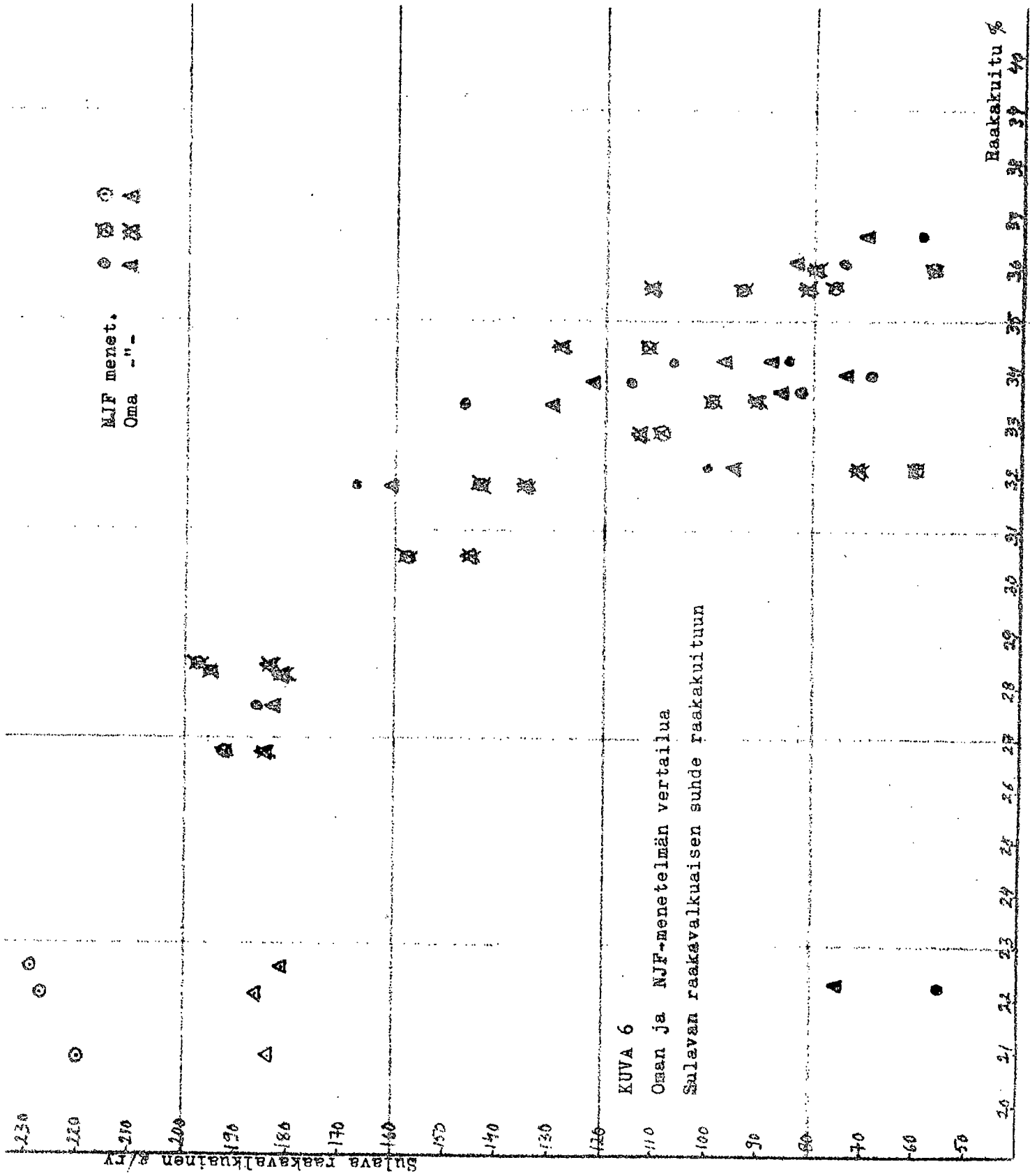
$$\text{Sulava raakavalkuainen g/ry} = \text{Srv g/ry}$$

$$= \frac{\text{Rv } \% (103.3 - 1.28 \times \text{Rk } \%) \times \text{Ka } \% \times \text{K1}}{1000}$$

$$= \frac{\text{Rv } \% (103.3 - 1.28 \times \text{Rk } \%) \times 1000}{(100 - 1.04 \times \text{Rk } \%) (100 - \text{Th } \%) \times 1.45 - 92 \times \text{Rk } \%}$$

Kuvassa 6 on joukko NJF-taulukosta poimittuja tapauksia, joiden avulla tarkastellaan rehuyksikköä kohti lasketun sulavan raakavalkuaisen määrän tilastollista riippuvuutta raakakuitupitoisuudesta. Riippuvuus on selvä, joskin yksi suuri poikkeus on kuitupitoisuuden 22.3 kohdalla. Kuvaan on merkitty sekä suoraan NJF-taulukosta saatu että omalla laskutavalla laskettu sulavan valkuaisen määrä. Nämä ovat melko lähellä toisiaan, varsinkin aineiston keskipisteen tienoilla. Yli 20 g:n eroja esiintyy vain hyvin pienissä ja suurissa kuitupitoisuuksissa. Kuituasteikon alapäässä ovat omalla laskumenetelmällä saadut luvut useimmiten pienempiä ja kuituasteikon yläosassa suurempia kuin NJF-taulukon luvut, mikä vastaa sitä edellä jo esitettyä periaatetta että kuitupitoisuuden merkitys on otettu huomioon varovasti, "hajonnan perässä juoksemista" peläten. Keskimäärin on omalla laskumenetelmällä saatu tulos (srv g/ry) jokseenkin sama kuin NJF-taulukon vastaava keskiarvo. Omaksutusta varovaisuudesta luovutaan sitten kun laajahko omista oloista saatu materiaali antaa siihen aiheen.

Kuvassa 6 esiintyviin rehuyksikölle laskettujen sulavan raakavalkuaisen määriin (srv g/ry) vaikuttaa näytteen raakavalkuaisen eli totalityypipitoisuus hyvin voimakkaasti. Karkeana nyrkkisääntönä voidaan sanoa, että srv g/ry saadaan kun raakavalkuaisprosentti kerrotaan kymmenellä. Jokaisen uuden asiaan vaikuttavan tekijän mukaan ottaminen kuitenkin aina tarkentaa tulosta, ja edellä esitetty kuvan 6 tarkastelu viittaa siihen, että kuitupitoisuudelle voitaisiin antaa isompikin osuus tulokseen vaikuttavana tekijänä kuin sillä uudessa menetelmässä on.



KUVA 6

Oman ja NIF-menetelmän vertailua

Sulavan raakavalkuaikaisen suhde raakakuituun

20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 Raakskuitu %

Taulukon 1 perusteella voidaan verrata eri laskutavoilla saatuja korvauslukuja ja rehuyksikön sulavan raakavalkuaisen määriä NJF-taulukossa esitettyihin määrityksiin. Sarakkeen 9 luvut on laskettu omalla alustavalla menetelmällä, jossa raakavalkuaiselle käytettiin yleistä orgaanisen aineen sulavuuskerrointa myös srv-arvoja laskettaessa. Luvut ovat pienien kuitupitoisuuksien alueella vähän lähempänä NJF:n lukuja kuin lopullisella laskutavalla saadut (sarake 8), mutta korkeiden kuitupitoisuuksien alueella ovat alustavat luvut tuntuvasti kauempana. Alustavan menetelmän edelleen kehittämistä luovuttiin, koska erityisten sulavuuskertoimien laskeminen valkuaiselle ei kalkylaattoria käytettäessä tuota mainittavaa hankaluutta.

Sarakkeissa 6 ja 10 on Tiihosen sulavuuskertoimilla mutta muuten omalla laskutavalla lasketut korvausluvut ja srv-arvot. Sulkeissa olevat luvut on saatu jatkamalla (ekstrapoloimalla) Tiihosen taulukoita. Jo oman laskutavan synnyn perusteella on selvää, että sen tulokset seurailevat sekä NJF-taulukon lukuja että Tiihosen aineistoon perustuvia lukuja. Taulukko 1 täydentää kuvan 6 esitystä erityisesti korvauslukujen osalta.

Taulukossa 2 on säilörehusta samantapaisia laskelmia kuin taulukossa 1 heinästä. Oma alustava laskutapa, joka jäi myöhemmin syrjään, esiintyy sarakkeessa 14. Taulukossa on myös sarakkepareja (6 ja 7, 11 ja 12), joissa on käytetty samoja PMY:n taulukosta saatuja sulavuuskertoimia. Vierekkäisten sarakkeiden vertailu osoittaa, minkä verran laskutavan yksinkertaistaminen on vaikuttanut tulokseen. (Vähäisiin eroihin sisältyvät myös mahdolliset laskuvirheet.) Sarakkeiden 6 ja 8 vertailu osoittaa, minkä verran oman uuden menetelmän antamat korvausluvut poikkeavat yksityistapauksissa NJF-taulukossa esitettyistä määrityksistä. Sarakkeiden 11 ja 13 vertailu osoittaa saman asian svr-luvuista.

#### Compucorp-ohjelmat

Kehitetyt uudet laskukaavat voidaan ohjelmoida tietokoneelle, mutta ne saadaan mahtumaan myös pieneen, muutamia tuhansia markkoja maksa-vaan kalkylaattoriin. Compucorp 344 Statistician sisältää 2 x 80 askelen ohjelmatilan. Säilörehuohjelma vie 99 askelta, heinäohjelma 146 askelta.

Ohjelmointi vaatii tottumusta. Maisteri Veli POHJONEN on auttanut

Taulukko 1. Eri laskutapojen vertailu heinällä. NJF-taulukosta poimittu eri kuituluokkia edustava, mutta kasvien puolesta mahdollisimman paljon timoteita muistuttava aineisto. Järjestys kasvavan kuituprosentin mukainen.

NJF- näyte no	% ka:sta		Korvausluku			Srv g/ry		Sulav.		Kasvi
	raaka kuitu	raaka valk.	NJF- taul.	Oma menet.	Oma, sulav, Tiihosen	NJF- taul.	Oma menet. lopul.	Oma alust.	kert. Tiihosen	
Sarake	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
82	20.9	19.3	1.7	1.7	(1.4)	220	183	188	(189)	Trif. prat.
77	22.1	19.5	1.7	1.4	(1.4)	227	186	191	(191)	" "
108	22.3	8.1	1.6	1.4	(1.5)	55	74	76	(76)	Phleum prat.
78	22.6	19.1	1.9	1.4	(1.5)	229 <sup>2)</sup>	181	186	(187)	Trif. prat.
93	25.4	17.1	2.0	1.6	(1.7)	196	166	173	(172)	Trif. hybrid
61	25.9	18.6	2.2	1.8	(1.8)	208	178	188	(192)	Apilansek. heinä
112	26.8	18.8	1.5	1.7	1.7	192	184	192	193	Festuca prat.
96	27.6	18.5	1.5	1.7	1.8	186	183	191	192	Phleum prat.
54	28.0	16.1	1.9	1.8	1.8	176	164	172	173	Apilansek. heinä
110	28.3	18.2	1.7	1.7	1.8	195	181	189	192	Poa prat.
117	28.4	18.2	1.6	1.7	1.8	197	183	193	194	Bromus inermis
62	30.4	12.1	1.8	1.8	2.0	118	121	129	132	Phl.+ Trif.(-39%)
111	30.5	14.3	1.8	1.8	2.0	157	146	155	160	Poa prat.
98	31.9	15.0	1.8	2.0	2.2	167	160	171	178	Phleum prat.
113	31.9	13.1	1.8	1.9	2.2	144	135	144	150	Festuca prat.
114	32.2	7.0	2.0	1.9	2.1	60	71	77	79	" "
105	32.3	9.2	2.2	1.9	2.2	100	95	102	107	Phleum prat.
115	32.9	10.7	1.8	2.0	2.3	109	113	121	126	Bromus inermis
100	33.4	12.3	2.0	2.0	2.3	146	129	140	149	Phleum prat.
109	33.5	8.6	2.9	2.0	2.4	99	91	98	105	Dactylis glomerata
101	33.7	8.2	2.1	2.0	2.3	82	86	93	95	Phleum prat.
97	33.9	11.4	1.8	2.1	2.4	115	122	132	139	" "
102	34.0	7.0	2.2	2.0	2.4	69	74	80	86	" "
99	34.3	8.4	2.1	2.0	2.3	85	89	96	96	" "
103	34.3	9.0	2.5	2.1	2.5	106	97	104	111	" "
94	34.5	11.8	1.6	2.0	2.4	112	128	139	152	Lolium perenne
95	35.6	9.7	2.1	2.3	(2.9)	94	111	121	(133)	" "
116	35.7	7.5	2.2	2.2	(2.7)	76	81	89	(94)	Bromus inermis
118	36.0	7.1	2.3	2.2	(2.9)	56	79	86	(97)	Alop. arundin.
104	36.1	7.7	2.1	2.2	(2.8)	74	83	91	(98)	Phleum prat.
106	36.6	6.5	2.7	2.3	(3.0)	59	70	77	(87)	" "
107	40.1	7.9	2.7	2.6	(4.3)	87	94	105	(136)	" "

Taulukko 2. Eri laskutapojen vertailu säilörehulla. NJF-taulukon näytteitä. Järjestys kasvavan raakakuituprosentin mukainen.

Kasvi	Maa	Näyte n:o	% ka:sta raaka kuitu	raaka raaka valk.	Korvausluku		omat kert. ja las-kutapa	Tiihosen kert.		Srv g/ry		oma alus-tava	
					NJF-taulu-kosta	oma lasku-tapa		oma NJF-laskutapa	NJF-kertoimet taulu-kosta lasku-tapa	oma lop.			
	Sarake	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Apilansek.ruoho	R	197	16.2	4.3	4.4	3.8	3.7	3.7	156	158	156	159
	Timotei	T	225	15.6 <sup>s</sup>	5.5	5.6	5.6	5.6	5.6	140	140	155	160
	" +apila>50%	R	209	16.1	5.4	5.3	5.3	5.0	5.0	155	150	152	159
	timotei+apila	S	213	19.1	8.2	8.3	7.7	7.7	7.7	185	188	187	194
	Koiranheinä	T	226	14.3	5.8	5.9	6.7	6.7	6.7	125	129	133	140
	Apilansek.ruoho	R	199	14.9	7.4	7.1	7.7	7.7	7.7	132	130	132	141
	"	T	201	14.4	5.7	5.6	5.7	5.7	5.7	124	122	131	140
	Timotei+apila	T	208	16.1	6.1	6.2	6.2	6.2	6.2	120	124	119	127
	Apila>50%+tim.	N	207	17.2	7.2	7.1	7.7	7.7	7.7	178	177	165	177
	Ital.rainheinä	T	224	12.9	2.5	2.5	2.2	2.2	2.2	78	80	117	124
	"	T	222	13.3	7.5	7.4	8.3	8.3	8.3	110	110	117	125
	Niittynurmikka	T	227	14.9	7.0	7.1	8.3	8.3	8.3	125	124	137	147

meidät alkuun tekemällä pääosan ohjelmista pienemmälle, 1 x 80 askelen koneelle. Molemmat ohjelmat vaativat suuremman, 2 x 80 askelen muistin. Seuraavassa esitetään ohjelmat sellaiselle koneelle sovellettuina. Ohjelmaa koneeseen syötettäessä on analyysilukujen paikalle pantava jotkut analyysiarvot tai mielivaltaiset luvut. Oheisessa ohjelmassa on täysin mielivaltaisten lukujen sijasta käytetty Apukassa v. 1972 analysoitujen näytteiden keskiarvoja, joita vastaavat lopputulokset voitaisiin poimia esille jo ohjelman syötön yhteydessä, mutta rutiini on selvempi jos kaikki lopputulokset lasketaan ohjelman syötön jälkeen, ohjeen kohdan "laskutoimitukset" mukaisesti.

Ohjelman syöttäminen vie kohtalaisesti tottuneelta henkilöltä aikaa 2-4 minuuttia. Sen jälkeen menee noin 30 sekuntia näytettä kohden, pääasiassa analyysilukujen syöttämiseen ja tulosten muistiin merkitsemiseen.

Säilörehun\_rehuarvon\_laskeminen

OHJELMAN SYÖTTÖ KONEESEEN

	Display	Step	Selitys
PROG 1			
SET D.P. 4	0.0000		
CLEAR GROUP			
XY			
LOAD		01	
START/STOP		02	
20.3			Ka %
STn		03	
1		04	
START/STOP		05	
9.0		0	Th %
STn		06	
2		07	
START/STOP		08	
14.8			Rv %
STn		09	
3		10	
START/STOP		11	
27.2			Rk %
STn		12	
4		13	
x		14	
1.04		18	Regressiokerroin
=		19	
CHG SIGN	-2.828800	01 20	
+		21	
100		24	
=	7.171200	01 25	
x		26	
1.13		30	Yhdistetty kerroin qv
=	8.103456	01 31	
x		32	
(		33	
RCLn		34	
2		35	
CHG SIGN		36	
+		37	
100		40	
)		41	
=	7.374144	03 42	
÷		43	
1		44	
EXP		45	
4		46	
=	7.374144-01	47	
START/STOP		48	
1/x		49	
START/STOP		50	
1/x		51	
STn		52	
5		53	
x		54	
RCLn		55	
1		56	
÷	1.496951	01 57	

jatkuu



	Display	Step	Selitys
100		60	
=	1.496951-01	61	
1/x		62	
START/STOP		63	
1/x		64	
START/STOP		65	
1/x		66	
START/STOP		67	
RUN	6.6802		
PROG 2			
LOAD	6.680243 00	01	
x		02	
RCLn		03	
1		04	
x	1.356089 02	05	
RCLn		06	
3		07	
x		08	
(		09	
RCLn		10	
4		11	
x		12	
1.28		16	Regressiokerroin
=	3.481600 01	17	
CHG SIGN		18	
+		19	
103.3		24	Regressiovakio
)		25	
=	1.374482 05	26	
↑		27	
1		28	
EXP		29	
3		30	
=	1.374482 02	31	
START/STOP		32	
RUN	137.4482		

LASKUTOIMITUKSET

PROG 1  
 START/STOP  
 Lue Rya  
 Ka %  
 START/STOP  
 Th %  
 START/STOP  
 Rv %  
 START/STOP  
 Rk %  
 START/STOP  
 Lue Vä  
 START/STOP  
 Lue täyttävyyys  
 START/STOP  
 Lue KI

START/STOP  
 Lue Rya  
 START/STOP  
 PROG 2  
 START/STOP  
 Lue Srv g/ry

Uusi näyte: PROG 1, START/STOP, Ka % jne.

jatkuu viereisellä sarakkeella

Heinän\_rehuarvon\_laskeminen

OHJELMAN SYÖTTÖ KONEESEEN

	Display	Step	Selitys
FROG 1			
SET D.P. 4	0.0000		
CLEAR GROUP			
XY			
LOAD		01	
START/STOP		02	
82.7			Ka %
STn		03	
1		04	
START/STOP		05	
7.3			Th %
STn		06	
2		07	
START/STOP		08	
11.8			Rv %
STn		09	
3		10	
START/STOP		11	
30.7			Rk %
STn		12	
4		13	
x		14	
1.04		18	
=	3.192800 01	19	Regressiokerroin
CHG SIGN		20	
+		21	
100		24	
=	6.807200 01	25	
x		26	
(		27	
RCLn		28	
2		29	
CHG SIGN		30	
+		31	
100		34	
)		35	
x	6.310274 03	36	
1.45		40	Yhdistetty kerroin qh
=	9.149897 03	41	
-		42	
(		43	
92		45	Kuitukorjauskerroin
x		46	
RCLn		47	
4		48	
)	2.824400 03	49	
=	6.325497 03	50	
÷		51	
1		52	
EXP		53	
4		54	

jatkuu

	Display	Step	Selitys
=	6.325497-01	55	
START/STOP		56	
1/x		57	
START/STOP		58	
1/x		59	
STn		60	
5		61	
x		62	
RCLn		63	
1		64	
$\frac{\div}{\div}$		65	
100		68	
=	5.231186-01	69	
1/x		70	
START/STOP		71	
1/x		72	
START/STOP		73	
1/x		74	
START/STOP		75	
RUN	1.9116		
PROG 2			
LOAD	1.911612 00	01	
RCLn		02	
3		03	
x		04	
(		05	
RCLn		06	
4		07	
x		08	
1.28		12	Regressiokerroin
=	3.929600 01	13	
CHG SIGN		14	
+		15	
103.3		20	
)	6.400400 01	21	
x		22	
1		23	
EXP		24	
3		25	
=	7.552472 05	26	
$\frac{\div}{\div}$		27	
(		28	
RCLn		29	
4		30	
x		31	
1.04		35	Regressiokerroin
=	3.192800 01	36	
CHG SIGN		37	
+		38	
100		41	
=	6.807200 01	42	
x		43	
(		44	
RCLn		45	
2		46	
CHG SIGN		47	

jatkuu

	Display	Step	Selitys
+		48	
100		51	
)		52	
=	6.310274 03	53	
x		54	
1.45		58	Yhdistetty kerroin qh
=	9.149897 03	59	
-		60	
(		61	
RCLn		62	
4		63	
x		64	
92		66	Kuitukorjauskerroin
)		67	
=	6.325497 03	68	
)		69	
=	1.193972 02	70	
START/STOP		71	
RUN	119.3972		

LASKUTOIMITUKSET

PROG 1  
 START/STOP  
 Ka %  
 START/STOP  
 Th %  
 START/STOP  
 Rv %  
 START/STOP  
 Rk %  
 START/STOP  
 Lue Vä  
 START/STOP  
 Lue täyttävyyys  
 START/STOP  
 Lue KI  
 START/STOP  
 Lue Rya  
 START/STOP  
 PROG 2  
 START/STOP  
 Lue Srv g/ry

Uusi näyte: PROG 1, START/STOP, Ka % jne.

## TIIVISTELMÄ

Tiedotteessa on esitetty Lapin koeasemalla käyttöönotettu laskutapa, joka on tarkoitettu heinän ja heinäkasveista tehdyn säilörehun täyttävyyden, korvausluvun sekä rehuyksikköä kohti lasketun sulavan raakavalkuaismäärän laskemiseen analyysiluvuista. Laskemista varten on analysoitava kuiva-ainepitoisuus, tuhkapitoisuus, raakavalkuaispitoisuus ja raakakuitupitoisuus. Laskukaavoihin sisältyy sulavuuskertoimien arviointi raakakuitupitoisuuden perusteella. Tässä vaiheessa käytettäviä kokemusperäisiä kertoimia ja vakioita on pidettävä väliaikaisina, kunnes ne voidaan laskea riittävän suuresta ja asianomaisiin luonnonoloihin liittyvästä aineistosta. Menetelmää voidaan kuitenkin jo käyttää eri näytteiden (maatilojen) väliseen vertailuun ja myös eri vuosien väliseen vertailuun. Se antaa aina yksikäsitteisen tuloksen ja sopii siten hyvin rutiinikäyttöön. Laskeminen käy nopeasti suhteellisen huokealla kalkylaattorilla, jossa on noin 160 askelen ohjelmamuisti. Tiedote sisältää laskuohjelman Compucorp 344 Statistician-konetta varten.

## KIRJALLISUUSLUETTELO

- KOSKENKORVA, E. 1973. Maakuntanäytteiden rehuyksikkölaskut. Käsikirjoitus, 2 s. Lapin koeaseman kirjasto, osasto 57.
- NJF (Nordiske Jordbrugsforskeres Forening) Fodermiddeltabel. Nordisk Jordbrugsforskning, Nr. 1, 1969, 40 s.
- POUTIAINEN, E. & RINNE, K. 1971. Korjuuasteen vaikutus säilörehun rehuarvoon. Kehittyvä Maatalous 1971, 3:15-28.
- SALO, Maija-Liisa 1973. Rehuarvon määrittäminen eläinkokeilla ja laskemalla. Yliopiston kotieläintieteen laitos, c1- ja 1-arvosanat. Moniste, 22 s.
- TIIHONEN, P. 1975. Säilörehun ja heinän laatu 1973-74. Käsikirjoitus.

