

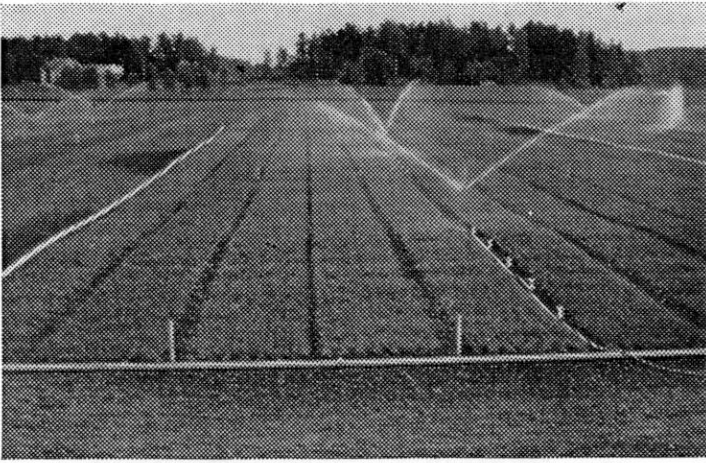
VAKOLAN TIEDOTE 6/69

L. Räisänen ja O. Kara:

Sadetuslaitteet



ERIPAINOS KONEVIESTISTÄ N:o 6/69



Sadetus on nykyaikaiseen voimaperäiseen kasvinviljelyyn kuuluva menetelmä. Sen tarkoituksena on mahdollisimman suuren ja hyvänlaatuisen sadon varmistaminen. Viljelijän kiinnostus sadetusta kohtaan on viime vuosina melkoisesti lisääntynyt. Tutkimus on kohdistunut suunnitelmalliseen viljelykasvien sadetukseen soveltuvien laitteiden kehittämiseen mm. lannoitteiden ym. kasvutekijöiden vaikutustehon parantamiseksi. Sadetusmenetelmien kehittämisessä on pyritty ennen kaikkea työkustannusten vähentämiseen.

Vuosittain kasvukauden sääolot vaihtelevat tuntuvasti ja siten myös sadetukseen ajankohta ja sadetukseen tarve saattavat oleellisesti muuttua. Käytännössä sadetus suoritetaan usein kuitenkin kaavamaisesti vuodesta toiseen tietynä aikana tai tietyllä kasvuston kehitystasolla. Näin menetellen ei aina saavuteta edullisinta taloudellista tulosta. Kun tunnetaan riittävän tarkoin tietyt ennen kaikkea sääoloista, mutta myös maalaista ja viljeltävästä kasvista riippuvat tekijät, sadetukseen tarve ja ajankohta voidaan melko tarkasti arvioida.

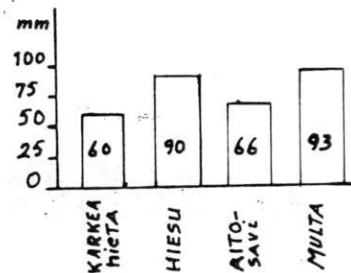
Maan fysikaalisten ominaisuuksien vaikutus sadetukseen

Maan vesioloihin vaikuttavat sade ja maan vedenpidätyskyky sekä kasvien haihduttama veden määrä. Viimeksi mainittuun vaikuttaa kaksi toisistaan riippumatonta tekijää: toisaalta kasvi ja sen kehitysaste sekä toisaalta ilman kosteus, tuuli ja lämpötila.

Maa pystyy pitämään määrän rajoitetun määrän kasveille käyttökelpoista vettä. Tämän veden hyötykapasiteetti eli ero maan suurimman vedenpidätyskyvyn (kenttäkapasiteetin) ja lakastumisrajan (vesi, jota kasvi ei pysty maasta irrottamaan) välillä määrää sadetukseen tarpeen. Eri maalaisten hyötykapasiteetit poikkeavat melkoisesti toisistaan. Tästä johtuen eri maalaisten sadetukseen tarve samoissakin sääoloissa vaihtelee tuntuvasti. Hiekka- ja karkeahkot hietamaat sitovat kasveille käyttökelpoista vettä melko huonosti, joten niitä voidaan kuivina kausina joutua sadettamaan useita kertoja. Multa- ja hiesumaiden vedenpidätyskyky on melko suuri. Näin ollen ne eivät ole arkoja poutimaan ja jo yhdellä

sopivaan aikaan suoritetulla sadetuksella näillä mailla voidaan saada tuntuva sadon lisäys. (Kuva 1)

Sadetuksen kannalta on siis ratkaisevaa, miten suuri on juuristovyöhykkeessä olevan kasveille käyttökelpoisen veden määrä. Jos maan pidättämän veden määrä vähenee noin puoleen hyötykapasiteetista, kasvit alkavat kärsiä jo veden puutteesta. Hiesuja multailla 40 cm kerrokseen – viljakasvien pääasialliseen juuristovyöhykkeeseen – voi varastoitua kasveille käyttökelpoista vettä keskimäärin – tosin suurin vaihtelurajoin – n. 100 mm ja hiekkamailla vain n. puolet em. määrästä (kuva 2). Viimeksi mai-



Kuva 2. Eräiden maalajien kasveille käyttökelpoisen veden määrä (mm) 40 cm maakerroksessa. Hiekkamaiden sadetukseen tarve on suurin.

nitun vesimäärän kasvit kuluttavat nopeasti ja voivat joutua kärsimään melko pian kuivuudesta. Tästä johtuen hiekkamailla sadetukseen merkitys on suurin.

Eri maalajien suhtautumisessa sadetukseen on tärkeitä ottaa huomioon, miten nopeasti vesi tunkeutuu maahan. Mitä suurempi on maan huokostilavuus, sitä nopeammin maa imee vettä. Kuivassa maassa läpäisykyky on aluksi hyvä. Kosteuden lisääntyessä maan pintakerroksen läpäisykyky huononee maaosasten paisumisesta aiheutuvasta huokostilavuuden pienentymisestä johtuen. Kuivan maan äkkiä kostuessa kestävämmät murut saattavat hajota, jolloin maa lietty hiukkeiseksi, ja pienet maaosaset täyttävät huokosia estäen veden painumista. Liettyviljellä ja kuoretuvilla mailla, esim. hiesumailta, murujen rikkoutumista voidaan rajoittaa käyttämällä etenkin kastelun alkuvaiheessa pienin pisaroin tapahtuvaa hidasta sadetusta.

Veden imeytyessä hitaasti maan huokostilavuuden muutokset tapahtuvat sadetukseen ja maan rakenteen kannalta edullisimmin. Hyvärakenteisilla hiesu- ja savimailla n. 3..5 tunnissa annettava sadetusteho on pidettävä riittävänä. Tätä suurempaa tehoa käytettäessä, etenkin jos ylitetään imeytymisraja ja vesi ylitä maan pinnalle, maan rakenteelle saattaa aiheutua tuntuva vahinkoja. Hyvin huonorakenteisilla mailla sadetusteho ei saisi ylittää n. 2 mm/h. Lämpisevällä hiekkamailla sadetusteho voi ilman em. haittoja olla lähes 20 mm/h. Suuri sadetusteho lisää pisaroiden kokoa. Suuret pisarat hajoittavat maan muruja iskuvaikutuksellaan mekaanisesti. Tässäkin suhteessa ns. hidassadettimet ovat etenkin liettyvien maiden sadetukseen edullisia. Myöhemmässä kehitysvaiheessa, kasvuston peittäessä maan, em. vaurioita ei enää saannottavasti tapahdu.

Maan sisältämä orgaaninen aines parantaa maan rakennetta ja vähentää siten sadetuksessa mahdollisesti tehtävien virheidenvaihtelua. Kosteassa maassa pieneliötoiminta on vilkkaampaa ja orgaanisen aineksen kulutus suurempi, mikä on voimaperäisessä viljelyssä otettava huomioon. Kalitus parantaa maan rakennetta, sen läpäisykykyä ja sadetukseen kestävyttä.

Sadettavia maita on varottava muokkaamasta liian hienojakoisiksi. Tässä mielessä joustopiikkiäkeet ovat vaarattomimpia Lapiorullaäkeillä – etenkin liikaa – muokattaessa hienojakoinen maa jää pinnalle ja vaikuttaa epäedullisesti sadetukseen. Tiiviillä ja kuoretuvalla maalla jyrästä on pyrittävä välttämään.

Sääolot ja sadetukseen tarve

Ilmastollemme luonteenomaisena piirteenä on alkukesän kuiva kausi. Näin ollen kasvit voivat joutua usein kärsimään veden puutteesta jo melko varhaisessa kehitysvaiheessa. Ensimmäiset sadetukset joudutaan monesti suorittamaan aikana, jolloin maa ei vielä ole kasvuston peittämä. Kasvien kautta tapahtuva biologinen haihtuminen on tässä kehitysvaiheessa vielä melko pientä siihen kehitysvaiheeseen verrattuna, jolloin kasvien kuiva-aineen tuotto on suurimmillaan. Kasvukauden alkupuolella ratkaisevin merkitys maan vesiolojen kannalta on maan pinnasta tapahtuvalla fysikaalisella haihtumisella. Juuriston kehityksen alkuvaiheessa maan pintakerroksen kuivuessa kasvit eivät vielä kykene käyttämään maan syvemmissä kerroksissa olevia vesivarjoja. Juuristokerroksen ollessa melko pinnassa kasvien riittävä veden saanti voidaan turvata jo verraten pienellä, n. 20 mm, sademäärällä, jos välittömästi juurikerroksen alla vesikapasiteetti on riittävä. Veden kapillaarinen nousu syvemmistä kerroksista – hienohietamaita lukuunottamatta – on yleensä hidasta eikä sillä ole kasvien vesitalouden kannalta niin suurta merkitystä mitä aikaisemmin on otaksuttu.

Kasvien haihduttama veden määrä, toisin sanoen niiden veden tarve, riippuu paitsi kasvien kehitystasosta ennen kaikkea ilman kosteudesta. Jos vettä on riittävästi saatavilla, haihtuminen saavuttaa suurimman mahdollisen arvon, joka on sitä suurempi mitä pienempi on ilman suhteellinen kosteus ja mitä korkeampi lämpötila. Ilman kosteuden kyllästysvajausta on siis kasvien veden tarpeen mitta. Erittäin kuivina ja lämpiminä päivinä kasvien kautta tapahtuva haihtuminen maan ollessa kasvuston peittämä saattaa olla 4... 5 mm vuorokaudessa.

Sadetta ja sadetusta verrattaessa on todettava, että sateisella säällä ilma on pilvikerroksen saakka täysin veden kyllästämä, jolloin haihtumista ei tapahdu. Keinosaadetus suoritetaan yleensä ilman suhteellisen kosteuden ollessa hyvin pieni. Tästä johtuen melko suuri osa vedestä haihtuu jo ilmaan hajaantuessaan sekä kasvien ja maan pinnalta. Tämän fysikaalisen haihtumisen on arvioitu yleensä olevan päivällä keskimäärin noin puolet sadetettavan veden määrästä. Illalla sadetettaessa haihtuminen on n. 1/3. Yöllä haihtuminen on pienimmillään ja sadetukseen vaikutus tässä suhteessa suurin. Luonnon sateeseen verrattuna sadetettaessa on käytettävä saman tehon saavuttamiseksi melkoisesti suurempia vesimääriä. Em. systä johtuen alle 20 mm sadetusta ei yleensä pidetä tarkoituksenmukaisena. Täysin kuivalle maalle saattaa olla syytä suorittaa lähes 50 mm sadetusta.

Sadetuksessa käytetyn veden lämpötila on usein maan lämpötilaa alhaisempi. Lisäksi haihtuminen lämpöä sitoessaan alentaa sadetun maan lämpötilaa. Lämpötila voi alentua maan pintakerroksessa useita asteita. Lämpötilan alenemisen vaikutus kasveihin riippuu kasvilajista. Esim. kaura, ohra ja peruna eivät ole kovin herkkiä, kun taas esim. juuri- ja vihanneskasvit suhtautuvat herkemmin maan lämpötilan vaihteluihin. Sadetukseen aiheuttamaa maan lämpötilan alenemista pidetään eräänä suurimmista sadetukseen haitoista verrattaessa keskenään luonnon saateen ja sadetukseen vaikutusta.

Viljelykasvit ja sadetus

Sadetuksen avulla voidaan viljellä myös sellaisia kasveja, joiden menestyminen poutivilla mailla olisi muuten epävarmaa. Yksi tai useampi oikeaan aikaan suoritettu sadetus vaikuttaa edullisesti paitsi sadon määrään myös sen laatuun ja tuleentamiseen. Tulos on sitä parempi, mitä edullisemmin sadetus onnistutaan soveltamaan muiden kasvutekijöiden suhteen. Erityisesti on syytä korostaa tehokkaan lannoituksen, nimenomaan rivilannoituksen, merkitystä.

Sadetus tehostaa paitsi kasvien maanpäällisten osien kasvua myös juurten kehitystä parantaen siten vedenottokykyä kuivina kausina. Tiiviillä maalla kova jankkokerros

voi estää juurten kasvua. Sade-
tus pehmentää maata ja helpot-
taa juurten tunkeutumista syvem-
mälle.

VILJAKASVIEN SADETUS

Kasvun varhaisessa kehitysvai-
heessa - esim. n. 3 viikkoa oras-
tuminen jälkeen aina tupelle tu-
loon saakka - suoritettu sadetus
edistää viljakasvien versomista ja
lisää jyvien määrää tähkissä ja
röyhkyissä. Lakoutumisvaaran vuok-
si viljakasveja ei saa sadettaa lii-
kaa etenkään myöhäisessä vai-
heessa. Huomioon otettavana
seikkana on myös jyvien sakolu-
vu paraneminen. Maatalousko-
neiden tutkimuslaitoksella suori-
tetuissa kokeissa sadetuksen on
todettu alentaneen jyvien valku-
aispitoisuutta. Tämä on johtunut
ilmeisesti osittain myös siitä, että
nurmottomana viljellyn maan omi-
naisuudet eivät ole olleet typen
mobilisaatiolle edullisia ja typen
määrä on jäänyt minimitekiäksi.
Typen määrää lisättäessä on suhe-
de jonkin verran tasaantunut.
Tuntuvasti runsaammalla typpilan-
noituksella olisi valkuaispitoisuu-
den aleneminen voitu ilmeisesti
kokonaan estää.

PERUNAN SADETUS

Peruna kasvattaa melko pitkän
varaston mukulan sisältämän va-
raravinnon turvin. Varhaisessa ke-
hitysvaiheessa sadetus ei yleensä
lisää perunan satoa. Kuivina kau-
sina sadetus oloissamme voi olla
kuitenkin paikallaan ennen rivivä-
lin umpeutumista. Perunahan
vaatii melko korkean lämpötilan
(n. 10°C) itäkkeeseen ja hyvin ke-
hittyäkseen. Sadetus alentaa maan
lämpötilaa, joka alkukesästä on
usein perunan kasvun kannalta
rajoittavana tekijänä, joten sade-
tuksella tässä vaiheessa saattaa
olla jopa haitallinen vaikutus. Sa-
don kannalta veden saannin tur-
vaamisen tärkein ajankohta on
juuri ennen kukintaa ja sen jäl-
keen noin kuukauden aikana.
Tällöin peruna tarvitsee runsaasti
vettä. Varhaisperunan viljelyssä
viikkoa ennen nostoa suoritettu
sadetus voi lisätä satoa tuntuvas-
ti. Ennen kaikkea varhaisperunan
viljelyssä on syytä varautua sa-
detuslaitteiden käyttöön myös
hallantorjuntaan.

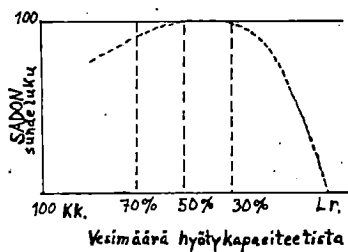
Sadetuksen on väitetty lisäävän

perunaruton leviämistä. Näin ei
kuitenkaan yleensä ole asia, ellei
kastella turhan paljoa, sillä rut-
tosienet vaativat kehityäkseen
melko korkean lämpötilan ja il-
man suhteellisen kosteuden on
oltava suuri useiden päivien ajan.
Sadetus tapahtuu yleensä ilman
kosteuden ollessa melko pieni ei-
kä se lisää sanottavasti ilman
suhteellista kosteutta.

SOKERIJUURIKKAAN SADETUS

Sokerijuurikas on subtrooppisen
ilmanalan kasvina vielä vaativam-
pi lämpötilan kuin kosteuden suhteen.
Sääolot maassamme eivät
ole sokerijuurikkaan kasvu-
tässä suhteessa edulliset. Keväällä
siemenen itämisen ja juurikkaan
taimettumisvaiheen aikana lämpö-
tila on lähes poikkeuksetta liian
alhainen. Juurikkaan siemen vaatii
itäkseen runsaasti kosteutta
moniin muihin viljelykasveihin ver-
rattuna. Keväällä kosteutta on
maassa talven jäljeltä yleensä
riittävästi edellyttäen että muok-
kaus on suoritettu asianmukai-
sesti. Jos on todettu juurikkaan
taimettumisen tuntuvasti nopeutu-
neen sadetuksen jälkeen, on il-
meisesti jäänyt ottamatta huomi-
oon, että lämpötilan nousulla on
ollut vielä suurempi vaikutus sie-
menen itämiseen. Varhaisella ke-
hitystasolla melko pienet, n. 15
mm, hidassadettimilla annetut ve-
simäärät ovat usein riittäviä. Sa-
dettaminen tulee tällöin kysymyk-
seen lähinnä keveillä, poutivilla
mailla, joilla myös lämpötilat ovat
edulliset. Vettä juurikas vaatii
runsaasti vasta sitten kun rivivälit
ovat umpeutuneet. Edullisin sade-
tusaika on oloissamme elokuun
alusta syyskuun alkuun, ellei muu-
ten sata riittävästi. Tällöin juu-
rikas ottaa tarvitsemastaan types-
tä n. 3/4, kalista n. 2/3 ja fosfo-
rista n. 1/2. 1-2 sadetuskertaa,
mikäli lämpöolot ovat suotuisat,
voi antaa melko suuren sadon li-
säyksen lähinnä keveähköillä mail-
la. Sen jälkeen sadetuksen vai-
kutukset jää pienemmäksi.

Eräissä ulkomaisissa kokeissa
on todettu sokerijuurikkaan ja-
lostusarvon parantuneen sadetuk-
sen vaikutuksesta. Haitallisen ty-
pen määrä ja tuhkapitoisuus ovat
alentuneet ja melassin osuus on
vastaavasti pienentynyt. Vaikka
toisaalta sokerin prosenttinen



Kuva 3. Kosteuden väheneminen
alle 30 % ja lisääntyminen yli 60
% kasveille käyttökelpoisen ve-
den määrästä voi aiheuttaa mo-
nilla mailla jo tuntuva sadon
pienemistä. (Lr = lakastumis-
raja, Kk = kenttäkapasiteetti).

osuus juurikaskiloa kohden on
pienentynyt, sokerimäärä on lii-
säntynyt runsaasta sadosta joh-
tuen pinta-alaa kohden tuntuvas-
ti Etenkin liian myöhäisessä kas-
vuvaiheessa suoritettu sadetus
alentaa juurikkaiden sokeriprosenttia.
Erot tasaantuvat kuitenkin,
jos syyskesä on lämmin.

Nurmikasvit käyttävät jo
melko varhain keväällä vettä, jo-
ten nurmien sadetus on usein
tarpeellista varhaisemmin kuin
muiden viljelykasvien. Toisaalta
nurmikasvit syväjuurisina voivat
ottaa kosteutta syvältäkin. Nurmet
tarvitsevat loputtomasti kosteutta
eikä niitä yleensä voida sadettaa
liikaa. Sadetus voi alkaa n. 2-3
viikkoa ennen niittoa kuitenkin
edellyttäen, että lämpötila on riit-
tävä korkeaa. Kylmällä säällä ei
nurmia yleensä kannata kastella.
Erityisesti on syytä korostaa niit-
tetyt nurmen huonoa vedenotto-
kykyä, koska vähästä haihtumise-
stä johtuva juurten imuvaikutus
on miltei olematon. Huolimatta
vähäisestä haihtumisesta nurmet
ovat niiton jälkeen poudalle erit-
tän arkoja ja sadetus jo melko
pian niiton jälkeen tarpeellista.

Sadestustarpeen arviointi

Sadestustarpeen arviointi voi-
daan suorittaa maassa olevaa ve-
simäärää jatkuvasti tarkkailemal-
la. Maan kosteudessa tapahtuvat
muutokset voidaan arvioida, kun
tiedetään sademäärä (maan otta-
ma) ja haihtuminen (maan luovut-
tama vesimäärä). Sadetuksessa
on vältettävä kastelemasta maata
täyteen kenttäkapasiteettiin,
joka käytännössä vastaa tilaa,
kun tiikuvesi 2...4 päivän ku-
luttua on vajonnut. Täydessä kent-
täkapasiteetissa olevassa maassa
kaasujen vaihtuminen on puute-
ellista, mikä etenkään jäykillä
mailla vähentää satoa. Kosteuden
aletessa lakastumisrajalle toisin
sanoen kasveille käyttökelpoisen
veden loppuessa, kasvu keskey-
tyy.

Kullekin maalajille ominainen
kasveille käyttökelpoisen veden
vakioarvo voidaan määrittellä. Sa-
detustarvetta arvioitaessa on tär-
keätä tietää, mitkä ovat ne maan
vesivaraston ääriarvot, jolloin kas-
vit kärsivät veden puutteesta, ja
milloin sato kosteuden lisääntymis-
essä ei voi enää suurenta. Kosteuden
väheneminen alle 30 % kas-
veille käyttökelpoisen veden mää-
räästä (hyötykapasiteetista) voi ai-
heuttaa jo tuntuva sadon piene-
nemistä. Vesimäärän pitäminen

yli 60...70 % hyötykapasiteetista
on tarpeetonta ja voi aiheuttaa
jäykillä mailla jo sadon alene-
mistä. (Kuva 3). Kasvun kannalta
pidetään yleensä edullisimpana n.
50 % vesimäärää hyötykapasite-
teetista. Lämpiminä ja kuivina
kausina sadettaminen yli em. ka-
pasiteetin nopeasta haihtumisesta
johtuen voi olla kuitenkin tarkoi-
tuskennukaista, ettei sadetusta
jouduta uusimaan pian.

Sateen ja haihtumisen määrät
antavat kuvan maan kosteustilasta
ja kosteuden kulku maassa voidaan
näillä perusteilla välillisesti
melko tarkasti arvioida ellei la-
kastumisraja ole ylitetty. Sade-
tusta silmällä pitäen sademääri-
tykset ovat välttämättömiä. Haihtu-
misarvot voidaan saada läheiseltä
sääasemalta. Haihtumisen määrit-
tämiseen voidaan myös käyttää
rakenteeltaan yksinkertaisia väli-
neitä, kuten esim. haihtumissil-
losta ja huokoista aineista, esim.
keramiikasta tai suodatinpaperista
valmistettuja kappaleita. Maan
kosteus voidaan arvioida myös
suoraan maahan tietylle etäisyy-
delle toisistaan upotettujen elek-
trodioiden ja asteikolla varustetun
mittarin avulla. Nämä laitteet ovat
tosin kalliimpia. Viljelijä voi ko-
kemusperäisesti oppia arvioimaan
sadetuksen ajankohdan hyvinkin
tarkasti tarkkailemalla peltolo-
koilla esiintyvien poutivien laik-
kujen kasvustoa.

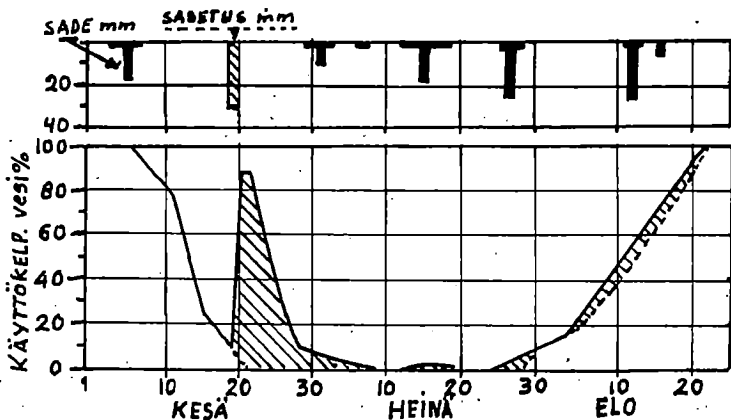
Lannoitus ja sadetus

Mikäli kasveille käyttökelpoista
vettä ei ole riittävästi, lannoitteet
eivät luukene ja kasvit eivät voi
ottaa ravinteita riittävästi. Lannoit-
temääriä lisättäessä kasvit eivät
voi käyttää ravinteita kunnolla
hyödykseen, jos välttämätön vesi
puuttuu. Lannoitteiden vaikutuste-
ho lisääntyy tuntuvasti sadeteta-
essa ja vastaavasti sadetuksen
tuottama tehollinen hyöty saavu-
tetaan ainoastaan runsaalla lan-
noituksella.

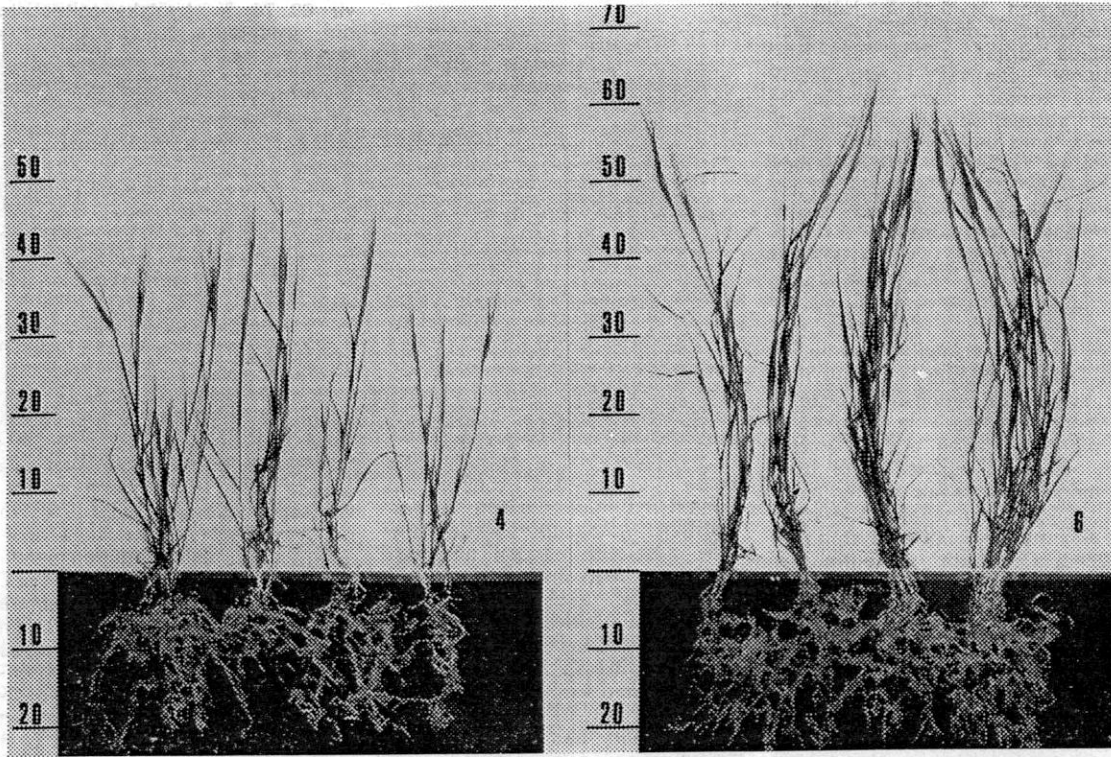
Fosfori ei tunnetusti liiku
maassa, vaan pysyy niissä ker-
roksissa, mihin se on muokkauksen
yhteydessä jäänyt. Maan pin-
nalle jäänyttä fosforia juuristo ei
pysty sadetuksesta huolimatta ot-
tamaan. Juuristovyöhykkeissä ole-
van fosforin käyttökelpoisuus lii-
sääntyy sadetuksessa. Ennen
kaikkea rivilannoittimella kylvö-
kerroksen alle sijoitettu fosfori tu-
lee sadetuksen yhteydessä tehos-
tettua käytetyksi.

Kälin huuhoutumista tapah-
tuu maassa sadetuksesta huoli-
matta melko vähän, vaikka käy-
tettäisiin runsasta kalilannoitusta.
Ainoastaan hiekka- ja turvemaille
voi huuhoutumisella olla merki-
tystä.

Typen ja sadetuksen vuoro-
vaikutuksella on suuri merkitys.
Runsaalla typpilannoituksella ja
sadetuksella saadaan tuntuva sa-
don lisää. Tämä luonnollisesti
edellyttää fysiologista tasapainoa
myös muiden ravinteiden suhteen.
Sadetettaessa tapahtuu aina jos-
sain määrin typen huuhoutumista.
Mutta typpimäärää lisättäessä
juuristokerroksen läpi menneen
veden määrä pienenee. Tämä joh-
tuu mm. siitä, että typpilan-
noituksella kasvimaassa lisääntyy
ja kasvi käyttää runsaammin vet-
tä.



Kuva 1. Kasveille käyttökelpoisen veden määrä 20 cm syvyydellä. Var-
jostettu alue käyttökelpoisen veden lisääntyminen sadetuksen vaikutus-
tuksesta. Yhdellä 30 mm sadetuksella vehnäsadon lisäksi rivilannoite-
tuilla koeruuquilla oli n. 37 % (900 kg). Syvemmissä juuristokerrok-
sissa kosteutta on ollut runsaammin. Toinen sadetus olisi ilmeisesti
lisännyt satoa vielä tuntuvasti.



Kuva 4. Yhdistetty sadetus ja rivilannoitus tehostaa kasvien maanpäällisten osien ja juuriston kasvua. Vasemmalla pintalannoitettu sadettamaton ja oikealla rivilannoitettu 2 kertaa sadettu.

Sadetuksen yhteydessä on erityisesti syytä korostaa moniravinteisten lannoitteiden maahan sijoittamisen edullisuutta (kuva 4). Kosteaan maakerrokseen rivilannoittimella sijoitettuja lannoitteita kasvit pystyvät käyttämään kevät-kesästä aikaisemmin hyväkseen kuin hajalevitettyjä. Näin sadetuksen aloittamisaika siirtyy jonkin verran myöhäisemmäksi. Veden hyötykapasiteetin vähennyttyä ovat syvemmälle paremmin juuriston ulottuville sijoitetut ravinteet sadetuksen avulla välittömästi kasvien käytettävissä. Sijoituslannoituksen ja sadetuksen yhteisvaikutuksesta on maassamme saatu sadon määrän ja myös sadon laadun suhteen erittäin hyviä tuloksia. Kuten aikaisemmin on mainittu jyvien valkuaispitoisuus on tosin alentunut ilmeisesti puutteellisesta typen mobilisaatiosta johtuen.

Sadetuslaitteiden muita käyttötarkoituksia

Sadetuksen päätehtävän, maan vesivarojen täydentämisen, ohella sadetuslaitteita voidaan käyttää eräisiin muihin tätä sivuaviin tarkoituksiin.

TAIMIEN KASTELU

Helteisinä päivinä taimistoasteella olevilla kasveilla saattaa esiintyä ns. päivälakastumista. Kasvi ei toisin sanoen pysty ympäröivän ilman suuresta kyllästysvajakuksesta johtuen ottamaan juuristollaan niin paljon vettä, mitä lehtien huokoset haihduttavat, vaikka kosteutta maassa olisikin runsaasti. Sadetuksella pyritään pientä, 1. 1 mm/h, tehoa käyttäen lisäämään kasvustoa ympäröivän ilman kosteutta ja saamaan siten yhteyttämistoiminta tasapainon. Veden höyrystyessään sitoma lämpö alentaa ilman lämpötilaa

jonkin verran ja pienentää osaltaan liiallista haihtumista.

SADETUS-LANNOITUS

Veden ja ravinteiden oton vuorovaikutus johtaa ajatuksen yhdistettyyn sadetus-lannoitukseen (kuva 5). Veteen liuotettujen kalin- ja fosforilannoitteiden käyttöä sadetukseen yhdistettynä ei useasta eri syystä pidetä kuitenkaan tarkoituksenmukaisena. Typpi sitä vastoin voidaan hyvin antaa sadetuksen yhteydessä, jolloin vesi toimii samalla typen kuljettimena. Sadetus-lannoituksessa tulevat kysymykseen vain helppoliukoiset ja nopeasti vaikuttavat typpilannoitteet, siis lähinnä kalkkisalpietari. Jo verraten pienet, tyyppiä n. 10 kg/ha, typpilannoitemäärät ovat sopivaan aikaan annettuina lisänneet satoa tuntuvasi. Hyöty on ollut suurin keveillä mailla.

Sadetus-lannoitus on tarkoituksenmukaista suorittaa vain silloin, kun kasvusto on veden puutteessa ja sadetus siten muuten tarpeellista. Kysymykseen tulee myös lantaveden ja kiinteän, lähinnä lietelannan levittäminen sadetuslaitteiden välityksellä. Veteen sekoitettuja kiinteitä, liukenemattomia aineita sadetettaessa on otettava huomioon niiden pumpun ja sadettimen suhteen asettamat vaatimukset. Työn säästön ohella sadetuksen ja lannan levityksen yhdistämisellä on etua myös sikäli, että veden sitoessa ammoniakkaa typen haihtuminen vähenee tuntuvasi.

Kasvit voivat ottaa jossain määrin myös lehtiensä välityksellä vettä ja siihen liuotettuja ravinteita, mitä käytetään hyväksi ns. lehtilannoituksessa. Tällä ei kuitenkaan ole sanottavaa merkitystä kasvien tavanomaisen veden ja ravinnon oton rinnalla.

den muodostuu n. 80 kaloria. Hallan torjunta edellyttää jatkuvaa sadetusta koko torjuttavalla alueella, siis melko tehokkaita kiinteitä laitteita, mikä on otettava huomioon laitteiden hankinnan yhteydessä. Lämpötilan ollessa n. $-2...-4^{\circ}\text{C}$ käytetään melko pientä, n. 2 mm/h, tehoa ja lämpötilan ollessa n. -8° n. 5 mm/h tehoa

KASVINSUOJELU

Kiinteästi sijoitettuja sadetuslaitteita, jotka tulevat kysymykseen lähinnä puutarha- ja vihannesviljelyksillä voidaan käyttää myös kasvinsuojeluun lähinnä sienitautien ja tuhoeläinten torjuntaan. Sadettimia valittaessa on tällöin otettava huomioon torjunta-aineiden levityksen tasaisuuden, pisaroiden ja nestemäärän suhteen asettamat vaatimukset.

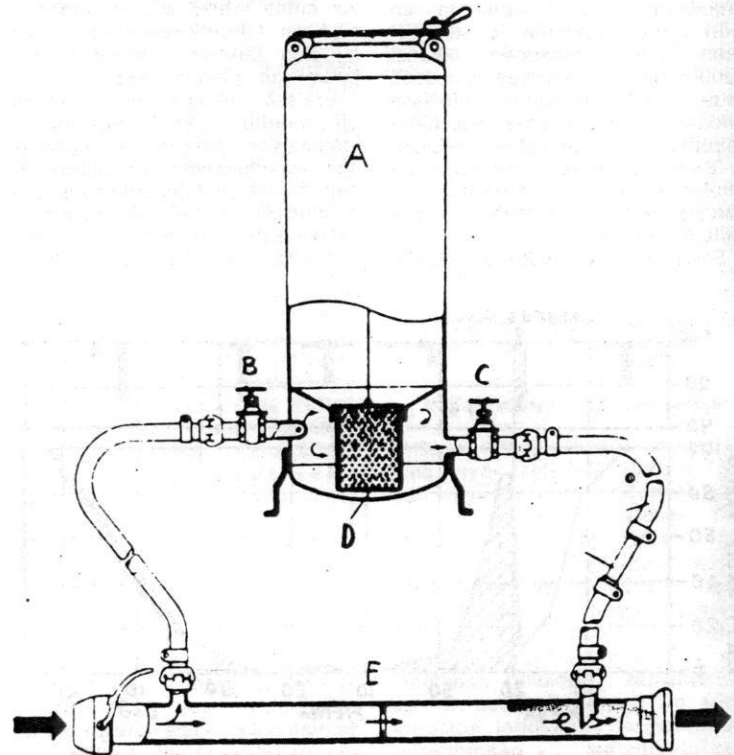
Sadetuslaitteet

Sadetuslaitteille asettaviin vaatimuksiin vaikuttavat paikalliset olot, kuten maaston kaltevuus, vedenottoaika ja sadettavan alueen etäisyys, sadettava pinta-ala, käytettävissä oleva työvoima jne. Laitteiden on oltava käyttövarmoja, yksinkertaisia käsitellä ja niin rakennettuja, etteivät ne siirron yhteydessä vioitu. Maaston vaihteluista johtuvista käyttöpaikkeen muutoksista huolimatta nestesuikun on jakaannuttava tasaisesti kastelualueelle myös kohdullisesta tuulesta ja kasvuston korkeudesta huolimatta. Tämä edellyttää, että sadettimet ovat toimintavarmoja eri suuntiin rinteeseen nähden kääntyessään.

Sadetuslaitteiden ryhmittelyn perustana voi olla laitteiston ko-

HALLAN TORJUNTA

Sadetusta käytetään hallan torjuntaan lähinnä vihannes- ja perunaviljelyksillä sekä hedelmätarhoissa. Oloissamme hallantorjuntasadetuksen tärkein käyttömuoto on ilmeisesti varhaisperunan viljelyssä. Sadetuksen suojaava vaikutus perustuu veden kasviin jäätyessään vapauttamaan korvauslämpöön, jota vesigrammaa koh-



Kuva 5. Sadetusputkistoon yhdistettävä lannoitteen liuotuslaitte. A lannoitesäiliö, B veden sisään-tulon säätöventtiili, C veden ja lannoitteen seoksen säätöventtiili, D lannoitteen liuotuskori ja E pikakiinnittimillä varustettu putkiston välikappale.

konaisteho, käyttöpaine, sadetusmenetelmä jne. Yleisimmät laitteet luokitellaan kuitenkin sadettimien tehon mukaan.

Runkokassa detuksessa — saksalaisen ryhmityksen mukaan — sadusteho on yli 20 mm/h ja sadettimien käyttöpaine yleensä 5...10 at y. Oloisammalla näiden sadettimien käyttö tulee harvoin kysymykseen, lähinnä vain hyvin läpäisevillä mailla hedelmätarhoissa ja nurmiviljelyksillä.

Keskirankassa sadetuksessa sadusteho on n. 5...20 mm/h ja käyttöpaine yleensä 3...5 at y. Peltoviljelyssä keskirankassa sadetusta voidaan käyttää edullisesti nurmien ja hiekkajietamilla myös muiden viljelykasvien sadattamiseen.

Hidassadettimet ovat edellä mainittuja yleisempiä ja eri näkökohdat huomioon ottaen lähes kaikissa oloissa tarkoituksen mukaisimpia. Hidassadettimien teho on alle 5 mm/h ja käyttöpaine yleensä n. 2...4 at y. Hidassadetuksella on useita etuja suurempitehoiseen sadetukseen verrattuna. Vesimäärä voidaan jakaa edullisemmin useammille sadettimille, mistä johtuen voidaan käyttää läpimitaltaan pienempiä ja helpommin käsiteltäviä putkia. Sadetukaika on melko pitkä, n. 6...10 h, joten sadettimien yli yön laitteita välillä siirtämättä on mahdollista. Pisarakon ja sadustehon (mm/h) pysyessä kohtuullisena jäykähköilläkin mailla ei yleensä aiheudu kovin paljon rakennevaurioita. Laitteiden käsitely ja siirto on helpommin koneellistettavissa, koska hidassadetuksessa voidaan käyttää myös muoviletkejä.

Kiinteästi sijoitetut ja siirrettävät sadetuslaitteet

Sadetuslaitteet voidaan sijoittaa joko täysin kiinteästi tahi osittain tai kokonaan siirrettäviksi.

Kiinteät sadetuslaitteet tulevat kysymykseen lähinnä vain ammattimaisessa puutarviljelyssä. Tällöin niitä voidaan käyttää edullisesti myös hallan orjuntaan ja eräissä tapauksissa kasvinsuojeluun. Kiinteiden sadetuslaitteiden pumppu moottoreineen on sijoitettu pumppuhuoneeseen ja runko- ja sadetusputkisto yleensä maan alle. Tästä johtuen perustamiskustannukset ovat melko suuret, joten laitteet ovat taoudellisia vain sellaisten kasvien viljelyssä, joiden tuotto pinta-alatohden on suuri.

Osittain kiinteät sadetuslaitteet, joissa pumppu moottoreineen ja ainakin osa runkoputkistosta ovat kiinteitä ja sadetusputkisto ja sadettimet siirrettäviä, tulevat kysymykseen, jos täisyys sadettavan alueen ja vedenottoaikaa välillä on suuri. Tällöin painehäiriöiden pitämiseksi kohtuullisina on pääverkoston käytettävä suurläpimittaisia putkia, joiden liikkuttelu on hankalaa.

Siirrettävää laitteistoa käytetään etenkin silloin, kun sadetusvesi otetaan eri vedenottoaikoista. Moottori ja pumppukoneisto ovat pyörillä liikuvia tai pumppu on traktorikäyt-

töinen. Runkoputkisto, mikäli sitä tarvitaan, on varustettu pikakiinnityslaitteilla. Muoviletken käyttö sadetinjohtoina on ulkomailla viime vuosina yleistynyt. Siirrettävien laitteiden on oltava melko keveitä. Tämän vuoksi myös runkoputkien läpimitan on oltava melko pieni. Painehäviöistä johtuen pieniläpimittaisen putkien ja siis siirrettävien laitteiston käyttö ei tule kysymykseen sadettavan alueen ollessa kaukana vedenottoa paikasta. Kokonaan siirrettävät laitteet soveltuvat ennen kaikkea hajanaisilla sadetusalueilla ja pienehköillä peltolohkoilla käytettäväksi. Putkien käsittelyn suhteen pidetään siirrettävien putkien kohtuullisena läpimitan ylärajana 89 mm.

Sadettimet

Sadettimien suunnittelussa kiinnitettiin aikaisemmin päähuomio mahdollisimman suuren sadustehoon. Tällä pyrittiin vähentämään sadetuslaitteiden siirroista aiheutuvaa työtä. Suurella (10...15 at y) paineella toimivien sadettimien suihkun kantomatka oli yli 100 m ja teho n. 350 l/h. Epätasaisesta sadetuksesta ja maan rakennetta vahingoittavasta vaikutuksesta johtuen kehitys on nykyisin johtanut hidassadettimien (sadusteho alle 5 mm/h) käytön yleistymiseen.

Suihkon muodostumisen kannalta ovat edullisimmiksi osoittautuneet n. 30° kulmassa suipenevat suuttimet, joiden pää voi päättyä lyhyeen lieriömäiseen tai teräväkulmaiseen suuaukkoon. Suihkon ulottuvuuteen vaikuttaa suutinputken kallistuskulma, joka on tavallisesti kiinteästi n. 30° vaakatasosta. Eräissä mm. hedelmäpuiden ruiskutukseen tarkoitetuissa sadetmissa suutinkulmaa voidaan muuttaa. Tuulen vaikutuksen rajoittamiseksi olisi edullista, jos kallistuskulmaa voitaisiin säätää pienemmäksi kuin 30°. Suuttimiin virtaavan veden useita suunnan muutoksista johtuen vesi joutuu sadetmissa pyörivään liikkeeseen, mikä on haitallista suihkon muodostumisen kannalta. Pyörtöiden muodostuminen on estettävä suihkuputken johtopinnan sopivalla muotoilulla. Suihkuputken aukon läpimitan on oltava 2...3-kertainen suutinaukon läpimitaan verrattuna ja vähintään n. 12 mm. Suuttimen ja suihkuputken on liityttävä juosteisesti yhteen ja niiden on oltava sisäpinnaltaan hiottuja. Suuttimien on oltava teräväreunaisia.

Voimakkaasti hajottava suutin ei ole edullinen suihkun ulottuvuuden kannalta. Nykyisin lähes yksinomaan käytössä olevilla ns. ympyräsadettimilla vesisuihkun hajottamiseen käytetään yleensä suihkuun jaksollisesti törmäävää hajoitinta. Hajoitimen iskissä suuttimesta purkautuvaan vesisuihkuun vesi jakaantuu sadetusympyrän keski-osaan ja suihkun päästessä esteettömästi virtaamaan se saavuttaa suurimman ulottuvuutensa. Ympyräsadettimen kiertonopeuden ollessa liian suuri suihkun ulottuvuus lyhenee ja sadetus tulee epätasaiseksi. Hidassadettimien sopivin kiertonopeus on n. 0,8...2 r/min ja keskirankkojen

sadettimien n. 2...4 r/min

Nykyisiä ympyräsadettimia voidaan käyttää ns. sektorisadetukseen. Niissä on lisälaitte, jonka avulla sadetin liikkuu edestakaisin kahden pisteen välillä sadettaen ioko 1/3 tai 2/3 ympyrän alasta

Ympyräsadettimien kiertomekanismit

Ympyräsadettimet kiertävät pysty akselinsa ympäri suuttimesta purkautuvan nestesuihkun liikeenergian avulla. Sadettimet eroa ympyräsadettimilla vesisuihkun hajottamiseen käytetään yleensä suihkuun jaksollaisesti vat toisistaan pääasiassa kääntömekanismin rakenteesta riippuen.

Sadettimien, joiden käyttö tapahtuu kierukkavälityksellä turbiinipyörän avulla, kiertoliike on tasaista ja vesi jakaantuu hyvin koko sadetusympyrän alalle. Ne ovat rakenteeltaan melko moniosaisia. Turbiinipyörä saa liikkeensä joko suoraan sadetin-suihkusta (kuva 6 A) tai erillisestä suuttimesta purkautuvan ohuen nestesuihkun avulla. Viimeksi mainitut ovat rakenteeltaan yksinkertaisempia, sillä vesiratas voidaan sijoittaa kierto akselin viereen. Pienireikäisen suuttimen tukkeutumisvaaran vuoksi ne eivät ole erityisen käyttövarmoja. Suoraan sadetus-suihkusta liikkeensä saavilla turbiinisadettimilla voima siirtyy pitkäköltä käyttö akselilta kierukkavälityksellä ja niiden rakenne on kokonaisuudessaan jonkin verran monimutkainen.

Apusuuttimesta purkautuvan suihkun vastapaineella kiertävissä sadetmissa on apusuutin asetettu kulmittain suihkuputkeen nähden. (Kuva 6 B) Ne ovat rakenteeltaan yksinkertaisia, mutta vaativat liian nopeasta sadettimen kiertoliikkeestä johtuen erillisen kiertoa hidastuttavan, joko mekaanisen tai veden paineella toimivan jarrulaitteen. Tarkka nopeuden säätö jatkuvassa käytössä kulumisesta yms. johtuen on kuitenkin epävarma. Vastapaineella toimivissa sadetmissa on lisäksi oltava erillinen vesisuihkun hajoitin.

Heilurisadettimet ovat

nykyisin yleisimpiä. Edestakaisin liikkuvan heilurin päässä on suihkuun nähden vinottain oleva levy. Levyn osuessa vesisuihkuun ja suihkun samalla hajotessa heiluri kimppaa takaisin. Liike uusiintuu jousen (kuva 6 C) tai vastapainon (D) voitettua liike-energian aiheuttaman vastuksen. Sadetin kiertää nykäyksittäin. Kiertoliikkeen tasaisuuteen vaikuttaa iskuluuku, joka eri malleissa vaihtelee 80...250 kaksosiskua minuutissa. Useissa sadetmissa tätä iskuluukua voidaan säätää. Vastapainolla varustetut heilurisadettimet eivät toimi kunnollisesti rinnemalla.

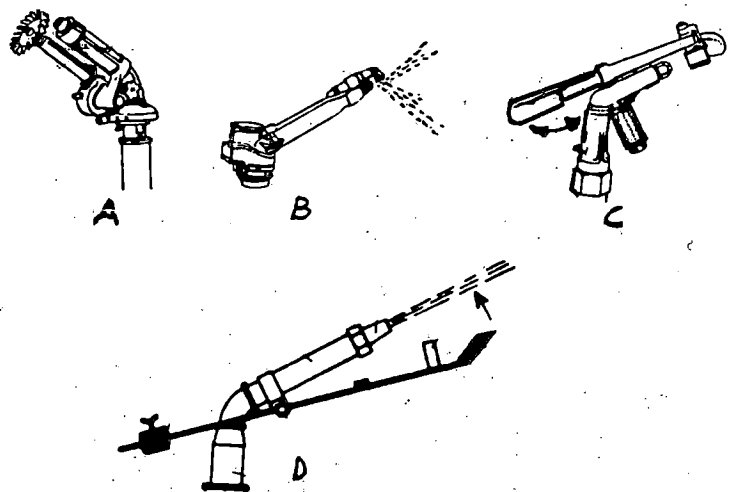
Tyhjiösadettimien kiertoliike ja suihkun hajotus tapahtuu virtaavan veden avulla toimivan laitteen avulla. Nämä sadettimet ovat varmatoimisia, kiertävät tasaisesti eivätkä tukkeutu. Tuuli ja sadettimen asento eivät myöskään aiheuta häiriöitä kiertomekanismin toiminnalle. Suuttimen läpimitan, vesimäärän ja paineen on oltava kuitenkin oikeassa suhteessa toisiinsa.

Putkistojen rakenteet ja yhdistelmät

Sadetuslaitteiden putkiverkoston, jos vedenottoaika on kaukana ja sadettavan alueen pinta-ala on suuri, kuuluvat runkoputkisto ja siitä haarautuvaan peltoputkistoon yhdistetyt sadetinjohtot. Jos vettä on saatavana sadettavien peltolohkojen vierellä olevasta valtoajasta tms., voidaan tulla toimeen pelkillä sadetinjohtoilta.

RUNKOPUTKISTO

Aikaisemmin kiinteänä, maan sisään sijoitettuna runkoputkistona käytettiin melko yleisesti valurautaputkia. Ne eivät ole sanottavan alttiita ruostumiselle. Valurautaputket ovat kuitenkin raskaita ja rikkoontumiselle alttiita, mistä johtuen niiden käytöstä on yleensä luovuttu. Nykyisin kiinteinä maanalaisina runkoputkina käytetään pääasiassa teräs- tai eteeriniittiputkia. Viimeksi mainitut ovat helposti sahattavia, ruostumattomia sekä keveitä ja sileäpintaisia, joten niissä virtausvastus on mel-



Kuva 6. Sadetinmalleja: A turbiinisadetin, B vastapainesuuttimella varustettu sadetin, C jousella ja D vastapainolla varustettu sadetin.

ko pieni. Viime aikoina myös kovamuovista valmistettujen putkien käyttö on jonkin verran yleistynyt. Materiaalin valintaan saattaa josain määrin vaikuttaa myös vesimäärä ja käyttöpain. Maanalaisessa putkistossa on erittäin tärkeätä putkien huolellinen yhdistäminen. Mutkiin ja peltoputkien liitänköhtiin on tarpeen vaatiessa syytä valaa painumien rajoittamiseksi betonialusta.

Kiinteään runkoputkistoon on rakennettava riittävä määrä siirrettävän peltoputkiston tai sadetinputkiston liitänköhtia. Nämä vesipostit on maanalaisessa putkistossa syytä sijoittaa maan alle, jotta ne eivät vioittuisi muokkaus- ja viljelytyöiden yhteydessä. Sellaisilla rinteillä mailla, joissa korkeusero on suuri, eri korkeuksilla olevat vesipostit on varustettava paineen vaihtelujen tasamiseksi säädettävällä kuristimella

PIKALIITINPUTKET

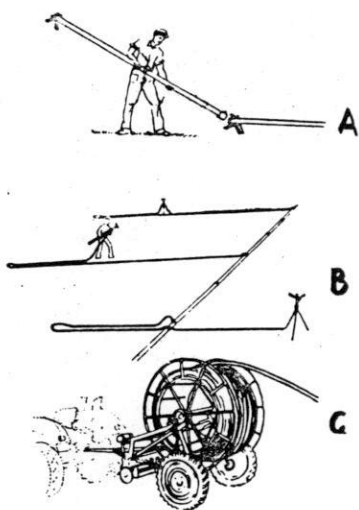
Siirrettävissä sadetuslaitteissa käytetään ohutseinäisiä, kuumasinkittyjä teräsputkia sekä kevytmetalli- ja kovamuoviputkia. Siirrettävät putket yhdistetään toisiinsa pikaliittimillä. Pelto- ja sadetinjohtoina voidaan käyttää myös muoviletkuja

Pikaliitinputkien on oltava riittävän keveitä yhden henkilön käsitellä. Metalliputkien pituus on yleensä n. 6 m Kovamuoviputket voivat olla jopa 20 m pituisia. Lämpimitaltaan 60...89 mm teräsputkien seinämän paksuus on nykyisin valmistusmenetelmien ja raaka-aineen laadun parannuttua n. 0,8 mm ja läpimitaltaan vastaavien kevytmetalli-putkien n. 2 mm. 6 m pituisten ja 89 mm läpimittaisen tukijaloilla varustettujen putkien paino on n. 15...17 kg. Vastaavan pituiset 133 mm läpimittaiset putket ovat n. 2 kertaa painavampia Viimeksi mainittujen käsittelyyn tarvitaan yleensä 2 henkilöä. Pikaliitinputkia käsitellessä voi olla työn menekin kannalta edullista, jos kaksi henkilöä siirtää 3-4 yhteen liitettyä putkea kerrallaan.

MUOVILETKUT

Taipuisien, rummulle kelattavien polyeteeni-muoviletkujen käyttö sadetinjohtoina on nykyisin monissa maissa tuntuvasti yleistynyt. Polyeteeni ei ole arka painosyöksyksille. Oikein järjestetyissä sadetinjohtoissa ei esiinnykään sanottavia paineen vaihteluita Koska kelattavien muoviletkujen läpimita on rajoitettu, ne soveltuvat vain hidassadetekseen. Laitteiston siirtoon tarvitaan vain yksi henkilö

Muoviletku voi olla yhdelle suurehkolle (kuva 7 C) tai usealle pienehkölle rummulle kelattava. Suurelle rummulle mahtuu letkua yleensä n. 200...300 m. Se on jaettu yleensä n. 20 m pituisiksi kappaleiksi Ne on yhdistetty toisiinsa kytkinkappaleilla, joihin sadettimet kiinnitetään. Letku puretaan rummulta traktoria kastelemattomalla mailla ajaen ja kelataan takaisin kastellun alueen reunalla traktorin voimanottoakselin käyttäessä rumpua (kuva 8 C ja D). Ainoastaan sadettimet jalus-



Kuva 7. A. Pikaliitinputket asettuvat sisäkkäin putkea painopisteestä ohjattaessa. B Muovisten sadetinletkujen siirto voi tapahtua joko kantaen tai, jos sadetin on varustettu jalaksilla, letkusta vetäen tahi pienelle rummulle kelaten. C. Pitkähköt letkut voidaan kelata suurehkolle traktorin voakäyttöiselle rummulle.

toineen on kiinnitettävä ja irroitettava käsin. Jalustan muodon on oltava sellainen, ettei se kelattaessa vioita kasveja. Kytkinkappaleet ja sadettimien jalustat ovat jo siinä määrin menetelmään kehitettyjä, että järjestelmä toimii yleensä melko moitteettomasti.

Pitkien muoviletkujen siirtoon on myös kehitetty menetelmää, jossa traktorin perään kiinnitetyn, pitkällä tangoilla varustetun letkun siirtolaitteen avulla sadetinletku voidaan yhdellä ajokerralla siirtää sivuttain seuraavaan kastelu-kohteeseen (kuva 8 B). - Itä-Saksassa kehitetyssä menetelmässä sadetinletku siirretään viereiselle kastelu-kohteelle maata pitkin vetäen. Sadetinletkun uloimmaiseen päähän kastellun ja sadetettavan kaistan kohdalle on sijoitettu kaksi taittopöyrää (läpimitta 120...150 cm), joiden kautta letku siirtyy uuteen sadetuspaikkaan (kuva 8 A). Paitsi maassa telineen varassa olevia siirrettäviä taittopöyriä itse traktorissa ei tarvita mitään lisävarusteita. Sadetinletkua siirrettäessä ei jouduta liikkumaan sadetettavalla alueella.

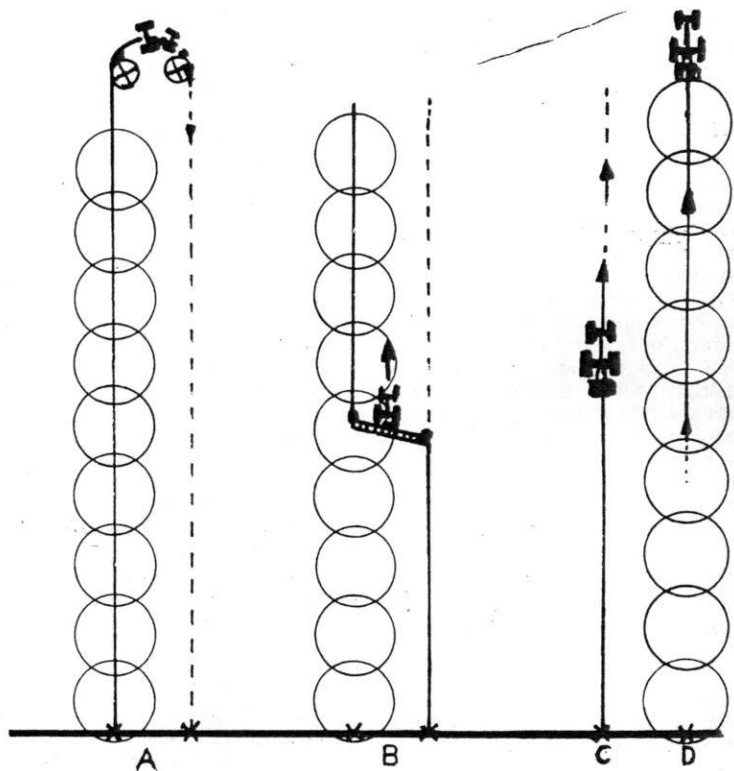
Pikaliitinputkien ja pienehköjen letkurumpujen yhdistelmän siirtoon voidaan käyttää erikoisrakenteisia perävaunuja, joissa putkille, letkurummuille, sadettimille ja jalustoille on omat paikkansa. Laitteisto kootaan ja puretaan ryömintävaihteella varustetun traktorin hitaasti liikkeessä. Letkurummun akselina on pikaliittimillä varustettu lyhyt putki, joka kiinnitetään samaan aikaan rakennettavaan pikaliitinputkistoon (kuva 9). Letku puretaan jalustan varassa olevalta rummulta käsin vetäen.

Pöyriillä varustetuissa sadetinlaitteissa (kuva 10) käytetään läpimitaltaan melko suuria jäykästi toisiinsa yhdistettyjä metalliputkia. Vetävien kannatuspöyrien läpimita on n. 125 cm. Sadetinputkisto siirretään seuraavaan sadetuskohteeseen putkistoon kiinnitetyn käyttömo-

torin (teho 2...3 hv) avulla. Ainoastaan laitteiston yhdistäminen pääputkistoon ja moottorin käynnistäminen ja pysäyttäminen tapahtuu käsin. Laitteisto toimii tyydyttävästi vain täysin tasaisella maalla ja sen käyttö edellyttää melko suuria yhtenäisiä ja suorakulmaisia peltolohkoja.

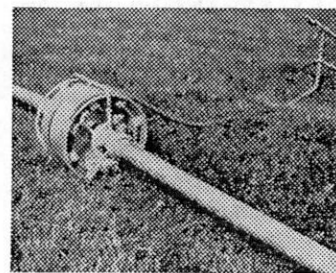
Eri putkistoyhdistelmien soveltuvuus ja käytön taloudellisuus riippuu paikallisista oloista, käytettävissä olevasta työvoiman määrästä ja laitteiston järjestelymahdollisuuksista. Näitä kysymyksiä tarkastellaan lähemmin sadetuslaitteiden järjestelyn yhteydessä.

Putkien pikaliittimet Pikaliittimillä varustetut putket



Kuva 8. A. Pitkähköt muovijohdot voidaan siirtää uuteen sadetuspaikkaan traktorilla hinaten, jolloin letku kulkee kahden paisteessä olevan taittopöyrän kautta. B. Muoviletkun siirtoon voidaan käyttää myös traktorin perään kiinnitettyä pitkällä tangoilla varustettua letkun siirtolaitetta. C. Traktorin perässä olevalta rummulta letku puretaan kastelemattomalla mailla ajaen ja kelataan takaisin paisteessä (D).

kiinnittyvät toisiinsa 1...3 pisteestä. Liitänköhdan on oltava tiivis. Putkien yhdistäminen on voitava suorittaa niin, että putkea painopisteestä ohjattaessa päät sattuvat helposti kohdakkain (kuva 7 A). Tätä silmällä pitäen putkien päät on muotoiltu niin toisiinsa liittyviksi, että ne asettuvat sisäkkäin putkien ollessa n. 10...15° kulmassa toisiinsa nähden.



Kuva 9. Pikaliitinputkiin kiinnitettävä pienelle rummulle kelattava sadetinletku.

Kytkinlaitteista kardaaniohjattula kulmavivulla varustetut kahdesta pisteestä kiinnitetyt putkiliittimet ovat yleisimpiä (kuva 11 A). Bajonettikytkimissä on kierrettävä lukitusrenkas (kuva 11 C). Itselukittuvan yhdessä pisteessä kiinnittyvän kytkimen lukitushaka nousee automaattisesti ja tarttuu hahloon (kuva 11 B). Putket irrotaan toisistaan työntämällä putkia päittäin ja kiertämällä haka sivuttain hahlon ohi. Yhdestä pisteestä kiinnittävät liittimet ovat rinteillä ja epätasaisilla mailla jonkin verran epävarmoja.

Useimmat kytkinlaitteet ovat imu- ja painetiiviltä, joten niitä voidaan käyttää sekä imu- että

paineputkissa. Eräissä pistokytkimissä (kuva 11 D) tiivistysrenkas puristuu putken seinämiä vastaan, kun paine nousee 0,5 at y. Näitä kytkimiä voidaan käyttää vain paineputkissa. Tukijalat on sijoitettu tiivistysrenkaan puoleisen kytkinosan viereen. Tukijalan on oltava niin korkea, että putken alareuna on vähintään n. 15 cm maan pinnasta.

Pumput

Sadetuslaitteiden pumpun valintaan vaikuttavat tarvittava paine ja vesimäärä.

Paine riippuu vedenottoaikan ja sadetettavan alueen korkeuserosta, virtausvastuksesta sekä sadettimien lukumäärästä ja niiden käyttöpainesta. Pumpun teho on siis mitoitettava niin, että muiden tekijöiden muuttuessa suuttimien käyttöpainetta on kaikissa oloissa riittävä.

Sadetuksessa käytetään yleisim-

min keskipakopumppuja, joita on kehitetty sadetuksen vaatimuksia silmällä pitäen. Eräissä tapauksissa myös mäntäpumput saattavat olla tarkoituksenmukaisia. Viime vuosina myös kierukkapumppujen käyttö on jossain määrin yleistynyt.

Keskipakopumput ovat melko kevytrakenteisia, mäntäpumppuja halvempia ja ne voidaan kytkeä suoraan käytävään moottoriin. Ne soveltuvat hyvin sadetukselle ominaisiin vesimäärän ja nostokorkeuden vaihteluihin.

Pumppujen imukorkeus on n. 7 m, joten syvemmältä vettä nostettaessa on käytettävä erikoisrakenteisia pumppuja. Sadetuksen aikana tapahtuva veden pinnan laskeutuminen on otettava myös huomioon. Mitä pienempi imukorkeus on, sitä toimintavarmempia pumput ovat. Keskipakopumput eivät ole itsemeviä kuten mäntäpumput, joten pohjaventtiilin on oltava hyvin sulkeutuva ja imuputken täysin ilmatiivis. Pumppu vedellä täyttämiseen käytetään yleensä käsikäyttöisiä pumppuja. Dieselmoottorilla varustetuissa pumppuissa voi tarkoitusta varten olla poistokaasun paineen avulla toimiva injektori.

Keskipakopumppujen rakenteesta ja suuresta nopeudesta johtuen ne ovat arkoja vioittumaan kiinteitä aineita sisältäviä vesiä pumputtaessa. Niitä ei voida siten käyttää esim. lantavesin tai veden ja lietelantaseok-

sen sadettamiseen, mikäli niitä ei voida johtaa pumppun painepuolelle.

Suurehkoja nostokorkeuksia varten vastapaineen lisääntyessä yli 5 at y käytetään pumppuja, joissa on 2 tai useampia pumppuyksiköitä kytkettyinä sarjaan. Nostokorkeus summaantuu pumppuyksiköiden lukumäärän lisääntyessä. Rinnan kytkettäessä pumppu antama vesimäärä lisääntyy vastaavasti.

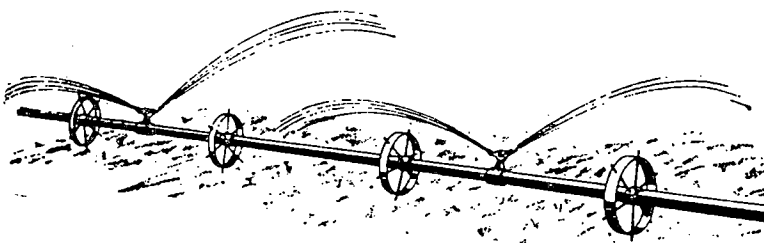
Mäntäpumppuja käytetään sadetukseen melko vähän. Ne tulevat kysymykseen lähinnä vain sellaisissa oloissa, joissa nostokorkeus on suuri ja pumputtava vesimäärä melko pieni, n. 20...40 m³/h. Mäntäpumppujen tukkeutumisvaara on vähäinen eivätkä ne ole kovin arkoja epäpuhtauksille. Ne soveltuvat melko hyvin käytettäessä sadetuslaitteita myös lantavesillä yms. kasteleluun. Rakenteeltaan ne ovat melko suuria ja kalliinlaisia, mutta pitkäikäisiä. Mäntäpumput ovat itsemeviä.

Lietelannan pumppuamiseen käytettyjä kierukkapumppuja on kehitetty myös sadetusta silmällä pitäen. Ne soveltuvat sekä kiinteitä aineita sisältävien seosten että normaaliin sadetukseen hyvin. Sadetukseen käytettävät kierukkapumput kehittävät melko korkeita paineita ja niiden antama vesimäärä on verraten suuri. Kierukkapumput ovat itsemeviä.

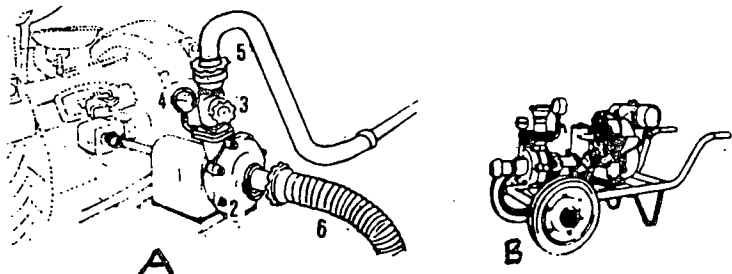
Käyttömootorit

Pumppua käyttävän maattorin valintaan vaikuttaa lähinnä se, sijoitetaanko moottori paikoilleen kiinteästi vai siirrettäväksi. Mikäli vesi otetaan koko sadetusalueelle samasta paikasta, tulevat kysymykseen pumppuhuoneeseen sijoitetut sähkömootorit edellyttäen, että sähkövirtaa on saatavana taloudellisesti. Sähkömoottori on kaikkia muita moottoreita edullisempi helpon käsittelyn ja käyttövarmuuden vuoksi. Siirrettävät sähkömootorit tulevat kysymykseen silloin, kun voimaverkosto on sopivasti vedenottopaikkojen lähellä. Keskipakopumput kytketään suoraan moottoriin, joten niiden nopeuksien on oltava keskenään sopivat. Sadetuskäyttö edellyttää automaattista suojakytkintä. Yöllä tapahtuva sadetusta varten moottori olisi syytä varustaa kellolaitteeseen yhdistetyllä määräämällä toimivalta katkaisimella. Kustannuksia arvioitaessa on tutkittava halveman yövirran käyttöön liittyvät seikat. Hallasadetusta varten moottori voidaan varustaa laitteella, joka käynnistää moottorin lämpötilan laskiessa alle 0°C.

Jos sähkövirtaa ei ole edullisesti saatavissa, tulevat sadetuslaitteissa kysymykseen dieselmootorit. Dieselmoottorilla toimiva siirrettävä pumppulaitteisto on varustettava pyörillä (kuva 12 B). Traktorikäyttöisiä pumppuja (kuva 12 A) harkittaessa on perusteellisesti harkittava, voidaanko traktori vapauttaa sadetukseen muilta töiltä. Si-



Kuva 10. Pyörillä liikkuva sadetinlaitteisto.



Kuva 12. A. Traktorikäyttöinen pumppu ja B. dieselmoottorilla toimiva, pyörillä varustettu pumppu

tä voidaan usein käyttää vain yöllä, mikä on otettava huomioon myös sadetuslaitteiden tehoa arvioitaessa. Moottorin ja pumppulaitteiston valvonnan helpottamiseksi nimenomaan yöllä dieselmootorit on syytä varustaa häiriöiden varalta automaattisella pysäyttimellä, joka pysäyttää moottorin sen lämpötilan, öljynpaineen tai pumppuun paineen poiketessa normaaliarvoista.

Sadetuksen järjestely

Sadetuksen järjestelyyn vaikuttavat useat jo aikaisemmin mainitut tekijät, kuten eri kasvien sadetukseen tarve, maalaji, sadettava pinta-ala, peltolohkojen muoto ja sijainti, maaston kaltevuussuhteet ja vedenottopaikan sijainti.

Pääputkisto pyritään aina sijoittamaan joko tien tai sadetettavan alueen reunaan tai mahdollisesti reunaosaan. Sadetettavan alueen laajuudesta riippuen käytetään yhtä tai useampaa sadetinjohtoa. Sadettimien etäisyys toisistaan ja sadetinjohtoon siirtomatka pääputkistossa riippuu sadettimien ulottuvuudesta. Pikaliitinputkien pituus on yleensä 6 m, joten sadettimien etäisyys on niistä käytettäessä 6 m kerrannainen.

Sadetusjohtojen yhdistelmät

Sadettimien ja sadetinputkien järjestelyssä on tärkeintä saada aikaan mahdollisimman tasainen sadetus koko kasteltavalle alueelle.

Ympyräsadettimilla varustetut sadetinjohtot voidaan yhdistää eri tavoin pääjohtoon suhteen. Ns. kolmioyhdistelmässä sadetinjohtot on sijoitettu 60° kulmaan (kuva 13 a) ja nelioyhdistelmässä kohtisuoraan pääjohtoon nähden. Ympyräsadettimia voidaan käyttää, kuten aikaisemmin on mainittu, myös sektorisadetukseen, jolloin voidaan sadettaa 1/3 tai 2/3 ympyrän alasta (kuva 13 d). Kolmio-

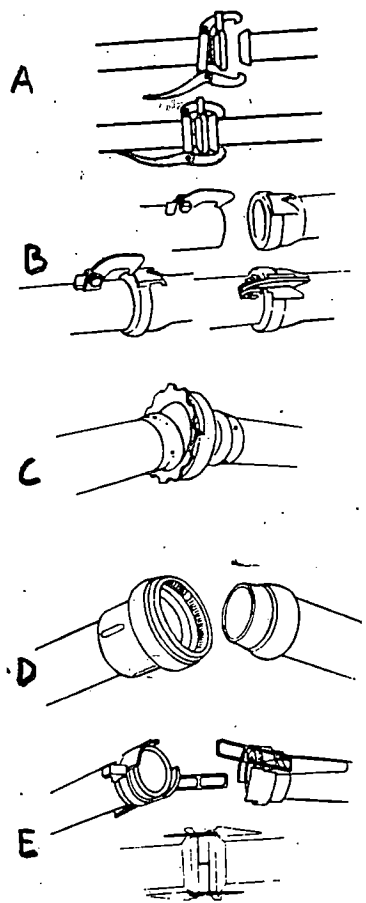
yhdistelmän eduksi voidaan katsoa, että sadetusympyröiden leikatussa toisensa ainoastaan n. 21 % pinta-alasta tulee sadetetuksi kahteen kertaan (kuva 13 b). Nelioyhdistelmässä vastaava ala on n. 57 % (kuva 13 c). Sektorisadetuksessa sadetusmäärä pinta-ala kohden aikayksikössä on ympyräsadetukseen verrattuna 1½- tai 3-kertainen.

Tarkoituksenmukaisimman yhdistelmän valitsemista on vaikea arvioida. Epätasaisessa maastossa ja tuulilojen ollessa epäedulliset pidetään nelioyhdistelmää suositeltavana. Tasaisessa maastossa ja tyynellä säällä suositellaan käytettäväksi kolmioyhdistelmää. Sektorisadetuksessa putkien siirto voi tapahtua kastelemattomalla alueella. Tästä on etua etenkin huonorakenteisilla mailla. Veden jakautuminen vyöhykkeessä, jossa sadetin kääntyy takaisin, on kuitenkin epätasaisista.

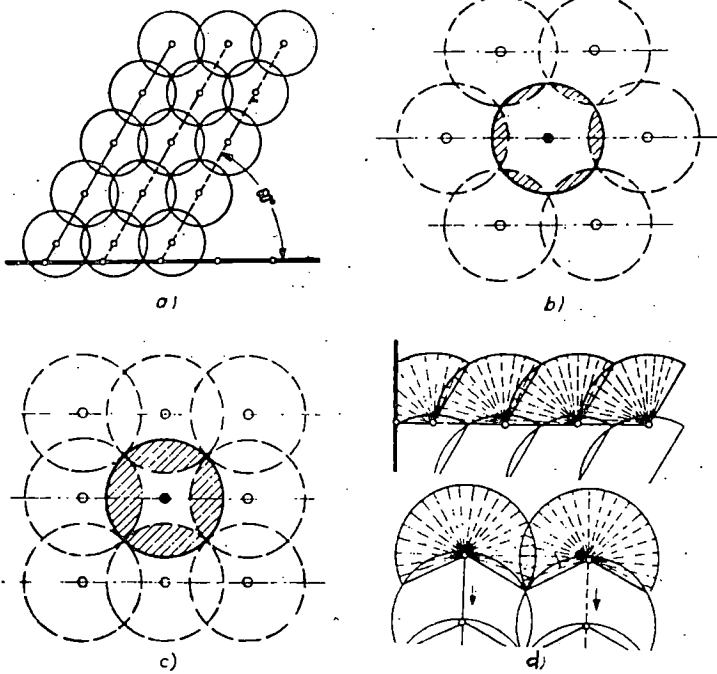
Sadetinjohtojen järjestely ja siirto

Sadetinjohtojen määrästä ja laadusta sekä paikallisista oloista riippuen sadetinjohtojen järjestelyssä voidaan käyttää useita eri menetelmiä.

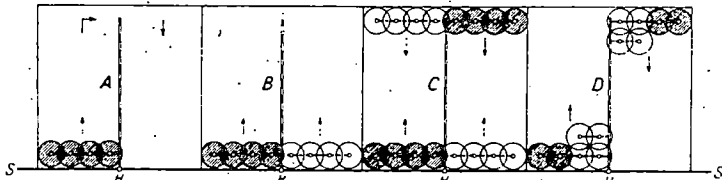
Yhtä sadetinjohtoa käytettäessä sadetus on keskeytettävä siirron ajaksi (kuva 14 A). Nykyisin suositellaan käytettäväksi kahta sadetinjohtoa, jolloin toista siirretäessä toinen johdoista kytketään toimimaan (kuva 14 B). Tämä tapa on käyttökäytännöllisesti edullinen, mutta putken pituuden sadettimien suhteen jatkuvasti lisääntyessä virtaamishäviö suurenee. Sijoitettaessa sadetinputket kuvan 14 C osoittamalla tavalla, jossa sadetinjohtoja siirretään vastakkaisiin suuntiin, virtaushäviö pysyy aina samana. Tässä menetelmässä tarvitaan edelliseen verrattuna kaksinkertainen määrä sadettimia, mutta sadetuslehti on vastaavasti suurempi. Kuvan 14 D esittämä menetelmä, josta voidaan käyttää useita eri muunnel-



Kuva 11. Putkien pikaliittimiä. A. Kardaanihiojattu kulmavipu, B. itselukittuva haka, C. bajonettikytkin, D. pistokytkin ja E. kahdella lukitushaalla varustettu kytkin.



Kuva 13. a) Ns. kolmioyhdistelmässä sadetinjohtot on sijoitettu 60 kulmaan pääjohtoon nähden. b) Kahteen kertaan sadetettu pinta-ala on kolmioyhdistelmässä tuntuvasti pienempi kuin c) nelioyhdistelmässä d) Sektorisadetuksessa sadetetaan joko 1/3 tai 2/3 ympyrän alasta.



Kuva 14. Sadetinjohtojen siirto A. yhtä, B. kahta ja C. neljää sadetinjohtoa käytettäessä. D. Lyhyttä apujohtoa on edullista käyttää etenkin epäsäännöllisillä peltolohkoilla. Varjostetut ympyrät samaan aikaan käytössä olevia sadettimia.

nia, soveltuu etenkin epäsäännöllisten peltokuvioiden sadetukseen. Lyhyt apujohto tekee jatkuvan sadetuksen mahdolliseksi melko pienellä sadettimien määrällä.

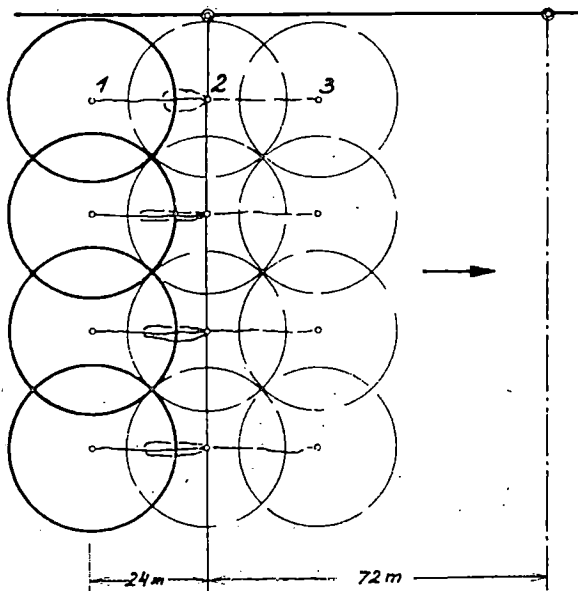
Edellä esitetyissä menetelmissä sadetinjohtoina voidaan käyttää joko pikakiinnitysputkia tai muoviletkuja. Muoviletkujen käyttöön otto on helpottanut laitteiden siirtotyötä ja vähentänyt työn menekkiä

Sadetuksen järjestely muoviletkuja käyttäen

Kuvissa 15 ja 16 on esitetty sadetuksen järjestelymalleja muoviletkuja sadetinjohtoina käyttäen. Peltoputkistona voidaan käyttää myös pikakiinnitysputkia. Peltujohtona käytettävän muoviletkun siirto voi tapahtua kuvassa 8 esitetyillä tavoilla.

Muovisissa sadetinjohtoissa sadetin jalustoineen on kiinnitetty sadetinletkun päähän (ks. kuva 7 B). Jalaksilla varustettuja jalustoja käytettäessä sadetin voidaan siirtää uuteen kohteeseen letkusta vetäen tai pienelle rummulle kelaten (ks. kuva 9). Näin ollen vältetään liikkumasta kastelulla alueella. Kuvassa 16 esitetyssä menetelmässä letkujen pituus on n. 30 m. Sadetinjohtot sijoitetaan ääriasennoissaan 60° kulmaan peltujohtoon nähden. Sadettimet on siirrettävä seuraavaan sadetuspisteeseen kantaan. Ne siirretään kuvan osoittamassa jär-

jestyksessä 1...6. Peltujohto joudutaan näin ollen siirtämään vasta joka kuudennen sadettimen siirron jälkeen Mikäli yksi henkilö suorittaa sadettimien siirron, letkut laahautuvat maan pinnalla ja voivat vioittaa kasvustoa. Tämän vuoksi menetelmää voidaan suositella lähinnä vain nurmien kasteluun.



Kuva 15. Muoviletkujen käyttö sadetinjohtoina vähentää tuntuvasti siirrosta aiheutuvaa työtä. Esimerkkitapauksessa peltujohtoa joudutaan siirtämään joka kolmannen sadettimien siirron jälkeen.

Eräitä sadetuslaitteiston mitoitukseen liittyviä näkökohtia

Oloissamme tulevat yleensä kysymykseen joko puolikiinteät tai kokonaan siirrettävät laitteet. Puolikiinteiden laitteiden hankintakustannukset ovat suuremmat kuin siirrettävien, mutta käyttökustannukset usein pienemmät. Mikäli kustannussyistä laitteiston hankinta suoritetaan useassa eri vaiheessa, pumpun, moottorin ja runkoputkiston mitoituksessa on otettava huomioon laajennettu sadetuksen tarve, ettei koko laitteistoa jouduta myöhemmin uusimaan. Tarkoituksenmukaisinta on mitoittaa laitteisto n. 10 tunnin vuorokautista käyttöä silmällä pitäen, jolloin erittäin kuivina kausina on riittävästi sadetusaikaa. Sadetuslaitteiston tehon on erikoisviljelyssä suurehkoja aloja sadetettaessa oltava tuntuvasti suurempi kuin monipuolisessa viljelyssä. Eräinä ohjelukuina laitteiston tehon määrittämiseksi voidaan mainita peltoviljelyssä jäykällä mailla 1...2 ja keveillä mailla 1,5...3 m³/h laskien koko sadetettavan pinta-alan jokaista hehtaaria kohden. Puutarha- ja vihannesviljelyksillä vastaavaksi sadetustehoksi voidaan suositella n. 3...7 m³/h.

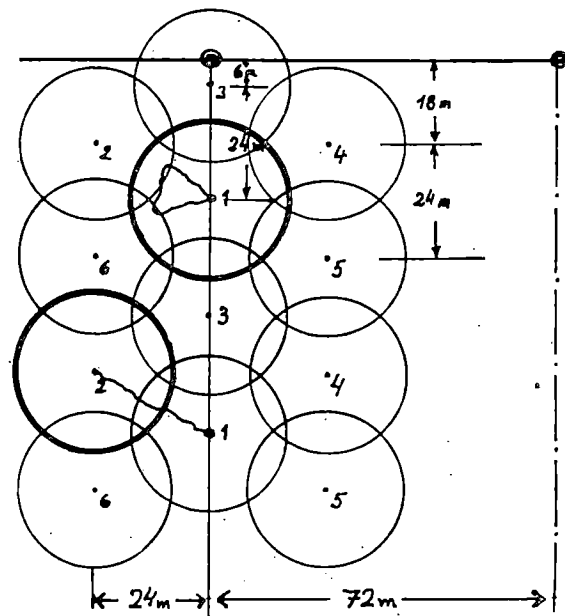
Putkiston mitoituksessa on otettava huomioon että virtaamisnopeus painepuolella ei saa olla yleensä yli 1,5 m/s eikä imupuolella yli 1 m/s. Tarvittavaan putken läpimittaan vaikuttaa putkiston kokonaispituus, korkeusero vedenottoaikaan ja korkeimmalla olevan sadetettavan alueen välillä ja sadettimien tarvitsema paine. Painehäviö saa olla enintään 1...1,5 at ja jos painehäviö sadetinjohtoon alkupäässä on em. lukuja suurempi, sadetinjohto on varustettava kuristimella ja painemittarilla, jolloin paine voidaan säätää halutun suuruiseksi. Eri läpimittaisten putkien painehäviöt saadaan tarkoitusta varten laadituista taulukoista tai piirroksista

Tarvittavan paineen (nostokorkeuden) ja vesimäärän perusteella voidaan valita tarkoitukseen soveltuva pumppu ja moottori. Moottorin tehon on suorassa yhteydessä oltava n. 10 % ja väliytystä käytettäessä n. 25...30 % pumpun tehon tarvetta suurempi.

Sadetus on vielä melko nuori ja jatkuvasti kehittyvä kastelumenetelmä. Tästä johtuen tutkimukset, ovat sekä biologisessa että teknillisessä mielessä monessa kohdin keskeneräisiä. Viljelykasvit suhtautuvat eri tavoin sadetukseen ja sen onnistumiseen vaikuttavat tuntuvasti myös paikalliset olot. Tutkimustulosten käyttäytymiseen soveltaminen vaatii viljelijältä alan jatkuvaa seuraamista ja omiin kokemuksiinsa ja havaintoihinsa perustuvaa tarkkailua.

Kirjallisuutta

ANGERER, H. 1959. Praktische Hinweise zur Berechnung. Frankfurt a.M. 40 s.
 d'AT de SAINT-FOULC, J. 1967. Irrigation par aspersion. Paris 232 s.
 CZERATZKI, W. 1965. Die Grundlagen für den gelenkten Einsatz des Beregnung. Landtechnik 10: 374-378.
 DECKER, J. MULLINER, H. & DAVIS, J. 1965. Mechanically moved sprinkler system, Nebraska 23 s.
 JANERT, H. 1961. Lehrbuch der Bodenmelioration. Berlin. 324 s.
 KLATT, F. 1958. Technik und Anwendung der Feldberegnung. Berlin 90 s.
 MOLENAAR, A. 1960. Irrigation by sprinkling 93 s. (FAO-Agric. devel, paper no. 65)
 ROGNERUD, B. 1964. Vatning. Handbok om vatning i jordbruk og hagebruk. Oslo. 87 s.
 SCHONNOPP, G. 1961. Die Beregnung. Handbuch der Landtechnik. Hamburg-Berlin. 428-458.
 Kirjoituksessa käytetyn kirjallisuuden täydellisempi luettelo (moniste 90 viitettä) on saatavana maatalouskoneiden tutkimuslaitokselta.



Kuva 16. Piirroksen esittämää menetelyä käyttäen peltujohto joudutaan siirtämään joka kuudennen sadettimien siirron jälkeen (vrt. teksti)