

**VAKOLAn tiedote**  
85/2001



**Maarit Puumala Merja Paasonen**

**Lantavarastot ja pihatoiden ritiläpalkistot**

**MAA- JA ELINTARVIKETALOUDEN TUTKIMUSKESKUS**

Agrifood Research Finland

Maatalousteknologiaan tutkimus (Vakola)

Agricultural Engineering Research (Vakola)

Osoite  
Vakolantie 55  
03400 VIHTI

Puhelin  
(09) 224 251  
Telekopio  
(09) 224 6210

Address  
Vakolantie 55  
FIN-03400 VIHTI  
FINLAND

Telephone int.  
+358 9 224 251  
Telefax int  
+358 9 224 6210

# Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	3
2	Betonisten lietesäiliöiden ja ritiläpalkistojen määrä ja ikäjakautuma sekä arvio rakennuskustannuksista vuosina 2000 - 2015.....	4
2.1	Aineisto ja menetelmät.....	4
2.2	Lietesäiliöiden ja ritiläpalkistojen määrä ja ikäjakautuma.....	4
2.2.1	Lietesäiliöiden tilavuus.....	6
2.2.2	Ritiläpalkistojen pinta-ala.....	7
2.3	Lietesäiliöiden ja ritiläpalkistojen käyttöikä.....	8
2.4	Korjauskustannukset.....	10
2.4.1	Maatalouden rakennemuutos.....	10
2.4.1.1	Lypsykarjatilat.....	10
2.4.1.2	Sikatilat.....	11
2.4.2	Lietesäiliöiden ja ritiläpalkistojen kustannuslaskelmat.....	13
2.4.2.1	Lietesäiliöiden kustannuslaskelma.....	14
2.4.2.2	Ritiläpalkistojen kustannuslaskelmat.....	17
3	Lantavarastot.....	18
3.1	Eriaiset lantavarastot ja järjestelmät.....	18
3.2	Lantavarastojen rakennusmateriaalien tiiviys.....	19
3.2.1	Aineisto ja menetelmät.....	19
3.2.2	Eriaiset betonit lantarakenteissa.....	20
3.2.3	Muotti- ja kevytsoraharkot lantarakenteissa.....	22
3.3	Lietesäiliöelementtien saumausrakenteiden vaikutus tiiviyteen.....	28
3.3.1	Aineisto ja menetelmät.....	28
3.3.2	Tulokset.....	28
3.4	Lantavarastojen kunto- ja vaurioselvitykset sekä mahdolliset korjaustoimenpiteet.....	31
4	Ritiläpalkistot.....	33
4.1	Ritiläpalkkien kunto.....	33
4.2	Ritiläpalkistojen vaurioiden syyt ja toimenpiteet vaurioiden määrän minimoimiseksi.....	39
5	Ohjeet rakentajalle.....	40
5.1	Lantavarastot.....	40
5.2	Ritiläpalkit.....	41
5.3	Menetelmät käyttökelpoisuuden varmistamiseksi.....	42
5.3.1	Lantalat.....	42
5.3.2	Ritiläpalkistot.....	42
6	Johtopäätökset.....	43
	Kirjallisuus.....	45
	Liitteet	

# 1 Johdanto

Lantalarakenteiden vesitiiviysvaatimus on herättänyt keskustelun vaatimustason perusteltavuudesta. Rakenteina esim. omatekoisista elementeistä tehdyt ja harkoista muuratut varastot ovat hyväksytyjä. Toisaalta joissain kunnissa vaaditaan valmisbetonista tehtäväksi vesitiiviyskoe. Viljelijät joutuvat tässä tilanteessa hyvin eriarvoiseen asemaan riippuen tilansa sijaintipaikasta. Lisäksi rakentamiskustannukset saattavat nousta jopa 30 - 40 % ehdottoman vesitiiviysvaatimuksen takia. Elinkeinon nykyisen kannattavuuden huomioiden kustannusten korottaminen ilman vankkoja perusteita ei ole järkevää.

Sorkkahoitajien mukaan joillakin tiloilla joudutaan säännöllisesti hoitamaan ritiläpalkkien epätasaisista ja rikkinäisistä reunoista johtuvia sorkkien märkäpaiseita. Eläinlääkärien mukaan rikkoontuneet ritiläpalkkien reunat aiheuttavat sorkkavaurioita, joista johtuvat tulehdukset näkyvät jopa maidon huonontuneena laatuna. Ritiläpalkkien vaurioituminen aiheuttaa myös tapaturmariskin sekä eläimille että hoitajille ja vahinkotapauksessa rahalliset menetykset voivat olla tuntuvia.

MMM:n suorittamissa palautetarkastuksissa on todettu, että rakolattiapalkkeja varastoidaan usein tasaamattomilla huonosti kantavilla alustoilla, jolloin palkkeihin kohdistuu rakennetta vaurioittavia kuormia. Lisäksi varastot ovat talvellakin usein ulkona, vaikka palkkeja ei ole valmistettu pakkasen kestävästä betonista. Samoin on todettu, että viljelijät ajavat rakennusaikana traktorilla valmiiden ritiläpalkkistojen päällä siirtäen etukuormaajalla usein raskaita kuormia. Mitoituskuorman ylittävä kuormittaminen aiheuttaa palkkien alapintoihin hiushalkeamia, joista rapautuminen pääsee alkuun.

Pihattonavetoiden yleistyminen 1970-luvulla merkitsee sitä, että yli 15 vuotta käytössä olleita rakolattiapalkkistoja ja lietealtaita on paljon. Niiden vaihtaminen tai korjaaminen samanaikaisesti rakennuksen peruskorjauksen kanssa on tuotannon kannalta järkevintä. Tiloilla tarvitaan menetelmät, joilla määritetään kyseisten rakenteiden kunto sekä vaihtotai korjaustarve. Lisäksi tulee pystyä määrittämään, onnistuuko työ itse tehtynä vai tarvitaanko ammattimiehen apua.

Tässä tutkimuksessa on MMM:n toivomuksesta tehty selvitys lietesäiliöiden ja ritiläpalkkistojen määrästä ja sen kehityksestä vuoteen 2015 mennessä sekä laskettu niiden uudisrakentamiseen ja korjaamiseen sitoutuvaa pääomaa vastaavana ajanjaksona. Tutkimuksen tavoitteena on myös ollut saada tieteellistä tietoa lantalarakenteiden ja ritiläpalkkien käyttökelpoisuudesta, kestävydestä ja korjausmahdollisuuksista määräysten ja ohjeiden valmistelun, suunnittelun ja käytännön rakennustoiminnan tueksi.



## **2 Betonisten lietesäiliöiden ja ritiläpalkistojen määrä ja ikäjakauma sekä arvio rakennuskustannuksista vuosina 2000 - 2015**

### **2.1 Aineisto ja menetelmät**

Lietesäiliöiden ja ritiläpalkistojen määrän ja ikäjakauman selvittämisessä käytettiin TE-keskuksilta, betonituotteiden valmistajilta, Rakennustuoteteollisuus RTT ry:ltä ja maatalouskaupan keskusliikkeiltä saatuja tietoja. TE-keskuksille lähetettiin kirjallinen kysely, jossa pyydettiin arviota ikäluokittain lantavarastojen määrästä ja keskimääräisestä tilavuudesta sekä ritiläpalkistojen määrästä ja keskimääräisestä pinta-alasta. Valmistajiin ja Rakennustuoteteollisuus RTT ry:hyn oltiin yhteydessä puhelimitse. Heiltä saatiin arvio vuosittaisista lantalaelementtien ja ritiläpalkistojen myyntimääristä. Keskusliikkeiden myynneistä oli käytössä Vakolan keräämät vuosittaiset koneliikkeiden myyntitilastot. Lantavarastoja ja ritiläpalkistoja koskevat tiedot kerättiin vuosilta 1980 - 1999 ja ne ryhmiteltiin neljään eri ikäluokkaan: 15 - 20, 10 - 15, 5 - 10 ja 1 - 5 vuotta vanhat betonirakenteet.

Lietesäiliöiden ja ritiläpalkistojen käyttöikäen perustuen tehtiin niiden kunnostamisesta kustannuslaskelma. Laskelman tueksi pyrittiin tekemään arvio siitä, kuinka lypsykarja- ja sikatilojen määrän kehittyminen tulee vaikuttamaan kustannuksiin. Kustannuslaskelmat on tehty tämänhetkisen vaatimustason mukaisesti. Kustannuslaskelmissa ei ole otettu huomioon uudisrakentamista.

### **2.2 Lietesäiliöiden ja ritiläpalkistojen määrä ja ikäjakauma**

Tietojen keruussa osoittautui ongelmaksi lantavarastojen ja ritiläpalkistojen määrää koskevan tilastoinnin puutteellisuus. TE-keskuksilla ei ollut lietesäiliöitä ja ritiläpalkistoja koskevaa erillistä kirjanpitoa. Useimmissa TE-keskuksissa näiden rakenteiden määrän selvittäminen olisi vaatinut jokaisen hakemuksen läpikäymistä. Tällaiseen työhön ei TE-keskuksissa ollut aikaa. Saadut tiedot perustuvatkin karkeisiin arvioihin. Viidestätoista TE-keskuksesta vastasi kahdeksan lähetettyyn kyselyyn. Vastaamatta jättäneistä TE-keskuksista kaksi sijaitsi keskeisellä karjatalousalueella. Maa- ja metsätalousministeriöstä saatuja tilastoja TE-keskuksissa hyväksytyistä rakennussuunnitelmista käytettiin apuna vastaamatta jättäneiden TE-keskusten painoarvon arvioinnissa /1/.

1980-luvulla ja 1990-luvun alussa oli Suomessa useita lietesäiliöelementtien ja ritiläpalkistojen valmistajia. Nyt toiminta on keskittynyt vain muutamalle yritykselle. Puhelimitse tehdyn kyselyn perusteella valmistaa tällä hetkellä lietesäiliöelementtejä vajaa kymmenen ja ritiläpalkkeja vain kolme yritystä. Valmistajilta pyydettiin tietoja näiden betonirakenteiden vuosittaisista myyntimääristä. Ongelmana oli, että erillistä kirjanpitoa lantavarastoelementtien myynnistä ei monessakaan yrityksessä ollut pidetty. 1980-luvulla myytyjen elementtien ja ritiläpalkistojen kirjanpito ei ollut enää tallella. Joissakin yrityksissä oli tapahtunut omistajanvaihdoksia, eikä aiemman toiminnan myyntitietoja ollut käytössä. Näin

ollen myös valmistajilta saatuja tietoja voidaan pitää vain suuntaa antavina arvioina. Vuosittaisia myyntitietoja suoraan maataloilille myydyistä lietesäiliöelementeistä ja ritiläpalkkeista pyydettiin 16 yrityksestä.

Rakennustuoteteollisuus RTT ry:n myyntitilastot olivat myös puutteellisia. Maatalouteen myytyjen siilojen ja säiliöiden määristä oli myyntitilastot vain vuosilta 1981 - 1986 /2/. Lisäksi täytyy ottaa huomioon, että Rakennusteollisuus RTT ry:n tilastoissa ovat mukana vain sen jäsenyritysten myyntitiedot.

Keskusliikkeiden myyntitilastoissa on ilmoitettu koneliikkeiden kautta myytyjen lietesäiliöiden kappale- ja ritiläpalkkistojen neliömäärä /3/. Tilastossa on ilmoitettu sekä keskusliikkeiden kautta myyvien suomalaisten valmistajien että maahantuotujen säiliöiden ja palkkistojen määrät. Ritiläpalkkistoja koskevassa myyntitilastossa saattaa olla pieni osa maahantuotuja valurauta- ja muoviritiläpalkkistoja. Tilastotiedot puuttuivat vuodelta 1980.

Lietesäiliöiden määrää arvioitiin vertaamalla keskenään TE-keskuksilta, Rakennustuoteteollisuus RTT ry:ltä sekä valmistajilta ja koneliikkeiden myyntitilastoista saatuja tietoja keskenään. TE-keskusten ilmoittamat lietesäiliöiden määrät poikkesivat jonkin verran myyntitilastojen mukaisista määristä. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että TE-keskusten antamassa arviossa oli mukana myös tiloilla betoniharkoista rakennetut lietesäiliöt. Suurin osa näistä lietesäiliöistä on todennäköisesti 10 - 20 vuotta vanhoja. Rakennusteollisuus RTT ry:n sekä valmistajien ja koneliikkeiden yhteenlasketut lantalamäärät olivat keskenään samaa suuruusluokkaa. Tästä voidaan päätellä, että tiedot myyntimääristä pitävät melko hyvin paikkansa. Vertailua ei tosin voitu tehdä kuin vuosien 1981 - 1986 tilastotietojen perusteella.

Arvio vuosittain maataloilille rakennetuista lietesäiliöistä saatiin laskemalla keskiarvo TE-keskusten antaman arvion sekä valmistajien suoraan maataloilille myymien ja koneliikkeiden kautta myytyjen lietesäiliöiden yhteenlasketusta määrästä. TE-keskusten ilmoittamaan lietesäiliöiden määrään lisättiin maa- ja metsätalousministeriön tilastojen avulla laskettu arvio vastaamatta jättäneiden TE-keskusten alueella rakennetuista lietesäiliöistä. Ministeriön tilastojen mukaan vuosina 1992 - 1999 oli kyselyyn vastanneissa TE-keskuksissa hyväksytty 66 % koko maan navetta- ja sikalarakennussuunnitelmista. Näin ollen vastaamatta jättäneiden hyväksymisosuudeksi jäi 34 %. (Taulukko 1).

Ritiläpalkkistoista saatiin TE-keskuksilta melko huonosti tietoa. Myöskään Rakennusteollisuus RTT ry ei ollut pitänyt maataloilille myydyistä ritiläpalkkistoista erillistä tilastoa. Näin ollen ritiläpalkkistojen määrä maataloilla on laskettu valmistajilta ja koneliikkeiden myyntitilastoista saaduista tiedoista. Taulukkoon 1 on laskettu lypsykarja- ja sikatilojen lantaritiläpalkkiston yhteismäärä neliöinä.

Taulukko 1. Arvio ikäluokittain lypsykarja- ja sikatilojen betonisten lietesäiliöiden ja ritiläpalkistojen määristä.

Rakentamis- vuosi	Arvio määrästä ikäluokittain		
	Ikäluokka	Lietelantavarastot, kpl	Ritiläpalkistot, m <sup>2</sup>
1980 - 1984	15 – 20 vuotta	2480	99400
1985 - 1989	10 – 15 vuotta	2330	144700
1990 - 1994	5 - 10 vuotta	3550	175700
1995 - 1999	1 - 5 vuotta	4620	274600

Lietesäiliöiden ja ritiläpalkistojen ikäjakaumaa tarkasteltaessa verrattiin TE-keskusten ilmoittamaa arviota sekä valmistajien ja koneliikkeiden yhteenlaskettua vuosittaista myyntimäärää keskenään. Arvio ikäjakaumasta oli TE-keskusten ja myyntitilastojen kesken hyvin samankaltainen. Taulukosta 2 voidaan havaita, että 1 - 5 vuotta vanhojen lietesäiliöiden ja ritiläpalkistojen osuus on suurin.

Taulukko 2. TE-keskusten sekä valmistajien ja koneliikkeiden myyntitilastojen perusteella saatu arvio lietesäiliöiden ja ritiläpalkistojen jakautumisesta ikäryhmiin prosentteina.

Rakentamis- vuosi	Ikäluokka	Arvio lietesäiliöiden ikä-jakaumasta			Arvio ritiläpalkistojen ikä-jakaumasta		
		TE-keskus	Myynti- tilasto	Keskiarvo	TE-keskus	Myynti- tilasto	Keski-arvo
1980 - 1984	15 - 20 vuotta	19	17	18	12	14	13
1985 - 1989	10 - 15 vuotta	21	17	19	25	21	23
1990 - 1994	5 - 10 vuotta	28	30	29	32	25	28,5
1995 - 1999	1 - 5 vuotta	32	36	34	31	40	35,5

## 2.2.1 Lietesäiliöiden tilavuus

Lietesäiliöiden tilavuuden kehitystä arvioitiin 1980-luvun alusta vuoteen 1999 asti. VAKOLA teki 1980-luvun alussa selvityksen maatalouden tuotantorakennuksista. Ko. tutkimuksen tausta-aineistona olleiden rakennuspiirustusten avulla arvioitiin 1980-luvun alussa rakennettujen lypsykarjatilojen lietesäiliöiden tilavuus. Rakennuspiirustusten mukaan oli lietesäiliöiden tilavuus keskimäärin 300 m<sup>3</sup> ja vaihteluväli 240 ... 430 m<sup>3</sup>. Rakennuspiirustuksia oli Itä-Suomen ja Pohjanmaan alueelle rakennetuilta lypsykarjailoilta yhteensä 30.

1980-luvun lopussa oli VAKOLA mukana maa- ja metsätalousministeriön rahoittamassa yhteistutkimuksessa, jossa selvitettiin lietelantajärjestelmien toimivuutta. Tutkimuksessa oli mukana 22 nautakarja- ja 17 sikatilaa. Suurin osa tutkimustilojen lietelantaloista oli rakennettu 1980-luvun loppupuolella. Tämän tutkimusaineiston perusteella oli nauta- ja sikatilojen lietesäiliöiden tilavuus 1980-luvun alkuun verrattuna kasvanut. Keskimääräinen lietelantalan tilavuus oli 500 m<sup>3</sup>. /4/.

1990-luvun alun tilannetta arvioitiin Keski-Suomen Maaseutukeskuksen tekemän jätevarastotutkimuksen ja maa- ja metsätalousministeriön betonisia elementtirakenteisia lietelantaloita koskevan selvityksen avulla. Keski-Suomen Maaseutukeskuksen tutkimusaineistossa oli tiedot 35 tilan lantavarastoista ja virtsasäiliöistä. Noin puolella (51 %) näistä tiloista oli lietelantala. Aineiston perusteella lietesäiliöiden keskimääräinen tilavuus oli 646 m<sup>3</sup> ja vaihteluväli 205 ... 1270 m<sup>3</sup>. Lantalat oli rakennettu vuosien 1991 - 1993 aikana. Maa- ja

metsätalousministeriön selvityksessä tarkasteltiin samana ajanjaksona rakennettujen lietesäiliöiden tilavuuksia. Ministeriön selvityksessä oli mukana 161 lantala. Lietesäiliöiden keskimääräiseksi tilavuudeksi saatiin  $640 \text{ m}^3$ . Tilavuuden vaihteluväli oli  $125 \dots 2000 \text{ m}^3$ . /5/. Näiden kahden tutkimusaineiston perusteella arvioitiin lietesäiliöiden keskimääräiseksi tilavuudeksi 1990-luvun alussa  $640 \text{ m}^3$ .

TE-keskuksilta pyydettiin arvio 1990-lopulla rakennettujen lietesäiliöiden tilavuuksista. Arvio saatiin kahdeksasta TE-keskuksesta. Uusien lietesäiliöiden keskimääräiseksi tilavuudeksi arvioitiin  $860 \text{ m}^3$  vaihteluvälin ollessa  $500 \dots 1500 \text{ m}^3$ . Kohteissa, joissa oli vielä käyttökelpoinen vanha lietelantala, oli rakennettavien uusien lietesäiliöiden tilavuus  $500 - 700 \text{ m}^3$ .

### 2.2.2 Ritiiläpalkistojen pinta-ala

Lypsykarja- ja sikatiloilla käytetyn betonisen ritiiläpalkiston pinta-alan arvioiminen tilakoh-  
taisesti oli hankalaa, koska ritiiläpalkiston käyttömäärästä saatiin tietoja melko puutteellises-  
ti. Eri TE-keskusten esittämät arviot lypsykarja- ja sikatilojen ritiiläpalkistojen määristä  
poikkesivat huomattavasti toisistaan. Lypsykarjatiloilla arvioitiin olevan ritiiläpalkistoa  
keskimäärin  $50 \text{ m}^2/\text{navetta}$ . Vaihteluväli oli  $30 \dots 80 \text{ m}^2/\text{navetta}$ . Sikaloissa arvioitiin ole-  
van betonista ritiiläpalkistoa keskimäärin  $52,5 \text{ m}^2/\text{sikala}$ , jossa vaihteluväli oli  $30 \dots 70$   
 $\text{m}^2/\text{sikala}$ .

Koska TE-keskusten antamissa ritiiläpalkiston pinta-alaa koskevissa arvioissa oli suurta  
vaihtelua, pyrittiin laskennallisesti arvioimaan navetoiden ja sikaloitten ritiiläpalkistojen  
pinta-alat. Laskennassa käytettiin vuoden 1993 Maatilahallituksen maatalousrakennusten  
huonetilamallissa esitettyjä pohjapiirustuksia. Makuuparsipihatossa, joka on mitoitettu 30  
lypsyylehmälle, 10 hieholle, seitsemälle vasikalle ja 4 - 20 nuorkarjaan kuuluvalla eläimelle,  
käytetään mallin mukaan ritiiläpalkistoa noin  $150 \text{ m}^2$  /6/. Verrattaessa laskelmassa eläintä  
kohden saatuja ritiiläpalkistoaloja aiemmissä tutkimuksissa saatuihin tuloksiin, voidaan  
niiden todeta olevan samaa suuruusluokkaa. Mallin mukaan laskettaessa oli ritiiläpalkistoa  
keskimäärin lypsyylehmää ja hiehoa kohti  $3 \text{ m}^2$ , nuorkarjaan kuuluvaa eläintä kohti  $1,7 \text{ m}^2$   
ja vasikkaa kohti  $0,9 \text{ m}^2$ . SARINin ym. mukaan oli 1980-luvulla makuuparsipihatossa lyp-  
sylehmää kohti ritiiläpalkistoa keskimäärin  $3,7 \text{ m}^2$  vaihteluvälin ollessa  $5,2 \dots 2,4 \text{ m}^2$  /7/.  
Myös KAPUINEN ym. totesivat 1980-luvun lopulle sijoittuvassa tutkimuksessa, että kes-  
kimääräinen ritiiläpalkistoala on lypsyylehmälle  $4,0 \text{ m}^2$ , hieholle  $3,0 \text{ m}^2$ , vasikoille  $0,8 - 1,0$   
 $\text{m}^2$  ja nuorkarjalle  $1,1 - 2,3 \text{ m}^2$  /4/.

Lihasikaloissa, jotka oli mitoitettu 327 ja 310 sialle, oli betonista ritiiläpalkistoa käytetty  
keskimäärin  $44 \text{ m}^2$ . Myös emakkosikalassa, joka oli mitoitettu 61 tuotannossa olevalle  
emakolle, oli ritiiläpalkistoala  $44 \text{ m}^2$ . Emakkosikalan ritiiläpalkistoalan laskennassa otettiin  
huomioon, että betonista ritiiläpalkistoa käytetään vain joutilas- ja ensikko-osastoilla. Sika-  
loissa oli keskimääräinen ritiiläpalkistoala lihasikaa kohti  $0,1 \text{ m}^2$  ja emakkoa kohti  $0,7 \text{ m}^2$ .  
/6/.



TE-keskuksen arvion ja laskennallisen tuloksen ero ritiläpalkiston pinta-alassa johtuu todennäköisesti siitä, että 1980-luvun alussa rakennetuissa parsinavetoissa käytettiin ritiläpalkistoa rakentamisessa huomattavasti vähemmän kuin 1990-luvulla rakennetuissa pihattonavetoissa. Koska TE-keskuksia pyydettiin antamaan keskimääräinen arvio ritiläpalkiston pinta-alasta navetoissa ja sikaloissa, pienensi todennäköisesti vanhojen navettarakennusten ritiläpalkiston vähäinen käyttömäärä keskimääräistä pinta-alaa. Sikaloiden ritiläpalkiston pinta-alassa ei ollut huomattavaa eroa laskennallisen ja TE-keskuksen arvion välillä.

### 2.3 Lietesäiliöiden ja ritiläpalkistojen käyttöikä

Lietesäiliöiden ja ritiläpalkistojen käyttöikää ja iän mukanaan tuomia riskejä arvioitiin asiantuntijoilta saatujen kannanottojen, betonirakenteista tehtyjen tutkimusten ja Maatalousyrittäjien eläkelaitoksen tapaturmatilastojen avulla.

Betonirakenteiden käyttöikään vaikuttaa oleellisesti käytettävän betonin laatu. Sekä lypsykarja- että sikatiloilla kohdistuu betonirakenteisiin mekaanista ja kemiallista kuormitusta. Mekaanista kuormitusta aiheuttaa mm. eläinten sorkista ja kemiallista lannasta. Lisäksi kosteus voi aiheuttaa huonolaatuisessa betonissa korroosiovaurioita. Betonin tiivyyden ja puristuslujuuden parantamisella onkin merkittävä vaikutus betonirakenteiden käyttöikään. /8/.

Ritiläpalkistojen laadusta riippuen asiantuntijat arvioivat niiden keskimääräiseksi käyttöikäksi 10 - 15 vuotta. Lietesäiliöiden käyttöikä voi olla huomattavasti pidempi, 10 - 20 vuotta. Tiedossa on kuitenkin tällä hetkellä toiminnassa olevia tiloja, joilla on yli 20 vuotta vanhoja lietesäiliöitä ja ritiläpalkistoja. Yli 20 vuotta vanhojen rakenteiden osuus on kuitenkin arvion mukaan melko vähäinen.

Norjassa tehdyssä lypsykarjanavetoiden ritiläpalkistoa koskevassa tutkimuksessa todettiin, että ensimmäisen kymmenen käyttövuoden aikana ritiläpalkistoissa havaitut vahingot olivat vielä melko vaatimattomia. Vahinkoja kuitenkin syntyi, jos ritiläpalkeissa oli käytetty puristuslujuudeltaan huonoa betonia, rakennusvaiheessa oli tehty virheitä tai ritiläpalkistoon oli kohdistunut voimakas kuormitus. Iältään 10 - 20 vuotta vanhoissa ritiläpalkeissa olivat vahingot sekä puristuslujuuden että käyttöiän yhteisvaikutuksesta syntyneitä. Vahinkojen lukumäärä näytti olevan sama kuin vesi-sementtisuhteesta ja iästä johtuva korroosion kehittyminen. Yli 20 vuotta vanhoissa ritiläpalkeissa näkyi jo tyypillisiä ikääntymisestä johtuvia vahinkoja. Tutkimuksessa tuli esille, että ritiläpalkistoon kohdistuvan rasituksen, eläimen iän ja vahingon laadun välillä oli korrelaatio. /9/.

Maatalousyrittäjien eläkelaitoksen tapaturmatilastoista pyrittiin seulomaan vuosien 1989 - 1999 aikana sattuneista tapaturmista ritiläpalkistojen tai lietesäiliöiden rakennevirheistä johtuneet onnettomuudet. Tapaturmia, jotka voitiin varmuudella todeta ritiläpalkistojen tai lietesäiliöiden rakennevirheistä aiheutuneiksi, löydettiin yhteensä 134. Näistä ritiläpalkistoonnettomuuksia oli 95 %. Tyypillisimpiä tapaturmia olivat ritiläpalkiston siirtyminen pois paikoiltaan, jalan tai eläimen sorkan juuttuminen ritiläpalkistoon ja ritiläpalkiston hajoa-

minen. Lietesäiliöiden rakennevirheistä johtuneet onnettomuudet olivat kaikki sattuneet lantalan korjaamisen yhteydessä.

Onnettomuuksia, jotka saattoivat olla seurausta huonokuntoisista ritiläpalkeista tai lietesäiliöistä, oli yhteensä 62. Näistä 85 %:ssa oli aiheuttajana ritiläpalkisto ja 16 %:ssa lietesäiliö. Ritiläpalkistoihin liittyneissä onnettomuuksissa oli kenkä jäänyt ritiläpalkistoon kiinni, ritiläpalkistoa oli korjattu tai eläin oli pudonnut lietekuiluun. Tapausselosteissa ei ollut mainintaa siitä, oliko ritiläpalkisto mahdollisesti huonokuntoinen onnettomuuden tapahtumahetkellä. Lietesäiliöihin liittyneet onnettomuudet olivat kaikki lantalan rakentamisvaiheessa sattuneita. Mainintaa siitä, miksi uutta lantala rakennettiin ei ollut tapausselostuksissa. Näiden mahdollisesti huonokuntoisista ritiläpalkeista ja lietesäiliöistä aiheutuneiden onnettomuuksien lisäksi oli yhteensä 83 onnettomuutta, jotka olivat tapahtuneet sikalan tai navetan peruskorjauksen yhteydessä. Tarkkaa mainintaa siitä, mitä tuotantotiloissa peruskorjattiin ei ollut. Osa näistä peruskorjauksista on saattanut liittyä ritiläpalkistojen ja lietesäiliöiden kunnostukseen.

Tapaturmatilastoista saatu onnettomuuksien määrä ei kuitenkaan kuvaa todellista tilannetta. KNUUTIn ja TAURIALAn tekemässä selvityksessä MaTa-korvauksien hakemisesta todetaan, että vain 60 %:ssa kaikista sattuneista tapaturmista oli haettu korvausta /10/. Tutkimus on tehty ajankohtana, jolloin korvausten hakeminen oli ollut mahdollista vasta kaksi vuotta. Tällöin maatalousyrittäjien tietoisuus korvausten hakumahdollisuudesta ei välttämättä ollut vielä kaikkien tiedossa. Myöhemmin on kuitenkin voitu todeta, että maataloudessa tapahtuneissa tapaturmissa on korvausten hakukynnys korkeampi kuin muissa tapaturmissa. Näin ollen voidaan edellä esitettyihin ritiläpalkistoista ja lietesäiliöistä aiheutuneisiin tapaturmalukuihin lisätä ainakin 20 %. Lisäksi tulee ottaa huomioon, että tapaturmatilastojen ulkopuolelle jäävät kaikki sellaiset tapaukset, joissa rakenteet ovat hajonneet henkilövahinkoja aiheuttamatta.

Onnettomuuksien tapausselostuksista ei käynyt esille se, kuinka vanhoja olivat rikkoutuneet ritiläpalkistot tai kunnostettavat lietesäiliöt. Suurin osa (noin 40 %) onnettomuuksista oli tapahtunut vuosina 1991, 1992 ja 1994. Myös mahdollisesti huonokuntoisista rakenteista aiheutuneet onnettomuudet painottuivat vuosille 1991 ja 1992 sekä poikkeuksellisesti vuoteen 1997. Peruskorjauksen yhteydessä tapahtuneista onnettomuuksista oli lähes puolet (46 %) tapahtunut vuosina 1991, 1992 ja 1994. Vaikka rakenteiden ikämääritystä ei pystytty tekemään, saatiin tilastoista selville, että vanhentuneista rakenteista aiheutuu vuosittain keskimäärin 12,5 tapaturmaa. Mikäli tähän lukuun lasketaan vielä mahdolliset huonokuntoisista rakenteista aiheutuneet onnettomuudet, nousee tapaturmien määrä vuodessa lähes 20:een. Tämän tarkastelun perusteella voidaan todeta, että huonokuntoiset betonirakenteet aiheuttavat ilmeisen riskin maataloilla.

Tutkimusaineiston, riskinarvioinnin ja asiantuntijoilta saatujen kannanottojen perusteella päädyttiin tässä selvityksessä siihen, että ritiläpalkistojen ja lietesäiliöiden keskimääräinen käyttöikä on noin 15 vuotta, jonka käyttöiän mukaan tehtiin tässä selvityksessä esitetyt kustannuslaskelmat.

## 2.4 Korjauskustannukset

Peruskorjattavien lypsykarja- ja sikatilojen lietesäiliöiden ja ritiläpalkistojen kustannusten arviointia varten laskettiin tilakoon kasvun ja tilojen vähenemisen vaikutus rakennuskantaan. Lietesäiliöiden kustannukset perustuvat maa- ja metsätalousministeriön rakentamismääräyksissä ja -ohjeissa annettuihin rakennusten ohjekustannuksiin, jotka ovat voimassa 1.3.2000 - 28.2.2001 /11/. Ritiläpalkistojen kustannusarvio perustuu vuoden 1997 maa- ja metsätalousministeriön rakennusten yksikköhinnastoon /12/. Uudempaa tietoa ritiläpalkistojen yksikköhinnoinnista ei ollut saatavilla. Yksikköhinnassa on otettu huomioon indeksikorotus. Kustannusarvio kunnostettavista lietesäiliöistä ja ritiläpalkistoista on tehty niiden oletetun käyttöiän mukaan vuoteen 2015 asti.

### 2.4.1 Maatalouden rakennemuutos

Lypsykarja- ja sikatilojen väheneminen on ollut 1970-luvulta lähtien voimakasta. Tilojen vähenemisen myötä on tilakoko kasvanut etenkin 1990-luvulla. Tilojen määrän vähenemisen on ennustettu jatkuvan edelleen. Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos on tehnyt maatalouden rakennekehityksestä vuoteen 2008 asti tutkimuksen, jota on tässä selvityksessä käytetty apuna arvioitaessa tilojen määrän ja koon kehittymistä vuoteen 2015 asti /13/. Peruslähtökohta laskelmille on ollut tuotantoon perustuva tilakoon optimointi. Tilakoon kehitystä on arvioitu 1990-luvun tuotannossa, kotieläinmäärässä ja tilojen lukumäärässä tapahtuneiden muutosten avulla.

Vuonna 1997 oli Suomessa lypsykarjatiloja yhteensä 30 850 ja sikatiloja 6 200. Lypsylehmiä tiloilla oli yhteensä 382 600 ja sikoja 1 467 000. Vuoden 1999 lopussa oli lypsykarjatiloja 26 260 ja sikatiloja 4906. /14/. Maatalouden rakennekehitystä koskevan tutkimuksen mukaan olisi vuonna 2008 lypsykarjatilojen määrä 12 000 - 15 000 ja sikatilojen noin 3000 tuotannon tehostumisesta ja tukipolitiikan kehityksestä riippuen /13/.

#### 2.4.1.1 Lypsykarjatilat

Lypsykarjatilojen määrää arvioitaessa vuoteen 2015 asti oletettiin, että karjakoko kasvaa lypsylehmätiloilla yhden lypsylehmän vuosivauhdilla. Karjakoon kasvu perustuu laskelmaan, jonka mukaan vuodesta 1994 vuoteen 1999 on karjakoko kasvanut yhden lehmän vuodessa. Vuonna 1999 oli keskimääräinen lypsylehmien määrä tilalla 14. Luku saadaan jakamalla lypsylehmien kokonaismäärä tilojen määrällä.

Koska tarkoituksena oli tarkastella tilamäärän kehittymistä maidontuotantoon perustuen, laskettiin vuosien 1980 - 1998 tilastojen perusteella maitotuotoksen keskimääräinen kasvu lehmää kohti vuodessa /15/. Keskimääräiseksi tuotantomäärän kasvuksi saatiin 90 litraa/vuosi. Tämä lisättiin yhtä lehmää kohden laskettuun keskimääräiseen maitotuotokseen vuoden 1998 tilanteesta alkaen. Vuonna 1998 oli kaikkien lehmien keskimääräinen maitotuotos 6225 litraa/lehmä /15/. Vuoden 1999 maitotuotos saadaan lisäämällä vuoden 1998 keskimääräiseen maitotuotokseen kasvun keskiarvoksi saatu 90 litraa. Vastaavasti vuoden 2000 tilanne saadaan lisäämällä vuoden 1999 keskimääräiseen maitotuotokseen 90 litraa. Näin laskettuna olisi vuonna 2015 keskimääräinen maitotuotos lehmää kohti 7755 litraa.

Koko maan maidontuotantomäärän kehittymistä arvioitiin maatalouden rakennekehitystä koskevan tutkimusaineiston avulla. Tutkimuksessa on esitetty, että ennusteesta riippuen tulisi maidontuotantomäärä vuonna 2008 sijoittumaan 1600 - 2100 milj. litran välille /13/. Koska maidon kulutus on pysynyt 1990-luvun melko tasaisesti reilussa 2000 milj. litrassa, voidaan olettaa kulutuksen myös jatkossa olevan samaa suuruusluokkaa /16/. Ennusteen mukaisesti oletetaan maidon tuotannon laskevan tasaisesti vuodesta 2000 vuoteen 2008, jonka jälkeen tuotantomäärä pysyisi 2000 milj. litrassa vuodesta 2008 vuoteen 2015.

Maidontuotantoon perustuva tuotantotilojen määrä saadaan kertomalla keskenään tilojen keskimääräinen lypsylehmämäärä ja lehmää kohti laskettu maitotuotos sekä jakamalla maidon kokonaistuotanto saadulla tulolla. Näin laskemalla saadaan vuonna 2008 lypsykarjatilojen määräksi 12 204, joka on samaa suuruusluokkaa kuin maatalouden rakennekehitystä koskevassa tutkimuksessa. Vuonna 2015 olisi tiloja enää 8 597. Tilojen määrä vähennee aluksi 7 - 9 %:n vuosivauhdilla, joka käytännössä tarkoittaa noin 2000 tuotannosta luopuvaa tilaa vuodessa. Vuoden 2008 jälkeen tilojen määrän väheneminen laskisi noin 5 %:iin vuodessa. Taulukossa 3 on esitetty maidon kokonaistuotantoon perustuva arvio lypsykarjatilojen määrästä vuoteen 2015 asti.

Taulukko 3. Arvio lypsykarjatilojen määrästä maidontuotannon ja karjakoon kasvun perusteella laskettuna.

Vuosi	Lehmiä/tila	Tuotos/lehmä, l	Maitokiintiö, l	Tilat yhteensä, kpl	Tilojen määrän väheneminen, %
1997	12	6 183	2 301 000 000	30 850	
1998	13	6 225	2 293 742 000	28 689	7,0 %
1999	14	6 315	2 324 554 000	26 260	8,5 %
2000	15	6 405	2 288 492 444	23 820	9,3 %
2001	16	6 495	2 252 430 889	21 675	9,0 %
2002	17	6 585	2 216 369 333	19 799	8,7 %
2003	18	6 675	2 180 307 778	18 147	8,3 %
2004	19	6 765	2 144 246 222	16 682	8,1 %
2005	20	6 855	2 108 184 667	15 377	7,8 %
2006	21	6 945	2 072 123 111	14 208	7,6 %
2007	22	7 035	2 036 061 556	13 155	7,4 %
2008	23	7 125	2 000 000 000	12 204	7,2 %
2009	24	7 215	2 000 000 000	11 550	5,4 %
2010	25	7 305	2 000 000 000	10 951	5,2 %
2011	26	7 395	2 000 000 000	10 402	5,0 %
2012	27	7 485	2 000 000 000	9 896	4,9 %
2013	28	7 575	2 000 000 000	9 430	4,7 %
2014	29	7 665	2 000 000 000	8 997	4,6 %
2015	30	7 755	2 000 000 000	8 597	4,5 %

#### 2.4.1.2 Sikatilat

Tuotantoa jatkavilla sikatiloilla on sikapaikkojen määrän lisääntyminen ollut nopeaa. Tarkasteltaessa tilakoon kehitystä vuodesta 1994 vuoteen 1999 asti on tilakoko kasvanut kes-

kimäärin 16 eläimellä vuodessa. Vuonna 1999 oli sikatiloilla keskimäärin 275 sikaa. Tämä luku on saatu jakamalla kaikkien sikojen yhteismäärä sikatilojen yhteismäärällä. Tilakoon kasvua arvioitaessa on oletettu, että eläinmäärä tulee lisääntymään sikatilaa kohti myös jatkossa 16 eläimellä vuodessa. Yhden sikapaikan on arvioitu tuottavan 1,5 teuraseläintä vuodessa.

Sikojen teuraspainoissa ei ole tapahtunut merkittäviä muutoksia 1990-luvulla. Vuosikeskiarvoksi laskettuna on vuosina 1990 - 1998 keskiteuraspaino lisääntynyt 0,65 kg vuodessa. Lihateollisuuden tutkimuskeskuksesta saadun tiedon mukaan ei teuraspainossa tule tapahtumaan lähivuosina merkittäviä muutoksia. Selvityksen laskelmissa käytettiin keskiteuraspainona 84,1 kg, joka oli vuonna 1998 keskimääräinen teurastettujen eläinten paino.

Taulukko 4. Arvio sikatilojen määrästä sianlihantuotannon ja tilakoon kasvun perusteella laskettuna.

Vuosi	Sika-paikkoja/tila	Teuraspaino, kg	Sianlihan-tuotanto, kg	Tilat yhteensä, kpl	Tilojen määrän väheneminen, %
1997	237	82,4	178 870 000	6 200	
1998	250	84,1	183 900 000	5 601	9,7 %
1999	275	84,1	182 490 000	4 906	12,4 %
2000	291	84,1	180 213 333	4 750	3,2 %
2001	307	84,1	177 936 666	4 595	3,3 %
2002	323	84,1	175 659 999	4 311	6,2 %
2003	339	84,1	173 383 332	4 054	6,0 %
2004	355	84,1	171 106 665	3 821	5,8 %
2005	371	84,1	168 829 998	3 607	5,6 %
2006	387	84,1	166 553 331	3 412	5,4 %
2007	403	84,1	164 276 664	3 231	5,3 %
2008	419	84,1	162 000 000	3 065	5,2 %
2009	435	84,1	162 000 000	2 952	3,7 %
2010	451	84,1	162 000 000	2 847	3,5 %
2011	467	84,1	162 000 000	2 750	3,4 %
2012	483	84,1	162 000 000	2 659	3,3 %
2013	499	84,1	162 000 000	2 574	3,2 %
2014	515	84,1	162 000 000	2 494	3,1 %
2015	531	84,1	162 000 000	2 418	3,0 %

Sianlihan tuotanto on kasvanut vuodesta 1995 aina vuoteen 1998 asti. Tuotannon kasvussa tapahtui käänne viime vuonna. Vuoden 1999 tuotantomäärä oli 0,8 % pienempi kuin vuonna 1998. Sianlihaa tuotettiin vuonna 1998 yhteensä 184,5 milj. kg, kun tuotanto vuonna 1999 oli 182,5 milj. kg /14/. Maatalouden rakennekehitystä koskevassa tutkimuksessa on eri ennusteissa arvioitu, että vuonna 2008 olisi sianlihantuotanto 155 - 165 milj. kg /13/. Tässä selvityksessä on oletettu, että vuonna 2008 olisi sianlihantuotanto 162 milj. kg, jossa se pysyisi vuoteen 2015 asti.

Sianlihantuotantoon perustuva sikatilojen määrä saatiin jakamalla sianlihan vuosituotanto sikapaikkojen lukumäärän, yhden sikapaikan tuottavuuden ja teuraspainon tulolla. Sikatilojen määrä vuonna 2008 olisi 3 065 ja vuonna 2015 enää 2 418. Arvio vuoden 2008 sikatilojen määrästä vastaa melko hyvin Maatalouden taloudellisentutkimuslaitoksen tekemää ennustetta, jonka mukaan tilojen määrä olisi noin 3000 /13/. Elintarviketiedon viljelijäkyselyn mukaan olisi sikatilojen määrän väheneminen vieläkin nopeampaa. Kyselyn mukaan olisi jo vuonna 2005 sikatilojen määrä noin 3000 /17/.

## **2.4.2 Lietesäiliöiden ja ritiläpalkistojen kustannuslaskelmat**

Peruskorjattavien lietesäiliöiden tilavuuden ja ritiläpalkistojen pinta-alan mitoitusperusteena on käytetty suurempaa tilakokoa kuin edellä esitettyjen navettojen ja sikaloiden eläinmäärien kehittymisen arvioinnissa vuoteen 2015. Perusteluna isommalle mitoitukselle on se, että tällä hetkellä kunnostettavia navettoja ja sikaloita ei todennäköisesti mitoiteta samalle eläinmäärälle kuin tilalla on peruskorjausvaiheessa. Oletuksena pidetään, että mitoituksessa otetaan huomioon tilalla tapahtuva mahdollinen eläinmäärän kasvu. Navetoissa on vuoden 2000 mitoitusperusteena pidetty 21 lypsylehmää, kuutta hiehoa, kahdeksaa nuorkarjaan kuuluvaa eläintä, neljää vasikkaa ja yhtä sonnia sekä sikaloissa 60 emakkoa ja 300 lihasikaa. Emakkosikaloissa oletetaan, että emakoista on 20 porsineita ja 40 joutilaina. Vieroitettuja porsaita olisi yhteensä 180. Vuoden 2015 osalta oletetaan, että navetat on mitoitettu 35 lypsylehmälle, 12 hieholle, 15 nuorkarjaan kuuluvalla eläimellä, seitsemälle vasikalle ja kahdelle sonnille sekä sikalat 80 emakolle ja 550 lihasialle. Tällöin oletetaan, että emakkosikaloissa on 30 emakkoa porsineen, 50 joutilasta ja vieroitettuja porsaita 270. Mitoitusperusteena käytetyt eläinmäärät kuvaavat keskimääräistä tilakokoa.

Peruskorjattavien lietesäiliöiden ja ritiläpalkistojen määrät on ilmoitettu kustannuslaskelmissa vuotta kohden. Koska molempien rakenteiden käyttöikäksi on arvioitu 15 vuotta, olisi vuoteen 2015 mennessä peruskorjattu kaikki ennen vuotta 2000 rakennetut lietesäiliöt ja ritiläpalkistot. Toisin sanoen vuonna 2000 tulee korjattaviksi ne rakenteet, jotka ovat yli 15 vuotta vanhoja. Vuonna 2015 ovat peruskorjattavina vuoden 1999 aikana rakennetut lietesäiliöt ja ritiläpalkistot. Taulukossa 1 on ikäluokittain peruskorjattavien betonirakenteiden määrät. Peruskorjattavien lietesäiliöiden ja ritiläpalkistojen määrästä vähennetään tuotannosta luopuvien tilojen osuus, joka on sika- ja lypsykarjatilojen vuosittain tapahtuvan vähenemisen keskiarvo. Lisäksi laskelmissa on otettu huomioon lypsykarjatilojen ja sikatilojen määrän keskinäinen suhde, koska se vaikuttaa mm. korjattavien lietesäiliöiden tilavuuteen ja ritiläpalkistojen pinta-alaan. Vuoden 1999 tilastotietojen mukaan jakautuvat kotieläintilat siten, että lypsykarjatiloja on 84 % ja sikatiloja 16 %. Edellisissä kappaleissa esitettyjen laskelmien perusteella (kappaleet 3.1.1 ja 3.1.2) olisi tiloista vuonna 2015 lypsykarjatiloja 78 % ja sikatiloja 22 %.

Peruskorjattavien lietesäiliöiden ja ritiläpalkistojen määrää laskettaessa on otettava huomioon myös niiden rakenteiden osuus, jotka on jo nyt uusittu. Tarkasteltaessa tilastoja, joista käy selville navetoiden ja sikaloiden rakentamis- ja peruskorjausvuosi, saadaan laskettua ikäluokittain arvio tällä hetkellä peruskorjattujen rakenteiden määrästä /15/. Tilastojen mu-



kaan 15 - 20 vuotta vanhoista lypsykarja- ja sikatiloista on peruskorjattu noin puolet. 10 - 15 vuotta käytössä olleista tiloista on peruskorjattu neljännes (25 %) ja alle 10 vuotta vanhoista noin 4 %. Kustannuslaskelmista on vähennetty näiden peruskorjattujen rakenteiden määrät.

#### 2.4.2.1 Lietesäiliöiden kustannuslaskelma

Lietesäiliöiden kustannuslaskelmaa varten arvioitiin tällä hetkellä rakennettavien lantaloiden tilavuus. Arvio perustuu keskiarvoon, joka on laskettu TE-keskusten ilmoittamasta keskimääräisestä lietesäiliökoosta (1990-luvun lopussa rakennetut lietalatat) ja maa- ja metsätalousministeriön rakentamismääräyksissä ja -ohjeissa annettujen ohjetilavuuksien avulla lasketusta lietesäiliötilavuudesta. Ohjetilavuudet on annettu 8 ja 12 kuukaudelle (taulukko 5). Ohjetilavuuksien mukainen keskimääräinen säiliökoko saatiin vuodelle 2000 esitettyä mitoitusperustetta käyttäen laskemalla keskiarvo 8 ja 12 kuukauden lantalatilavuuksista. Laskelmassa otettiin lisäksi huomioon lypsykarja- ja sikatilojen määrän keskinäinen suhde. Tällä laskumenetelmällä saadaan vuonna 2000 rakennettavan lietesäiliön keskimääräiseksi tilavuudeksi 699 m<sup>3</sup>.

Taulukko 5. Lietesäiliön ohjetilavuudet 8 ja 12 kuukauden varastointiaikaa varten eläintä kohti /18/.

Eläinlaji	Varastointiaika 12 kk, tilavuus (m <sup>3</sup> )	Varastointiaika 8 kk, tilavuus (m <sup>3</sup> )
Lypsylehmä	24	16
Hieho	15	10
Sonni	15	10
Nuorkarja	5	3,5
Emakko porsaineen	7	
Joutilas emakko	2,4	
Vieroitettu porsas	1	
Lihasila	2	

Lietesäiliön keskimääräinen tilavuus vuonna 2000: (1)

$$V_1 = [(a_1 \times 24 \text{ m}^3) + (a_2 \times 15 \text{ m}^3) + (a_3 \times 5 \text{ m}^3) + (a_4 \times 15 \text{ m}^3)] = [(21 \times 24 \text{ m}^3) + (6 \times 15 \text{ m}^3) + (8 \times 5 \text{ m}^3) + (1 \times 15 \text{ m}^3)] = 649 \text{ m}^3$$

$$V_2 = [(a_1 \times 16 \text{ m}^3) + (a_2 \times 10 \text{ m}^3) + (a_3 \times 3,5 \text{ m}^3) + (a_4 \times 10 \text{ m}^3)] = [(21 \times 16 \text{ m}^3) + (6 \times 10 \text{ m}^3) + (8 \times 3,5 \text{ m}^3) + (1 \times 10 \text{ m}^3)] = 434 \text{ m}^3$$

$$V_3 = \underline{649 \text{ m}^3} + 434 \text{ m}^3 = 542 \text{ m}^3$$

2

jossa  $V_1$  = lietesäiliön ohjetilavuus lypsykarjatilalla 12 kk:n varastointiajalla

$V_2$  = lietesäiliön ohjetilavuus lypsykarjatilalla 8 kk:n varastointiajalla

$V_3$  = lietesäiliön keskimääräinen tilavuus lypsykarjatilalla

$a_1$  = lypsylehmät, 21 kpl

$a_2 =$  hiehot, 6 kpl

$a_3 =$  nuorkarja, 8 kpl

$a_4 =$  sonnit, 1 kpl

$$V_4 = [(b_1 \times 7 \text{ m}^3) + (b_2 \times 2,4 \text{ m}^3) + (b_3 \times 1 \text{ m}^3)] = [(20 \times 7 \text{ m}^3) + (40 \times 2,4 \text{ m}^3) + (180 \times 1 \text{ m}^3)] \\ = 416 \text{ m}^3$$

$$V_5 = b_4 \times 2 \text{ m}^3 = 300 \times 2 \text{ m}^3 = 600 \text{ m}^3$$

$$V_6 = \frac{416 \text{ m}^3 + 600 \text{ m}^3}{2} = 508 \text{ m}^3$$

jossa  $V_4 =$  lietesäiliön ohjetilavuus emakkosikalassa

$V_5 =$  lietesäiliön ohjetilavuus lihasikalassa

$V_6 =$  lietesäiliön keskimääräinen tilavuus sikatiloilla

$b_1 =$  emakot porsaineen, 20 kpl

$b_2 =$  joutilaat emakot, 40 kpl

$b_3 =$  vieroitetut porsaas, 180 kpl

$b_4 =$  lihasiat, 300 kpl

$$V = \frac{(C_1 \times V_3 + C_2 \times V_6) + V_7}{2} = \frac{(0,84 \times 542 \text{ m}^3 + 0,16 \times 508 \text{ m}^3) + 860 \text{ m}^3}{2} = 699 \text{ m}^3$$

jossa  $V =$  lietesäiliön keskimääräinen tilavuus vuonna 2000

$V_7 =$  TE-keskusten ilmoittama lietesäiliön keskimääräinen tilavuus vuonna 1999

$C_1 =$  lypsykarjatilojen %-osuus vuonna 2000

$C_2 =$  sikatilojen %-osuus vuonna 2000

Vastaavasti voidaan laskea lietesäiliön tilavuus vuodelle 2015 esitetyn mitoitusperusteen mukaan. Tällöin rakennettavien lietesäiliöiden tilavuudeksi saadaan  $919 \text{ m}^3$ . Lietesäiliön tilavuus kasvaisi näin ollen vuodesta 2000 vuoteen 2015 mennessä keskimäärin  $25,5 \text{ m}^3$  vuodessa.

Lietesäiliön keskimääräinen tilavuus vuonna 2015: (2)

$$V_1 = [(a_1 \times 24 \text{ m}^3) + (a_2 \times 15 \text{ m}^3) + (a_3 \times 5 \text{ m}^3) + (a_4 \times 15 \text{ m}^3)] = [(35 \times 24 \text{ m}^3) + (12 \times 15 \text{ m}^3) \\ + (15 \times 5 \text{ m}^3) + (2 \times 15 \text{ m}^3)] = 1125 \text{ m}^3$$

$$V_2 = [(a_1 \times 16 \text{ m}^3) + (a_2 \times 10 \text{ m}^3) + (a_3 \times 3,5 \text{ m}^3) + (a_4 \times 10 \text{ m}^3)] = [(35 \times 16 \text{ m}^3) + (12 \times 10 \\ \text{m}^3) + (15 \times 3,5 \text{ m}^3) + (2 \times 10 \text{ m}^3)] = 752,5 \text{ m}^3$$

$$V_3 = \frac{V_1 + V_2}{2} = \frac{1125 \text{ m}^3 + 752,5 \text{ m}^3}{2} = 939 \text{ m}^3$$

jossa  $V_1 =$  lietesäiliön ohjetilavuus lypsykarjatilalla 12 kk:n varastointiajalla

$V_2 =$  lietesäiliön ohjetilavuus lypsykarjatilalla 8 kk:n varastointiajalla

$V_3 =$  lietesäiliön keskimääräinen tilavuus lypsykarjatilalla

$a_1 =$  lypsylehmät, 35 kpl

$a_2 =$  hiehot, 12 kpl

$a_3 =$  nuorkarja, 15 kpl

$a_4 =$  sonnit, 2 kpl

$$V_4 = [(b_1 \times 7 \text{ m}^3) + (b_2 \times 2,4 \text{ m}^3) + (b_3 \times 1 \text{ m}^3)] = [(30 \times 7 \text{ m}^3) + (50 \times 2,4 \text{ m}^3) + (270 \times 1 \text{ m}^3)] \\ = 600 \text{ m}^3$$

$$V_5 = b_4 \times 2 \text{ m}^3 = 550 \times 2 \text{ m}^3 = 1100 \text{ m}^3$$

$$V_6 = \frac{V_4 + V_5}{2} = \frac{600 \text{ m}^3 + 1100 \text{ m}^3}{2} = 850 \text{ m}^3$$

jossa  $V_4 =$  lietesäiliön ohjetilavuus emakkosikalassa

$V_5 =$  lietesäiliön ohjetilavuus lihasikalassa

$V_6 =$  lietesäiliön keskimääräinen tilavuus sikatiloilla

$b_1 =$  emakot porsaineen, 30 kpl

$b_2 =$  joutilaat emakot, 50 kpl

$b_3 =$  vieroitettut porsaas, 270 kpl

$b_4 =$  lihasiat, 550 kpl

$$V = [(C_1 \times V_3) + (C_2 \times V_6)] = [(0,78 \times 939 \text{ m}^3) + (0,22 \times 850 \text{ m}^3)] = 919 \text{ m}^3$$

jossa  $V =$  lietesäiliön keskimääräinen tilavuus vuonna 2015

$C_1 =$  lypsykarjatilojen %-osuus vuonna 2015

$C_2 =$  sikatilojen %-osuus vuonna 2015

Tilavuuden perusteella määräytyvä ohjekustannus laskettiin maa- ja metsätalousministeriön 1.3.2000 antaman rakennusten ohjekustannustaulukon mukaisesti jokaiselle vuodelle erikseen /10/.

$$\text{Ohjekustannus} = \text{vakio} \times V^{0,6} \quad (3)$$

jossa vakio = 1950; maan päällinen tai muu vetoa kestävä säiliö  $V > 500 \text{ m}^3$

$V =$  lietesäiliön tilavuus

TE-keskusten arvioon ja myyntitilastoihin perustuvasta taulukosta 1 saadaan vuosittain kunnostettavien lietesäiliöiden määrä jakamalla kunkin ikäluokan lietelantavarastojen määrä viidellä. Tästä lukumäärästä vähennetään jo nyt peruskorjattujen lantaloiden ja lopettavien tilojen osuudet. Liitteessä 1 esitetyn kustannuslaskelman mukaisesti vuoden 2015 loppuun mennessä olisi uusittavien lietesäiliöiden määrä yhteensä 10 058 ja uusimisesta aiheutuva kokonaiskustannus noin 1 118 milj. mk. Kustannukset lietesäiliötä kohti olisivat noin 111 000 mk.

### 2.4.2.2 Riti­läpalkistojen kustannuslaskelmat

Koska TE-keskusten ilmoittamissa arvioissa riti­läpalkiston pinta-alasta tilaa kohden oli melko paljon vaihtelua, käytettiin kustannuslaskelmissa vain laskennallista pinta-alatietoa. Riti­läpalkistojen pinta-ala perustuu Maatilahallituksen maatalousrakennusten huonetilamallin pohjapiirustuksien mukaan laskettuun riti­läpalkiston alaan lypsykarjaa, lihasikaa ja emakkoa kohden. Riti­läpalkiston määrän oletetaan pysyvän vuosittain vakiona kutakin eläintä kohti, vaikka eläinmäärä muuttuisikin. Vuosien 2000 ja 2015 riti­läpalkiston pinta-ala tilaa kohden on laskettu samojen eläinmäärien mukaan kuin lietesäiliön laskennallinen tilavuus. Riti­läpalkistojen pinta-alaa koskevassa kohdassa (kappale 2.2.2) on laskettu riti­läpalkiston alat eri eläimille. Tämän mukaisesti laskettuna saadaan keskimääräinen riti­läpalkiston pinta-ala lypsykarja- ja sikatilojen keskinäinen suhde huomioon ottaen vuosille 2000 ja 2015 seuraavasti:

Pinta-ala vuonna 2000: (4)

$$A = C_1 \times [(a_1 \times 3,0 \text{ m}^2) + (a_2 \times 3,0 \text{ m}^2) + (a_3 \times 1,7 \text{ m}^2) + (a_4 \times 0,9 \text{ m}^2)] + C_2 \times \frac{[(b_1 \times 0,7 \text{ m}^2) + (b_2 \times 0,1 \text{ m}^2)]}{2} =$$

$$0,84 \times [(21 \times 3,0 \text{ m}^2) + (6 \times 3,0 \text{ m}^2) + (8 \times 1,7 \text{ m}^2) + (4 \times 0,9 \text{ m}^2)] + 0,16 \times \frac{[(60 \times 0,7 \text{ m}^2) + (300 \times 0,1 \text{ m}^2)]}{2} = 88,0 \text{ m}^2$$

$a_1$  = lypsylehmät, 21 kpl

$a_2$  = hiehot, 6 kpl

$a_3$  = nuorkarja, 8 kpl

$a_4$  = vasikat, 4 kpl

$b_1$  = emakot 60 kpl

$b_2$  = lihasiat, 300 kpl

$C_1$  = lypsykarjatilojen %-osuus vuonna 2000

$C_2$  = sikatilojen %-osuus vuonna 2000

Pinta-ala vuonna 2015:

$$A = C_1 \times [(a_1 \times 3,0 \text{ m}^2) + (a_2 \times 3,0 \text{ m}^2) + (a_3 \times 1,7 \text{ m}^2) + (a_4 \times 0,9 \text{ m}^2)] + C_2 \times \frac{[(b_1 \times 0,1 \text{ m}^2) + (b_2 \times 0,7 \text{ m}^2)]}{2} =$$

$$0,78 \times [(35 \times 3,0 \text{ m}^2) + (12 \times 3,0 \text{ m}^2) + (15 \times 1,7 \text{ m}^2) + (7 \times 0,9 \text{ m}^2)] + 0,22 \times \frac{[(80 \times 0,7 \text{ m}^2) + (550 \times 0,1 \text{ m}^2)]}{2} = 147,0 \text{ m}^2$$

$a_1$  = lypsylehmät, 35 kpl

$a_2$  = hiehot, 12 kpl

$a_3$  = nuorkarja, 15 kpl

$a_4$  = vasikat, 7 kpl

$b_1 =$  emakot 80 kpl

$b_2 =$  lihasiat, 550 kpl

$C_1 =$  lypsykarjatilojen %-osuus vuonna 2015

$C_2 =$  sikatilojen %-osuus vuonna 2015

Ritiläpalkiston pinta-ala kasvasi vuodesta 2000 vuoteen 2015 vuosittain noin neljä neliötä ( $3,9 \text{ m}^2$ ) tilaa kohti. Ritiläpalkiston neliöhinta vuoden 1997 maa- ja metsätalousministeriön rakennusten yksikkö hinnastossa on  $257 \text{ mk/m}^2$ . Maatalouden tuotantorakennuksia koskevan indeksikorjauksen (12/1999) jälkeen tulee hinnaksi noin  $268 \text{ mk/m}^2$ . Korjattavan ritiläpalkiston pinta-ala vuoden 2015 loppuun mennessä olisi yhteensä noin  $520\,000 \text{ m}^2$ . Kokonaiskustannus peruskorjattavalle ritiläpalkistolle olisi noin 139 milj. mk. Tiloja, joilla peruskorjauksia tehtäisiin, olisi yhteensä 4 400. Näin ollen kustannukset investointikohdeta kohti olisivat noin 32 000 mk. Liitteessä 2 on esitetty ritiläpalkistojen kustannuslaskelma vuositasolla.

Indeksikorjaus vuoden 1997 ritiläpalkiston hintaan /19/: (5)

$$\frac{108,0}{103,7} \times 257 \text{ mk} = 268 \text{ mk}$$

jossa  $108,0 =$  12/1999 rakennuskustannusindeksi, maatalouden tuotantorakennus  
 $103,7 =$  1997 rakennuskustannusindeksi, maatalouden tuotantorakennus

## 3 Lantavarastot

### 3.1 Erilaiset lantavarastot ja järjestelmät

Maa- ja metsätalousministeriö antaa rakentamisohjeessaan MMM-RMO C4 perusteet lantavarastojen mitoitukselle ja perusvaatimukset niiden rakenteille ja rakennusmateriaaleille. Ohjeessa määrätään, että kuivalantavaraston pohjan reunoineen ja virtsasäiliön tulee olla vesitiiviitä ja siten rakennettuja etteivät lannan aineosat pääse ympäristöön. Maatiloille rakennettavat kuivalantalat ovat rakenteeltaan hyvin toistensa kaltaisia. Lantalan pohja on noin 0,5 metriä kuormaustilan alapuolella ja lantala ympäröivät 1 – 1,5 metrin korkuiset seinät. Rakennusmateriaaleina käytetään betonia sekä valu- ja kevytsoraharkkoja.

MMM:n ohjeen mukaan lietelantavarastojen rakenteissa käytetyn betonin tulee olla vähintään K30-2 luokkaa, säänkestävää ja vesitiivistä. Laskettu halkeamaleveys ei saa ylittää 0,3 mm. Varastotilavuudeltaan yli  $500 \text{ m}^3$ :n liete- ja virtsasäiliöiden mitoituksessa sisäpuolisille nestekuormille ei saa ottaa huomioon ympäröivän maan painetta. Alle  $500 \text{ m}^3$ :n maahan upotettavan tai pengerrätyn säiliön mitoituksessa otetaan huomioon täytön tiivistämiseen liittyvät epävarmuustekijät. Levymäisten rakenneosien rakennepaksuus ja rauditus valitaan siten, että vaadittu suojabetonipeitteen paksuus saavutetaan ja että rakenteella on riittävä varmuus vaurioitumista vastaan myös kuljetuksen ja asennuksen aikana. Alle 120 mm:n kuorielementit voidaan hyväksyä vain erillisselvityksen perusteella. Vaadittava raudituksen suojabetonipeitteen paksuus lantaa ja virtsaa vasten on 30 mm.

Lietesäiliöt rakennetaan pääosin monikulmioina joko valuharkoista tai betonielementeistä. Lietesäiliöelementtijärjestelmissä on tarjolla kaksi peruseriaatteiltaan toisistaan eroavaa vaihtoehtoa.

## 3.2 Lantavarastojen rakennusmateriaalien tiiviys

### 3.2.1 Aineisto ja menetelmät

Lantavarastojen rakennusmateriaaleina käytetään erilaisia betoneja ja harkkoja, joiden tiiviyyttä tutkittiin. Betonien tiiviyskokeet tehtiin pääosin tutkimalla niiden vedenläpäisyä. Huonoimmin vesikokeessa menestynyt materiaali testattiin myös sian ja lehmän lietelannalla. Harkkomateriaalien tiiviyskokeet tehtiin vedellä sekä sian ja lehmän lietelannalla. Tiiviyskokeet tehtiin kolmena kerranteena.

Betoneita olivat K30 -luokkaan tilavuus- ja paino-osin suhteutetut paikalla sekoitetut betonit, K20 -luokkaan tilavuusosin suhteutettu paikalla sekoitettu betoni sekä K30 2-työluokan tehdassekoitteinen betoni. Koekappaleita varten valettiin jokaisesta betonilaudasta 1,2 m x 1,2 m suuruinen 10 cm paksuinen laatta, josta halkaisijaltaan 130 mm:n koelieriöt leikattiin timanttikoralla. Betonilaatat olivat koelieriöitä leikattaessa noin 5 kuukautta vanhoja. Erilaatuisista betoneista leikatut lieriöt kiinnitettiin kutistemuovisukalla läpinäkyviin akryyliputkiin, joiden sisähalkaisija oli 144 mm, kuva 1. Akryyliputket täytettiin vedellä siten, että koepalojen yläpuolelle muodostui 95 cm:n vesipatsas, jolloin jokaisessa putkessa oli vettä 15,5 litraa. Seurannan aikana putkien päät oli peitetty muovikalvolla. Akryyliputkista seurattiin vedenpinnan alenemista 12 kk:n ajan. Vedenpinnan aleneminen kuvaa materiaalien huokoisuutta. Aleneminen mitattiin mittanauhalla putkien ulkopuolelta ja jokaisen mittauskerran jälkeen putket täytettiin vedellä alkuperäiseen nestepintaan. Betoni, jolla veden pinnan aleneminen oli kaikkein suurinta testattiin lisäksi sian- ja lehmänlietelannalla 3 kk:n ajan.

Lietteellä testattaessa koeputkia ei täytetty mittauskerroilla uudelleen alkuperäiseen nestepintaan. Nestepinnan alenemisen



Kuva 1. Betonien tiiviyyden tutkimiseen käytetyn akryyliputkikokeen järjestely

l lisäksi koelieriöiden alapinnasta mitattiin kosteusmittarilla Delta 2000 H materiaalin pintakosteutta muutaman kerran koejakson aikana. Kyseinen kosteusmittari mittaa materiaalin kosteuden painoprosentteina. Mittaustarkkuudeksi on ilmoitettu +/- 1 painoprosenttiyksikköä.



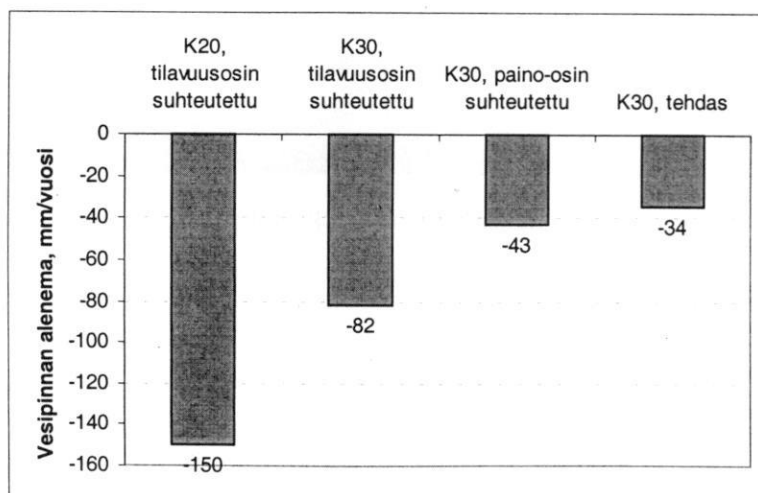
Harkkoina oli sekä muottiharkkoja tyyppimerkinnältään MH-150 että kevytsoraharkkoja tyyppimerkinnältään RUH-100. Muottiharkoista ladottiin 1,2 m x 1,2 m suuruiselle betonilaatille neliön muotoinen laatikko, jonka seinä oli yhden harkon pituuden + leveyden mittainen. Laatikon korkeus oli 5 harkkoa eli noin 1 metri. Muottiharkot valettiin täyteen paikalla sekoitetulla K30 -luokkaan suhteutetulla notkealla betonilla, kuivabetonilla, jonka tuotemerkki on S-100, sekä tehdassekoitteisella K30 -luokan betonilla.

Kevytsoraharkoista muurattiin muurauslaastilla samanlaisia laatikoita kuin muottiharkoistakin. Harkkolaatikoihin tehtiin kolme erilaista sisäpinnoitusta; harkot slammattiin kahteen kertaan muurauslaastilla, harkot slammattiin kahteen kertaan oikaisulaastilla ja harkot slammattiin kahteen kertaan oikaisulaastilla sekä siveltiin tämän jälkeen kahteen kertaan epoksi-pinnoitteella Master-Top 1110.

Harkkolaatikkojen testaus aloitettiin runsaat kaksi kuukautta laatikoiden muurauksen jälkeen. Harkkolaatit täytettiin ensin vedellä siten, että vettä oli laatikoissa 90 cm, mikä muottiharkkolaatikoissa tarkoitti 182 litran vesimäärää ja kevytsoraharkkolaatikoissa 216 litraa, ja laatikoita seurattiin viikon ajan. Seuraavassa jaksossa laatikot täytettiin vedellä ja lietteillä samaan korkeuteen kuin ensimmäisellä kerralla. Vedellä täytetyt laatikot tyhjennettiin viikon seurannan jälkeen ja täytettiin sianlietelannalla, minkä jälkeen seuranta jatkettiin noin 3 kk. Sian ja lehmän lietelannalla alkujaan täytettyjä laatikoita seurattiin 3,5 kk. Seurannan aikana ei laatikoihin lisätty nestettä. Kokeen päätyttyä laatikot tyhjennettiin ja lietelannalla täytettyjen laatikoiden seinämistä porattiin timanttikoralla näytekappaleita. Kustakin laatikosta porattiin kaksi koelieriötä, toinen alimman ja toinen toiseksi ylimmän harkkosauman kohdalta. Näytekappaleista arvioitiin ja mitattiin lietteen tunkeutumissyvyyttä materiaaliin harkkojen värimuutoksen perusteella.

### 3.2.2 Erilaiset betonit lantalarakenteissa

Materiaalien tiiviyyttä kuvaavassa akryyliputkikokeessa veden pinta aleni kaikkia tutkittuja betoneita käytettäessä. Vesipinnan aleneminen koeputkissa muunnettuna yhden vuoden pituiselle jaksolle on esitetty kuvassa 2. Eniten vesipinta aleni tilavuusosin K20 -luokkaan suhteutettua betonia käytettäessä, 150 mm. K30 -luokkaan paino-osin suhteutettu betoni ja tehdassekoitteinen K30 -betoni läpäisivät vettä lähes yhtä paljon eli 43 mm ja 34 mm.



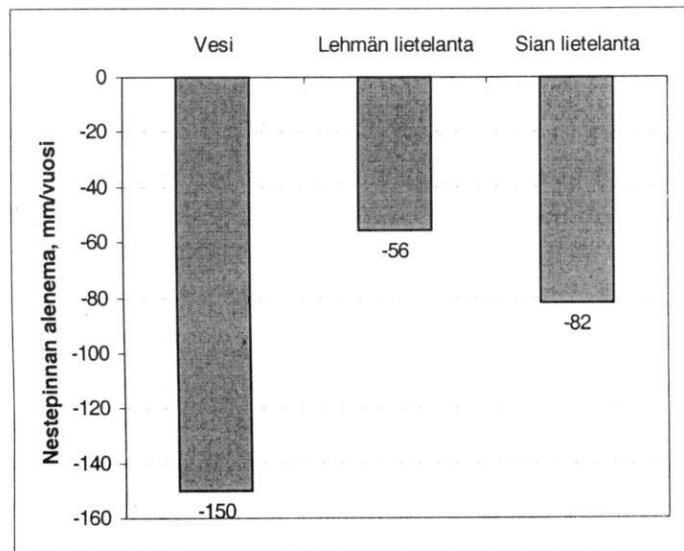
Kuva 2. Veden pinnan aleneminen erilaisia betoneja käytettäessä akryyliputkikokeessa muunnettuna yhden vuoden pituiselle jaksolle.

K20 -betonin koelieriöt testattiin veden lisäksi myös lehmän ja sian lietelannalla. Käytetyn lehmän lietelannan kuiva-ainepitoisuus oli 3,0 % ja sian lietelannan 2,5 %. Kaikkein pienintä nestepinnan alenemisen oli lehmän lietelantaa käytettäessä, noin kolmannes vesipinnan alenemasta. Myös sian lietelannan alenema oli huomattavasti vettä pienempi, kuva 3.

Suurimmat materiaalin kosteuspiitoisuudet mitattiin tilavuusosin suhteutetusta K20 -betonista sekä lietteitä että vettä käytettäessä, 6,6 %. Täysin vettynyneen betonin antama mittalukema kyseisellä menetelmällä on 6,5 % eli tutkitun betonin voidaan sanoa olleen täysin vettynyt.

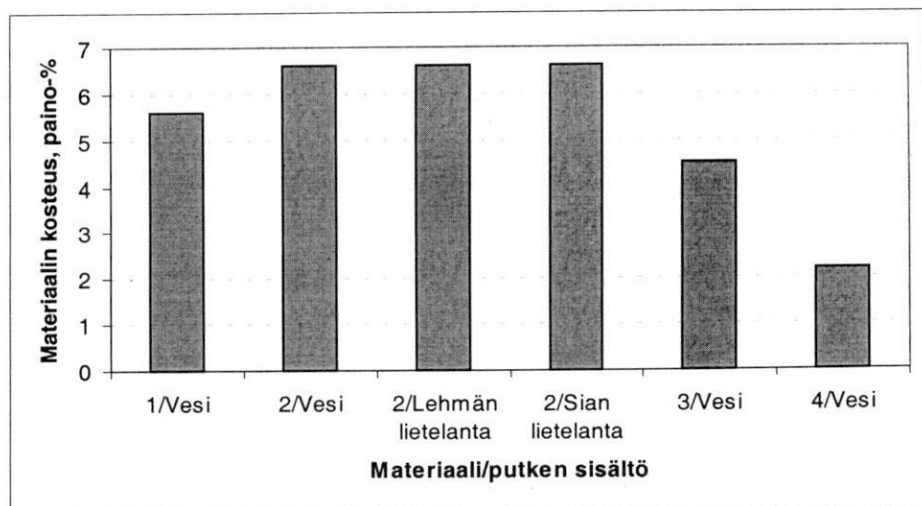
Myös tilavuusosin suhteutetun K30 -betonin kosteuspiitoisuus oli korkea, 5,6 %. Paino-osin suhteutetun K30 -betonin kosteuspiitoisuus oli 4,5 %, mistä olettamalla lukemaa 6,5 % vastaava suhteellinen kosteus 100 %:ksi saadaan suhteelliseksi kosteudeksi noin 70 %.

Pienin kosteuspiitoisuus, 2,2 %, mitattiin tehdassekoitteisesta K30 -betonista, mikä edellä mainitulla laskentatavalla vastaa suhteellisenä kosteutena noin 35 %:a. Seurannan aikana mitatut keskimääräiset materiaalien kosteudet on esitetty kuvassa 4.



Kuva 3. Nestepinnan aleneminen K20 -betonia käytettäessä akryyliputkikokeessa, nesteinä vesi ja eri lietteet, muunnettuna yhden vuoden pituiselle jaksolle.

Kuva 4. Akryyliputkikokeessa vedellä ja lietteillä testattujen betonien alapäästä mitatut materiaalien kosteudet.



**Suhteutukset**

- 1= K30 tilavuusosin
- 2= K20 tilavuusosin
- 3= K30 paino-osin
- 4= K30 tehdassekoitteinen

Tarkoituksena oli myös kerätä ja analysoida materiaalien läpäisemä neste. Tutkituista materiaaleista mikään ei kuitenkaan ollut niin huokoista, että suotautunutta vettä olisi muodostunut. Kaikkien vedellä testattujen koelieriöiden päähän muodostui sen sijaan hiukan valkoista kalkkisaostumaa.

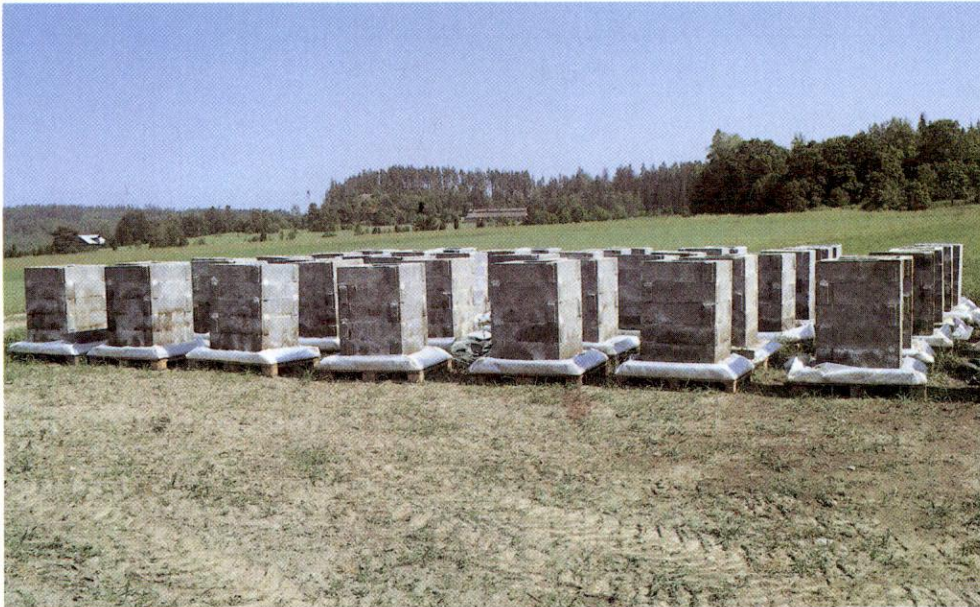
Tulosten perusteella K30 –luokkaisen betonimassan käyttövaatimus lantalarakenteissa on perusteltua. Tilalla valmistettu huolellisesti paino-osin mitattu betonimassa on tiiviydeltään lähes tehdassekoitteen massan veroinen. Jos massa valmistetaan tilavuusosin mittaamalla, ei mittatarkkuus ole riittävä, eikä betonimassasta saada siten halutunlaista.

Tuloksista voidaan päätellä, että vesitiiviys ja lietelantatiiviys eivät ole sama asia. Materiaalin läpi voi suotautua vettä, mutta silti se ei päästä läpi lietettä. Tilavuusosin suhteutetusta K20 –betonista suotautui läpi eniten vettä, mutta lietelantaa huomattavasti vähemmän. Lehmän lietelantaa siitä suotautui läpi lähes yhtä vähän kuin paino-osin suhteutetusta K30 –betonista vettä. Siten termin vesitiivis käyttöä tulee välttää lantalarakenteista puhuttaessa. Lantalarakenteisiin hyväksyttävälle betonille tulee antaa alin lujuusluokka- ja työluokka-vaatimus, ohjeistaa työn suoritus riittävän hyvin ja painottaa huolellisen työn merkitystä lopputuloksen kannalta.

### **3.2.3 Muotti- ja kevytsoraharkot lantalarakenteissa**

Harkoista muuratut laatikot täytettiin vedellä kaksi kertaa, ja molemmilla kerroilla vesipintojen alenemista seurattiin viikon ajan. Ensimmäisen kerran harkkolaatikot täytettiin lämmittämättömässä varastotilassa marraskuussa. Kylmän sään takia jouduttiin käyttämään lämmintä vettä ja lämmittämään varastotilaa. Heti täyttövaiheessa osasta laatikoita valui vettä lattialle. Vesipinnan alenemista mitattiin kaksi kertaa, 1 vrk ja 7 vrk laatikoiden täytön jälkeen. Ensimmäisen vuorokauden jälkeen muottiharkkolaatikoissa vesipinta oli alentunut paikalla sekoitetulla betonilla valetuissa 78 cm, S-100 kuivabetonilla valetuissa 80 cm ja tehdassekoitteisella K30 –betonilla valetuissa 74 cm. Seitsemän vuorokauden jälkeen nestepinnat olivat alentuneet vastaavasti 90 cm, 90 cm ja 85 cm, eli muottiharkkolaatikot olivat käytännössä tyhjiä. Kevytsoraharkkolaatikoissa vesipinta oli alentunut ensimmäisen vuorokauden jälkeen 70 cm yhteen kertaan muurauslaastilla slammatuissa laatikoissa, 21 cm kahteen kertaan oikaisulaastilla slammatuissa laatikoissa ja 35 cm oikaisulaastislammauksen lisäksi epoksilla käsitellyissä laatikoissa. Seitsemän vuorokauden jälkeen nestepinnat olivat alentuneet vastaavasti 71 cm, 25 cm ja 61 cm. Koska harkkolaatikot tuntuivat suorastaan vuotavan, ei lietelantakokeita haluttu tehdä sisätilassa, vaan harkkolaatikoiden täyttö lietelannalla päätettiin siirtää lämpimämpään ajankohtaan ulkona suoritettavaksi.

Seuraavaa täyttökertaa varten harkkolaatikot siirrettiin ulos pellon laitaan, kuva 5, ja tarkastettiin silmämääräisesti mahdollisten siirrosta aiheutuneiden vaurioiden havaitsemiseksi. Siirrosta rikkoutuneen yhden muottiharkkolaatikon pohjalaatan ja harkkomuurauksen säuma korjattiin. Yhdessä epoksinnoitetussa kevytsoraharkkolaatikossa pinnoite oli hieman halki yläkulmasta ja ensimmäisen vaakasauman kohdalta, mutta näitä ei korjattu.



Kuva 5. Lietteellä täytetyt harkkolaatit tiivyskokeessa Hovin pellolla.

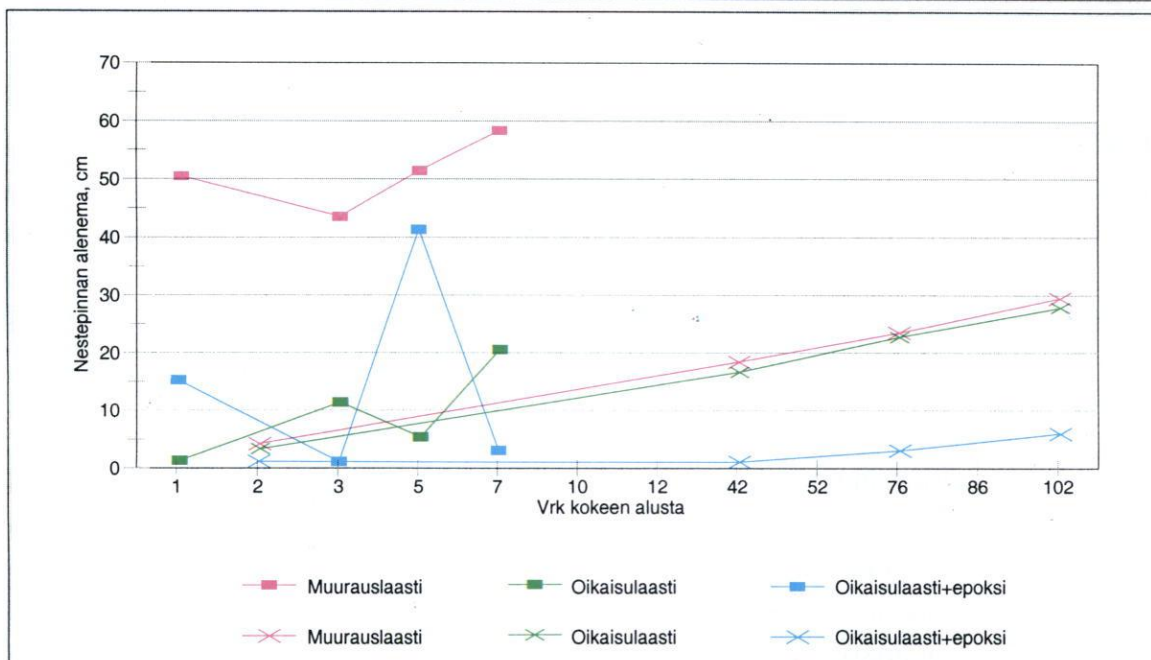
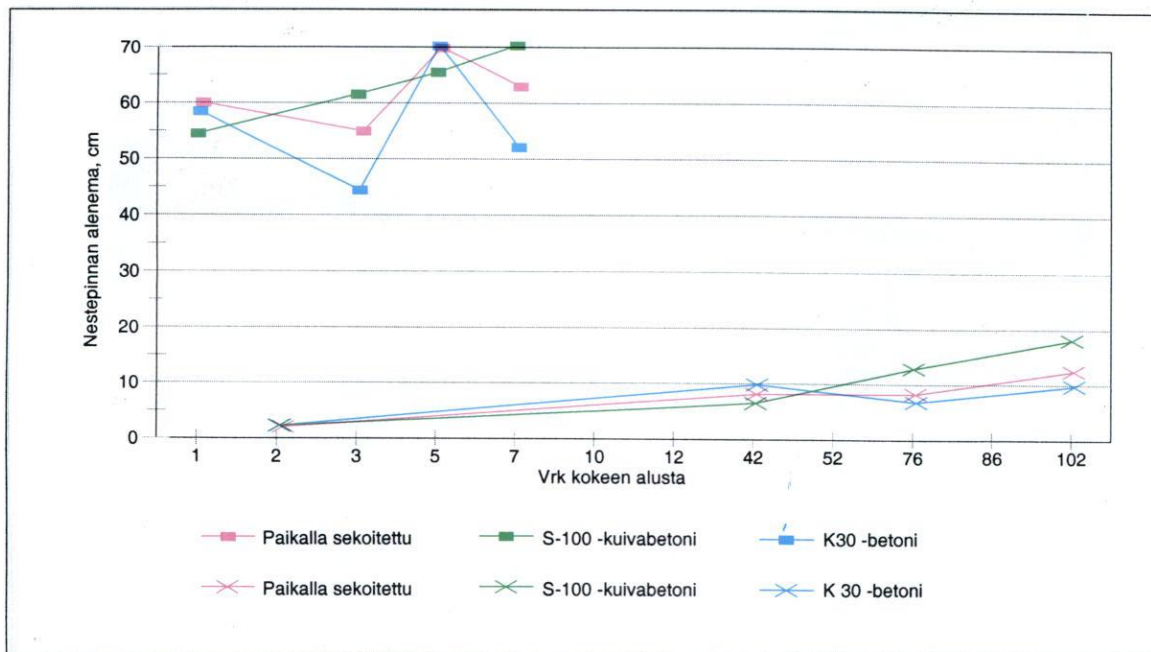
Harkkolaatit täytettiin vedellä ja liotelannalla kesäkuussa. Vedellä täytettiin samat laatikot kuin ensimmäiselläkin kerralla. Vedellä täytettäessä kaksi kevytsoraharkkoista muuratua laatikkoa vuoti silmin havaittavasti pohjalaatan ja harkkomuurauksen saumasta. Samoin viisi muottiharkkolaatikkoa vuoti joko pysty- tai vaakasaumasta tai molemmista. Yhden laatikon pystysaumasta vuoto oli niin suuri, että vesipinta laski 30 cm puolen tunnin aikana. Lisäksi yhdestä muottiharkosta suotautui kosteutta läpi jo täytön yhteydessä.

Harkkolaatit peitettiin heti täytön jälkeen kevytpeitteillä. Voimakas tuuli repi peitteet irti kiinnityksistään jo ensimmäisen vuorokauden aikana, joten peitteiden käytöstä luovuttiin. Sateen ja haihdunnan vaikutusten suhteen ns. nollaruutuina päätettiin käyttää epoksilla pinnoitettuja kevytsoraharkkolaatikoita. Arvioinnissa käytettiin apuna myös MTT/Vakolan toimintakeskuksessa sijaitsevalta sääasemalta saatavia sademäärä- ja keskilämpötilatietoja, jotka on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Seurantajakson 12.6.-2.10.2000 aikana MTT/Vakolan sääasemalla havaitut sademäärät ja keskimääräiset lämpötilat

	Sademäärä mm	Keskilämpötila C
Kesäkuu	27	15,6
Heinäkuu	77,4	16,6
Elokuu	120	14,9
Syyskuu*)	3,8	10,4
Lokakuu	0	10,6





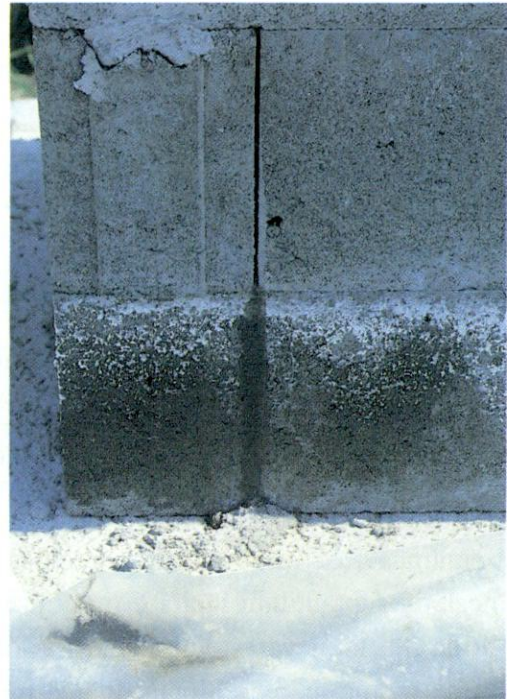
Kuva 6. Nestepintojen alenema vedellä (■) ja sian lietalannalla (x) täytetyissä muottiharkko- (ylhäällä) ja kevytsoraharkkolaatikoissa (alhaalla) seurantajakson aikana.

Seitsemän vuorokauden jälkeen vedellä täytetyt laatikot tyhjennettiin ja täytettiin uudelleen sian lietalannalla. Kuvassa 6 on esitetty nestepintojen alenemat samoista muottiharkko- ja kevytsoraharkkolaatikoista sekä vedellä että sian lietalannalla täytettynä. Muottiharkkolaatikoissa vesipinta aleni viikossa 55 – 70 cm riippuen massasta, jolla harkot oli valettu.

Kuvassa 7 on muottiharkkorako, josta vedellä täytettäessä vesi virtasi norona ulos, mutta joka sian lietalannalla täytettynä vuoti vain hiukan. Sian lietalannalla nestepinnan alenema oli kolmen kuukauden seurantajakson aikana vastaavasti 12 - 20 cm täyttömässasta riippuen. Kevytsoraharkkolaatikoissa vesipinta aleni viikossa muurauslaastilla slammatuissa laatikoissa noin 60 cm, oikaisulaastilla slammatuissa noin 20 cm ja epoksinnotetuissa alle 5 cm. Sian lietalannalla täytetyissä laatikoissa alenemat olivat vastaavasti 30 cm, 28 cm ja

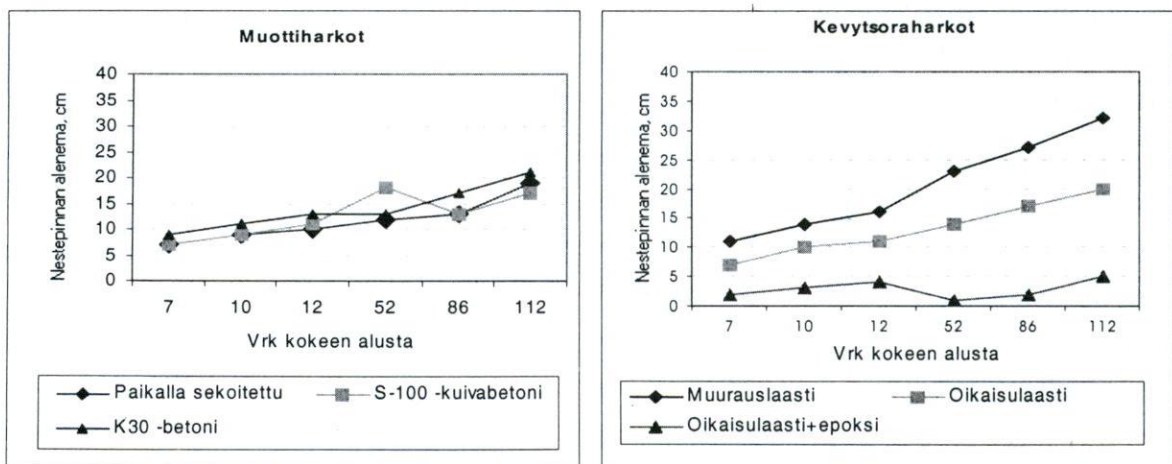
6 cm koko kolmen kuukauden seurantajakson aikana. Oikaisulaastilla slammattujen laatikoiden nestepinta aleni noin 60 vrk:ssa saman verran, eli 20 cm, kuin vedellä täytettyjen viikossa.

Lietelannan nestepinta aleni muottiharkkolaatikoissa huomattavasti vesipintaa hitaammin riippumatta harkkojen täyttövalussa käytetystä massasta. Samoin muurauslaastilla käsitellyn kevytsoraharkkolaatikon vesi- ja lietepinnat alenivat hyvin erilaisilla nopeuksilla. Oikaisulaastilla pinnoitettujen kevytsoraharkkolaatikoiden veden- ja lietteenläpäisevyydet olivat lähes samanlaiset, mutta erosivat kuitenkin tilastollisesti merkittävästi toisistaan. Epoksilla pinnoitetuissa kevytsoraharkkolaatikoissa veden ja lietteen pinnat alenivat lähes samalla tavoin. Tulosten perusteella muottiharkko- ja kevytsoraharkkorakenteissa vesitiiviys ja liettelannanpitävyys eivät ole sama asia, paitsi jos harkkorakenteet on käsitelty muovipinnoitteilla.



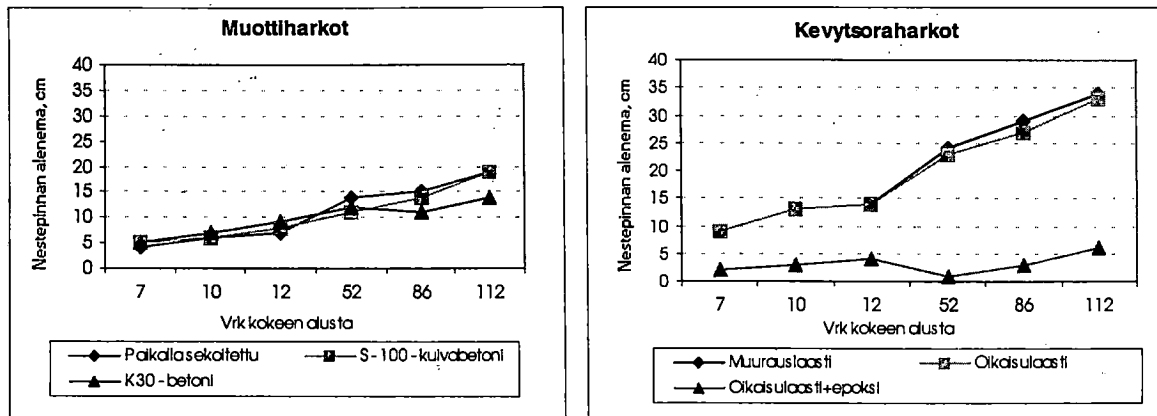
Kuva 7. Muottiharkkolaatikon rako, josta vesi valui norona, mutta liete vain hiukan.

Lehmän ja sian liettelannalla testattujen muottiharkko- ja kevytsoraharkkolaatikoiden nestepintojen alenemat on esitetty kuvissa 8 ja 9. Liettelannalla täytetyissä muottiharkkolaatikoissa ei ole havaittavissa tilastollista eroa harkkojen valumateriaalin eikä myöskään käytetyn lietteen suhteen. Epoksilla pinnoitetuista kevytsoraharkkolaatikoista voidaan päätellä, että sateen ja haihdunnan yhteisvaikutuksesta nestepinnat ovat kokeen aikana alentuneet noin 5 cm. Tällöin lehmän liettelannalla täytettyjen muottiharkkolaatikoiden keskimääräinen materiaalin huokoisuudesta johtuva nestepinnan alenema on ollut 14 cm ja sian liettelannalla vastaavasti 13 cm. Nestemääränä edelliset vastaavat noin 27 litraa. Kun muottiharkkolaatikoissa harkkosaumaa oli 16 m ja lietteen kanssa kosketuksissa ollutta harkko-



Kuva 8. Nestepinnan aleneminen lehmän liettelannalla täytetyissä harkkolaatikoissa 3,5 kk:n varastoinnin aikana.





Kuva 9. Nestepinnan aleneminen sian lietelannalla täytetyissä harkkolaatikoissa 3,5 kk:n varastoinnin aikana

seinämää  $1,62 \text{ m}^2$ , voidaan teoreettisesti laskea, että yhtä harkkosauman metriä kohden on nestettä suotautunut läpi  $1,6$  litraa ja vastaavasti yhtä harkkoseinän neliometriä kohden  $16$  litraa  $3,5$  kk:n varastointiaikana. Vuoden varastointiajalle muutettuna tämä merkitsee  $5,4$  litraa/sauma-m ja  $54$  litraa/seinä-m<sup>2</sup>.

Muuraus- ja oikaisulaastipinnoituksilla ei ollut eroa, kun kevytsoraharkoista muuratuissa laatikoissa oli sian lietelantaa. Sen sijaan lehmän lietelannan pinnan aleneminen oli merkittävästi pienempää oikaisulaastilla pinnoitetuissa laatikoissa kuin muurauslaastilla pinnoitetuissa. Vähentämällä sateen ja haihdunnan yhteisvaikutuksen osuus, noin  $5$  cm kuten muottiharkkolaatikoistakin saadaan sian lietelannan nestepinnan alenemaksi  $29$  cm ( $69$  litraa) sekä lehmän lietelannan alenemaksi muurauslaastipinnoitusta käytettäessä  $27$  cm ( $64$  litraa) ja  $15$  cm ( $36$  litraa) oikaisulaastipinnoitusta käytettäessä. Kevytsoraharkkolaatikoissa harkkosaumaa oli  $15,8$  m ja lietelantaan kosketuksissa ollutta harkkoseinämää  $1,764 \text{ m}^2$ . Teoreettisesti laskien harkkosauman läpi suotautui sian lietelannasta nestettä  $4,3$  l/m ja harkkoseinämän läpi  $39$  l/m<sup>2</sup>. Vuoden varastointiajalle muutettuna nämä merkitsevät  $14,9$  litraa/sauma-m ja  $134$  litraa/seinä-m<sup>2</sup>.

Muurauslaastilla pinnoitetun lehmän lietelannalla täytetyn laatikon harkkosauman läpi suotautui nestettä  $4,0$  litraa/m ja harkkoseinämän läpi  $36$  litraa/m<sup>2</sup>. Vuoden varastointiajalle muunnettuna nämä merkitsevät  $13,9$  litraa/sauma-m ja  $124$  litraa/seinä-m<sup>2</sup>. Oikaisulaastilla pinnoitetun laatikon vastaavat suotautumiset olivat  $2,2$  l/m ja  $20$  l/m<sup>2</sup> koejakson aikana eli vuodessa  $7,8$  litraa/sauma-m ja  $70$  litraa/seinä-m<sup>2</sup>.

Harkkolaatikoiden tyhjennyksen jälkeen lietteillä täytetyistä laatikoista porattuja koelieriötä tarkasteltiin silmämääräisesti ja värimuutoksen perusteella niistä mitattiin lietelannan tunkeutumissyvyyttä. Tulokset on esitetty taulukossa 7. Muottiharkkoihin sekä lehmän että sian lietelanta on tunkeutunut  $20 - 30$  mm. Muottiharkkosaumoissa sian lietelannan tunkeutumasyvyydet ovat huomattavasti pienempiä kuin lehmän lietelannan. Slammatuissa kevytsoraharkoissa molempien lietelantojen tunkeutumasyvyydet ovat  $40 - 50$  mm ja harkkosaumoissa  $25 - 40$  mm. Epoksilla pinnoitettuihin kevytsoraharkkolaatikoihin kumpikaan lanta ei ole tunkeutunut. Molemmat lannat olivat aiheuttaneet vain yhteen koelieriöön pienen värimuutoksen.

Taulukko 7. Lietelannoilla täytetyistä harkkolaatikoista poratuista koelieriöistä värimuutoksen perusteella mitatut lietteiden tunkeutumissyvyudet millimetreinä erikseen sauman ja harkon kohdalta

Lehmän lietelanta	Muottiharkot					
	S-100 -kuivabetoni		Paikalla sekoitettu K30 -betoni		Tehdassekoitteinen K30 -betoni	
	Sauma	Harkko	Sauma	Harkko	Sauma	Harkko
Mittausten lukumäärä	5	45	10	60	5	62
Tunkeutumissyvyys, mm						
Keskiarvo	21,8	2,18	25,0	32,5	25,2	31,6
Mediaani	22,0	21,0	29,0	26,0	30,0	30,0
Pienin	12	4	7	5	12	3
Suurin	30	51	40	111	37	77
	Kevytsoraharkot					
	Muurauslaasti		Oikaisulaasti		Oikaisulaasti + epoksi-pinnoite	
	Sauma	Harkko	Sauma	Harkko	Sauma	Harkko
Mittausten lukumäärä	12	42	12	47	1	2
Tunkeutumissyvyys, mm						
Keskiarvo	36,2	53,8	22,4	40,9	9,0	6,5
Mediaani	38,0	53,5	17,5	35,0	9,0	6,5
Pienin	14	34	9	8	9	3
Suurin	69	71	45	75	9	10
Sian lietelanta	Muottiharkot					
	S-100 -kuivabetoni		Paikalla sekoitettu K30 -betoni		Tehdassekoitteinen K30 -betoni	
	Sauma	Harkko	Sauma	Harkko	Sauma	Harkko
Mittausten lukumäärä	1	21	4	18	8	36
Tunkeutumissyvyys, mm						
Keskiarvo	2,0	22,6	7,0	19,1	18,8	27,9
Mediaani	2,0	19,0	4,0	18,0	16,5	30,0
Pienin	2	2	2	3	13	8
Suurin	2	101	18	35	30	40
	Kevytsoraharkot					
	Muurauslaasti		Oikaisulaasti		Oikaisulaasti + epoksi-pinnoite	
	Sauma	Harkko	Sauma	Harkko	Sauma	Harkko
Mittausten lukumäärä	12	41	11	48		3
Tunkeutumissyvyys, mm						
Keskiarvo	38,9	39,5	27,9	39,4		2,3
Mediaani	40,0	36,0	30,0	36,0		2,0
Pienin	27	9	15	8		2
Suurin	47	72	39	69		3

Harkkolaatikoista saadut tulokset antavat koerakennelmien pienimuotoisuudesta johtuen kärjistetyyn kuvan harkkorakenteiden tiiveydestä, koska saumametrejä seinämämetriä kohti tulee enemmän kuin normaalissa rakenteessa. Muotti- ja kevytsoraharkkoja ei tulosten mukaan tule käyttää liettelannan varastoimiseen, ellei niitä käsitellä sisäpinnalta rakennetta tiivistävällä pinnoitteella. Muottiharkot sopivat sellaisenaan ja kevytsoraharkot slammatuina kuivalannan varastoimiseen.

### 3.3 Lietesäiliöelementtien saumausmateriaalin vaikutus tiiviyteen

#### 3.3.1 Aineisto ja menetelmät

Lietelantalaelementtien oikean saumausmateriaalin ja saumauksen tiiviyden selvittämiseksi valettiin kaksi kolmen metrin korkuista elementtisaumaa kahdella eri materiaalilla; Juotosbetoni Fescon 600-3 ja Kuivabetoni S-100, jotka molemmat sekoitettiin veteen mukana seuranneen ohjeen mukaan. Elementit asennettiin pieneen kulmaan toisiinsa nähden, jolloin asetelma kuvasi käytännön elementtien asennusta. Elementit sijoitettiin niin etäälle toisistaan kuin se elementtisaumoihin ohjeiden mukaisesti asennettavien pystyterästen puolesta oli mahdollista. Elementtisaumat valettiin pystyasennossa. Saumojen täyttymistä varmennettiin sullomalla ja vasaralla koputtelemalla.

Elementtisaumojen valumuotit purettiin 7 vrk valun jälkeen ja saumat tarkastettiin silmämääräisesti. Kun saumavalut olivat 21 vrk vanhoja, niistä porattiin timanttiporalla halkaisijaltaan 130 mm:n koelieriöitä, kummastakin saumasta 9 kpl. Koelieriöt porattiin kummastakin saumasta elementissä olleiden teräslenkkiä kohdalta. Koepaloista tehtiin silmämääräinen tarkastelu ja niiden tiiviyttä testattiin eri betonilaatujen vertailuun käytetyllä akryyliputkimenetelmällä, joka on kuvattu kohdassa 3.2.1. Tiiviyskokeen alkaessa koelieriöt olivat 9 kk:n ikäisiä. Kokeessa käytettiin sekä vettä että sian ja lehmän lietelantaa, joita kutakin oli kolme kerrannetta. Nestepinnan alenemisen lisäksi mitattiin koepalojen pinnan kosteutta Delta 2000 H materiaalin kosteusmittarilla.

Elementtirakennelma purettiin murtamalla se saumojen kohdalta. Näistä murtokohdista tarkasteltiin saumausmassan tartuntaa elementteihin.

#### 3.3.2 Tulokset

Valumuottien purkamisen jälkeen todettiin, että juotosbetonilla valettu sauma oli tarttunut hyvin elementteihin, eikä siihen ollut jäänyt koloja. Sen sijaan Kuivabetoni S-100:lla valetussa saumassa säiliön sisäpuolella oli sauman puolivälin yläpuolella noin 50 cm pitkä kolo, jossa pystyteräs oli kokonaan paljaana, kuva 10. Myös säiliön ulkopintaa kuvaavalla puolella oli vastaavalla kohdalla kolo, joskin se ei ollut yhtä yhtenäinen. Saumaan jääneet kolot paikattiin Kuivabetoni S-100:lla.



Kuva 10. Kuivabetoni S-100:lla valettuun elementtisaumaan jäänyt kolo. Elementissä olevat lenkit on merkitty punaisiin viivoihin.



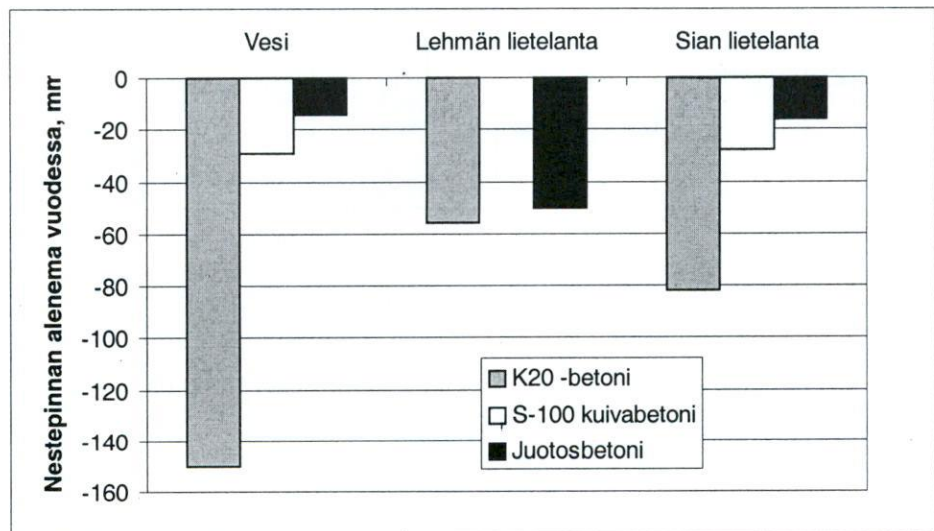
Elementtisaumoista porattuja koelieriöitä silmämääräisesti tarkasteltaessa havaittiin, että Kuivabetoni S-100:lla valettuun saumaan oli jäänyt elementissä olleiden lenkien alapuolelle koloja, jotka eivät näkyneet ulospäin, kuva 11. Samoin todettiin, että vaikka saumassa ollut pitkä kolo oli paikattu huolellisesti muottien purkamisen jälkeen, siihenkin oli jäänyt edelleen sisälle kolo. Kaikkiaan kolmessa koelieriössä yhdeksästä oli koloja. Kaikki nämä koelieriöt oli porattu elementtisauman puolivälin yläpuolelta. Sen sijaan juotosbetonilla valetusta saumasta leikatuissa lieriöissä ei ollut koloja.



Kuva 11. Kuivabetoni S-100:lla valetusta elementtisaumasta porattun koelieriön sisällä on kolo, joka ei näy ulospäin.

Akryyliputkikokeessa vähiten vettä läpäisi elementtisaumoissa käytetty juotosbetoni, jolla alenemaksi mitattiin 14 mm, kuva 12. Sekä lehmän että sian lietelannalla täytetyissä akryyliputkissa nestepinnat alenivat vähemmän kuin vedellä täytetyissä. Kuivabetoni S-100 käytettäessä lehmän lietelannan alenemaa ei voitu mitata, koska lieteputket kuohuivat yli muutaman päivän kuluttua täytöstä. Myös muut lehmän lietelannalla täytetyt akryyliputket kuplivat täytön jälkeen, mikä on vaikuttanut lehmän lietelannalla saatujen tulosten luotettavuuteen. Sian lietelanta ei kuplinut.

Kuva 12. Nestepinnan aleneminen akryyliputkikokeessa käytettäessä erilaisia saumausbetoneja ja K20 -betonia muunneltuna yhden vuoden pituiselle jaksolle.

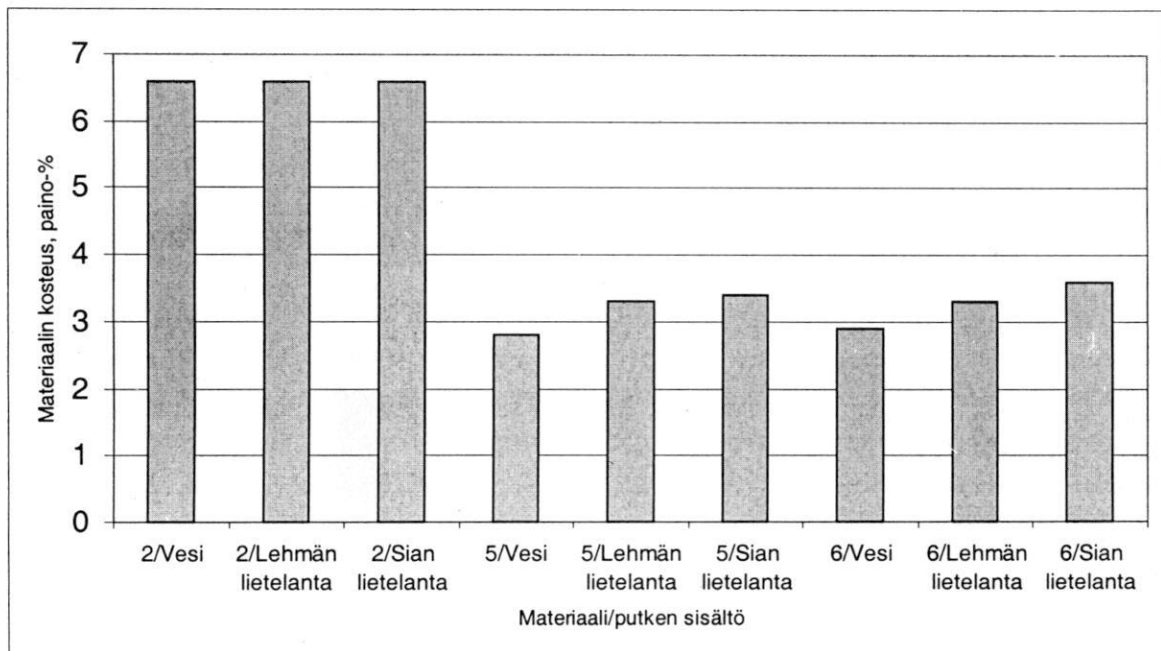


Lietteillä täytettyihin putkiin muodostui pintaan kuorettumaa sekä putkien pohjalle saostumaa. Lietelajeittain keskimääräiset kuorettuman ja saostuman paksuudet on esitetty taulukossa 8. Sian lietelannan kuorettuma oli huomattavasti ohuempi kuin lehmän lietelannan, mutta saostumat olivat lähes yhtä paksuja. Lehmän lietelannan paksu kuorettuma on voinut vähentää nestepinnan alentumaa, koska akryyliputkien peitteenä ollut muovikalvo ei täysin estänyt nesteen haihtumista putkien yläpäästä. Paksu kuorettuma teki yläpinnan epätasaiseksi, jolloin pinnan aleneman mittaaminen oli epätarkempaa kuin vesipinnasta.

Taulukko 8. Akryyliputkikokeessa lehmän ja sian lietelantaan kolmen kuukauden aikana muodostuneet kuorettumat ja saostumat millimetreinä

	Lehmänliete	Sianliete
Kuorettuma	140	10
Saostuma	170	150

Myös saumausmassoista mitattiin materiaalien pintakosteuksia. Juotosbetoni- ja Kuivabetoni S-100 -koelieriöistä mitatut kosteuspitoisuudet olivat keskimäärin samansuuruisia, hieman alle 3 % vedellä täytetyissä putkissa ja yli 3 % lietteillä täytetyissä koeputkissa, mitkä vastaavat 45 – 50 % suhteellista kosteutta. Kuivabetoni S-100:n koelieriöistä sian lietelantaa käytettäessä mitattu muita korkeampi kosteuspitoisuus johtunee siitä, että kahdessa näistä koelieriöstä oli valuvaiheessa jäänyt kolo, kuva 13.



- 2= K20 -betoni, tilavuusosin suhteutettu
- 5= Juotosbetonisauma
- 6= Kuivabetoni S-100 -sauma

Kuva 13. Saumausmassoista ja K20 -betonista pintakosteusmittarilla mitatut materiaalin kosteudet.

Elementtisaumat tarkastettiin rakennelman purkamisen jälkeen. Elementeistä oli selvästi havaittavissa, että juotosbetonisauma oli murtunut saumausmassasta. Kuivabetoni S-100:lla valettu sauma oli suurimmaksi osaksi irronnut elementin ja saumausmassan rajapinnasta. Saumausmassa oli kutistunut kuivuessaan ja tartunta elementtiin oli heikentynyt, kuva 14.



Elementtien aumausmassoista tehtyjen kokeiden perusteella saumauksessa tulee aina käyttää juotosbetonia, joka ei kuivuessaan kutistu, eikä siten irtoa elementtien pinnasta. Lantaloiden rakentamishjeituksessa tulee yksiselitteisesti todeta, että elementit on saumattava juotosbetonilla tai vastaavat ominaisuudet omaavalla massalla.



Kuva 14. Kuivabetoni S-100 - sauman irtoaminen lietesäiliöelementistä.

### 3.4 Liettevarastojen kunto- ja vaurioselvitykset sekä mahdolliset korjaustoimenpiteet

Tutkimusprojektiin liittyen käytiin tutustumassa kolmeen lietesäiliöön, joissa oli joko rakentamisen aikana tai myöhemmin ilmaantuneita vaurioita.

Ensimmäisenä tutustumiskohteena oli vuonna 1998 rakennettu kolme metriä syvä 960 m<sup>3</sup>:n lietesäiliö, joka ulottui noin 1 m maanpinnan yläpuolelle. Säiliötä ei oltu vielä kertaakaan täytetty lietteellä. Lietesäiliön elementit olivat hyväkuntoisia, mutta elementtisaumat olivat halkeilleet. Saumaustyö oli tehty heinä-elokuussa elementtitoimittajan lainaamalla lietesäiliöiden saumaukseen tarkoitetuilla teräsmuoteilla, jotka oli kiinnitetty paikoilleen ohjeiden mukaan. Saumausbetonin laadusta viljelijällä ei ollut tietoa. Silmämääräisesti tarkasteltuna kiviaines oli kooltaan 0-5 mm ja kimmovasaralla pintakuutiolujuudeksi saatiin keskimäärin 35 N/mm<sup>2</sup>.

Tutustumishetkellä säiliön ympäriltä oli kaivettu täyttömaata pois siten, että saumat näkyivät noin 2 m:n pituudelta. Elementtisaumoissa oli halkeamia, ja osassa ne ulottuivat rakenteen läpi, kuva 15.

Korjaustoimenpiteenä ehdotettiin halkeamien injektointia ja säiliörakenteen tukemista ulkopuolelta joko betoni- tai teräsvanteella. Säiliön sisäpuolelta saumat ehdotettiin käsiteltävän ruiskubetonilla.

Toisena kohteena oli vuonna 1987 rakennettu n. 1000 m<sup>3</sup> lietesäiliö, joka ulottui myös noin 1 m maanpinnan yläpuolelle. Elementit olivat vahvuudeltaan 100 mm ja silmämääräisesti tarkasteltuina hyväkuntoisia. Kimmovasaralla pintakuutiolujuudeksi saatiin keskimäärin 32 N/mm<sup>2</sup>. Runsaan 10 vuoden käytön jälkeen muutama



Kuva 15. Vuonna 1998 rakennetun lietesäiliön elementtisaumassa havaittu halkeama.





Kuva 16. Lietesäiliösaumaus on irronnut elementeistä



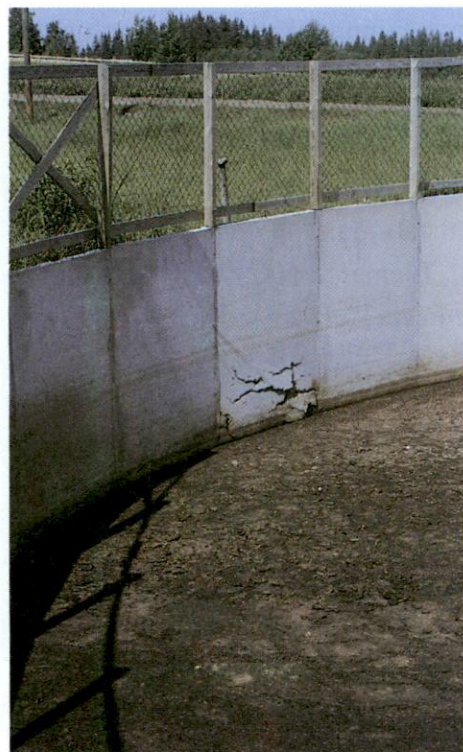
Kuva 17. Elementtisauman kohdalla valettu tukipilari.

elementtisauma oli alkanut vuotaa, ja lietettä oli valunut läheiselle pellolle.

Tutustumishetkellä säiliössä oli lietettä noin 1,5 metriä. Saumojen halkeamia oli tutkittu polyuretaanilla. Elementtisaumojen kivimateriaali oli hienoa, raekooltaan silmämääräisesti 0 - 5 mm. Saumaussmassa oli irronnut elementtien pinnasta, kuva 16, ja sitä lähti raaputtamalla irti. Kimmovasaralla pintakuutiolujuudeksi saatiin keskimäärin 13 N/mm<sup>2</sup>.

Korjaustoimenpiteenä kaikki elementtisaumat tulee käydä läpi niiden kunnon tarkistamiseksi. Mikäli elementtisaumoista lähtee massaa irti raaputtamalla, kaikki irtonainen aines tulee poistaa. Säiliön sisäpuolelta syntyneet kolot ja halkeamat tulee paikata. Tällöin ongelmana on halkeamien riittävä puhdistaminen, jotta massa tarttuu betoniin eikä likakerrokseen. Säiliön ulkopuolelle saumojen kohdalle voidaan valaa tukipilarit, jotka tulisi ulottaa noin metri nykyisen maanpinnan alapuolelle, esimerkiksi kuvan 17 mallin mukaan.

Korjaustoimenpiteenä kaikki



Kuva 18. Lietesäiliöelementissä ilmennyt halkeilu.

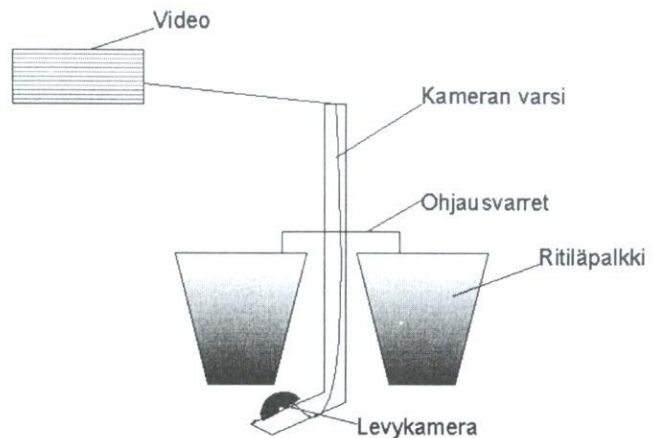
Kolmantena kohteena oli vuonna 1996 rakennettu lietesäiliö, kooltaan 900 m<sup>3</sup>. Lietesäiliön sisäpinnassa yhdessä elementissä oli betoni alkanut halkeilla. Rapautumaa oli noin 1 m<sup>2</sup> alueella, kuva 18. Muut elementit ja elementtisaumat näyttivät hyväkuntoisilta. Koska rapautumaa oli vain yhdessä kohtaa, ongelman syynä on todennäköisimmin joko elementin massan huokoisuus, jolloin kosteus on päässyt vaurioittamaan elementtiä tai terästen liian pieni suojaetäisyys. Korjaustoimenpiteenä esitettiin kaiken irtonaisen betonin poistamista vauriokohdasta ja elementin paikkaamista hyvälaatuisella massalla. Tässäkin tapauksessa ongelmana on puhtaan ja lujan pohjan aikaansaaminen, jotta paikkabetoni tarttuu riittävän hyvin. Lisäksi tulee varmistaa, että rapautuma ei ole vaurioittanut teräksiä. Jos näin oletetaan käyneen, rakennetta tulee tukea esim. säiliön ulkopuolelle asennettavalla lisäelementillä.



## 4 Ritiläpalkistot

### 4.1 Ritiläpalkkien kunto

Ritiläpalkkien kuntokartoitusta varten kehitettiin MTT/Vakolassa laitteisto, kuva 19, jolla voitiin kuvata ritiläpalkkien alapintoja ilman, että palkit piti nostaa pois paikoiltaan. Ohut levykamera oli kiinnitetty varteen, jolla kamera ohjattiin ritiläpalkin alle. Varteen oli kiinnitetty ohjurit, joita liu'utettiin palkin yläpintaa pitkin, jotta kuvauskulma ja etäisyys palkista pysyivät vakioina. Kuvauslaitteiston koosta johtuen sillä voitiin

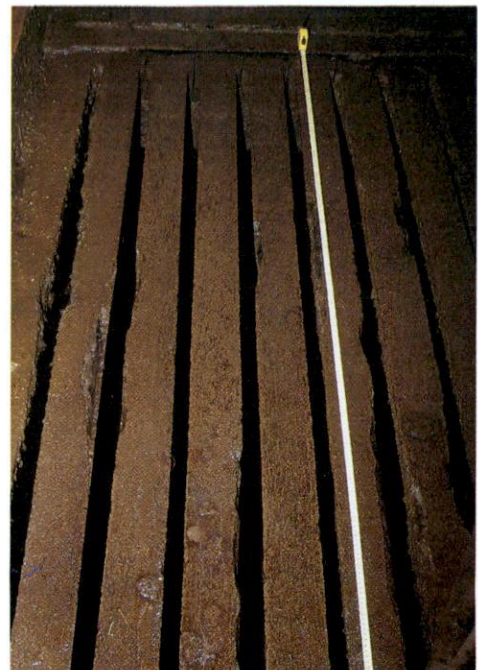


Kuva 19. Periaatekuva ritiläpalkkien kuvaukseen käytetystä laitteistosta.

kuvata pienimmillään 25 – 30 mm:n rakovälillä olevia palkkeja, jolloin sikaloissa käytettävät ritilät jäivät kuntokartoituksen ulkopuolelle. Samoin vasikkakarsinoiden ritilöitä ei pystytty kuvaamaan.

Ritiläpalkkien keskimääräisen kunnan selvittämiseksi pyydettiin muutamalta maaseutukeskukselta yhteystietoja alueellaan olevista pihattonavetoista ikäryhmissä 0 – 5 vuotta, 5 – 10 vuotta, 10 – 15 vuotta, 15 – 20 vuotta ja yli 20 vuotta vanhat pihatot. Pihatoista pyydettiin nähtäväksi pohjapiirustukset, jotta voitiin etukäteen selvittää, minkälaisia ritiläpalkistoja niissä oli.

Maaseutukeskuksilta saadusta aineistosta valittiin 8 Itä-Suomessa ja 6 Länsi-Suomessa sijaitsevaa pihattoa tutkimuskohteiksi. Perusteina olivat paitsi pihaton ikä, myös eri-ikäiset ja erimittaiset ritiläpalkit. Vain yksi pihatoista oli mullipihatto, muut olivat lypsykarjapihattoja. Pihatoissa käytiin helmimaaliskuussa. Yhteensä tutkittiin 116 ritiläpalkkia. Palkit valittiin sattumanvaraisesti ruokintapöydän edestä tai makuuparsien välistä tai molemmista paikoista. Valintaperusteena käytettiin sitä, että tutkittavien palkkien alue voitiin helposti rauhoittaa karjaliikenteeltä esimerkiksi köysillä. Ritiläpalkkien sijainti pihatossa merkittiin pohjapiirustuksiin, jotta kyseiset palkit ovat löydettävissä uudelleen mahdollisia jatkotoimenpiteitä varten. Tutkittujen ritiläpalkkien ikä- ja pituustiedot on esitetty taulukossa 9.



Kuva 20. Yli 15 vuotta käytössä ollut ritiläpalkisto.

Taulukko 9. Tutkittujen yksittäisten ritiläpalkkien ja -kasettien ikä- ja pituusjakautumat (+:lla eritelty eri tiloilta tutkittujen palkkien määrät).

Palkin ikä	Palkin pituus	Yksittäis-palkki	Ritiläkasetti	Yhteensä	Yhteensä
0 – 5 vuotta	0 – 1,5 m				39
	1,6 – 2,5 m	6	6+8+4	24	
	2,6 m tai yli	2+3	4+2+4	15	
5 – 10 vuotta	0 – 1,5 m				16
	1,6 – 2,5 m		4	4	
	2,6 m tai yli		8+4	12	
10 – 15 vuotta	0 – 1,5 m				24
	1,6 – 2,5 m	4+8+6		18	
	2,6 m tai yli	2+4		6	
15 – 20 vuotta	0 – 1,5 m	3		3	31
	1,6 – 2,5 m	4+3+6+3+3		19	
	2,6 m tai yli	3+3+3		9	
yli 20 vuotta	0 – 1,5 m	4		4	6
	1,6 – 2,5 m				
	2,6 m tai yli	2		2	

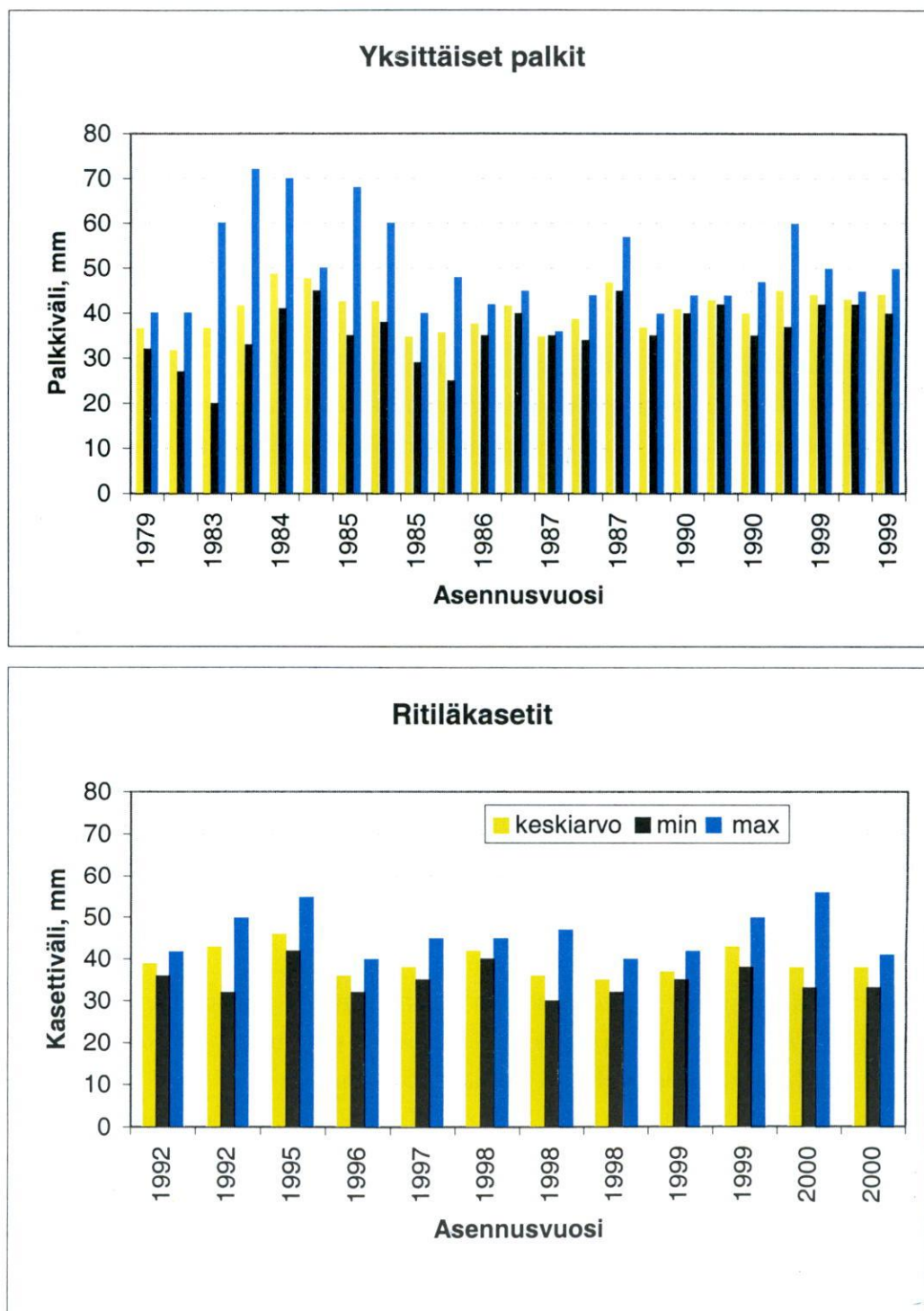
Ennen palkkien tutkimista ne pestiin sekä ylä- että alapinnasta painepesurilla. Palkkeja tarkasteltiin ensin silmämääräisesti. Muistiin kirjattiin pituus- ja poikkisuuntaiset halkeamat, mahdolliset reunojen lohkeamat ja pinnan epätasaisuudet. Palkeista mitattiin keskimääräinen rakojen leveys sekä kimmovasaralla pintalujuuden vaihtelu. Koputtamalla palkkeja raskaalla vasaralla ja kuuntelemalla koputusääntä etsittiin rikkoutumiskohtia. Rapautuneet betonipinnat paljastuvat tavallista matalamman koputusäänen ja vasaran normaalia vaimeamman kimpoamisen perusteella. Kuvassa 20 on esimerkki yli 15 vuotta vanhasta ritiläpalkistosta, jossa palkkien reunat ovat voimakkaasti lohkeilleet.

Ritiläpalkistoa käytettäessä palkin ja raon leveys tulee sovittaa eläimen koon mukaan. Rakolattian palkki- ja rakoleveyksistä annetaan rakentamisohteessa MMM-MRO C 1.2.1 taulukon 10 mukainen suositus. Poikkeaman palkki- ja rakoleveyksissä tulee olla enintään 5 mm. Rakolattian pinnan tulee lisäksi olla tasainen ja vierekkäisten rakolattiapalkkien yläpinnan korkeustasopoikkeama saa olla enintään 5 mm.

Taulukko 10. Lypsykarjalle tarkoitetun rakolattian ohjeellinen mitoitus, mm. /20/

Eläinten ikä, kk	Palkin leveys	Raon leveys
Täysikasvuiset >22 kk	125	40
18...22 kk	110	35
12...18 kk	100	35
6...12 kk	90	35
< 6 kk	70	30

Ritiläpalkkien ja -kasettien rakovälit määritettiin mittaamalla mittanauhalla kukin rako keskimäärin 10:stä (vaihtelu 6–17) eri kohdasta. Pihatoista mitatut yksittäisten ritiläpalkkien ja ritiläkasettien raot on esitetty kuvassa 21. Tarkemmat tulokset löytyvät taulukosta 1 liitteestä 1. Yksittäisten palkkien rakovälit olivat keskimäärin 41,1 mm ja ritiläkasettien välit keskimäärin 39,7 mm. Yksittäisten palkkien pienimmät raot olivat pienempiä kuin kasettien (20 mm >< 30 mm) ja suurimmat raot puolestaan suurempia (72 mm >< 56 mm). Yksittäisten palkkien yksittäisen raon leveys vaihteli enimmillään 33 mm, kun kasettien suurin yksittäisen raon vaihtelu oli 23 mm. Pienimmillään yksittäisen raon leveyden vaihtelu oli molemmilla palkkityypeillä yksi millimetri.



Kuva 21. Ritiläpalkkien ja -kasettien keskimääräiset, minimi- ja maksimirakoleydet.

Vaikka keskimääräiset sekä yksittäisten että kasettipalkkien rakovälit olivat täysikasvuisille nautaeläimille suositeltavan suuruisia, niin mitatuista 46:sta yksittäisten palkkien rakovälistä keskimäärin 9 ja osittain 7 oli ylileveää sekä keskimäärin 5 ja osittain 4 liian kapeaa. Mitatuista 22:sta ritiläkasettien väleistä osittain ylileveitä oli 6 ja osittain liian kapeita 7. Molempien palkkityyppien raoista siten yli puolet ei ollut suositusten mukaisia. Yksittäisten palkkien osittaiset ylileveät rakovälit johtuivat pääosin palkkien reunan lohkeilusta. Vain muutamassa tapauksessa palkit oli asennettu niin vinosti, että rako toisesta päästä oli ylileveä tai kapea. Yhdellä tilalla ylileveä rako johtui yksittäispalkin lenkoudesta. Kahdella tilalla isännän ilmoituksen mukaan palkit oli tietoisesti asennettu suositusta pienemmällä rakovälillä. Pienestä rakovälistä ei heidän mukaansa ollut mitään haittaa, eikä se aiheuttanut ylimääräistä siivousta.

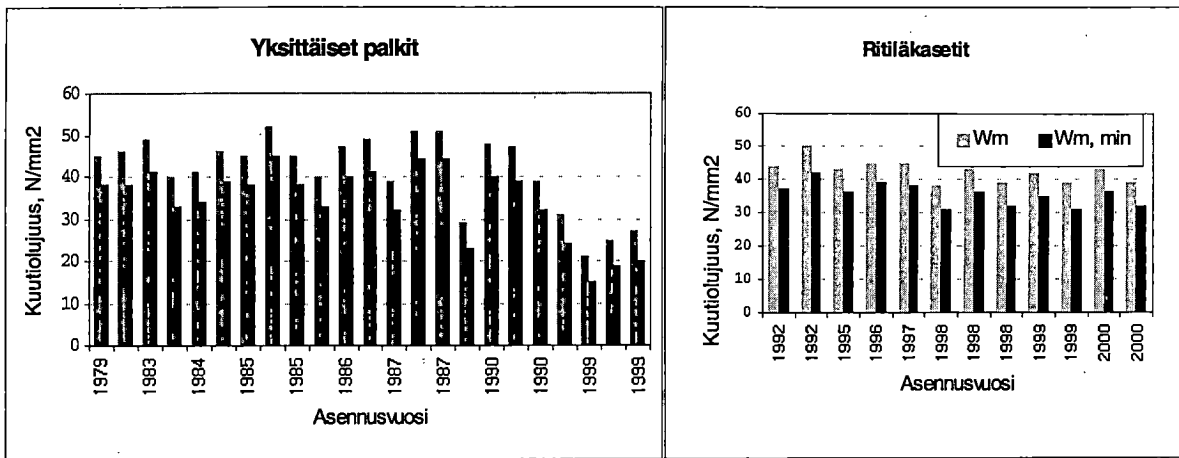
Ritiläpalkkien leveydet vaihtelivat 110 ja 140 mm:n välillä ja korkeudet 125 ja 150 mm:n välillä. 1970 ja 1980 luvuilla asennetut palkit olivat keskimäärin kapeampia kuin 1990 tai sen jälkeen asennetut. Palkin korkeus muuttui suhteessa sen pituuteen siten, että pitkät palkit olivat lyhyitä korkeampia. MMM-RMO C1.2.1:ssä suositeltavaa yläreunan pyöristystä noin 5 mm:n säteellä ei palkeissa ollut tehty. Kyseinen pyöristys on suositeltava, koska se vähentää palkkien yläreunojen lohkeamista.

Vanhan kovettuneen betonin pintakerros on aina kovempaa kuin koko betonikappale. Tämän vuoksi todellinen lujuuskeskiarvo on kimmovasaran lukemia pienempi. Vanhaa betonia testattaessa suositellaan liian kovan pintakerroksen poistamista vajaan senttimetrin paksuudelta koko testattavasta pinnasta tai vertailualueelta. Kumpikaan näistä menetelmistä ei ollut mahdollinen tässä tapauksessa, joten ritiläpalkkien keskimääräinen lujuus on pienempi kuin kimmovasaralla mitatut pintalujuudet. Kimmovasaran määritystarkkuus vähenee betonin lujuusluokan alentuessa, minkä vuoksi alle 25 N/mm<sup>2</sup> kuutiolujuuksiin tulee suhtautua varauksella.

Kimmovasaralla mitattiin kustakin palkista keskimäärin 12 lukemaa (vaihtelu 8 - 19). Näistä laskettiin keskiarvo. Kimmovasara on tarkoitettu ensisijaisesti pystysuorien pintojen testaukseen. Sen vuoksi keskimääräiset mittalukemat muunnettiin käyttöohjeessa olevan taulukon mukaisesti alaspäin suuntautuvalla vaakatason mittaukselle. Keskimääräistä mittalukemaa vastaavat ritiläpalkkien ja -kasettien pinnan kuutiolujuudet,  $W_m$ , ja 80 %:n hannon kattava kuutiolujuuden minimiarvot,  $W_{m, min}$ , on esitetty kuvassa 22. Tarkemmat lukuarvot on esitetty liitteessä 3.

Yksittäisten ritiläpalkkien ja ritiläkasettien keskimääräiset pinnan kuutiolujuudet olivat yhtä suuret eli 42,5 N/mm<sup>2</sup> kuten myös kuutiolujuuden minimiarvo 35 N/mm<sup>2</sup>. Yksittäisten palkkien kuutiolujuuksien vaihtelu oli välillä 52,5 N/mm<sup>2</sup> ja 21 N/mm<sup>2</sup> kun ritiläkasettien vastaava vaihtelu oli 50 N/mm<sup>2</sup> - 37 N/mm<sup>2</sup>. Kuutiolujuus ei ole riippuvainen palkkien pituudesta. Yksittäisinä vuonna 1990 asennetut palkit, joiden pintakuutiolujuus on selvästi muita alempi, oli isännän mukaan hankittu nk. kakkoslaatu. Yksittäisinä vuosina 1997 ja 1999 asennettujen palkkien pintakuutiolujuudet (20 - 30 N/mm<sup>2</sup>) ovat huomattavasti keskimääräistä alempia, mikä saattaa johtua iän tuomasta betonin lujittumisesta. Toisaalta ritiläkaseteissa tällaista ilmiötä ei ole havaittavissa, joten kyseessä saattaa olla myös beto-





Kuva 22. Ritiläpalkkien ja -kasettien pinnasta mitatut keskimääräiset ja pienimmät keskimääräiset kuutiolujuudet.

nin heikentynyt laatu. Tämän selvittämiseksi palkeista tulisi ottaa porausnäytteet laboratorioanalyysjä varten.

Koputtamalla ei palkkien vaurioita pystytty toteamaan. Vain yhdessä palkissa havaittiin selvästi poikkeava koputusääni, jonka aiheuttajaksi palkin kuvauksessa todettiin alapinnassa ollut kolo. Jotta koputtamalla pystyy havaitsemaan palkin vaurioita, pitäisi rinnasteena olla rasittumaton palkki tai palkin osa. Nyt vierekkäiset palkit olivat olleet yhtä pitkän ajan samoissa rasitusolosuhteissa koko pituudeltaan, jolloin vertailuääntä ei ollut mahdollista löytää.

Mittausten ja silmämääräisen tarkastelun jälkeen palkkien alapinnat kuvattiin. Jotta mahdollisten vaurioiden sijainti palkin pituussuunnassa saatiin määritettyä, pituusmitta sijoitettiin palkkien viereen siten, että se näkyi niiden raosta. Erityyppisten palkkien ylä- ja alapinnoista kuvauksissa ja visuaalisissa tarkasteluissa tehdyt havainnot on esitetty taulukossa 11 palkkien ikäjärjestyksessä. Yksittäispalkkeja tutkittiin 23 ryhmässä, joista kuudessa ei ollut lainkaan tai oli hyvin pieniä vaurioita. Alle kahden metrin pituisiin palkkeihin oli pituushalkeamia muodostunut vähemmän kuin tätä pidempiin. Yksittäisissä palkeissa alkaa yläpinnassa olla selvästi havaittavia vaurioita, kun palkit ovat 15 vuotta vanhoja tai sitä vanhempia. Alapintaan vaurioita alkaa ilmestyä jo 10 vuoden iässä. Osin nämä alapinnan vauriot näkyvät myös palkkien kyljissä.

Tutkitut ritiläkasetit olivat iältään huomattavasti yksittäispalkkeja nuorempia. Ritiläkasetteja tutkittiin 12 ryhmässä, joista kuudessa ei ollut lainkaan tai oli hyvin pieniä vaurioita. Ritiläkaseteista ei vielä ollut havaittavissa ikää, jonka jälkeen rakenteeseen alkaa tulla vaurioita. Koska valmistustekniikat ovat kehittyneet ritiläkasetteihin siirryttäessä, voidaan niiden olettaa kestävän käytössä yksittäisiä palkkeja pidempään.

Taulukko 11. Ritiläpalkkien kuvauksissa ja visuaalisissa tarkasteluissa tehdyt havainnot asennusvuoden ja palkkityypin mukaan ryhmiteltyinä. Kpl –sarakkeesta ilmenee kuinka monesta palkista havainnot on tehty.

Asennusvuosi	Tyyppi	Pituus, mm	Yläpinta	Alapinta	Kpl
1979	Yksittäinen	2800		pituus- ja poikkihalkeamia	2
1981	Yksittäinen	1500		poikkihalkeamia	4
1983	Yksittäinen	2400	poikkihalkeamia, paloja pois	pituushalkeamia, isoja paloja pois	4
1984	Yksittäinen	2500	poikkihalkeamia, paloja pois	pituushalkeama yhdessä	3
1984	Yksittäinen	3000	paloja pois	pituushalkeamia ja isoja paloja pois	3
1985	Yksittäinen	1500	reunat pyörityneet		3
1985	Yksittäinen	1600	koloja, lohkeillut		3
1985	Yksittäinen	2200	poikkihalkeamia, paloja pois	pituushalkeama yhdessä	3
1985	Yksittäinen	3000	poikkihalkeamia, paloja pois	pituushalkeamia	3
1985	Yksittäinen	3000	koloja, paloja pois	pituushalkeamia ja isoja paloja pois	3
1986	Yksittäinen	1800		pieniä pituushalkeamia	3
1986	Yksittäinen	2100	pari poikkihalkeamaa	pituushalkeamia	3
1987	Yksittäinen	2170		pituushalkeama toisessa	2
1987	Yksittäinen	2400		pituushalkeamia ja pieniä paloja pois	6
1987	Yksittäinen	2800		pituus- ja poikkihalkeamia	2
1990	Yksittäinen	1590		pieniä säröjä	2
1990	Yksittäinen	1770		poikkihalkeamia, yhdessä pituushalkeama	4
1990	Yksittäinen	1790		poikkihalkeamia	4
1990	Yksittäinen	2600		yhdessä pieni pituushalkeama	4
1997	Yksittäinen	2800		lohkeama, poikkihalkeama	2
1999	Yksittäinen	2200	reunat osin pyörityneet	toisen tyvessä poikkihalkeama	3
1999	Yksittäinen	2400			3
1999	Yksittäinen	3000	notkolla 1-2 mm		3
1992	Kasetti	2500	reunoja lohkeillut		4
1992	Kasetti	3000		pituus- ja poikkihalkeamia	4
1995	Kasetti	2800		yhdestä pala pois ja pieni pituushalkeama	4
1996	Kasetti	2700		pari pientä pituushalkeamaa	4
1997	Kasetti	2000	pieniä säröjä		4
1998	Kasetti	2000			4
1998	Kasetti	2400			2
1998	Kasetti	3000		toisesta pieniä paloja pois	2
1999	Kasetti	2200		yhdestä pala pois	4
1999	Kasetti	3000			4
2000	Kasetti	2500	reunoja lohkeillut	yhdessä reunoissa koloja	4
2000	Kasetti	2700		pieniä paloja pois	4



## 4.2 Ritiläpalkistojen vaurioiden syyt ja toimenpiteet vaurioiden määrän minimoimiseksi

Yleisimmät ritiläpalkeissa havaitut vauriot olivat alapinnassa pituus- ja poikkisuuntaisia halkeamia tai palojen lohkeamia. Myös palkkien kyljissä oli sekä pitkittäis- että poikkihalkeamia. Yläpinnassa olivat vauriot pääosin reunojen lohkeiluja tai poikkisuuntaisia hiushalkeamia.

Alapinnan vauriot ovat pääosin aiheutuneet alapinnan terästen korrodoitumisesta johtuvasta materiaalin paisumisesta. Kun teräs ei enää mahdu sille varattuun tilaan, se murtaa sitä ympäröivän betonin. Mitä enemmän teräs ruostuu, sitä enemmän se vaatii tilaa ja sitä suuremmaksi halkeamat muodostuvat ja näkyvät myös palkin kyljissä. Poikkihalkeamat muodostuvat, kun palkki taipuu suunniteltua enemmän. Taipuminen saattaa johtua joko liian suuresta kuormituksesta tai terästen ruostumisesta johtuvasta rakenteen heikkenemisestä.

Palkkien vaurioitumisen estämiseksi tulee rakentajan kiinnittää huomiota koko käsittelyketjuun. Palkkeja tulee käsitellä ja varastoida asianmukaisesti. Ritiläpalkit on mitoitettu siten, että niiden päädyt kantavat. Siten niitä voi nostaa ainoastaan päistä. Keskelle kohdistuva nosto kuormittaa palkkia juuri päinvastaisesti kuin mihin se on suunniteltu ja aiheuttaa hiushalkeamia jo ennen käyttöönottoa. Ritiläpalkkien päällä ei saa kulkea raskailla ajoneuvoilla. Sekä liian suuri staattinen että dynaaminen kuorma vaurioittaa palkkeja.

Mittatarkkuus asennustyössä on tärkeä. Palkkien tulee ulottua riittävän paljon tuelle. Palkit saavat tukeutua vain niiltä kohdin alla olevaan rakenteeseen kuin niiden suunnittelussa on oletettu. Asennettaessa palkeille tulee varata riittävät välit, jotta ne eivät hankaa toisiinsa. Palkin ja kuiluelementin väliin asennetaan valmistajan edellyttämät eristeet.

Betoniteollisuus vaikuttaa vaurioiden määrän vähenemiseen parhaiten laatujärjestelmänsä ja laaduntarkkailunsa avulla. Lisäksi hyvät, yksityiskohtaiset varastointi ja työohjeet rakentajille ovat erityisen tärkeitä. Ohjeissa tulee mainita sallittujen työtapojen lisäksi myös mikä on kiellettyä, koska aina rakentaja ei tiedä virhemahdollisuuksista.

Teollisuus voi ottaa käyttöön materiaaleja, joilla ritiläpalkkien kestävyyttä ja siten käyttöikää pidennetään. Tällaisia ovat ruostumattoman raudoituksen käyttö tai palkkien alapinnan pinnoitus, jolloin korroosiosta aiheutuvat vauriot vähenevät. Ruostumattoman raudoituksen käyttö nostaa valmistuskustannuksia ja sen kannattavuutta on harkittava tarkoin koko rakennuksen elinkaaren kannalta. Ruostumattoman raudoituksen käyttöä vain osaksi esim. palkin alapinnan raudoituksessa tulisi selvittää.

Palkkien yläpintojen viimeistelyä esim. reunojen pyöristämistä ja pinnoitusta, jolloin reunojen lohkeiluongelma vähenee, tulee harkita laadun kehittämistoimenpiteenä. Palkin pinnoittamisen ongelmana on löytää materiaali, joka ei tee palkkeja liukkaaksi. Tällöin betoniin imeytettävät tuotteet ovat mahdollinen ratkaisu. Ritiläpalkkien reunalohkeilulla on monella tilalla selvä kielteinen vaikutus taloudelliseen tulokseen. Tällöin palkkien viimeistelystä syntyvä lisäkustannus ei olisi rasite, vaan tuloksen paraneminen kattaisi sen.

## 5 Ohjeet rakentajalle

### 5.1 Lantavarastot

Lantalan sijoittaminen oikein on toimivan lannankäsittelyketjun lähtökohta. Perinteisesti lantala on sijoitettu välittömästi tuotantorakennuksen viereen. Joskus on paikallaan viedä se kauemmaksi viljeltävien peltojen keskelle, jolloin varsinaisen lannanlevitystyön aikana ei enää tarvitse lantaa kuljettaa pitkiä matkoja. Pohjamaan kantavuus vaikuttaa myös lantalan paikan valintaan. Aina kun rakennetaan suurta lantavarastoa, tai jos epäilee pohjamaan kantavuutta, on syytä teettää erillinen pohjatutkimus. Jos pohjaveden taso on korkea eli lähellä maan pintaa, kannattaa harkita lietelantalan sijoittamista kokonaan maanpinnalle. Myös lantalan laajentamismahdollisuus on hyvä pitää mielessä sijoituspaikkaa valittaessa.

Kun lantalan paikka on valittu, päätetään lantalan tyyppi ja teetetään lantala suunnitelmat asiantuntijalla. Hankkeen koosta riippuen tarvitaan erilaisia työ- ja rakennepiirustuksia pohjalaatasta ja seinämistä. Elementtirakentamisessa seinämiin liittyvät piirustukset saadaan elementtien valmistajalta. Seuraavaksi hankitaan rakennusmateriaalit ja sovitaan niiden toimittamisesta työmaalle. Työmaalle toimitettavien rakennusmateriaalien laatu tulee tarkastaa välittömästi niiden saavuttua ja tehdä tarvittaessa huomautus. Myöhemmin todetut vauriot voidaan olettaa syntyneen myös työmaalla, jolloin vastuukysymykset eivät ole enää yksiselitteisiä. Mikäli rakennusmateriaaleita joudutaan varastoimaan työmaalla ennen niiden asennusta, on siirroissa ja varastoinnissa noudatettava annettuja ohjeita.

Rakennuspaikalta kuoritaan ruokamulta pois ja kaivetaan tarvittavan syvyinen kuoppa. Lantala kiertämään asennetaan salaojaputki, joka tarkastuskaivon kautta johdetaan maastoon. Tarkastuskaivo on tärkeä, koska siitä voidaan tarkkailla alueelta kertyvän veden laatua ja todeta mahdolliset lantasailiön vuodot. Hiekalla tasatun ja tiivistetyn pohjan päälle aletaan koota lantala. Rakennusmateriaalien mukana tulleita työ- ja asennusohjeita noudatetaan tarkasti. Käytettävistä rakennusmateriaaleista ja -järjestelmästä riippuen joko valetaan pohjalaatta ja mitataan siihen tartunnat seinärakenteita varten tai mitataan paikoilleen asennuslaatat seinärakenteita varten ja niiden pystytyksen jälkeen valetaan pohjalaatta.

Elementtirakentamisessa tulee olla erityisen tarkka mittauksissa ja tehdä riittävästi tarkastusmittauksia, jotta viimeinenkin elementti tulee oikealle paikalleen. Elementtejä käsiteltäessä tulee noudattaa valmistajan antamia ohjeita, sillä väärällä käsittelyllä elementti voi rikkoontua jo ennen paikalleen asentamista. Elementtejä saa nostaa vain niihin asennetuista nostolenkeistä. Kukin elementti tuetaan paikoilleen huolellisesti niin, että kaatumisvaaraa ei ole. Kun elementit on nostettu paikoilleen ja elementtisaumojen pystyteräkset asennettu, muotitetaan saumat. Jotta muoteista saadaan tiiviitä, muottilaudan tai -vanerin ja elementin väliin tulisi asentaa tiiviste ja kiristää muotit muottilukoilla elementtejä vasten. Tässä vaiheessa kannattaa tehdä tartunnat suoja-aidalle.

Lietesailiöelementit saumataan juotosbetonilla. Juotosbetoni ei kuivuessaan kutistu ja siten elementtisaumoista tulee tiiviitä. Lisäksi juotosbetonin raekoko on riittävän pieni, jotta massa tunkeutuu pienimpiinkin koloihin ja ympäröi saumateräkset. Vaikka muut kuivabe-

tonit ovat huomattavasti juotosbetonia halvempia, ei syntyvällä pienellä säästöllä kannata pilata hyvää lopputulosta. Saumauksen kuivuttua puretaan muotit ja ihailaan huolellisen työn tuloksena siistejä elementtisaumoja.

Lantalan ympärystäyttöön käytetään routimatonta materiaalia. Täyttö tehdään riittävän ohuina kerroksina, jotka tiivistetään huolellisesti. Täyttöä tehtäessä varotaan lietesäiliön seinämiä. Ympärystäyttö muotoillaan siten, että muualta tulevat valumavedet eivät ohjautu säiliön vierustaan. Viimeiseksi asennetaan säiliötä reunustava aita.

Jos lantala rakennutetaan urakoitsijalla, työmaalle on syytä hankkia ulkopuolinen valvoja, joka rakennusammattilaisena valvoo työmenetelmiä, työn laatua ja työturvallisuutta.

## 5.2 Ritiäpalkit

Jotta ritiäpalkit kestävät pitkään, ne tulee varastoida, siirtää ja asentaa huolellisesti. Mikäli palkkeja joudutaan varastoimaan työmaalla ennen asennusta, niitä varten on oltava hyvä, tasainen alusta. Suositeltavaa on varastoida palkit valmistajan pakkauksissa asennukseen asti. Palkkeja ei saa nostaessa kuormittaa suunnittelukuorman vastaisesti. Ritiäpalkit on mitoitettu siten, että niiden päädyt kantavat. Siten niitä voi nostaa ainoastaan päistä. Keskelele kohdistuva nosto kuormittaa palkkia juuri päinvastaisesti kuin mihin se on suunniteltu ja aiheuttaa hiushalkeamia jo ennen käyttöönottoa. Palkkien siirtoon on joiltakin valmistajilta mahdollisuus lainata asianmukaista laitetta.

Pihatön suunnitteluvaiheessa tulee varmistua siitä, että suunnitellut lietekuilujen leveydet ovat valmistajien ritiäpalkkistojen normaalimitoituksen mukaisia. Mikäli eläimet on ryhmitelty pysyvästi eri-ikäisiin ryhmiin, valitaan kullekin ryhmälle sopivan kokoiset palkit ja palkkivälit. Jos eri-ikäisiä eläimiä on sekaisin, tulee palkkien leveys ja välit valita nuorimpien eläinten mukaan. Palkkien reunojen lohkeilusta johtuvasta leveyden pienentymisestä ja toisaalta rakojen kasvusta liian suuriksi aiheutuvaa haittaa voi jonkin verran hallita valitsemalla käyttötarkoitukseen suositeltua leveämmät palkit ja asentamalla ne astetta lähemmäksi toisiaan. Tällöin muutaman vuoden käytön jälkeen palkkien leveys ja rakoväli ovat suosituksien mukaisia.

Rakennustyön aikana on lietalantakuilujen mittatarkkuus säilytettävä, jotta suunnitellut ja mahdollisesti jo tilatut ritiäpalkit sopivat ongelmitta paikoilleen. Palkkien tulee ulottua riittävän paljon tuelle. Lietekuilujen yläreunan on oltava tasainen, jotta ritiäpalkkien päät kantavat tasaisesti. Keinuminen aiheuttaa rakenteelle ylimääräisiä rasituksia ja on lisäksi sekä eläinten että hoitajien kannalta tapaturmariski. Palkki ei saa ottaa kiinni kahtia jaetun lietekuilun keskiseinämään, ellei sitä nimenomaan ole suunniteltu keskeltä kantavaksi. Ritiäpalkkitoimitusta seuraa valmistajan asennusohje, jota on noudatettava. Palkkeja tulee nostaa vain asianmukaisella laitteella niiden päistä, ei koskaan keskeltä.

Ritiäpalkkien päällä ei saa rakentamisvaiheessa eikä sen jälkeenkään kulkea raskailla ajoneuvoilla, koska liian suuri kuorma vaurioittaa palkkeja. Liian suuresta kuormituksesta aiheutuu palkkeihin hiushalkeamia, jotka aikaa myöten suurenevat ja lopulta rikkovat palkin raudoituksen ruostumisen seurauksena.

## 5.3 Menetelmät käyttökelpoisuuden varmistamiseksi

### 5.3.1 Lantalat

Lantavarastojen käyttökelpoisuuden varmistamiseksi rakenteet tarkastetaan säännöllisesti ulko- ja sisäpuolelta. Parhaiten tarkastus onnistuu lantaloiden tyhjennyksen jälkeen, jolloin luonnollinen tarkastusväli olisi noin yksi vuosi. Mikäli pintapuolisen tarkastelun perusteella epäilee vaurioita, ne pitää tutkia tarkemmin. Lietesäiliöön ei kuitenkaan koskaan saa mennä yksin eikä ilman turvaköyttä, koska sinne on saattanut muodostua vaarallisia kaasuja. Turvallisinta on, että säiliöön mennään happilaitteilla varustautuneina. Jos rakenteissa on vaurioita, kannattaa ottaa yhteyttä esimerkiksi kunnan rakennustarkastajaan. Hän pystyy arvioimaan vaurion syitä ja antamaan ohjeita jatkotoimenpiteiksi. Korjaukset ovat yleensä helpoimmin suoritettavissa heti vaurion ilmenemisen yhteydessä. Elementtisäiliöiden vioista kannattaa ottaa yhteyttä elementtien valmistajaan, koska hän tuntee oman tuotteen ja pystyy parhaiten arvioimaan todetun vaurion syyn ja vakavuuden sekä antamaan ohjeita jatkotoimenpiteiksi.

Liete- ja virtsasäiliöiden kannet ovat ongelmallisia, koska niiden sisäpinta on kaikkein altuin vaurioitumiselle. Mikäli kyseessä on pieni säiliö, voidaan kansi nostaa pois paikoiltaan tarkastusta varten. Tällöin on käytettävä asianmukaisia nostimia, jotta ei kantta vaurioiteta siirron yhteydessä. Isojen säiliöiden kansi tarkastamiseksi on joko mentävä sisälle säiliöön, jolloin on taas muistettava työturvallisuusriskit, tai käytettävä kuvauslaitteita. Ritiläpalkkikuvaukseen suunniteltu laitteisto varustettuna pidemmällä varrella soveltuu käytettäväksi myös tähän tarkoitukseen.

Pienet betonirakenteiden viat voi paikata itse. Aina pitää varmistua korjausmenetelmän sopivuudesta kyseiseen kohteeseen sekä korjattavien kohteiden puhtaudesta ennen työn tekemistä. Laajemmat vauriot vaativat korjaussuunnitelman laatimista ja ammattitaitoista korjaajaa.

Lietesäiliön ympäri kiertävän tarkastuskaivoon johdetun salaojituksen veden ulkonäköä ja hajua seurataan säännöllisesti. Mikäli tarkastuskaivoa ei ole, voi poistoputken päästä yrittää seurata veden laatua. Jos veden ulkonäössä tai hajussa huomaa muutoksia, siitä kannattaa ottaa näyte ja toimittaa se analysoitavaksi. Lantalalan vuodot näkyvät kohonneina typpi- ja fosforipitoisuuksina sekä kemiallisen tai biologisen hapenkulutuksen nousuna.

### 5.3.2 Ritiläpalkistot

Ritiläpalkkien käyttökelpoisuuden varmistamiseksi niiden ulkonäköä tarkkaillaan säännöllisesti vähintään kerran vuodessa. Jotta muut vauriot kuin reunojen lohkeat havaitaan mahdollisimman aikaisin, on palkkien puhdistus ja pesu tarpeen. Palkkien kylkiin ja yläpintaan ilmaantuvat hiushalkeamat ovat merkkejä palkissa tapahtuneista muutoksista. Palkkeja voi myös koputella raskaalla vasaralla, jolloin rapautuneet betonipinnat paljastuvat tavallista matalamman koputusäänien ja vasaran normaalia vaimeamman kimpoamisen perusteella. Jotta koputtamalla pystyy havaitsemaan palkin vaurioita, pitäisi rinnasteena olla rasittuma-

ton palkki tai palkin osa. Vierekkäisiä palkkeja koputtelemalla ei yleensä vaurioita löydy, koska palkit ovat olleet samalla tavoin rasiitettuna.

Kun merkkejä vaurioista ilmaantuu, mikäli mahdollista yksittäiset palkit kannattaa nostaa ylös lähempää tarkastelua varten. Nostossa tulee käyttää sopivia laitteita ja varoa ritiläpalkkien vaurioittamista. Jos palkkien ylösnosto ei ole mahdollista, alapinnan tarkastamiseen voi käyttää tutkimuksessa kehitettyä kuvauskalustoa. Laitteistolla voi joko katsella pelkästään kuvaa palkin alapinnasta tai nauhoittaa kuvauksen ja katsoa nauhoitus tarkemmin isommalta kuvaruudulta. Tutkimuksessa käytetyn kuvauslaitteiston hinnaksi muodostui noin 3 800 markkaa. Jos laitteistolla ei haluta nauhoittaa, putoavat kustannukset alle puoleen edellisestä. Kuvauksen onnistuminen edellyttää palkkien alapinnan huolellista pesua, koska ajan myötä alapintaan muodostuu samea kalvo, jonka läpi pienet halkeamat eivät näy.

Sitä, miten palkkien reunojen lohkeaminen vaikuttaa niiden käyttökelpoisuuteen, joutuu jokainen karjanomistaja miettimään itse. Jos lohkeamisista ei koidu haittaa tuotokselle lisääntyneinä sorkkavikoina eivätkä eläimet satuta jalkojaan tai liukastele lohkeamien takia, ei pelkästään niiden takia tarvitse palkkeja vaihtaa. Jos lohkeamat ovat niin suuria, että palkkien raudoituksia suojaava betonikerros jää ohueksi, tulee palkit tarkastaa tavanomaisesti useammin. Jos aivan uusiin palkkeihin tulee huomattavia reunalohkeamia, kannattaa ottaa valmistajaan yhteyttä mahdollisen valmistusvirheen selvittämiseksi.

## 6 Johtopäätökset

Lietelantasäiliöissä on perusteltua vaatia K30-luokkaisen betonin käyttöä, koska heikompi-luokkaisten betonien tiiviys ei ole riittävä suojaamaan rakenteen raudoituksia. Termin vesitiivis asemesta tulisi käyttää yhteisesti sovittavaa termiä. Pelkkä vesitiivisyysvaatimuksen määrittäminen rakentamishjeiden yhteydessä ei takaa sitä, että merkitykseltään vakiintunut rakennustekninen termi ymmärretään em. ohjeiden vaatimustason mukaisesti. Yhteisesti sovittavan termin lisäksi lantalarakenteisiin hyväksyttävälle betonille tulee antaa alin lujuusluokka- ja työluokkavaatimus sekä ohjeistaa työn suoritus riittävän hyvin

Muotti- ja kevytsoraharkkoja ei tule käyttää lietelannan varastoimiseen, ellei niitä käsitellä sisäpinnalta rakennetta tiivistävällä pinnoitteella. Muottiharkot sopivat sellaisenaan ja kevytsoraharkot slammattuina kuivalannan varastoimiseen. Harkkorakenteiden ongelmaksi muodostuvat saumat, joita rakenneliömetrille tulee huomattavasti enemmän kuin elementtirakentamisessa. Tällöin vuotamis- ja siten rakenteen vaurioitumisriski muodostuu elementtirakenteita suuremmaksi.

Lietesäiliöelementtien saumaukseen tulee aina käyttää erityisbetonia, joka ei kuivuessaan kutistu, eikä siten irtoa elementtien pinnasta. Lantaloiden rakentamishjeistuksessa tulee yksiselitteisesti todeta, että elementit on saumattava juotosbetonilla tai vastaavat ominaisuudet omaavalla massalla.

Tällä hetkellä käytössä olevat lietalantasäiliöt eivät aiheuta ympäristöhaittaa kuin poikkeustapauksissa. Vain yksittäisissä säiliöissä havaittiin saumaus- tai elementtivaurioita. Näissä korjaustoimet ovat välttämättömiä, jotta vaurion eteneminen raudoitukseen asti estetään. Lantavarastojen käyttökelpoisuuden varmistamiseksi ja ympäristöriskien minimoimiseksi lantalarakenteet tulee tarkastaa säännöllisesti ulko- ja sisäpuolelta. Parhaiten tarkastus onnistuu lantaloiden tyhjennyksen jälkeen, jolloin luonnollinen tarkastusväli on noin yksi vuosi. Mikäli pintapuolisen tarkastelun perusteella epäillään vaurioita, lantalat on tutkittava tarkemmin. Jos lantalan ympärillä on toimiva salaojitus, sen tarkastuskaivosta tai purkuputken päästä saadaan vesinäyte, josta ravinneanalyysillä voidaan selvittää mahdollinen vuoto edellyttäen, että lantalan ympäristöön ei muualta johdeta ravinnepitoisia vesiä. Ilman vahvaa epäilyä vuodoista lietesäiliöiden ympärystäytöjä ei tule lähteä avaamaan, koska rakenteiden mitoituksessa on otettu huomioon maanpaineen vaikutus. Tällöin saataan rikkoa muutoin ehjä säiliö.

Yleisimmät ritiläpalkeissa havaitut vauriot olivat alapinnassa pituus- ja poikkisuuntaisia halkeamia tai palojen lohkeamia. Myös palkkien kyljissä oli sekä pitkittäis- että poikkihalkeamia. Yläpinnassa olivat vauriot pääosin reunojen lohkeiluja tai poikkisuuntaisia hiushalkeamia. Suurin ongelma palkeissa on, että alapinnan vauriot ehtivät melko suuriksi ennen kuin yläpinnassa on selkeästi havaittavia vaurioita. Tästä aiheutuu tapaturmavaara sekä eläimille että niiden hoitajille.

Ritiläpalkkien käyttökelpoisuuden varmistamiseksi niiden kuntoa tulee tarkkailla säännöllisesti vähintään kerran vuodessa. Jotta muut vauriot kuin reunojen lohkeamat havaitaan mahdollisimman aikaisin, on palkkien puhdistus ja pesu tarpeen. Palkkien kylkiin ja yläpintaan ilmaantuvat hiushalkeamat ovat merkkejä palkissa tapahtuneista muutoksista.

Tuotekehittelyllä saadaan aikaan parempilaatuisia palkkeja. Laadun paranemisesta aiheutuvat lisäkustannukset on suhteutettava siitä saatavaan hyötyyn, jotta viljelijät ovat valmiita maksamaan korkeamman hinnan. Betoniteollisuuden on siten tarkoin harkittava minkälaisilla toimenpiteillä laadun parantaminen toteutetaan.

Tämän tutkimuksen ulkopuolelle jäivät sikaloissa käytettävät ritilät, joiden kunnon selvittämiseksi tulisi käynnistää jatkohanke. Maatiloilla käytetään betonia myös muissa rakenteissa kuin tässä esitetyissä. Tutkimusten perusteella maatalouden tuotantorakennuksissa käytettäville rakennusmateriaaleille asetetaan muusta rakentamisesta poikkeavia vaatimuksia. Siksi on perusteltua, että maatalouden betonirakenteista tehdään laajempi tutkimus, jossa paitsi selvitetään nykyisten betonirakenteiden kuntoa, myös etsitään keinoja niille asetettavien vaatimusten täyttämiseksi tavoitteena maatalouden tuotantorakentamisen laadun parantaminen.

Maatalouden rakentaminen tulee tuotantoyksiköiden koon kasvaessa muuttumaan yhä enemmän ulkopuolisten urakoitsijoiden tehtäväksi. Kyseiset urakoitsijat eivät välttämättä tunne maatalousrakentamisen erityisvaatimuksia. Tällöin on tärkeää, että eri kohteissa käytettävälle betonille on olemassa laatuvaatimukset ja pintakäsittelysuositukset, joihin rakentajat voivat viitata sopimuksia tehdessään. Näin voidaan taata rakenteiden kestävyys ja rakentamisen hyvä laatu.

# Kirjallisuus

- /1/ V. 1999 TE-keskuksissa hyväksytyt rakennussuunnitelmat. Kirje 1197/441/2000. Maa- ja metsätalousministeriö. Maaseutu- ja luonnonvaraosasto. Rakentamisyksikkö.
- /2/ Rakennusteollisuus RTT ry. Jäsenyritysten myyntitilastot vuosilta 1981 - 1986.
- /3/ MTT/Vakolan keräämät koneliikkeiden myyntitilastot vuosilta 1981 - 1999.
- /4/ KAPUINEN, P. & KARHUNEN, J. 1990. Lietelantajärjestelmien toimivuus. VAKOLAn tutkimus- selostus 59: 17 - 79.
- /5/ Maataloushallinnon kautta tuetun rakentamisen palautetarkastustoiminta. Betonisia elementtirakenteisia lietalotaloita koskeva selvitys. 1998. Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki. 15 s.
- /6/ Maatalousrakennusten huonetilamallisto, rakentamisohteet. MRO D. 1993. Maatilahallitus. s. 8, 11, 13, 16.
- /7/ SARIN, H., CASTRÉN, H. & PYYKKÖNEN, M. 1987. Käyttökokemuksia 80-luvulla rakennetuista kalustovajoista, varastokuivureista ja pihatoista. VAKOLAn tutkimusselostus 46: 58 - 60.
- /8/ BENGTSOON, P., NORLING, F. & VRETSTRAND, A. 1989. Reparation av betonggolv i lantbruksbyggnader. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för lantbrukets byggnadsteknik. Examenarbete 66. Uppsala. s. 13 - 24.
- /9/ MORTENSEN, B., AMBROSEN, K., HJULER, L. & RASMUSSEN. T. 1997. Surface treatments tested for slatted concrete floors. In: Proceedings. Concrete for a Sustainable Agriculture agro-, aqua- and community applications. International symposium 21. - 24.5.1997 Stavanger, Norway. s. 208 - 215.
- /10/ KNUUTI, K. & TAURIALA, J. 1985. Maatiloilla sattuneet tapaturmat ja MaTa-korvausten käyttö 1984. Maatalousyrittäjien eläkelaitoksen julkaisu 2: 1 - 47.
- /11/ Rakennuskustannukset. Rakentamismääräykset ja -ohjeet. MMM-RMO-E2. 2000. Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki.
- /12/ Rakennuskustannusten yksikköhinnasto. Rakentamismääräykset ja -ohjeet. MMM-RMO-E2. 1997. Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki.
- /13/ LEHTONEN, H., LINJAKUMPU, H., KNUUTTILA, M. & MARTTILA, J. 1999. Maatalouden rakennekehitys vuoteen 2008. Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos. Tutkimuksia 232. Helsinki. 137 s.
- /14/ Tietokappi. Maataloustilastollinen kuukausikatsaus 3/2000. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Helsinki. s. 30 - 45.
- /15/ Maatilatilastollinen vuosikirja 1999. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Helsinki.
- /16/ PTT katsaus 1/1999. Pellervon taloudellinen tutkimuslaitos. Helsinki. s. 39 - 41, 57 - 58.
- /17/ Lihatalous 1/2000. Lihateollisuuden tutkimuskeskus. Hämeenlinna. s. 26 - 28.
- /18/ Kotieläinrakennusten ympäristöhuolto. Rakentamismääräykset ja -ohjeet. MMM-RMO-C4. 1999. Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki
- /19/ Tuottajahintaindeksit 2000:02. Tilastokeskus. Helsinki. s. 6.
- /20/ Kotieläinrakennukset, lypsykarjarakennukset. Rakentamismääräykset ja -ohjeet. MMM-RMO-C1.2.1. 1999. Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki



# Liite 1

## KUSTANNUSLASKELMA; LIETESÄILIÖT

Ikäluokka	Korjausvuosi	Tilavuus, las- kennallinen, m <sup>3</sup>	Tilavuus, arvioon perustuva, m <sup>3</sup>	Tilavuus, ka., m <sup>3</sup>	Ohjekustan- nus vuonna 1999, mk	Lietelantai- den määrä, kpl (vanhat)	Kustan. yht., mk (peruskorj. ei huomioitu)	Vanhojen peruskorj. määrä, kpl	Poistuvat kustan., mk	Tilojen määrän vähennys	Kustan. yht., mk	Rakennetta- vien lietalan- talojen määrä, kpl
15 - 20 vuotta	2000	537	860	699	101749	2484	252744337	1242	126372168	0,92	116262395	1143
10 - 15 vuotta	2001	562,5	860	711	102859	466	47932412	140	14379723	0,92	30868473	300
	2002	588	860	724	103962	466	48446126	140	14533838	0,92	31199305	300
	2003	613,5	860	737	105056	466	48956234	140	14686870	0,92	31527814	300
	2004	639	860	750	106143	466	49462822	140	14838847	0,92	31854058	300
	2005	664,5	860	762	107223	466	49965976	140	14989793	0,92	32178088	300
5 - 10 vuotta	2006	690	860	775	108296	709	76781617	28	3071265	0,93	68550627	633
	2007	715,5	860	788	109361	709	77537051	28	3101482	0,93	69225079	633
	2008	741	860	801	110420	709	78287610	28	3131504	0,93	69895178	633
	2009	766,5	860	813	111472	709	79033402	28	3161336	0,95	72078462	647
	2010	792	860	826	112517	709	79774531	28	3190981	0,95	72754372	647
1 - 5 vuotta	2011	817,5	860	839	113556	924	104925606	37	4197024	0,95	95692153	843
	2012	843	860	852	114588	924	105879714	37	4235189	0,95	96562299	843
	2013	868,5	868,5	869	115956	924	107143014	37	4285721	0,95	97714429	843
	2014	894	894	894	117987	924	109019573	37	4360783	0,95	99425851	843
	2015	919	919	919	119955	924	110838662	37	4433546	0,96	102148911	852
											1117937494	10058

# Liite 2

## KUSTANNUSLASKELMA; RITILÄPALKISTOT

Ikäluokka	Korjausvuosi	Pinta-ala, las- kennallinen, m <sup>2</sup>	Ohjekustannus vuonna 1997, mk/m <sup>2</sup>	Ritiläpalkiston määrä, m <sup>2</sup>	Kustan. yht., mk (peruskorj. ei huomioitu)	Rak.kustannus- indeksillä kor- jattu vuoden 1999 ohjekustannukseksi yht., mk	Vanhjojen peruskorj. määrä, m <sup>2</sup>	Poistuvat kustan., mk	Tilojen määrän vähenneminen	Kustan. yht., mk	Rakennettavan palkiston määrä, m <sup>2</sup>	Rakennettavien kohteiden mää- rä, kpl
15 - 20 vuotta	2000	88	257	99383	25541431	26600526	49692	13300263	0,92	12236242	45716	520
10 - 15 vuotta	2001	92	257	19862	5104534	5316197	5959	1594859	0,92	3423631	12791	139
	2002	96	257	28637	7359709	7664885	8591	2299465	0,92	4936186	18442	193
	2003	100	257	19212	4937484	5142221	5764	1542666	0,92	3311590	12373	124
	2004	104	257	43205	11103685	11564108	12962	3469232	0,92	7447285	27824	269
	2005	108	257	33735	8669895	9029399	10121	2708820	0,92	5814933	21725	202
5 - 10 vuotta	2006	111	257	55252	14199764	14788568	2210	591543	0,93	13203234	49329	443
	2007	115	257	38188	9814316	10221274	1528	408851	0,93	9125554	34094	296
	2008	119	257	32292	8299044	8643170	1292	345727	0,93	7716622	28830	242
	2009	123	257	26452	6798164	7080055	1058	283202	0,95	6457010	24124	196
	2010	127	-257	23564	6055948	6307063	943	252283	0,95	5752041	21490	169
1 - 5 vuotta	2011	131	257	44575	11455775	11930797	1783	477232	0,95	10880887	40652	311
	2012	135	257	47535	12216495	12723061	1901	508922	0,95	11603432	43352	322
	2013	139	257	51372	13202604	13750060	2055	550002	0,95	12540055	46851	338
	2014	143	257	65538	16843266	17541685	2622	701667	0,95	15998017	59771	419
	2015	147	257	35000	8995000	9367985	1400	374719	0,96	8633535	32256	220
										139080253	519622	4401

## Liite 3

Ritiläpalkeista mitatut rakoleveydet (kaseteissa kasettien väli) ja kimmovasaran mittalukemista muunnetut kuutiolujuudet asennusvuoden, pituuden ja ritilätyypin mukaan jaoteltuina.

Asennusvuosi	Tyyppi	Pituus, mm	Rakoleveys, mm			Kuutiolujuus, N/mm <sup>2</sup>		Kpl
			keskim.	min	max	keskim.	keskim.min	
1979	Yksittäinen	2800	37	32	40	45	38	2
1981	Yksittäinen	1500	32	27	40	46	38	4
1983	Yksittäinen	2400	37	20	60	49	41	4
1984	Yksittäinen	2500	42	33	72	40	33	3
1984	Yksittäinen	3000	49	41	70	41	34	3
1985	Yksittäinen	1500	48	45	50	46	39	3
1985	Yksittäinen	1600	43	35	68	45	38	3
1985	Yksittäinen	2200	43	38	60	52	45	3
1985	Yksittäinen	3000	35	29	40	45	38	3
1985	Yksittäinen	3000	36	25	48	40	33	3
1986	Yksittäinen	1800	38	35	42	47	40	3
1986	Yksittäinen	2100	42	40	45	49	41	3
1987	Yksittäinen	2170	35	35	36	39	32	2
1987	Yksittäinen	2400	39	34	44	51	44	6
1987	Yksittäinen	2800	47	45	57	51	44	2
1990	Yksittäinen	1590	37	35	40	29	23	2
1990	Yksittäinen	1770	41	40	44	48	40	4
1990	Yksittäinen	1790	43	42	44	47	39	4
1990	Yksittäinen	2600	40	35	47	39	32	4
1997	Yksittäinen	2800	45	37	60	31	24	2
1999	Yksittäinen	2200	44	42	50	21	15	3
1999	Yksittäinen	2400	43	42	45	25	19	3
1999	Yksittäinen	3000	44	40	50	27	20	3
1992	Kasetti	2500	39	36	42	44	37	4
1992	Kasetti	3000	43	32	50	50	42	4
1995	Kasetti	2800	46	42	55	43	36	4
1996	Kasetti	2700	36	32	40	45	39	4
1997	Kasetti	2000	38	35	45	45	38	4
1998	Kasetti	2000	42	40	45	38	31	4
1998	Kasetti	2400	36	30	47	43	36	2
1998	Kasetti	3000	35	32	40	39	32	2
1999	Kasetti	2200	37	35	42	42	35	4
1999	Kasetti	3000	43	38	50	39	31	4
2000	Kasetti	2500	38	33	56	43	36	4
2000	Kasetti	2700	38	33	41	39	32	4

## VAKOLAn tutkimuseloituksia

- 43 Traktorin polttoaineenkulutukseen vaikuttavia seikkoja
- 44 Alipaineilmanvaihto kotieläinsuojissa. 1986.
- 45 Kompostoinnin vaikutus lietelannan laatuun ja käsiteltävyyteen. 1987.
- 46 Käyttökokemuksia 80-luvulla rakennetuista kalustovajoista, varastokuivureista ja pihatoista. 1987.
47. Lannoitteenlevityksen tasaisuus. 1987.
48. Jauhituksen tilantarve ja pölyhaittojen vähentäminen. 1987.
49. Maatalouskoneiden tietokanta. 1988.
50. Lannanpoistolaitteiden toiminta ja kestävyys. 1988.
51. Pienten pihatoiden ilmanvaihdon erityisvaatimukset. 1988.
52. Tuotantorakennusten suunnittelu ja rakentaminen käytännössä. 1988.
53. Hellävarainen perunankorjuu. 1989.
54. Syyskyntöä korvaavien muokkausmenetelmien vaikutus kevätvehnän satoon 1975-1988.  
Pitkäaikaisen aurattoman viljelyn vaikutukset hiesusaven rakenteeseen ja viljavuuteen 1989.
55. Ei julkaisua.
56. Kosteiden pintojen kosteudentuotanto navetoissa. 1989.
57. Kylmäilmakuivurin mitoitus ja käyttö. 1990.
58. Leikkuupuimurin kulkukyky vaikeissa olosuhteissa. 1990.
59. Lietelantajärjestelmien toimivuus. 1990.
60. Heinän varastokuivaus. 1991.
61. Viljankuivauksen pölyhaitat. 1992.
62. Säilörehun siirto ja käsittely talvella. 1991.
63. Naudanlihan tuotantomenetelmät ja -rakennukset. 1992.
64. Kiedotun pyöröpaalisäilörehun valmistustekniikka ja laatu. 1993.
65. Hellävarainen perunan kauppakunnostus. 1993.
66. Naudanlihan tuotantomenetelmät ja -rakennukset II. 1993.
67. Betonit ja muovit navetan lattiamateriaaleina. 1993.
68. Lannankäsittelyn taloudellisuuden ja lannan ravinteiden hyväksikäytön parantaminen. 1994.
69. The effect of ground profile and plough gauge wheel on ploughing work with a mounted plough. 1994.
70. Järeän sahatavaran mekaaniset ominaisuudet. 1995.
71. Järeän sahatavaran käyttö rakennuksissa, rakennejärjestelmät ja liitokset. 1997.
72. Lannan levitys kasvustoon. 1996.  
Osa 1. Lietelannan sijoituslaitteen rakenteelliset vaatimukset suomalaisissa olosuhteissa.
73. Lannan levitys kasvustoon. 1996.  
Osa 2. Lietelannan levitysmahdollisuudet kasvavaan viljanoraaseen.
74. Kylmäkasvattamoiden kuivikepohjien toimivat vaihtoehdot. 1996.
75. Konetöiden turvallisuuden ja tehokkuuden parantaminen. 1996.
76. Laboratorioiden työn ja työympäristön kehittäminen. 1996.
77. Pienmoottoreiden päästöt. 1997
78. Viljasadon korjuu- ja varastointi. 2001.

## VAKOLAn rakennusratkaisuja

- 1/1994 Kylmä osakuivikepohjainen emolehmäkasvattamo.
- 2/1995 Rehtijärven keinokosteikko.
- 3/1995 Puurakenteiset ruokinta-aidat ja parnerottimet.
- 4/1996 Perustamistapojen hintavertailu.
- 5/1997 Havaintoja kylmäpihattojen lannankäsittelystä.
- 6/1997 Kalustohallista toimiva sikala
- 7/1999 Lypsyasema parsinavetassa
- 8/2000 Ajonkestävä monikäyttöinen kylmäilmakuivuri

## VAKOLAn tiedotteita

- 54/93 Maaseudun koerakentamisen ohjelmointi
- 55/93 Pyöröpaalisäilörehun korjuu, varastointi ja laatu
- 56/93 Maaseuturakentamisen ideakilpailu
- 57/93 Syyskylvöjen varmentaminen
- 58/93 Maatilan ja maatilamatkailun jätehuolto
- 59/93 Maatilamyymälätoiminta vanhassa maatilan asuinrakennuksessa
- 60/93 Tyhjien maatarakennusten uusi käyttö
- 61/94 Lietelannan varastointi ja levitys
- 62/94 Tuotantorakennusten alapohjia ja piha-alueiden päällysrakenteita
- 63/94 Turvallinen puunpilkonta
- 64/94 Itkupinta-tuloilmalaitteen vaikutus eläinsuojassa
- 65/94 Oksainen hake pienpolttimissa
- 66/94 Pako- ja savukaasujen analysointi
- 67/94 Käyttökokemuksia jyräkylvölannoittimista
- 67S/94 Bruksereferentit av vältkombisämaskiner
- 68/94 Käsikäyttöisten liekittimien käyttöominaisuuksia
- 69/95 Renkaiden vaikutus traktorin vetokykyyn ja maan tiivistymiseen
- 70/95 Hakkeen kuivaus imuilmalla
- 71/95 Klapiattiloiden käyttöominaisuudet
- 72/96 EPS-rakeet ja EPS-rouhe sikalan lietesäiliön katteena
- 73/96 Kevytsaviharkkojen kuivuminen ja lujuus
- 74/97 Rikkakasvien torjunta viljoista riviväliharauksella
- 75/97 Öljypellavan leikkuupuinti
- 76/97 Tilasäiliöopas
- 77/98 Yrttikuvurin suunnittelu ja käyttö
- 78/98 Väkilannoitteen sijoituslaitteet nurmiviljelyssä
- 79/98 Lietelannan ilmastus
- 80/00 Lannan aumavarastointi
- 81/00 Pienen pyöreän puun käyttö rakentamisessa I  
Pyöreän puun lujuus, mänty ja kuusi  
Pyöreän puun liitokset
- 82/00 Pienen pyöreän puun käyttö rakentamisessa II  
Suomen rakennuspuuvarat  
Rakennuspuun korjuukustannukset  
Rakennuspuun tuotantokustannukset
- 83/00 Pienen pyöreän puun käyttö rakentamisessa III  
Rakenteet, liitokset, rakennusesimerkit
- 84/00 Perunaviljelmän edullisin koko Suomessa  
Sään rajoittama viljelytöiden aika  
Viljelmien nykytila kyselyn perusteella
- 85/01 Lantavarastot ja pihatoiden ritiläpalkistot

