

MAARIT PUUMALA
TIMO LEHTINIEMI

BETONIT JA MUOVIT NAVETAN LATTIAMATERIAALEINA

CONCRETE AND PLASTIC AS FLOOR MATERIAL IN BARN



VAKOLAN TUTKIMUSSELOSTUS 67

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

VIHTI 1993

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
Agricultural Research Centre of Finland

VAKOLA

Maatalousteknologian tutkimuslaitos

Osoite
Vakolantie 55
03400 VIHTI

Puhelin
(90) 224 6211
Telefax
(90) 224 6210

Institute of Agricultural Engineering

Address
Vakolantie 55
FIN-03400 VIHTI
FINLAND

Telephone int. +
358-0-224 6211
Telefax int. +
358-0-224 6210

**MAARIT PUUMALA
TIMO LEHTINIEMI**

**BETONIT JA MUOVIT NAVETAN
LATTIAMATERIAALEINA
CONCRETE AND PLASTIC AS FLOOR MATERIAL IN BARNs**

VAKOLAN TUTKIMUSSELOSTUS 67

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

VIHTI 1993

Sammanfattning s. 76

Summary p. 79

ISSN 0782-0054

SISÄLLYSLUETTELO

KUVAILULEHDET

ALKULAUSE	7
JOHDANTO	8
1. LABORATORIOKOKKEET	8
1.1. Yleistä	8
1.1.1. Betoni	8
1.1.2. Betonin pinnoitteet	10
1.2. Koekappaleiden valmistus	12
1.2.1. Betonit	12
1.2.2. Pinnoitemateriaalit	13
1.3. Betonien puristuslujuus	15
1.4. Materiaalien haponkestävyys	17
1.4.1. Yleistä	17
1.4.2. Koemenetelmä ja kokeen suoritus	17
1.4.3. Tarkastukset ja mittaukset	18
1.4.4. Tulokset	19
1.4.5. Tulosten tarkastelu ja rinnastaminen käytännön rasituksiin	23
1.4.6. Johtopäätökset	26
1.5. Kulutuksenkestävyys	28
1.5.1. Kulutuskokeen suoritus	28
1.5.2. Tulokset	30
1.5.3. Kulutuskokeen tulosten tarkastelu	34
1.6. Pinnan kitka	35
1.6.2. Kitkan mittaus	36
1.6.2. Kitkan mittaustulokset ja niiden tarkastelu	38
1.7. Karkeus	39
1.7.1. Kokeen suoritus ja tulokset	42
1.8. Puhdistettavuus	44
1.8.1. Kokeen suoritus ja tulokset	45
1.8.2. Tulosten tarkastelu	46
1.9. Lämmönjohtuminen parressa	48
2. KÄYTÄNNÖN KOKEET	51
2.1. Yleistä	51
2.1.1. Betonointityön suorittaminen	51
2.1.2. Betonien päällystettävyys	53
2.2. Koeruudut	55
2.2.1. Betoniruutujen valaminen	55
2.2.2. Muoviruutujen pinnoittaminen	58

2.3.	Koeruutumateriaalien testaaminen ja lähtötilanteiden kartoittaminen	60
2.3.1.	Betoniruudut	60
2.3.2.	Muoviruudut	62
2.4.	Lattiapintojen välitarkastukset	63
2.4.1.	Betoniruudut	63
2.4.2.	Muoviruudut	64
2.5.	Kenttäkokeiden lopputarkastukset	65
2.5.1.	Betonikoeruudut	65
2.5.2.	Muovikoeruudut	66
2.6.	Aikaisemmin suoritettuja kenttäkokeita sekä niiden rinnastaminen tässä tutkimuksessa saatuihin tuloksiin	68
2.6.1.	Pohjoismaisia tuloksia	68
2.6.2.	VAKOLAssa saatuja tuloksia	71
2.6.3.	Tulosten vertailu	73
2.7.	Johtopäätökset ja käyttösuositukset	73
3.	TIIVISTELMÄ	74
4.	SAMMANFATTNING	76
5.	SUMMARY	79
	KIRJALLISUUSLUETTELO	82
	LIITTEET	

Tekijät (toimielimestä: toimielimen nimi, puheenjohtaja, sihteeri)		Julkaisun laji	
Maarit Puumala		Tutkimusselostus	
Timo Lehtiniemi		Toimeksiantaja	
		Maatilahallitus, maatilatalouden kehittämisrahasto	
		Toimielimen asettamispvm	
		4.4.1989	
Julkaisun nimi (myös ruotsinkielinen)			
Betonit ja muovit navetan lattiamateriaaleina			
Julkaisun osat			
Tiivistelmä			
<p>Karjarakennuksen olosuhteet vaativat materiaaleilta osin muusta rakentamisesta poikkeavia ominaisuuksia. Lattiapinnat ovat erityisen mielenkiinnon kohteena, koska niihin toisaalta kohdistuu voimakasta sekä mekaanista että kemiallista rasitusta, mutta toisaalta niiden makuu- ja kosteustaloustoimintoja pitäisi olla mahdollisimman miellyttäviä. Betoni on ollut perinteisesti lattian pintamateriaali. Viime vuosina on betonilattioita jouduttu kuitenkin korjaamaan jo muutaman vuoden käytön jälkeen, mitä ei voida pitää hyväksyttävänä.</p> <p>Tutkimuksen mukaan oikein suhteutettu, huolellisesti työstetty ja jälkihoidettu betoni kestää vaativissa navettaolosuhteissa hyväkuntoisena noin 10 vuotta. Tällöin suhteutuksessa vesi-sementtisuhte, runkoaineen rakeisuus ja määrä sekä sementin määrä ovat lopputulokseen eniten vaikuttavia tekijöitä. Työstettäessä huolellinen tiivistäminen sekä oikea-aikainen ja oikealla materiaalilla suoritettu hierto ovat ratkaisevia. Riittävän pitkä jälkihoito takaa onnistuneen lopputuloksen.</p> <p>Muovimateriaalien kestävyys on suoraan verrannollinen kerrospaksuuteen. Ohuet lakat ja maalit eivät kestä navetassa kuin pari vuotta. Pinnoitteet kestävät jo melko pitkään ja massat peruskorjausvälin ajan eli 10 - 15 vuotta. Muovien sideaineella ei ole merkitystä, joten samanpaksuiset epoksi-, polyuretaani- ja akryylipinnat kestävät likimain yhtä kauan käyttökelpoisina.</p> <p>Betonia on suositeltavaa käyttää parsissa ja käytävillä. Sekä betonit että muovit soveltuvat ruokintapöydälle ja maito- ja maitohuoneeseen, joskin muovit ovat maito- ja maitohuoneeseen suositeltavampia puhdistettavuusominaisuuksiensa ansiosta.</p>			
Avainsanat (asiasanat)			
Betoni, betonin seosaineet, betonin vesi-sementtisuhte, betonilattia, betonoihti, betonilattian pinnoitteet, pinnoitustyö, navettaolosuhteet, betonin ominaisuudet, muovipinnoitteiden ominaisuudet, lämmönjohtuminen parsissa			
Muut tiedot			
Saatavana Maatalouden tutkimuskeskuksen maatalousteknologian tutkimuslaitokselta (MTT/VAKOLA)			
puhelin (90) 224 6211			
telefax (90) 224 6210			
Sarjan nimi ja numero		ISSN	ISBN
VAKOLAn tutkimusselostus 67		0782-0054	
Kokonaissivumäärä	Kieli	Hinta	Luottamuksellisuus
	tiivist. englanti, ruotsi	50 mk	Julkinen
Jakaja		Kustantaja	
VAKOLA, Vakolantie 55, 03400 VIHTI			

Institute of Agricultural Engineering of the
Agricultural Research Centre of Finland
(ARC/VAKOLA)

Date of publication :
7.12.1993

Authors (if organ: name of organ, chairman, secretary) Maarit Puumala Timo Lehtiniemi		Kind of publication Study report	
		Comissioned by Maatilahallitus, maatilatalouden kehittämisrahasto	
		Date of setting up of organ 4.4.1989	
English and Swedish titles of publication Concrete and plastic as floor material in barns			
Parts of publication			
Abstract <p>The conditions in stock buildings require to some extent other properties of building materials than in other buildings. Floor surfaces are of special interest, since they should be proof against strong mechanical and chemical stress and they should also, when used in places where the animals lie, be as comfortable as possible to lie on. Traditionally concrete has been used as floor material. However, in recent years concrete floors have had to be repaired after only a couple of years in use, which can not be accepted.</p> <p>According to our studies, carefully prepared and laid concrete with effective after-care stays in good condition about ten years in barns in spite of the trying conditions there. When preparing the mixture, the water-cement ratio, the grain size distribution and the amount of sand and gravel and the amount of cement are factors that affect the result most. When laying the concrete floor, careful vibrating and floating at right time with right material are decisive for the result. Sufficiently long after-care guarantees a good final result.</p> <p>The durability of plastic materials is proportional to the thickness of the layer. Thin varnishes and paints do not last in barns more than a couple of years. Relatively thin coatings last for quite a long time and thick plastic compounds last for 10 - 15 years in satisfactory or good condition. It does not make any difference what binding agent is used in the plastic compounds, so equally thick epoxy, polyurethan and acrylic compounds seem to last in good condition for equally long time.</p> <p>It is recommended to use concrete in stalls and alleys. Both concretes and plastics are suitable on feeding tables and in dairies, though plastics are more recommendable for dairies because they are easier to keep clean.</p>			
Key words Concrete, components of the concrete mixture, Water-cement ratio in concrete, concrete floor, laying concrete, concrete floor coatings, coating a floor, conditions in a barn, the properties of concrete, the properties of plastic materials, heat flow in stalls			
Additional Information ARC/VAKOLA Vakolantie 55 FIN-03400 VIHTI, FINLAND		Telephone + 358-0-224 6211 Telefax + 358-0-224 6210	
Name of series, number VAKOLAn tutkimusselostus 67		ISSN 0782-0054	ISBN
Pages	Language Finnish, Tables and figures: English, Summaries: English, Swedish		
Sold by VAKOLA, Vakolantie 55, FIN-03400 VIHTI, FINLAND		Price FIM 50 mk	

ALKULAUSE

Ruokintapöytien ruokintakourut, maito huoneiden lattiat ja parsien pinnat edellyttävät karjasuojien pinnoitemateriaaleilta erityistä kestävyyttä. Betonipintoja joudutaan korjaamaan jo muutaman vuoden käytön jälkeen pinnan rapautumisen vuoksi, eivätkä kaikki erikoisbetonitkaan näytä kestävän normaalibetonia paremmin. Pintojen kunnostukseen yleisesti käytettävät epoksimaalit eivät myöskään kestä montaa vuotta.

Tämä tutkimus on jatkoa VAKOLAssa vuosina 1984 - 1987 suoritettulle karjasuojan pinnoitteiden ryhmäkoetukselle, jossa koetettiin pääasiassa epoksimaaleja ja erikoisbetonia. Tutkimusta varten Maatilahallitus myönsi 1989 Maatilatalouden kehittämisrahaston varoista määrärahan ja asetti samalla tutkimukselle valvojakunnan, johon kuuluivat puheenjohtajana arkkitehti Kari Kolehmainen sekä jäsenenä rakennusmestari Tuija Alakomi ja professori Aarne Pehkonen. Tutkimuksen johtajana on toiminut agronomi Henrik Sarin sekä tutkijoina agr.yo Timo Lehtiniemi ja dipl.ins. Maarit Puumala.

Tähän tutkimukseen liittyvistä laboratoriokokeista on aiemmin julkaistu VAKOLAn tiedote 49/91. Lisäksi laboratoriokokeista ja niiden tulkinnoista on julkaistu Helsingin Yliopiston maatalousteknologian laitoksella opinnäytetyö keväällä 1991. VAKOLA kiittää Maatilatalouden kehittämisrahastoa, edellämainitun valvojakunnan jäseniä sekä erityisesti niitä yrityksiä, jotka ovat antaneet materiaalejaan tutkimuksemme, ja niitä yksityisiä viljelijöitä, jotka ovat antaneet karjarakennuksensa käytännön kokeiden suorituspaikoiksi, ja siten mahdollistaneet tutkimusohjelmamme toteuttamisen.

Vihdissä joulukuussa 1993

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

Maatalousteknologian tutkimuslaitos

JOHDANTO

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on ollut selvittää markkinoilla olevien lähinnä teollisuuteen tarkoitettujen muovipohjaisten, mutta sideaineeltaan erilaisten lattiapinnoitteiden ja eräiden betonien soveltuvuus navetan ruokintapöytään, maitohuoneeseen ja parsiin. Lisäksi on tutkittu erityisesti maatalouteen markkinoituja pinnoitemateriaaleja. Tuloksia voidaan soveltaa myös etsittäessä pinnoitteita muihin vastaaviin tarkoituksiin.

Tutkimus jakautuu kahteen osaan, laboratoriokokeihin ja käytännön kokeihin. Laboratoriokokeet on suoritettu VAKOLAssa lukuunottamatta betonien puristuslujuuskoetta, jonka suoritti VTT. Laboratoriossa on muovien ja betonien ominaisuuksista tutkittu haponkestävyys ja sekä happorasitetun että rasittamattoman materiaalin kulutuksenkestävyys. Valmiin pinnan ominaisuuksista on mitattu kitka, karheus ja puhdistettavuus sekä uudesta että hieman kulutetusta pinnasta.

Käytännön kokeiden koeruudut on sijoitettu kahteen navettaan. Uuteen pihattoon valettiin viidestä eri seoksesta kaikki lattioiden pintavalut. Ruokintapöytään tehtiin lisäksi yhdestä muovipinnoitteesta rinnakkaiskoe, jotta erilaisten olosuhteiden vaikutus voitiin ottaa tuloksia analysoitaessa huomioon. Muovikoeruudut, joita tehtiin kuudesta erilaisesta pinnoitteesta tai massasta, sijoitettiin vanhan navetan ruokintapöytään. Pinnoitteilla ei alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen pinnoitettu lainkaan parsia, koska kaikki laboratoriokokeessa mukana olleet muovimateriaalit olivat tuntuneet hieman liian liukkailta parsiin. Toisaalta hyvälaatuinen betoni näytti kestävän parsissa vähintään tyydyttävästi.

Tutkimuksessa esitetyt johtopäätökset ja käyttösuositukset perustuvat sekä laboratoriossa mitattuihin että käytännössä todettuihin seikkoihin. Käytännön kokeiden lyhytaikaisuuden ja suppeuden takia tulokset ovat painottuneet enemmän laboratoriokokeiden suuntaan. Tuloksista voidaan kuitenkin päätellä, mitkä materiaalit soveltuvat parhaiten navetan eri käyttökohteisiin, ja minkä tyyppisiä materiaaleja ei tulisi lainkaan käyttää navettaolosuhteissa.

1. LABORATORIOKOKEET

1.1 Yleistä

1.1.1. Betoni

Betoni on emäksinen materiaali. Emäksisyydestä johtuen betoni ei kestä happoja. Hapot liuottavat sementin hydraatituotteita ja muodostavat niiden kanssa suoloja. Tällöin sementtikiven rakenne ja sen mineraaliyhdisteet muuttuvat ja hajoavat, minkä seurauksena betoni heikkenee /15/, /40/. Betonille vaarallisia yhdisteitä ovat epäorgaaniset hapot, kuten suola-, typpi- ja rikkihappo. Orgaanisista hapoista mm. etikka-, maito- ja voi-happo ovat betonille haitallisia. Myös vahvat emäkset, hiilidioksidi,

kloridit, sulfaatit, magneesium- ja ammoniumsuolet sekä eräät orgaaniset yhdisteet ovat korroosiota aiheuttavia /23/, /40/. Ammoniakkikaasu saattaa rapauttaa betonia hitaasti ja lanta rapauttaa sitä hitaasti /8/.

Suomessa betonin korrosio on lähinnä ulkoista, koska betonin runkoaineena käytettävä sora ja hiekka ei yleensä sisällä sisäiseen korroosioon tarvittavia aineita. Ulkoinen korrosio on betonin turmeltumista ympäristön ns. betoniaggressiivisten aineiden kanssa tapahtuvien kemiallisten reaktioiden seurauksena /46/. Betonin korrosio vaatii kosteutta. Tavallisesti kosteutta on riittävästi jo itse betonissa tai sitä ympäröivässä ilmassa korroosioreaktioiden tapahtumiseksi. Korroosionopeuteen vaikuttavat betonin laatu ja ympäristön aggressiivisuus. Betonin ikä vaikuttaa myös korrosioherkkyyteen /12/.

Betonin kemiallisiin ominaisuuksiin vaikuttaa ensisijaisesti käytetyn sementin koostumus, sillä betoniin käytettävä suomalainen kiviaines on käytännössä kemiallisesti reagoimatonta. Sementin koostumus ja kemialliset ominaisuudet määräytyvät sementin sisältämien klinkkerimineraalien osuuksien perusteella. Sementin kemiallisiin ominaisuuksiin vaikuttavat myös mahdollisten seosaineiden ominaisuudet ja määrät /8/.

Hyvälaatuisella betonilla on parhaat edellytykset kestää kemiallisia rasituksia. Tämän vuoksi kaikki toimenpiteet, joilla parannetaan betonin tiiviyyttä, vaikuttavat myönteisesti myös betonin kemialliseen kestävyyskykyyn /46/. Betonin tiiviyyteen vaikuttaa eniten vesisementtisuhde. Hydratoituakseensa täysin sementti tarvitsee vettä suunnilleen vesisementtisuhdetta 0,4 vastaavan määrän. Betonimassassa oleva ylimääräinen vesi, joka ei kulu sementin kovettumisreaktiossa (hydrataatiossa), muodostaa kapillaarihuokosia, jotka lisäävät betonin läpäisevyyttä. Betonin tiiviyyteen vaikuttaa massan vesisementtisuhde lisäksi myös betonin tiivistys, jälkihoito ja halkeamat /8/.

Betonin puristuslujuus on merkittävin yksittäinen sen kulutuskestävyyteen vaikuttava ominaisuus. Runkoaine on betonin parhaiten kulutusta kestävä komponentti. Tämän vuoksi pyrittäessä mahdollisimman hyvään kulutuksenkestävyyteen tulisi käyttää hiukan suurempaa runkoainemäärää kuin pyrittäessä pelkästään tiettyyn lujuusluokkaan /46/. Useimmilla kulumismekanismeilla suurten runkoainerakeiden osuuden lisääminen parantaa betonin kulutuskestävyyttä. Koska betoni kuluu ensin pintaosastaan, vaikuttaa sen kulutuskestävyyteen erityisesti betonipinnan laatu. Betonia ei saa täryttää niin, että suuret kivet painuvat pois pinnasta. Betonin pinnalle erottuneen veden tulee kuivua ennen pinnan hiertämistä. Betonin jälkihoidon tulee hyvään kulutuskestävyyteen pyrittäessä olla normaalia pitkäaikaisempi ja huolellisempi. Kulutuskestävyyden parantamisessa käytetään myös polymeereja sideaineen osana tai pinnoitteena /8/.

Betonirakenteiden ympäristöluokitus ja niitä vastaavat betonin koostumuksen vähimmäisarvot on esitetty liitteessä 1. Erilaisissa kemiallisissa olosuhteissa betonin koostumukselle asetettavat vähimmäisarvot on esitetty liitteessä 2.

1.1.2. Betonin pinnoitteet

Lattiapinnoitteiden huomattavimman sideaineryhmän muodostavat akryyli, epoksi ja polyuretaani. Sideaineista valmistetaan lakkoja, maaleja ja pinnoitteita. Käyttämällä sideainetta ja sen seassa runkoainetta voidaan valmistaa paksumpia lattiapinnoitteita, joita kutsutaan massoiksi. Runkoaineena voi olla esimerkiksi kvartsihiekkää, luonnonhiekkää, kovaa mineraalia tai muoviraetta /5/. Betonipintaan levitettävät pinnoitteet voidaan jakaa pintaan jäävän kalvon paksuuden mukaan taulukossa 1 esitettäviin ryhmiin. Samassa taulukossa on esitetty jokaiselle ryhmälle soveltuva käyttökohde lattiaan kohdistuvan rasituksen mukaan /9/.

Yksinkertaisin betonilattian käsittely on pölynsidonta. Pölynsidonta-aineet eivät muodosta varsinaista pintakalvoa. Ne ovat joko kemiallisesti vaikuttavia tai lakka-
maisista tuotteita. Kemialliset pölynsidonta-aineet sitovat betonin pinnassa olevan vapaan kalkin, mutta eivät tuki betonin huokosia, joten betonia vahingoittavat hapot, rasva, öljy yms. voivat imeytyä betoniin. Paremmiin pintaa suojaavia ovat lakka-
maisista tuotteet. Pölynsidonassa käytetään yleisesti ohennettuja akryyli-, epoksi-, uretaani- tai polyuretaanilakkoja. Lakkapölynsidonta täyttää betonin huokokset paremmin kuin kemiallinen käsittely ja lisää samalla pinnan kemiallista kestävyyttä. Se ei muodosta kuitenkaan riittävää suojaa betonia vaurioittavia aineita vastaan /7/.

Lakkausta ja maalausta voidaan pitää jo varsinaisena pintakäsittelynä, koska ne muodostavat tiiviin yleensä noin 0,1 - 0,2 mm:n paksuisen lujan ja alustaa hyvin suojaavan kalvon. Betonilattioissa käytettävät maalit ja lakat ovat liuote- tai vesiohenteisia. Sideainetyyppinä voi olla esimerkiksi epoksi-, polyuretaani-, uretaanialkydi- tai epoksiesterihartsit, joista kaksi viimeistä soveltuu vain sisäkäyttöön kuiviin tiloihin /7/.

Haluttaessa ominaisuuksiltaan maalauskäsittelyä parempi betonin pintakerros käytetään erilaisia levitettäviä muovipinnoitteita. Pinnoitteet ovat kaksikomponenttisia ja liuotteettomia. Tavallisimmat muovipinnoitustyyppit ovat itsestään siliävät pinnoitteet, itsestään siliävät muovimassat ja hierrettävät muovimassat /7/.

Suomessa on markkinoilla lukuisa määrä erilaisia betonin pinnoitusaineita. Luettelo ko. materiaaleista ja niiden valmistajista tai maahantuojista on esitetty liitteessä 3.

Taulukko 1. Betonipintaan levitettävät pinnoitteet /9/.
Table 1. Coatings used on concrete floors /9/.

Tuoteryhmä <i>Group of products</i>	Pintaan jäävä keskimääräinen kalvonpaksuus <i>Average thickness of coating layer</i>	Levitystapa ^{a)} <i>Way of spreading^{a)}</i>	Lattiaan kohdistuva raskuus <i>Suitable for floors on which the stress is</i>
Pölynsidonta-aineet - fluatointi yms. <i>Dust laying materials</i>	0		
Imeytyvät tuotteet - liuotin- tai vesiohenteiset 2-komponenttiset epoksilakat - kosteuskovettuvat uretaanilakat <i>Saturating materials</i>	0 - 20 µm	1,2,(3),4	pieni - asuintilat - raskuuden kannalta asumiseen verrattavat käyttötilat
Ohennettavat maalit ja lakat - 1-komponenttiset maalit - 2-komponenttiset epoksimaalit ja kosteuskovettuvat polyuretaanit <i>Dilutable paints and varnishes</i>	40 - 100 µm	1,2,(3),4	<i>small</i>
Liuotteettomat maalit ja lakat - epoksi- tai polyuretaanihartsija <i>Paints and varnishes without solvent</i>	100 - 200 µm	2	keskisuuri - liiketilat - sairaalat
Itsesiliävät pinnoitteet - epoksi- tai polyuretaanihartsipohjaisia <i>Self-flattened coatings</i>	0,3 - 0,5 mm	2,4(+5)	- koulut - toimistot <i>medium</i>
Itsesiliävät muovimassat - kvartsi- tai luonnonhiekkatäyte <i>Self-flattened plastic compounds</i>	1,5 - 4 mm	4 + 5	suuri - teollisuustilat - varastotilat
Hierrettävät muovimassat - kvartsi-, väri- tai luonnonhiekkatäyte - sideaineena epoksi-, akryyli- tai polyuretaanihartsija <i>Steel trowelled plastic compounds</i>	4 - 12 mm	6	- liikennetilat - erikoistilat <i>high</i>
a) Levitystavat: 1 harjaus 2 telaus 3 ruiskutus 4 lastalevitys 5 tasoitus piikkitelalla 6 hierto a) Way of spreading: 1 brushing 2 painting with a roller 3 spraying 4 spreading with a stopping knife 5 filling with a roller with spikes 6 steel trowelled			

1.2. Koekappaleiden valmistus

1.2.1. Betonit

Betonien sideaineina kokeessa olivat normaalisti kovettuva yleissementti Y 40/28 (yleis), nopeasti kovettuva portlandsementti P 40/7 (rapid) ja hitaasti kovettuva, sulfaatinkestävä alhaislämpömasuunisementti M 40/91 LH SR (masuuni). Seosaineina olivat lentotuhka, kuona ja silica. Side- ja seosaineet toimitti Oy Lohja Ab.

Side- ja seosaineista valmistettiin kuusi erilaista betonia, joista kolmessa seoksessa kokeiltiin kahta erilaista vesisementtisuhdetta. Massoissa sementin ja seosaineen yhteismäärä oli 400 kg/m^3 . Runkoaine oli jaettu lajitteiden 0 - 8 mm ja 8 - 16 mm kesken suhteessa 60/40 ja sitä käytettiin 1825 kg/m^3 . Runkoaineen rakeisuus ja läpäisyarvot on esitetty liitteessä 4. Työstettävyyden takia pyrittiin valmistamaan notkeaa massaa (2 - 3 sVB), mikä saatiin aikaan lisäämällä osaan seoksista 1,5 - 3 % notkistinta Peramin 3180. Notkeutta ei määritetty millään laitteella, vaan se arvioitiin silmämääräisesti.

Betonit valmistettiin vapaapudotussekoittimella eli tavallisella betonimyllyllä. Tämä sekoitin valittiin, koska haluttiin valmistaa massat välineistöllä, jollainen omatoimisella rakentajalla on yleensä käytössä. Kaikki aineosat annosteltiin sekoittimeen punnitsemalla. Ainemäärät on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Laboratoriokokeissa käytettyjen betoniseosten aineosat, annos 35 litraa.

Table 2. Concrete mixtures for laboratory tests, recipe for 35 litres.

Betoni ¹⁾ Concrete ¹⁾ name	Vesi Water kg	Runkoaine Sand and gravel kg	Sideaine Cementing agent trademark/ kg	Seosaine Additive name/ kg ²⁾	Notkistin Plasticizer kg
Yleis a	5,6	63,9	Yleis/14	-	0,28
Yleis b	7,0	63,9	Yleis/14	-	-
Rapid	5,6	63,9	Rapid/14	-	0,21
Rapid+lt a	5,6	63,9	Rapid/9,8	lt/4,2	0,29
Rapid+lt b	6,3	63,9	Rapid/9,8	lt/4,2	-
Rapid+k	5,6	63,9	Rapid/9,8	k/4,2	0,29
Rapid+s	5,6	63,9	Rapid/12,6	s/1,4	0,31
Masuuni a	5,6	63,9	Masuuni/14	-	0,28
Masuuni b	7,0	63,9	Masuuni/14	-	-

1) a = pienempi vesisementtisuhte, b = suurempi vesisementtisuhte
2) lt = lentotuhka, k = kuona, s = silica

1) a = a smaller water-cement ratio, b = a bigger water-cement ratio
2) lt = ash, k = slag, s = silica

Kaikki muut massat paitsi silicaa sisältänyt massa valmistettiin siten, että sekoittimeen laitettiin ensin osa vedestä ja mahdollinen notkistin. Sen jälkeen sekoitin käynnistettiin ja sinne lisättiin osa runkoaineesta, sementti ja seosaine sekä loput runkoaineesta. Viimeiseksi lisättiin loput vedestä, jolloin massan notkeus voitiin tarkistaa halutunlaiseksi. Kun kaikki aineosat olivat sekoittimessa, jatkettiin sekoittamista vielä 3 minuuttia. Silicaa sisältänyt massa valmistettiin siten, että sekoittimeen

laitettiin ensin osa vedestä ja notkistin. Tämän jälkeen käynnistettiin sekoitin ja lisättiin osa runkoaineesta sekä sementti ja annettiin massan sekoittua noin yhden minuutin ajan. Viimeisenä lisättiin loppuosaan vedestä lietetty silica ja loput runkoaineesta. Sekoittamista jatkettiin tämän jälkeen vielä 9 minuuttia.

Sekoituksen jälkeen massoista valettiin koepalat, jotka olivat kooltaan $210 \times 80 \times 50$ mm sekä puristuslujuuskoekuutiot kooltaan $150 \times 150 \times 150$ mm. Kaikki koekappaleet hierrettiin puuhiertimellä lukuunottamatta puristuslujuuskuutioita. Koekappaleet siirrettiin kuivumaan huoneeseen, jonka lämpötila oli $22 \text{ }^\circ\text{C}$ ja ilman suhteellinen kosteus 90 %. Ne olivat kyseisissä olosuhteissa 28 vrk lukuunottamatta puristuslujuuskokeeseen tarkoitettuja kappaleita, jotka siirrettiin kolmen viikon ikäisinä VTT:lle.

1.2.2. Pinnoitemateriaalit

Pinnoitemateriaalit ryhmiteltiin Suomen Betoniyhdistys ry:n julkaisun "by 31, Betonilattiat, luokitus- ja päällystettävyysohjeet" mukaan, ja kyseisestä luokituksesta poikkeavat massat erotettiin ryhmään erikoismassat. Ryhmät olivat seuraavat:

1. Lakat
2. Maalit
3. Pinnoitteet
4. Epoksimassat
5. Polyuretaanimassat
6. Akryylimassat
7. Erikoismassat

Lakat, maalit ja pinnoitteet päällystettiin betonitiileen. Ennen betonitiilien päällystystä niiden pinnalta poistettiin sementtiliimakerros happopeittaamalla. Peittaukseen käytettiin 32-%:sta suolahappoa, jota laimennettiin suhteessa 1 osa happoa ja 4 osaa vettä. Betonitiilet upotettiin happoliuokseen kahdeksi sekunniksi, jonka jälkeen ne nostettiin liuoksesta. Hapon annettiin vaikuttaa 30 min. Tämän jälkeen betonitiilet pestiin runsaalla vedellä ja ne asetettiin kuivumaan. Tiilet saivat kuivua viikon ajan hallissa, jonka lämpötila oli noin $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ja ilman suhteellinen kosteus noin 35 %. Päällystystyö aloitettiin, kun tiilien suhteellinen kosteus oli alle 4 painoprosenttia. Kosteuspitoisuus todettiin suuntaa antavalla kokeella, jossa tiilet peitettiin tiiviisti muovikalvolla ja vuorokauden kuluttua todettiin, että tiilet eivät olleet tummuneet eikä muovin pinnalle ollut kertynyt kosteutta. Jos pinta olisi tummunut tai muovin pinnalle olisi kertynyt kosteutta, olisivat betonitiilet olleet liian kosteita päällystettäväksi.

Osa betonitiilistä päällystettiin VAKOLassa pinnoitteen mukana seuranneen käyttöohjeen mukaisesti ja osan päällystystyöstä teki pinnoitteen toimittanut yritys (taulukko 3).

Massat valmistettiin valupaloiksi tai erilaisille levyille pinnoitettuina. VAKOLAssa ne valmistettiin filmivanerilevyille, josta koepalat leikattiin massan kuivuttua. Valmiiden massojen paksuudet olivat 3 - 4 mm. Näistä vain Vencoat pintakarhennettiin. Sen sijaan Alfa-Plast Repair, Reafloor 2500 ja UR 500 jätettiin ilman pintakarhennusta. Valmiina toimitettujen massojen paksuudet olivat 3 - 4 mm. Poikkeuksena Monile, jonka paksuus oli noin 10 mm. Valmiina toimitetuista massoista oli Epirex 2000 a ja b pintakarhennettu kahdella eri raekokoa olevalla karhenteella. Karhennus a oli tehty noin 0,1 mm kokoisilla lasipalloilla ja b kvartsihiekkalla, joka oli kokoa 0,1 - 1,0 mm. Myös Epox-Torginol oli pintakarhennettu. Kokeessa olleet massat on lueteltu taulukossa 4.

Epirex 2000 a ja b, Epox-Torginol, Reafloor 2500, Vencoat, Monolith ja UR 500 ovat itsesiliäviä kvartsi- tai luonnonhiekkatäytteisiä muovimassoja. Alfa-Plast Repair on epoksi- ja hiekka-ainepohjainen erikoismassa, joka on tarkoitettu lattiapintojen vaurioiden korjaamiseen. Ryhmittelyssä sen on katsottu kuuluvan ryhmään epoksi-massat. Hierrettäviä kvartsi-, väri- tai luonnonhiekkatäytteisiä muovimassoja ovat Monepox, Epirex- värihiekkamassa (vhm), Akryylibetoni, Akryylinpinnoite ja Monodur. Monile on akryylinen yhteispolymeerisoitu synteettinen hartsia yhdistettyä suhteutettuun täyteaineeseen. Valmistajan mukaan heidän toimittamansa Monile-massan koepalat eivät vastaa tiiveydeltään käytännön pinnoitusta, koska koepaloja ei ole voitu tiivistää tekniikalla, jota pinnoitustyömaalla yleensä käytetään.

Taulukko 3. Betonitiileen pinnoitetut tuotteet.

Table 3. Coatings tested on bricks.

Ryhmä, tuotenimi <i>Group of products, trademark</i>	Valmistaja/markkinoija <i>Manufacturer/sales agency</i>	Valmistustapa ¹⁾ <i>Way of coating¹⁾</i>
1. Lakat 1. Varnish		
LV-1	Solmaster Oy	1
Epirex 100	Teknos-Winter Oy	2
Epirex 300	Teknos-Winter Oy	2
Inerta 50	Teknos-Winter Oy	2
Uredur 100	Teknos-Winter Oy	2
Reafloor 200	Tikkurila Oy	1
2. Maalit 2. Paint		
Reacoat 200	Tikkurila Oy	1
Tervaepoksi	Suomen Tranemo Väri	1
3. Pinnoitteet 3. Coating		
Alfa-Plast Universal	Hankkija Maatalous Oy	1
EP-10	Solmaster Oy	1
Inerta 210	Teknos-Winter Oy	2
LF-pinnoite	Fescon Oy	1
Reafloor 300	Tikkurila Oy	1
1)	1 = päällystystyö tehtiin VAKOLAssa 2 = päällystystyön teki aineen toimittaja	
1)	1 = bricks were coated in VAKOLA 2 = bricks were coated by the manufacturer or by the sales agency	

Taulukko 4. Kokeessa mukana olleet muovimassat.
Table 4. Thick plastic compounds used in the laboratory test.

Ryhmä, tuotenimi <i>Group of products, trademark</i>	Valmistaja/markkinoija <i>Manufacturer/sales agency</i>	Valmistustapa ¹⁾ <i>Way of coating¹⁾</i>
4. Epoksimassat 4. Epoxy compound		
Alfa-Plast Repair	Hankkija-Maatalous Oy	1
Epirex 2000 a	Teknos-Winter Oy	2
Epirex 2000 b	Teknos-Winter Oy	2
Epox-Torginol	Torginol-Teollisuuslattiat Oy	2
Monepox	Oy Trans-Meri Ab	2
Reafloor 2500	Tikkurila Oy	1
Vencoat	Veljekset Matintalo	1
Epirex vhm.	Teknos-Winter Oy	2
5. Polyuretaanimassat 5. Polyurethan compound		
Monolith	Oy Trans-Meri Ab	2
UR 500	Solmaster Oy	1
6. Akryylimassat 6. Acrylic compound		
Akryylibetoni	Lohja Betonila Oy	2
Akryylinnoite	Pohjolan suojakate	2
Monodur	Oy Trans-Meri Ab	2
7. Erikoismassat 7. Special compound		
Monile	Oy Trans-Meri Ab	2
1)	1 = päällystystyö tehtiin VAKOLAssa 2 = päällystystyön teki aineen toimittaja	
1)	1 = compounds were done in VAKOLA 2 = compounds were done by the manufacturer or by the sales agency	

1.3. Betonien puristuslujuus

Betonien puristuslujuuden mittasi VTT 28 vrk:n ikäisistä koekuutioista, joita oli kolme kappaletta jokaisesta betoniseoksesta. Tuloksista selvitettiin, onko puristuslujuuksissa havaittavissa tilastollista eroa. Tulokset on esitetty taulukossa 5.

Nopeasti kovettuvasta sementistä valmistetun betonin puristuslujuus oli suurempi kuin normaalisti ja hitaasti kovettuvasta sementistä valmistetun. Tämä johtuu siitä, että nopeasti kovettuva sementti saavuttaa standardilujuuden 7 vrk:n ikäisenä, normaalisti kovettuva 28 vrk:n ikäisenä ja hitaasti kovettuva 91 vrk:n ikäisenä.

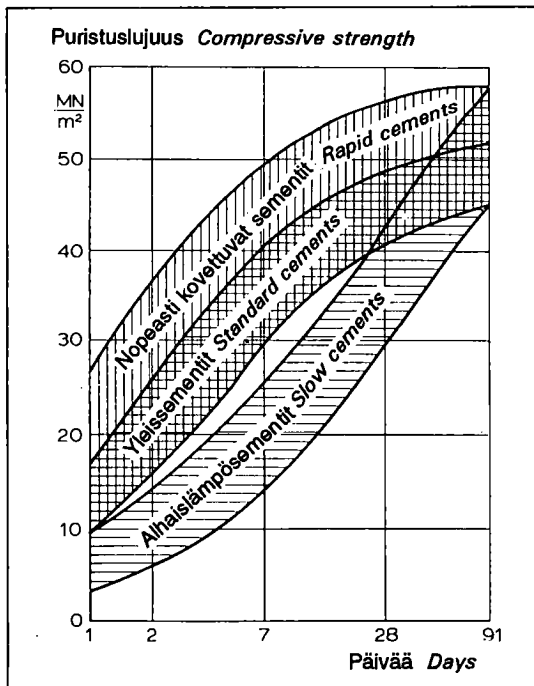
Taulukko 5. Betonien puristuslujuudet ja tilastolliset erot.
Table 5. Compressive strength of concretes used in the laboratory tests and the statistical significance of the differences in strength.

Betoni Concrete	Puristuslujuus Keskiarvo, MN/m ² Compressive strength Average, MN/m ²	Vaihteluväli MN/m ² Range MN/m ²	Vesimenttisuhde kg/kg Water cement ratio kg/kg	Tilastollinen ero ¹⁾ Statistical significance ¹⁾
Rapid+s	65,7	63,0 - 67,0	0,4	a
Rapid	62,2	58,5 - 64,5	0,4	a,b
Rapid+k	56,3	55,0 - 57,5	0,4	b
Yleis a	48,5	48,0 - 49,5	0,4	c
Masuuni a	47,2	45,5 - 48,5	0,4	c
Rapid+lt a	47,0	46,5 - 47,5	0,4	c
Yleis b	37,0	36,0 - 38,0	0,5	d
Masuuni b	36,3	35,5 - 38,0	0,5	d
Rapid+lt b	34,8	34,0 - 36,0	0,45	d

1) Tukeyn menetelmän mukaan laskettuna puristuslujuudet eroavat tilastollisesti 99 % varmuudella niillä keskiarvoilla, joita ei yhdistä sama kirjain.
 1) According to calculations based on the statistical method of Tukey the difference between means of compressive strength which do not have the same letter is statistically significant at 99% level ($p \leq 0,01$).

Eri sementtilaatuojen lujuudet eivät kuitenkaan aivan noudattaneet suomalaisten portlandsementtien normilujuuden kehitystä, kuva 1. Tämä on ymmärrettävää, koska tässä tutkimuksessa käytetty betonin suhteutus poikkeaa standardin SFS 3169 mukaisesta suhteutuksesta. Kuviossa esitetyn eri sementtilaatuojen lujuudenkehityksen

perusteella voidaan olettaa, että alhaislämpösementtibetonien, kuten masuunibetonin ja masuunikuonaa seosaineena sisältäneen betonin, myöhäislujuudet kasvavat enemmän kuin muiden tutkimuksessa mukana olleiden betonien lujuudet.



Kuva 1.

Suomalaisten portlandsementtien normilujuuden kehitys standardin SFS 3169 mukaan. Lujuus osuu normaalisti sementtilajille annettulle vaihteluvälille /37/.

Figure 1.

The compression strength development of Finnish portland cements according to the SFS standard number 3169. Strength normally meets the given range /37/.

Lisäaineista lentotuhka ja kuona pienensivät ja silica suurensi puristuslujuutta verrattaessa niitä nopeasti kovettuvaan sementtiin. Vesisementtisuhteen nostaminen pienensi huomattavasti saavutettua lujuutta. Yleisementillä vesisementtisuhteen nostaminen 0,40:stä 0,50:een laski puristuslujuutta 11,5 MN/m² ja masuunisementillä 10,9 MN/m². Nopeasti kovettuvalla sementillä, jossa lisäaineena oli lentotuhkaa, laski puristuslujuus 10,7 MN/m² vesisementtisuhteen noustessa 0,40:stä 0,45:een.

Kokeen tarkoituksena oli osaltaan tutkia mahdollisuutta valmistaa hyvälaatuista betonia omatoimisesti. Tavallisella betonimyllyllä voidaan koetulosten mukaan valmistaa hyvälaatuista betonia. Tämä edellyttää huolellista työtä ja kaikkien aineosien punnitsemista sekä runkoaineen jakamista kahteen lajitteeseen. Vesisementtisuhteen tulee olla mahdollisimman alhainen, kun valmistetaan lujaa betonia. Mikäli ei voida varmistua siitä, että työmaalla valmistetulla betonilla saavutetaan suunnitelmien edellyttämä lujuustaso, tulee betonointityössä käyttää valmisbetonia.

1.4. Materiaalien haponkestävyys

1.4.1. Yleistä

Karjasuojissa lattiapintoja rasittavat erilaiset hapot, emäkset ja entsyymit. Navetassa yleisesti esiintyviä happoja ovat maitohappo ja muurahaishappo. Maitohappoa esiintyy ruokintapöydällä, parsissa ja maidonkäsittelytiloissa. Ruokintapöydällä oleva maitohappo on peräisin rehuista. Parsissa sekä maidonkäsittelytiloissa sitä syntyy maidosta. Muurahaishappo on säilörehun valmistuksessa yleisesti käytetty happo, jolloin sitä esiintyy kaikissa sellaisissa tiloissa, joissa muurahaishapolla säilöttyä rehua käsitellään. Yleisin säilörehun valmistuksessa käytetty säilöntäaine on AIV II -liuos, joka sellaisenaan sisältää 80 % muurahaishappoa ja 2 % ortofosforihappoa.

1.4.2. Koemenetelmä ja kokeen suoritus

Koeaineiden haponkestävyyttä tutkittiin upporasitusmenetelmällä. Menetelmä on sama mitä VAKOLAn aiemmin tekemässä karjasuojien pinnoitteiden ryhmäkoetuksessa oli käytetty. Materiaalien haponkestävyyttä tutkittiin rasittamalla niitä maitohapolla ja AIV II -säilöntäaineliuksella. Kokeen nopeuttamiseksi happoja käytettiin käytännössä esiintyviä pitoisuuksia väkevämpinä liuksina. Haponkestävyys tutkittiin käyttäen erikseen kumpaakin happoa. Maitohapon ja AIV II -säilöntäaineliuksen väkevyys oli 50 painoprosenttia, jolloin AIV II -säilöntäaineliuksen muurahaishappopitoisuus oli 40 paino-% ja ortofosforihappopitoisuus 1 paino-%.

Haponkestävyyksikokeen alkaessa betonit olivat 55 vuorokauden ikäisiä ja pinnoiteaineet yli 21 vuorokauden ikäisiä. Jokaisesta materiaalista oli kokeessa mukana kolme koepalaa. Ne sijoitettiin muovilaatikoihin siten, että eri koeaineiden väliin jäi tyhjää tilaa ja laatikon pohjan ja koekappaleiden väliin jäi noin 1 cm tilaa. Tällöin happo pääsi vaikuttamaan niihin joka suunnalta. Happoa oli kussakin laatikossa niin, että koekappaleet olivat puoliksi upotettuina happoon. Koska laatikoissa oli eri materiaaleja edustavia koekappaleita eri määrät, oli myös happoliuosten

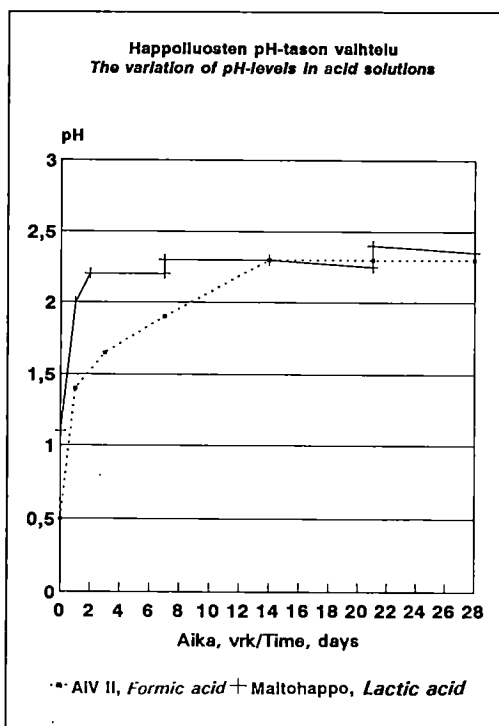
neutraloituminen erilaista. Tästä syystä jouduttiin happoliuosten väkevyyttä laatikoissa seuraamaan mittaamalla liuosten pH. Mittaus tehtiin koekappaleiden tarkastusten yhteydessä. Jos jonkin liuoksen pH poikkesi muista 0,2 yksikköä tai enemmän, sekoitettiin kyseistä happoa sisältävien laatikoiden happoliuokset keskenään happamuuden tasaamiseksi.

Maitohapossa betonit reagoivat siten, että betonien pintaan muodostui vaalean kellertävää saostumaa. Tämä poistettiin tarkastusten yhteydessä, koska sen epäiltiin estävän hapon vaikutuksen betoneihin. Kyseinen toimenpide laski happopinnan korkeutta laatikoissa ja niihin jouduttiin lisäämään 50 %:sta maitohappoa. Tällöin happoliuosten pH aleni. Maitohappoa lisättiin laatikoihin 7 vrk:n ja 21 vrk:n tarkastuksien yhteydessä. Happamuuden kehitys koeliuksissa on esitetty kuvassa 2.

1.4.3. Tarkastukset ja mittaukset

Pinnoiteaineiden ja betonien kestävyyttä happoliuoksissa seurattiin kirjaamalla niissä tapahtuneet muutokset pääosin standardin SFS 3756 mukaisin väliajoin. Tarkkailuajat olivat: 2 min, 1 h, 3 h, 6 h, 1 vrk, 3 vrk, 7 vrk, 14 vrk, 21 vrk ja 28 vrk. Maitohappokokeessa 3 vrk:n sijasta koeaineet tarkastettiin 2 vrk:n rasiuksen jälkeen. Betonien syöpmän etenemistä seurattiin kokeen aikana mittaamalla syöpymäsyvyys koekappaleiden tarkastusten yhteydessä, kun syöpmisen oli todettu alkaneen. Mittaukseen käytettiin työntömittaa, jonka kärkiin kiinnitettiin 15 mm pitkät mittakärjet, joiden halkaisija oli 3,0 mm, kuva 3. Syöpymäsyvyys saatiin mittaamalla koepalojen paksuus koepalan kuudesta kohdasta noin 1 cm välein. Työntömitan mittatarkkuus oli 0,05 mm. Saaduista lukemista laskettiin syöpymäsyvyyden keskiarvo.

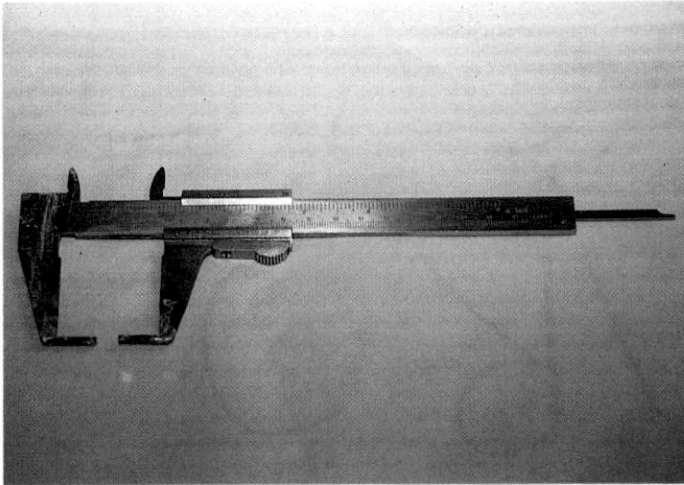
Koska koepala syöpyi hapossa kummaltakin mitattavalta sivulta, jaettiin saatu mittatulos kahdella. Koekappaleiden paksuus oli mitattu ennen koetta samalla tavalla.



Kuva 2.

Happamuuden kehitys happoliuoksissa kokeen aikana. Happamuudet mitattiin koekappaleiden tarkastusaikoina.

Figure 2.
PH-levels in the acid baths during the testing of chemical resistance. PH-levels were measured at the same time as the test materials were examined.



Kuva 3.

Työntötulkki, jolla mitattiin betonien syöpymäsyvyyttä kemiallisessa kestävyyskokeessa.

Figure 3.

Caliper rule used to measure the depth of corrosion when testing chemical resistance. The diameter of the measuring points is 3,5 mm.

Betonien ja betonitiileen päällystettyjen pinnoitteiden syöpymäsyvyys mitattiin kokeen loputtua painepesurilla pestyistä koepaloista. Pesulla varmistettiin, että koekappaleen pinnalta saatiin mittausta haitannut sakka ja hapon pehmittämä kerros pois. Pesussa vesisuihku vietiin kahdeksan kertaa pestävän sivun yli n. 20 cm etäisyydeltä. Pesurin paine oli 120 bar ja vesimäärä 13 l/min.

1.4.4. Tulokset

Pinnoitemateriaalien kestävyys upporasituskokeissa AIV II -säilöntäaineliuoksessa ja maitohapossa on esitetty taulukoissa 6 ja 7. Taulukoissa jokaisen tarkkailuajan kohdalle on merkitty materiaalin kuntoa kuvaava lukema 1 - 5. Lukemat ilmoittavat materiaalin kunnan tarkkailuaikana seuraavasti:

- 5 = Erittäin hyvä, ei muutoksia
- 4 = Hyvä, vain hieman värimuutoksia
- 3 = Tyydyttävä, pinta hilseilee osittain ja on hieman pehmentynyt
- 2 = Välttävä, pinta hilseilee kauttaaltaan ja on pehmentynyt
- 1 = Huono, pinnoite käyttökelvoton

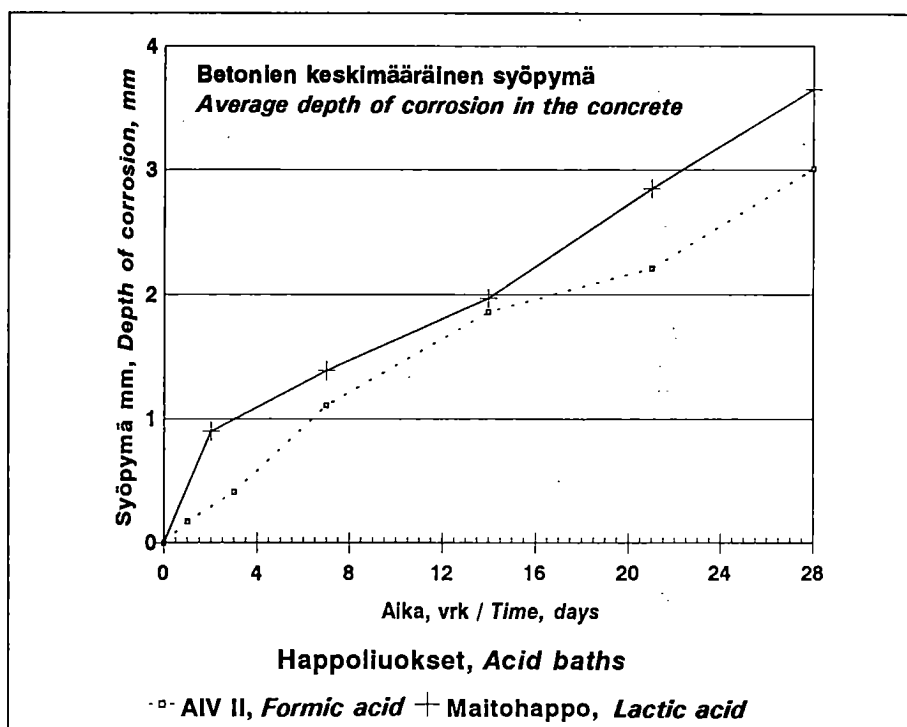
Betonien syöpymän eteneminen happokokeen aikana on esitetty kuvassa 4. Syöpymän etenemisen kuvauksessa käytettiin laskentaan koko betoniaineiston syöpymäsyvyyksiä kummankin hapon osalta erikseen. Betonien syöpymä 28 vrk:n rasituksen jälkeen laskettiin pestyistä koekappaleista kolmen koekappaleen keskimääräisenä syöpymäsyvyytenä. Tulokset on esitetty taulukossa 8 ja 9.

Taulukko 6. Pinnoitemateriaalien kestävyys upporasituskokeessa AIV II -säilöntäaineliuoksessa.
Table 6. Chemical resistance of coating materials when using formic acid.

		5 = Erittäin hyvä, ei muutoksia 4 = Hyvä, vain hieman värimuutoksia 3 = Tyydyttävä, pinta hilseilee osittain ja on hieman pehmentynyt 2 = Välttävä, pinta hilseilee kauttaaltaan ja on pehmentynyt 1 = Huono, pinnoite käyttökelvoton				5 = Very good, no changes 4 = Good, only slight colour changes 3 = Fair, coating is partly flaking and slightly soft 2 = Tolerable, coating is flaking all over and has become soft 1 = Poor, coating is useless					
Aika		2	1	3	6	1	3	7	14	21	28
Time		min	h	h	h	vrk	vrk	vrk	vrk	vrk	vrk
Ryhmä, tuotenimi		min	h	h	h	d	d	d	d	d	d
Group of products, trademark											
1. Lakat											
1. Varnish											
LV-1		5	4	3	2	2	1				
Epirex 100		5	4	2	2	1					
Epirex 300		5	4	2	2	1					
Inerta 50		5	4	3	2	2	2	2	1		
Uredur 100		5	5	5	4	3	2	2	1		
Reafloor 200		5	3	2	2	2	1				
2. Maalit											
2. Paint											
Reacoat 200		5	4	3	2	1					
Tervaepoksi		5	4	3	2	2	1				
3. Pinnoitteet											
3. Coating											
Alfa-Plast Universal		5	4	3	2	2	1				
EP-10		5	3	2	2	2	1				
Inerta 210		5	4	3	2	1					
LF-pinnoite		5	5	5	4	4	4	3	2	1	
Reafloor 300		5	4	3	2	2	1				
4. Epoksimassat											
4. Epoxy compound											
Alfa-Plast Repair		5	4	4	4	3	2	1			
Epirex 2000 a		5	4	4	4	3	2	1			
Epirex 2000 b		5	4	4	4	3	2	1			
Epox-Torginol		5	4	4	4	3	3	3	3	2	1
Monepox		5	4	3	3	2	1				
Reafloor 2500		5	4	4	4	4	3	2	1		
Vencoat		5	4	4	4	3	2	1			
Epirex värihiekkamassa		5	5	4	2	1					
5. Polyuretaanimassat											
5. Polyurethan compound											
Monolith		5	5	5	4	4	4	4	3	3	3
UR 500		5	5	4	4	4	4	3	3	3	3
6. Akryylimassat											
6. Acrylic compound											
Akryylibetoni		5	5	5	5	5	5	4	4	4	4
Akryylipinnoite		5	5	5	5	5	5	4	4	4	4
Monodur		5	5	5	5	5	5	5	5	4	4
7. Erikoismassa											
7. Special compound											
Monile		5	4	4	4	3	2	1			

Taulukko 7. Pinnoitemateriaalien kestävyys upporasituskokeessa maitohappoliuoksessa.
Table 7. Chemical resistance of coating materials when using lactic acid.

	2	1	3	6	1	2	7	14	21	28
Aika	min	h	h	h	vrk	vrk	vrk	vrk	vrk	vrk
Time	min	h	h	h	d	d	d	d	d	d
Ryhmä, tuotenimi										
Group of products, trademark										
1. Lakat										
1. Varnish										
LV-1	5	5	5	5	3	2	1			
Epirex 100	5	5	5	4	3	2	1			
Epirex 300	5	5	5	4	3	2	1			
Inerta 50	5	5	5	5	3	2	1			
Uredur 100	5	5	5	5	4	3	2	1		
Reafloor 200	5	5	3	3	2	1				
2. Maalit										
2. Paint										
Reacoat 200	5	5	4	3	3	2	2	2	1	
Tervaepoksi	5	5	4	3	3	2	1			
3. Pinnoitteet										
3. Coating										
Alfa-Plast Universal	5	5	4	2	2	1				
EP-10	5	4	3	3	2	1				
Inerta 210	5	5	5	5	4	4	4	4	4	3
LF-pinnoite	5	5	4	4	3	2	1			
Reafloor 300	5	5	4	3	3	2	1			
4. Epoksimassat										
4. Epoxy compound										
Alfa-Plast Repair	5	5	5	5	4	3	3	3	3	3
Epirex 2000 a	5	5	5	5	4	4	3	3	3	3
Epirex 2000 b	5	5	5	3	4	4	3	3	3	3
Epox-Torginol	5	4	4	4	4	4	4	3	3	3
Monepox	5	5	5	5	5	5	5	4	4	3
Reafloor 2500	5	5	5	4	4	3	3	3	3	3
Vencoat	5	4	4	4	4	3	3	3	3	3
Epirex värihiekkamassa	5	5	5	5	5	5	4	3	3	3
5. Polyuretaanimassat										
5. Polyurethan compound										
Monolith	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4
UR 500	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4
6. Akryylimassat										
6. Acrylic compound										
Akryylibetoni	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Akryylinnoite	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Monodur	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
7. Erikoismassa										
7. Special compound										
Monile	5	5	5	4	3	3	3	3	3	3



Kuva 4. Syöpymän eteneminen betoneissa.
Figure 4. Depth of corrosion in concretes during the laboratory test.

Taulukko 8. Betonien syöpymäsyvyys AIV II -säilöntäaineliuoksessa.
Table 8. Depth of corrosion in concretes during the chemical resistance test when using formic acid.

Betoni <i>Concrete</i>	Vesisementti- suhde <i>Water-cement ratio</i>	Syöpymä keskiarvo, mm <i>Average depth of corrosion mm</i>	Vaihteluväli mm <i>Range mm</i>	Tilastollinen ero ¹⁾ <i>Statistical significance¹⁾</i>
Rapid+lt a	0,4	3,27	3,02 - 3,66	a
Rapid+s	0,4	3,32	3,13 - 3,43	a
Rapid	0,4	3,62	3,49 - 3,77	a
Rapid+lt b	0,45	3,65	3,52 - 3,81	a
Rapid+k	0,4	3,70	3,63 - 3,83	a
Yleis a	0,4	3,73	3,61 - 3,81	a
Yleis b	0,5	3,82	3,69 - 3,93	a
Masuuni a	0,4	4,67	4,64 - 4,72	b
Masuuni b	0,5	5,10	4,92 - 5,35	b

1) Tukeyn menetelmän mukaan laskettuna ne syöpymäsyvydet eroavat toisistaan tilastollisesti 99 % varmuudella, joiden keskiarvoa ei ole merkitty samalla kirjaimella.
1) According to calculations based on the statistical method of Tukey the difference between means of depth of corrosion which do not have the same letter is statistically significant at 99% level ($p \leq 0,01$).

Taulukko 9. Betonin syöpmäsyvyys maitohappoliuoksessa.**Table 9.** Depth of corrosion in concretes during the chemical resistance test when using lactic acid.

Betoni <i>Concrete</i>	Vesisementti- suhde <i>Water-cement ratio</i>	Syöpmä Keskiarvo, mm <i>Average depth of corrosion, mm</i>	Vaihteluväli mm <i>Range mm</i>	Tilastollinen ero ¹⁾ <i>Statistical significance¹⁾</i>
Masuuni a	0,4	3,04	2,92 - 3,15	a
Rapid	0,4	3,21	3,12 - 3,32	a,b
Masuuni b	0,5	3,37	3,30 - 3,46	a,b
Rapid+k	0,4	3,62	3,58 - 3,69	b,c
Yleis a	0,4	3,93	3,68 - 4,16	c,d
Rapid+s	0,4	4,02	3,95 - 4,10	c,d
Yleis b	0,5	4,45	4,36 - 4,52	d,e
Rapid+lt a	0,4	4,68	4,63 - 4,75	e
Rapid+lt b	0,45	5,25	5,10 - 5,43	f

1) Tukeyn menetelmän mukaan laskettuna ne syöpmäsyvytydet eroavat toisistaan tilastollisesti 99 % varmuudella, joiden keskiarvoa ei ole merkitty samalla kirjaimella.
1) According to calculations based on the statistical method of Tukey the difference between means of depth of corrosion which do not have the same letter is statistically significant at 99% level ($p \leq 0,01$).

1.4.5. Tulosten tarkastelu ja rinnastaminen käytännön rasituksiin

Ohuiden pinnoiteaineiden haponkestävyys ei vaikuta olevan kovin hyvä. Massat sen sijaan näyttävät kestävä happea. Erityisen hyvä haponkestävyys on akryylimassoil-la, jotka eivät juurikaan ole reagoineet hapon kanssa. Polyuretaanit näyttävät kestävä happea varsin hyvin. Epoksi- ja erikoismassa näyttävät kestävä maitohap-poa hyvin, mutta AIV II -säilöntäainetta ne eivät kestä kovin pitkään.

Kuva 5.
Maitohapporasi-
tuksessa 28 vuoro-
kautta ollut Epirex
2000 b epoksimas-
sa.

Figure 5.
Epoxy Epirex 2000
b after being in
lactic acid for 28
days.

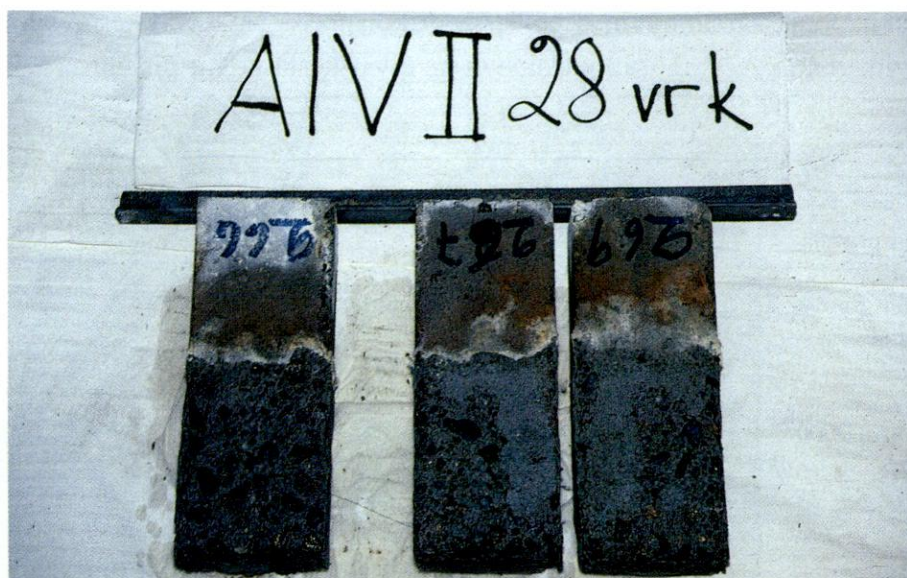


Betonit syöpyivät AIV II -säilöntäaineliuoksen aiheuttamassa muurahaishapporasituksessa 3,27 - 5,10 mm. Seosaineista lentotuhkalla ja silicalla saatiin hieman lisää kestävyyttä verrattaessa niitä nopeasti kovettuvasta sementistä valmistettuun betoniin. Kestävyyttä lisäävä ominaisuus perustuneen lentotuhkan ja silican betonia tiivistävään vaikutukseen. Nämä seosaineet parantavat betonin kestävyyttä vain hieman, sillä kun osa sementistä korvataan seosaineella, laskee betonin tiiveys ja seosaineen tiivistävä vaikutus tulee heikommin esille. Masuunikuonaa seosaineena sisältänyt betoni syöpyi hieman enemmän kuin muut seosaineelliset betonit. Masuunikuona näyttää reagoivan herkästi juuri muurahaishapon kanssa.

Nopeasti ja normaalisti kovettuvien sementtien haponkestävyys oli yhtä hyvä. Hitaasti kovettava masuunisementti kesti selvästi muita sementtejä huonommin muurahaishapporasitusta. Koska masuunisementistä tehty betoni oli paras maitohappokokeessa ja huonoin muurahaishapossa, voidaan todeta, että masuunisementti reagoi juuri muurahaishapon kanssa herkemmin kuin muut kokeessa olleet sementtilaadut.

Betonit syöpyivät maitohapporasituksessa 3,04 - 5,25 mm. Hitaasti kovettuvan sementin ja nopeasti kovettuvan sementin kestävyudet olivat parhaat. Normaalisti kovettuvasta sementistä valmistettu betoni kesti maitohappoa hieman muita sementtilaatuja heikommin. Seosaineet kuona ja silica eivät lisänneet korroosiosuojaa maitohapossa. Samoin lentotuhkan huono maitohaponkesto tuli esille selvästi. Silicabetoni menestyi hieman normaalisti kovettuvasta sementistä valmistettua betonia huonommin ja kuonabetoni hieman normaalisti kovettuvasta sementistä valmistettua betonia paremmin.

Massojen valmistuksessa käytetyn vesimäärän suurentaminen heikensi selvästi kaikkia betoneja. Keskimäärin syöpymä lisääntyi maitohapporasituksessa 0,47 mm ja AIV II -säilöntäainerasituksessa 0,30 mm.



Kuva 6. AIV-II -happorasituksessa 28 vuorokautta ollut Rapid + k -betoni.
Figure 6. Concrete Rapid + k after being in formic acid for 28 days.

Kokeessa käytetyt happoväkevyydet olivat huomattavasti suurempia kuin käytännössä esiintyvät väkevyydet. Happokokeen voimakkuuden suhdetta käytännössä esiintyviin rasituksiin voidaan arvioida laskennallisesti tiettyjen perusolettamusten pohjalta. Arvioinnissa tarvittavia tekijöitä ovat käytännön happorasituksen suuruuden ja vaikutusajan tunteminen sekä happokokeen rasituksen muuntaminen käytännössä esiintyvän rasituksen suuruiseksi.

Ruokintapöydän happorasitus on pääosin säilörehun ja väkirehujen aiheuttamaa. Nurmirehun säilönnässä käytetään yleisesti happoja. Vaikka happolisää ei annetaisi, syntyy rehuun yleensä sama happamuus kuin säilöntäaineita käytettäessä. Hyvän säilörehun happamuus on pH 3,7 - 4,0 /19/, /27/. Muissa rehuissa ei ole merkittäviä määriä syövyttäviä yhdisteitä.

Parsissa kemiallinen rasitus on pääosin maitohapporasitusta, jonka suuruus on hyvin vaihtelevaa. Maidon happamuus on noin pH 6,7. Maidosta voi käymisen kautta muodostua maitohappoa siten, että pH laskee 3,5 - 4,0:an asti. Säilyvyyskokeessa maito on happamoitunut 32 °C lämpötilassa 20 tunnissa lähes pH 4:ään /17/. Säilytyksessä on 16-prosenttinen hera happamoitunut viikossa pH 4,4:än asti /1/. Kiinteän lannan happamuus on noin pH 7,1 ja virtsan noin pH 8,0 /26/, joten niiden aiheuttama rasitus on hyvin pientä.

Maituhuoneessa erityisesti lypsylaitteiston pesurin ja maitosäiliön tyhjennysyhteen alapuoliset pinnat ovat alttiina maidon aiheuttamalle rasitukselle. Maidonkäsittelyvälineiden pesuun ja huuhteluun käytetään sekä emäksisiä että happamia pesu- ja desinfiointiaineita. Käsinspesuun tarkoitettujen emäksisten pesuaineiden käyttöliuosten happamuus vaihtelee pH 8,5 - 10,9 ja kiertopesuun tarkoitettujen pH 10,1 - 12,6. Hapanpesuun tarkoitettujen pesuaineiden käyttöliuoksien happamuus voi olla jopa pH 1,55. Osa desinfiointiaineista muodostaa happamia käyttöliuoksia, joissa pH-arvo voi olla jopa 1,78 /2/, /3/, /4/, /30/, /31/.

Happamuutta kuvaa lukuarvo pH, joka ilmoittaa liuoksen vetyioniaktiiviteetin. Vetyioniaktiiviteetti on riippuvainen vapaiden vetyionien määrästä liuoksessa. Kun pH:n lukuarvo laskee yhden yksikön, kymmenkertaistuu H_3O^+ -ionikonsentraatio happoliuoksessa. Laskelmassa, jossa kokeen altistusaika on muutettu vastaamaan käytännössä esiintyviä happopitoisuuksia, AIV II -säilöntäaineliuoksen ja maitohapon ionikonsentraatioksi on valittu säilörehun happamuutta vastaava pH 4,0. Laskennallinen altistusaika on esitetty taulukossa 10. Koska kokeen aikana liuosten happamuus heikkeni, oli kokeen alkuosa huomattavasti loppuosaa rankempi. Laskettuja vastaavuuksia tarkasteltaessa tulee huomata, että jos kokeen rasituslaskenta vastaa vastaamaan pH 5,0:n rasitusta, altistusajat kasvaisivat kymmenkertaisiksi taulukon ajoista. Laskelma edellyttää myös, että happorasitus on jatkuvaa. Käytännössä tällaista tilannetta ei juuri esiinny. Ruokintapöydällä, jossa rasitus on suurinta, säilörehun aiheuttamaa happorasitusta on arviolta 12 h/vrk. Tällöin voidaan taulukon laskennalliset altistusajat kertoa kahdella, jolloin päästään lähelle oikeaa altistusaikaa.

Taulukko 10. Laboratoriokokeen altistusajojen laskennallinen vastaavuus pH 4:n rasiitukseen muutettuna.

Table 10. Calculation of the testing time in chemical resistance to match with a continuous stress at pH-level 4.

Happoaltistusajaksi laboratoriokokeessa <i>Time in testing chemical resistance</i>	Laskennallinen altistusajaksi pH 4 -liuoksessa <i>Calculated time to match with solution at pH 4.</i>	
	AIV II <i>Formic acid</i>	Maitohappo <i>Lactic acid</i>
1 h	6 kk/month	1 kk/month
3 h	1 v/year	3 kk/months
6 h	1½ v/years	5 kk/months
1 vrk/day	3½ v/years	1 v/year
2 vrk/days	-	1½ v/years
3 vrk/days	5 v/years	-
7 vrk/days	7 v/years	2 v/years
14 vrk/days	8 v/years	3 v/years
21 vrk/days	9 v/years	4 v/years
28 vrk/days	10 v/years	5 v/years

Edellä esitetyn perusteella sekä happorasituskokeiden tulosten pohjalta voidaan arvioida, että materiaalit kestävät säilörehun aiheuttamaa rasiitusta ruokintapöydällä seuraavasti:

1. Lakat 3-6 vuotta
2. Maalit 4-8 vuotta
3. Pinnoitteet 4- yli 10 vuotta tyydyttävässä kunnossa
4. Epoksimassat yli 10 vuotta tyydyttävässä kunnossa
5. Polyuretaanimassat yli 10 vuotta hyvässä kunnossa
6. Akryylimassat yli 10 vuotta erittäin hyvässä kunnossa
7. Erikoismassat yli 10 vuotta tyydyttävässä kunnossa
8. Betonit syöpyvät 10 vuodessa 3,04 - 5,25 mm

Arvio on yhteneväinen aikaisempien tutkimusten kanssa. Niissä ohuet pinnoitteet ovat kestäneet pinnoituskohteesta riippuen säilörehun aiheuttamassa rasiituksessa vain vuodesta vajaan 10 vuoteen asti ja betonien on havaittu tällöin syöpyneen /6/, /10/, /18/.

1.4.6. Johtopäätökset

Johtopäätöksiä tehtäessä tulee muistaa, että säilörehun happorasitus on erilaisten happojen yhteisvaikutusta, mutta pääosin kuitenkin maitohapporasitusta. Siten AIV II -liuoksen antamat kestotulokset eivät ole käytännössä ratkaisevia. Lisäksi kemiallisten reaktioiden nopeus kasvaa kaksin- jopa kolminkertaiseksi lämpötilan noustessa 10 °C. Koeolosuhteissa lämpötila oli +18...+ 20 °C, kun se navetassa on yleensä

+12...+15 °C tai vieläkin alempi. Toisaalta navettaolosuhteissa happorasitus ei ole ainoa kestävyteen vaikuttava tekijä, vaan pintaan kohdistuva rasitus on monen eri tekijän summa. Tällöin pelkän happorasituksen perusteella tehtävä kelpoisuusarvio on liian suppeapohjainen.

Lakkojen, maalien ja pinnoitteiden haponkesto ei ole erityisen vahva. Ruokintapöydällä naudan syöntialueella, missä rasitus on suurta, ne kestävät 3 - 8 vuotta. Kestävyys vaihtelee kuitenkin paljon näiden ryhmien sisällä materiaalista riippuen. Syöntialueen ulkopuolella rasitus on pienempää kuin syöntialueella. AIV II -rasituksessa näistä ryhmistä olivat parhaita Inerta 50, Uredur 100 ja parhain LF-pinnoite. Maitohapporasituksessa näistä ryhmistä menestyi parhaiten Inerta 210, joka kesti rasitusta yhtä hyvin kuin epoksimassat. Massoista parhaita olivat akryylimassat, jotka kestivät happojen rasituksia erittäin hyvin. Polyuretaanimassat kestivät molempia happoja hyvin. Erikoismassa ja epoksimassat näyttivät kestävän muurahaishappoa tyydyttävästi ja maitohappoa melko hyvin. Massapinnat kestävät ruokintapöydän syöntialueella peruskorjausvälin ajan. Maitohuoneessa kemiallinen rasitus on useiden yhdisteiden aiheuttamaa ja varsin rankkaa. Ohuiden lakkojen, maalien ja pinnoitteiden käytöllä maitohuoneessa tuskin saavutetaan pitkäaikaista pintaa. Massat, joiden vahvuus on 1,5 mm tai yli, kestävät vaativissakin kohteissa. Parressa ohuetkin pinnoitteet kestäisivät hyvin siellä esiintyvät happorasitukset, mutta ne eivät ilmeisesti kestä naudan sorkkien lattiaa kuluttavaa vaikutusta, eivätkä toisaalta liukkautensa takia ole parteen suositeltavia.

Tutkimusten mukaan akryyli kestää väkeviäkin kemikaaleja ja navetassa esiintyviä happoja, emäksiä ja desinfiointiaineita. Akryylimassan kemiallinen kestävyys on esitetty liitteessä 5. Akryyli- ja polyuretaanipinnoitteiden kemikaalien kestävyys on suunnilleen sama. Epoksinpinnoitteet kestävät kemikaaleja hieman em. muoveja paremmin /34/. Epoksinpinnoitteet antavat huomattavasti epoksimaaleja paremman suojan sekä kemiallista että mekaanista rasitusta vastaan /24/. Epoksin kestävyyttä ovat raaka-ainevalmistajat tutkineet pitkäaikaisissa upporasituskokeissa, joista ilmenee, että epoksi kestää hyvin useita kemikaaleja (liite 4). Liitteessä 6 on esitetty tanskalaisen tutkimuslaitoksen suorittamien pinnoitteiden kemikaalien kestävyyskokeiden tuloksia. Tutkituista aineista Alfa-Plast Grund on sama kuin tässä tutkimuksessa mukana ollut massa. Tanskassa saadut tulokset vahvistavat VAKOLAssa saatuja tuloksia.

Betonien kemiallisen rasituksen kestävyyttä voidaan parantaa lisäämällä betonin tiiviyyttä niin, että syöpymää aiheuttavat aineet eivät pääse tunkeutumaan betoniin. Tähän päästään paitsi työteknisin keinoin myös lisäämällä betonimassaan tiivistäviä seosaineita. Syöpymistä ei voida kokonaan estää, mutta sitä voidaan hidastaa myös suurentamalla sementin määrää betonimassassa. Tällöin betonin tiiviys ja happojen neutralointikyky kasvaa. Valmistettaessa betonia kohteisiin, joissa syöpymävaara on ilmeinen, tulisi vesisementtisuhteen olla 0,4 - 0,45 ja sementin määrän vähintään 360 kg/m³. Tällaisia kohteita ovat maitohuone, ruokintapöytä ja parret.

Masuunikuonasementti soveltuu portlandsementtejä paremmin syöpymälttiiden lattioiden betonimassaan. Lisäksi masuunisementtibetonin maitohapporasituksen kestävyys oli tässä tutkimuksessa muita betonilaatua parempi seossuhteiden ollessa samat, mikä tekee masuunikuonabetonista suositeltavan navettaan. Saman tuloksen masuunikuonasementin kestävydestä maitohappoa vastaan on saanut H. Vanhatalo tutkimuksessaan. Lentotuhkan ja silican käyttö seosaineena ei parantanut betonin haponkestävyyttä merkittävästi. Saavutettu kestävyden lisäys oli riippuvainen rasituksen aiheuttaneesta haposta. Maitohapporasituksessa molemmat em. seosaineet heikensivät betonia, erityisesti lentotuhkan huono maitohapon kestävyys tuli selvästi esille. Sen sijaan H. Vanhatalo on tutkimuksessaan todennut, että suuren silicamäärän (20 % sementin määrästä) käyttö parantaa betonin happojenkestävyyttä. Seosaineena masuunikuonaa sisältänyt betoni menestyi kummassakin happorasituksessa keskimääräistä paremmin. Masuunikuonan käytölle myös seosaineena navetan betonoinneissa näyttää olevan perusteita.

1.5. Kulutuksenkestävyys

Testaustapojen pätevyys kuvata eri kulutustapoja on erilainen ja kulutuskestävyyden toteaminen on syytä tehdä koetusmenetelmällä, joka parhaiten vastaa pääasiallisinta kulutustapaa kyseisellä pinnalla /39/. Materiaalien kulutuksenkestävyyttä tutkittiin kuluttamalla niitä vesihiekkasuihkulla, joka rasitti kappaleen pintaan mekaanisesti. Käytetty menetelmä jäljittelee lehmän aiheuttamaa nuolemisrasitusta ruokintapöydällä paremmin kuin lattioiden kulutuskestävyyden määrittämiseksi yleisesti käytetyt SFS-standardien mukaiset pyörärasituskokeet. Tapa muistuttaa maalien ja lakkojen kulutuskestävyyssääntelyssä käytettävää menetelmää SFS 3754. Kokeessa materiaaleja kulutettiin sekä pelkästään kyseisen menetelmän mukaisesti mekaanisesti että rasittamalla koekappaleita ennen kulutusta kemiallisesti. Betonit olivat kulutuksenkestokokeen alkaessa yli 120 vuorokauden ikäisiä.

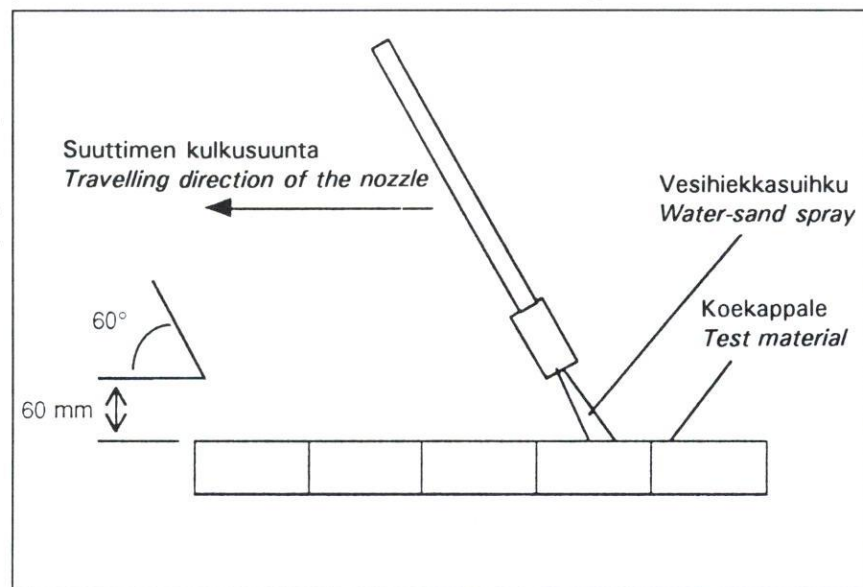
1.5.1. Kulutuskokeen suoritus

Kokeessa vesihiekkasuihku vietiin koekappaleiden yli nopeudella 27 mm/s 60° kulmassa kappaleen pintaan nähden. Suuttimen kohtisuoraetäisyys oli 60 mm kappaleen pinnasta ja kulkusuunta vesisuihkon suuntaan nähden vastainen, kuva 7. Vesisuihkon paine oli 130 bar ja vesimäärä 13 l/min. Vesisuihkon sisältämä hiekkapuhallushiekka oli rakeisuudeltaan 0 - 0,6 mm. Hiekan menekiksi kokeen aikana mitattiin keskimäärin 537 g/min. Hiekka annosteltiin suppilosta, jossa oli reikäsuutin, jonka halkaisija oli 1,3 mm ja pituus 15 mm. Hiekka valui 10 cm pitkää muovilettoa myöten hiekkapuhallussuuttimessa olevaan venturiputkeen, josta hiekka kulki veden aiheuttaman imun mukana suuttimen kärkiosaan ja sekoittui veteen.

Kokeessa oli jokaisesta aineesta mukana kolme koepalaa, joihin kulutettiin kaksi uraa, toiseen päähän mekaanisesti ja toiseen sekä mekaanisesti että kemiallisesti rasittamalla. Kemialliseen rasitukseen käytettiin 50 prosentista AIV II -säilöntäaine-

liuosta siten, että kulutettavan uran kohdalle asetettiin 80 x 25 mm kokoinen imupaperiliuska, jonka kostuttamiseen käytettiin 1 ml kyseistä happoliuosta. Imupaperi peitettiin lasilevyllä haihtumisen estämiseksi, ja hapon annettiin vaikuttaa 18 tuntia ennen kulutusta. Kappaleisiin kulutettiin kahdella kulutuskerralla urat happorasitettuun ja rasittamattomaan kohtaan. Tämän jälkeen koekappaleet tarkastettiin ja lähes puhkikuluneiden pinnoiteaineiden kuluttaminen lopetettiin. Koe toistettiin muille koekappaleille toisen kerran, jonka jälkeen lähes loppuun kuluneiden koekappaleiden koe keskeytettiin. Koe toistettiin kolmannen kerran lopuille koekappaleille.

Kuva 7.
Kulutuskävyyskokeen koejärjestely.
Figure 7.
The arrangement for testing resistance to abrasion.



Kuva 8.
Kulutuskävyyskokeen kulutusuria erilaisissa betoneissa, vasemmalla mekaanisen kulutuksen ura ja oikealla mekaaniskemiallisen kulutuksen ura.
Figure 8.
Different kinds of concretes with grooves from testing resistance to abrasion, on the left grooves from mechanical stress and on the right grooves from both mechanical and chemical stress.

Koekappaleista mitattiin kulutetun uran syvyys mittakellolla, jonka mittatarkkuus oli 1/100 mm. Mittausta varten mittakello kiinnitettiin mittakelkkaan (kuva 9) ja koekappaleen pinta hiottiin tasaiseksi mittakelkan jalasten alta. Ennen koetta jokaiseen koepalaan merkittiin mittapistet kahta uraa varten. Jokaisesta urasta tehtiin 12 mittausta 2,5 mm välein. Mittaukset tehtiin sekä ennen koetta että kokeen jälkeen ja kuluneen uran syvyys saatiin mittalukemien erotuksena.



Kuva 9.

Kulutuskestävyysskoeken kulutusurien mittaamiseen käytetty mittakello.

Figure 9.

A measuring clock used to measure the grooves from materials when testing resistance to abrasion.

1.5.2. Tulokset

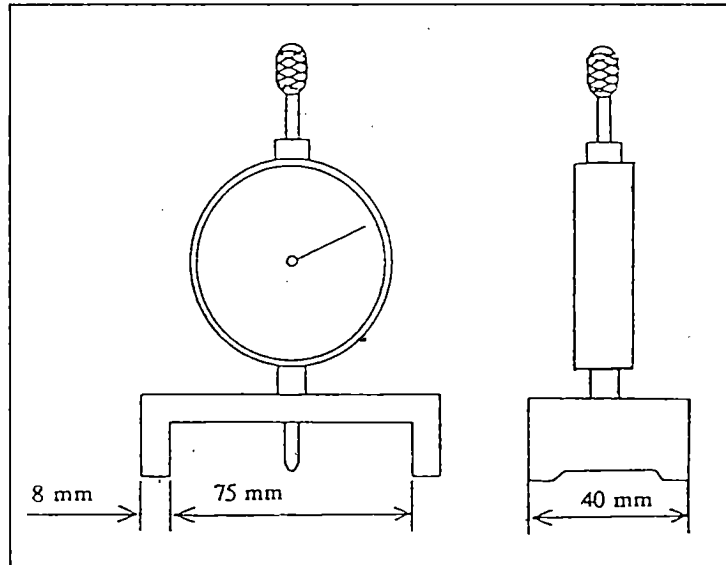
Kulutuskokeen tulokset laskettiin vastaamaan yhtä kulutussarjaa jakamalla kaksi tai kolme kertaa kuluttujen koekappaleiden tulokset kulutussarjojen määräl-

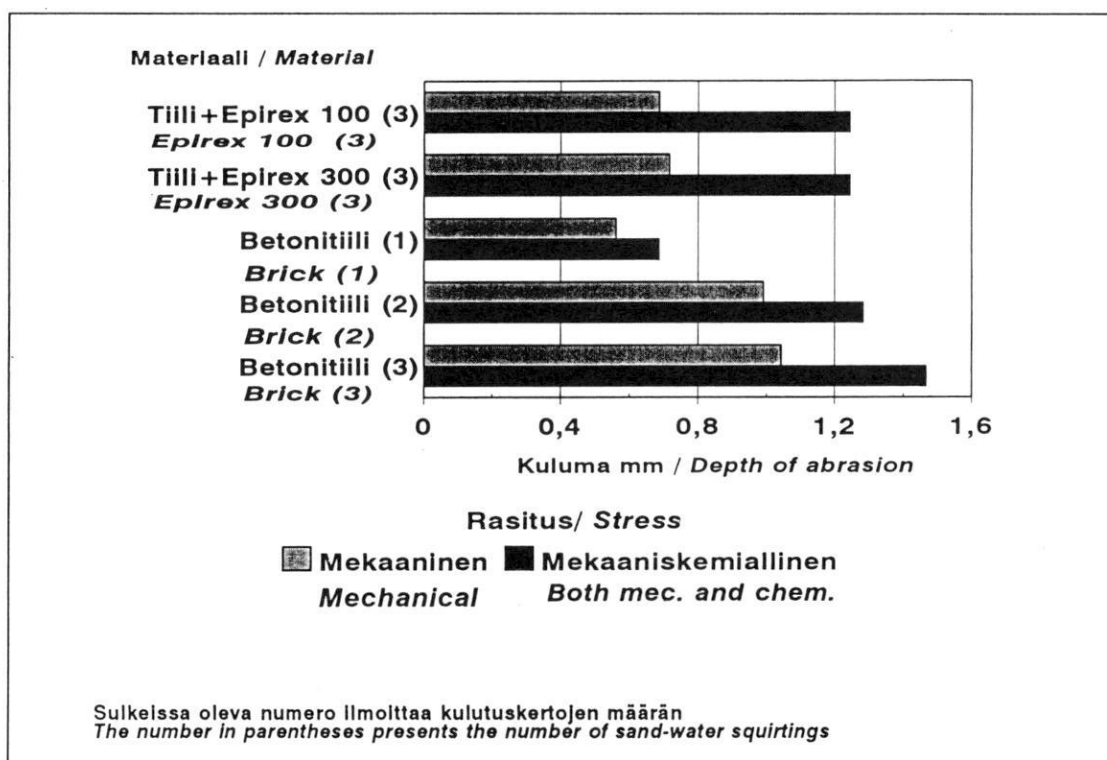
lä. Näin saatu tulos kuvaa yhden kulutussarjan keskimääräistä kuluttavuutta. Lisäksi laskettiin kulutuskerroksen paksuuden mukaan kulutuskestävyyttä kuvaava kestoluku (aineen paksuus/yhden kulutussarjan kuluma). Kestoluku kertoo, kuinka monta kertaa kyseisellä menetelmällä aikaansaatu urasyvyys voidaan aineesta kuluttaa (taulukot 11 ja 12). Tilastolliseen analyysiin käytettiin kolmesta eri koekappaleesta saatuja kulumaa kuvaavien mittatulosten keskiarvoja.

Lakkaimeytyksen vaikutusta kulutuskestävyyteen tutkittiin Epirex 100 ja 300 -lakkoilla. Näitä lakkoja imeytettiin betonitiileen. Lakkaimeytyksen betonia lujittavaa vaikutusta tutkittiin kuluttamalla näitä lakkoja pintakalvoa syvemmälle kolmella koesarjalla. Tulokset on esitetty kuvassa 10. Kulutuskestävyyttä verrattiin pinnoittamattoman betonitiilen kulumasyvyyteen yhdessä, kahdessa ja kolmessa kulutussarjassa.

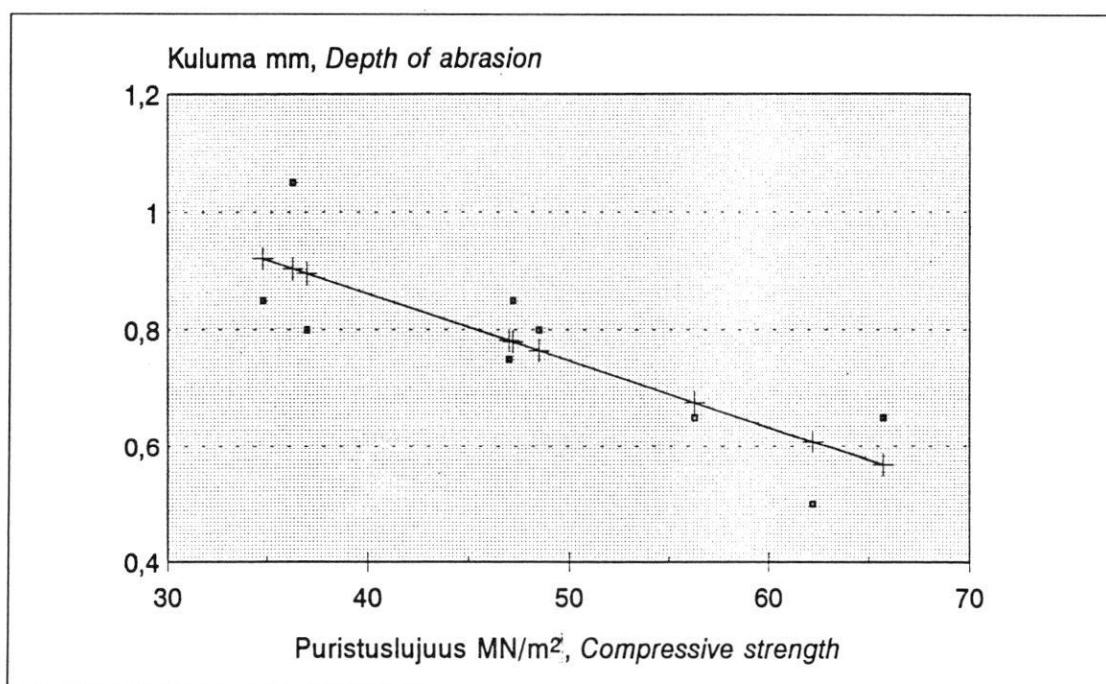
Epirex 100 ja 300 kuuluivat mekaanisessa rasituksessa kolmessa kulutussarjassa yhtä paljon kuin betoni yhdessä. Muihin mekaanisiin kulutussarjoihin nähden havaittiin tilastollinen ero Tukeyn menetelmän mukaan laskettuna 99 % varmuudella. Mekaaniskemiallisessa rasituksessa em. lakat kuuluivat kolmessa kulutussarjassa yhtä paljon kuin betoni kahdessa. Muihin mekaanis-kemiallisiin kulutussarjoihin nähden havaittiin tilastollinen ero Tukeyn menetelmän mukaan laskettuna 99 % varmuudella.

Kun halutaan verrata pinnoiteaineiden ja betonien kestävyyttä toisiinsa, voidaan se tehdä laskemalla betonin keskimääräinen kuluma tilanteessa, jossa pinnoiteaine on kulunut puhki. Tämä kuluma voidaan laskea kertomalla pinnoiteaineen kestoluvun minimi ja maksimi betonin keskimääräisellä kulumalla. Tässä tapauksessa laskentaan käytettiin kaikkien betonien keskimääräistä kulumaa, mikä oli mekaanisessa rasituksessa 0,77 mm ja mekaaniskemiallisessa rasituksessa 0,88 mm. Saadut tulokset on esitetty materiaalityyppittäin taulukossa 13. Betonien kulumisen voidaan esittää puristuslujuuden funktiona, kuva 11. Kuviosta nähdään betonin mekaanisen kulutuksen kestävyuden olevan suoraan verrannollinen puristuslujuuteen.





Kuva 10. Lakkaimetyksen vaikutus betonin kulutuskestävyyteen.
Figure 10. The effect of saturating concrete with varnish on resistance to abrasion.



Kuva 11. Puristuslujuuden vaikutus betonin kulumasyyvyyteen mekaanisessa kulutusrasituksessa. Suora kuvaa mahdollista riippuvuutta.
Figure 11. How the compression strength of concrete effects the resistance to abrasion during mechanical stress. Possible correlation is represented by the straight line.

Taulukko 11. Mekaanisen kulutuskestävyyden mittaustulokset.
Table 11. Results of testing resistance to abrasion when using only mechanical stress.

Materiaaliryhmä, tuotenimi <i>Group of products, trademark</i>	Mitattu kuluma, keskiarvo, mm ¹⁾ <i>Measured abrasion, average, mm¹⁾</i>	Kalvon paksuus, mm pienin - suurin <i>Coating thickness mm, min - max</i>	Kestoluku = paksuus/kuluma <i>Load capacity = thickness/abrasion</i>
1. Lakat, Varnish			
LV-1	0,30	0,00 - 0,02 *	0,00 - 0,07
Reafloor 200	0,10	0,10 - 0,20 *	1,00 - 2,00
2. Maalit, Paint			
Reacoat 200	0,20	0,10 - 0,20 *	0,50 - 1,00
Tervaepoksi	0,10	0,10 - 0,20 *	1,00 - 2,00
3. Pinnoitteet, Coating			
Alfa-Plast Univ.	0,15	0,30 - 0,50 *	2,00 - 3,30
EP-10	0,10	0,30 - 0,50 *	3,00 - 5,00
Inerta 210	0,20	0,30 - 0,50 *	1,50 - 2,50
LF-pinnoite	0,20	0,30 - 0,50 *	1,50 - 2,50
Reafloor 300	0,10	0,30 - 0,50 *	3,00 - 5,00
4. Epoksimassat, Epoxy compound			
Alfa-Plast Repair	0,20	1,5 - 4 *	7,50 - 20,00
Epirex 2000 a	0,15	1,5 - 4 *	10,00 - 26,70
Epirex 2000 b	0,15	1,5 - 4 *	10,00 - 26,70
Epox-Torginol	0,15	1,5 - 4 *	10,00 - 26,70
Monepox	0,10	4 - 12 *	40,00 - 120,00
Reafloor 2500	0,15	1,5 - 4 *	10,00 - 26,70
Vencoat	0,25	1,5 - 4 *	6,00 - 16,00
Epirex vhm.	0,20	4 - 12 *	20,00 - 60,00
5. Polyuretaanimassat, Polyurethan compound			
Monolith	0,25	1,5 - 4 *	6,00 - 16,00
UR 500	0,15	1,5 - 4 *	10,00 - 26,70
6. Akryylimassat, Acrylic compound			
Akryylibetoni	0,25	4 - 12 *	16,00 - 48,00
Akryylipinnoite	0,25	4 - 12 *	16,00 - 48,00
Monodur	0,35	4 - 12 *	11,40 - 34,30
7. Erikoismassa, Special compound			
Monile	0,55	8 - 10 **	14,50 - 18,20
8. Betonit, Concrete			
Yleis a	0,80	15 - 30 ***	18,70 - 37,50
Rapid	0,50	15 - 30 ***	30,00 - 60,00
Rapid+lt a	0,75	15 - 30 ***	20,00 - 40,00
Rapid+k	0,65	15 - 30 ***	23,10 - 46,10
Rapid+s	0,65	15 - 30 ***	23,10 - 46,10
Masuuni a	0,85	15 - 30 ***	17,60 - 35,30
Yleis b	0,80	15 - 30 ***	18,70 - 37,50
Rapid+lt b	0,85	15 - 30 ***	17,60 - 35,30
Masuuni b	1,05	15 - 30 ***	14,30 - 28,60

* Betoniyhdistys ry:n julkaisun by 31 mukaan

** valmistajan mukaan

*** rakenteellisesti voi kulua

1) Tukeyn menetelmän mukaan laskettuna kulumasyyyksien erotessa 0,15 mm tai enemmän on ero havaittu tilastollisesti 99 % varmuudella. Ero on tilastollisesti merkitsevä.

* According to the publication by 31 published by the Concrete Association in Finland

** According to manufacturer

*** is able to wear out when considering the structure

1) According to calculations based on the statistical method of Tukey the least significant difference at 99% level ($p \leq 0,01$) between the means of abrasion depth is 0,15 mm.

Taulukko 12. Mekaaniskemiallisen kulutuksen mittaustulokset.
Table 12. Results of testing resistance to abrasion when using both mechanical and chemical stress.

Materiaaliryhmä, tuotenimi <i>Group of products, trademark</i>	Mitattu kuluma, keskiarvo, mm ¹⁾ <i>Measured abrasion, average, mm¹⁾</i>	Kalvon paksuus, mm pienin - suurin <i>Coating thickness mm, min - max</i>	Kestoluku = paksuus/kuluma <i>Load capacity = thickness/abrasion</i>
1. Lakat, Varnish			
LV-1	0,45	0,00 - 0,02 *	0,00 - 0,04
Reafloor 200	0,50	0,10 - 0,20 *	0,20 - 0,40
2. Maalit, Paint			
Reacoat 200	0,40	0,10 - 0,20 *	0,20 - 0,50
Tervaepoksi	0,50	0,10 - 0,20 *	0,20 - 0,40
3. Pinnoitteet, Coating			
Alfa-Plast Univ.	0,35	0,30 - 0,50 *	0,90 - 1,40
EP-10	0,55	0,30 - 0,50 *	0,50 - 0,90
Inerta 210	0,35	0,30 - 0,50 *	0,90 - 1,40
LF-pinnoite	0,35	0,30 - 0,50 *	0,90 - 1,40
Reafloor 300	0,35	0,30 - 0,50 *	0,90 - 1,40
4. Epoksimassat, Epoxy compound			
Alfa-Plast Repair	0,80	1,5 - 4 *	1,90 - 5,00
Epirex 2000 a	0,30	1,5 - 4 *	5,00 - 13,30
Epirex 2000 b	0,30	1,5 - 4 *	5,00 - 13,30
Epox-Torginol	0,30	1,5 - 4 *	5,00 - 13,30
Monepox	0,40	4 - 12 *	10,00 - 30,00
Reafloor 2500	0,20	1,5 - 4 *	7,50 - 20,00
Vencoat	0,85	1,5 - 4 *	1,80 - 4,70
Epirex vhm.	1,00	4 - 12 *	4,00 - 12,00
5. Polyuretaanimassat, Polyurethan compound			
Monolith	0,45	1,5 - 4 *	3,30 - 8,90
UR 500	0,20	1,5 - 4 *	7,50 - 20,00
6. Akryylimassat, Acrylic compound			
Akryylibetoni	0,25	4 - 12 *	16,00 - 48,00
Akryylipinnoite	0,30	4 - 12 *	13,30 - 40,00
Monodur	0,40	4 - 12 *	10,00 - 30,00
7. Erikoismassa, Special compound			
Monile	0,75	8 - 10 **	10,70 - 13,30
8. Betonit, Concrete			
Yleis a	0,90	15 - 30 ***	16,70 - 33,30
Rapid	0,60	15 - 30 ***	25,00 - 50,00
Rapid+lt a	0,90	15 - 30 ***	16,70 - 33,30
Rapid+k	0,75	15 - 30 ***	20,00 - 40,00
Rapid+s	0,80	15 - 30 ***	18,70 - 37,50
Masuuni a	1,05	15 - 30 ***	14,30 - 28,60
Yleis-b	1,05	15 - 30 ***	14,30 - 28,60
Rapid+lt b	1,00	15 - 30 ***	15,00 - 30,00
Masuuni b	1,05	15 - 30 ***	14,30 - 28,60

* Betoniyhdistys ry:n julkaisun by 31 mukaan

** valmistajan mukaan

*** rakenteellisesti voi kulua

1) Tukeyn menetelmän mukaan laskettuna kulumasyvyyksien erotessa 0,25 mm tai enemmän on ero havaittu tilastollisesti 99 % varmuudella. Ero on tilastollisesti merkitsevä.

* According to the publication number by 31 published by the Concrete Association in Finland

** According to manufacturer

*** is able to wear out when considering the structure

1) According to calculations based on the statistical method of Tukey the least significant difference at 99% level ($p \leq 0,01$) between the means of abrasion depth is 0,25 mm.

Taulukko 13. Laskennallinen pinnoiteaineiden puhkikulumista vastaava betonin keskimääräinen kuluma.

Table 13. Calculated average depth of abrasion in concrete which correlates with wear out of different coatings.

Materiaaliryhmä <i>Group of material</i>	Betonin keskimääräinen kuluma <i>Average depth of abrasion in concrete</i>	
	Mekaaninen rasitus, mm <i>Mechanical stress, mm</i>	Mekaaniskemiallinen rasitus, mm <i>Both mechanical and chemical stress, mm</i>
Lakat <i>Varnish</i>	0,4 - 0,8	0,1 - 0,2
Maalit <i>Paint</i>	0,6 - 1,2	0,2 - 0,4
Pinnoitteet <i>Coating</i>	1,7 - 2,8	0,8 - 1,3
Epoksimassat <i>Epoxy compound</i>	10,5 - 31,0	4,5 - 12,6
Polyuretaanimassat <i>Polyurethan compound</i>	6,2 - 16,4	4,9 - 13,0
Akryylimassat <i>Acrylic compound</i>	11,1 - 33,4	11,8 - 35,4
Erikoismassa Monile <i>Special compound</i>	11,2 - 14,0	9,6 - 12,0

1.5.3. Kulutuskokeen tulosten tarkastelu

Lakkaimeytys lisäsi betonin pintakerroksen kestävyttä mekaanisessa kulutuksessa pintakalvon vaikutus huomioon ottaen 2 - 3 -kertaiseksi, ja mekaaniskemiallisessa kulutuksessa 1,5 - 2 -kertaiseksi. Lakkaimeytyksen lujittava vaikutus pätee mekaanisessa kulutuksessa 0,7 mm:n syvyyteen ja mekaaniskemiallisessa 1,2 mm:n syvyyteen. Syvemmällä olevan betonin lujittumisesta ei tämän kokeen perusteella voi antaa mitattua tulosta. Poikkileikkauksesta nähtiin, että lakka oli täyttänyt betonin huokokset noin 0,5 - 0,7 mm:n syvyyteen ja imeytynyt noin 10 mm:n syvyyteen asti.

Pinnoiteaineiden kulutuskestävyys määräytyy suurimmaksi osaksi kalvon paksuuden perusteella. Lakkojen ja maalien kalvo kestää vain pieniä rasituksia. Pinnoitteet kestävät keskisuuria rasituksia ja massat suuria. Mekaanisen rasituksen jälkeen pinnoiteaineiden kulumasyvytykset vaihtelivat 0,10 - 0,55 mm/kulutussarja.

Betonit kestävät suuria rasituksia, joskin pinta kuluessaan tulee epätasaiseksi. Betonin sisältämällä sementillä ja seosaineilla näyttää olevan vaikutusta kulutuskestävyyteen. Masuunisementtibetonit näyttävät olevan hieman herkempiä kulutukselle kuin muut betonit. Nopeasti kovettuvaa sementtiä sisältäneet betonit olivat muita betoneja kestävämpiä kulutuksessa. AIV II -säilöntäaine heikensi huomattavasti joidenkin pinnoitteiden kestävyttä. Betonit heikentyivät säilöntäaineesta vain vähän.

Betonien puristuslujuuden kaksinkertaistuksessa mekaaninen kulutuskestävyys kasvoi lähes kaksinkertaiseksi. Betonien kulumasyvytydet mekaanisessa rasituksessa olivat 0,50 - 1,05 mm/kulutussarja.

Tilastollisessa tarkastelussa Tukeyn menetelmän mukaan 99 % varmuudella ei useimpien pinnoiteaineiden välillä syntynyt tilastollisesti merkitsevää eroa mekaanisessa tai mekaaniskemiallisessa kulumassa. Puristuslujuudeltaan parhaimpien ja heikoimpien betonien havaitaan eroavan molemmissa rasituksissa tilastollisesti toisistaan.

Erilaisten lattipinnoitteiden mekaanisen kulutuksen kestävyyttä on tutkinut vuosina 1984 - 1988 Tanskassa toimiva Statens Jordbrugstekniske forsøg. Testaus on suoritettu samantyyppisellä vesihiekkapuhalluksella kuin tässäkin tutkimuksessa. Koska suihkutusetäisyys ja -kulma sekä käytetty hiekkamäärä poikkeavat huomattavasti toisistaan, ei tuloksia voida suoraan verrata keskenään. Niistä on kuitenkin nähtävissä selvästi pinnoituksen betonia suojaava vaikutus. Tulokset on esitetty liitteessä 6.

1.6. Pinnan kitka

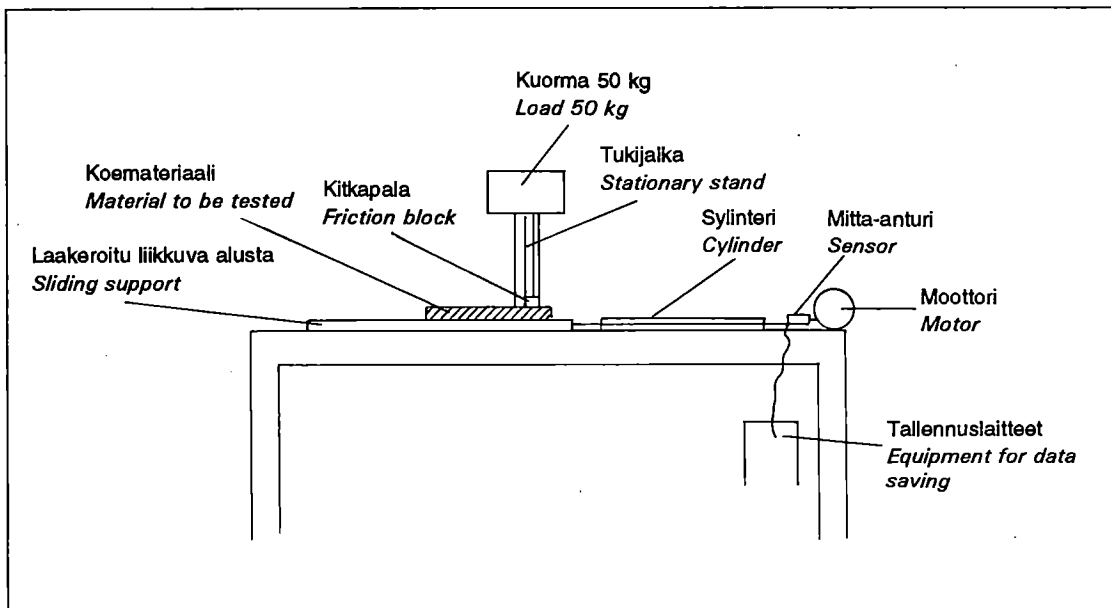
Karjatalousrakennuksissa liukastumiselle ovat alttiina niin ihmiset kuin eläimet. Ihminen pystyy sopivalla kengänpohjan materiaalilla ja kuvioinnilla pienentämään liukastumisriskiä. Samoin kävelyä hidastamalla ja askelväliä pienentämällä voidaan välttää liukastumisia. Eläimet eivät pysty mukautumaan niille liukkaaseen pintaan, vaan pinnan kitka on saatettava eläimien kannalta sopivaksi niissä tiloissa, joissa ne liikkuvat. Kirjallisuudessa on annettu lattian kitkakertoimelle ohjearvoja 0,25:stä 0,50:een. Taulukossa 14 on esitetty erään tutkimuksen perusteella saadut ohjearvot.

Taulukko 14. Eri ikäisille naudoille sopivat liikekitkakertoimet eri lattiatyypeillä /16/.
Table 14. Required coefficient of sliding friction for animals on different ages and for different kinds of floor materials /16/.

Hoitomuoto ja eläintyyppi <i>Housing system and kind of animal</i>	Materiaalin liikekitka <i>Required coefficient of sliding friction</i>	
	Tasainen lattia <i>Solid floor</i>	Rakolattia <i>Slatted floor</i>
Vapaana <i>Cubicle house, cubicle</i>		
Lehmät, hiehot <i>Cows, heifers</i>	0,40	0,30
Nuorkarja <i>Young cattle</i>	0,35	0,25
Vasikat <i>Calves</i>	0,30	0,25
Kytettynä <i>Tied up</i>		
Lehmät, hiehot <i>Cows, Heifers</i>	0,35	0,25
Nuorkarja <i>Young cattle</i>	0,30	0,25
Vasikat <i>Calves</i>	0,25	0,25

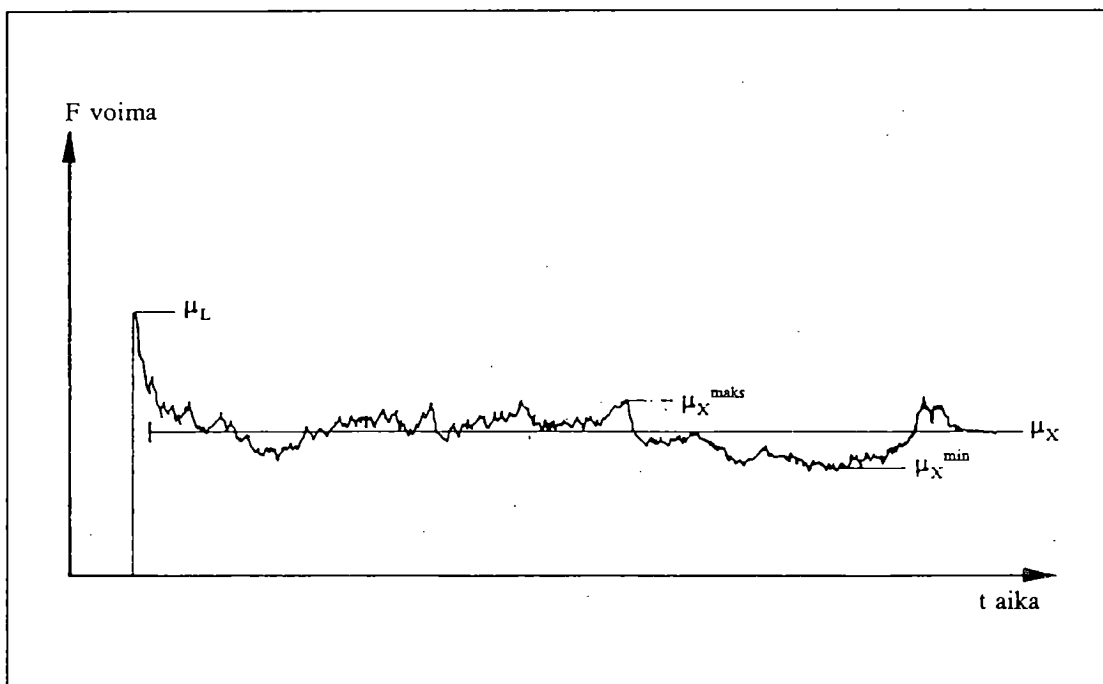
1.6.1. Kitkan mittaus

Kitkaa mitattiin kuvan 12 mukaisella koejärjestelyllä. Rakennettu laite oli sovellutus ruotsalaisen Nilssonin /35/ käyttämästä kitkanmittauslaitteesta. Materiaalin pintaan kohdistettiin lehmän sorkan aiheuttaman pintapaineen suuruinen rasitus. Koekappale oli kiinnitetty alustaan, jota vedettiin paikallaan pysyvän lehmän sorkan kovuutta vastaavan tukijalan alta. Kitkapala oli kiinnitetty tukijalkaan, joka esti palan liikkumisen alustan mukana. Kitkapalan materiaalilla jäljiteltiin lehmän sorkan materiaalia. Materiaali oli HD-polyeteenimuovia, jonka on todettu vastaavan kitkaominaisuuksiltaan kuivaa sorkkaa /13/. Tukijalassa oli nivel 35 mm korkeudella materiaalin pinnasta mitattuna. Nivel salli kitkapalan liikkuvan koekappaleen pinnanmuodon mukaan.



Kuva 12. Kitkanmittauslaitteen periaatekuva.
Figure 12. The arranging of friction tests.

Kitkapala oli muodoltaan pyöreä ja palan halkaisija oli 59 mm. Kitkapalaa kuormitettiin 50 kg:n massalla, jonka aiheuttama pintapaine oli $17,94 \text{ N/cm}^2$. Pintapaine vastaa suuruusluokaltaan lehmän sorkan aiheuttamaa pintapainetta. Kitkapala lepäsi koepalan päällä puolen minuutin ajan ennen liikkeelle lähtöä. Alustaa lähdettiin vetämään lepotilasta nopeudella 1,25 mm/s ja samalla mitattiin liikkeellelähtöä vastustava voima ja edelleen liikkeen ylläpitoon tarvittu voima. Voimien suuruus mitattiin kytkemällä voima-anturi alustan ja sitä vakionopeudella liikuttavan karamoottorin välille. Voima-anturi kytkettiin mittavahvistimen kautta piirturiin, joka piirsi millimetripaperille voimien suuruuden (kuva 13). Liikkeen ylläpitoon tarvittavasta voimasta laskettiin 10 cm:n matkalta keskiarvo. Lepokitkapiikkiä ei otettu keskiarvon laskentaan mukaan. Alustan laakeroinnin aiheuttaman kitkan vaikutus poistettiin kalibroimalla mittalaitteisto.



- μ_L = lepokitka
 = *static friction*
 μ_X = keskimääräinen liikekitka
 = *average sliding friction*
 μ_X^{maks} = liikekitkan maksimiarvo
 = *maximum of sliding friction*
 μ_X^{min} = liikekitkan minimiarvo
 = *minimum of sliding friction*

Kuva 13. Esimerkki kitkamittauskäyrästä ja sen tulkinnasta.
Figure 13. Explanation of how the different types of friction coefficient have been defined at the printer-diagram.

Lepokitka ja liikekitka laskettiin seuraavan kaavan mukaan:

$$\mu = F_{\mu} / F_n \quad \text{missä} \quad \begin{array}{l} \mu = \text{kitkakerroin} \\ F_{\mu} = \text{liikettä vastustava voima} \\ F_n = \text{normaalivoima} \end{array}$$

Jokaisesta materiaalista mitattiin kolme kertaa lepokitka ja liikekitka sekä kuivasta että märästä pinnasta. Lisäksi osasta materiaaleja mitattiin kitkakertoimet kuivasta hieman kulutetusta pinnasta. Kulutuksessa kappaleiden pintaa rasitettiin 5 %:lla AIV II -säilöntäaineliuoksella tunnin ajan, minkä jälkeen niiden pintaa kulutettiin hiekkapaperilla yhdensuuntaisin vedoin 20 kertaa. Paperin karkeus oli N:o 120 ja sitä kuorimitettiin 1 N/cm². Tämän jälkeen kyseiset koekappaleet pestiin painepesurilla, jonka paine oli 120 bar ja vesimäärä 13 l/min, noin 10 cm:n etäisyydeltä 15 sekunnin ajan koekappaletta kohden.

1.6.2. Kitkan mittaustulokset ja niiden tarkastelu

Tulokset kitkakertoimista ja vaihteluväleistä sekä tilastollisesti havaituista eroista on koottu taulukkoon 16 ja 17. Uusien materiaalien kuivan pinnan lepokitkakertoimet vaihtelevat maalien 0,14:stä betonien 0,51:en ja liikekitkakertoimet puolestaan maalien 0,05:stä betonien 0,37:än. Liikekitka ja lepokitka poikkesivat toisistaan siten, että kuivan pinnan liikekitkakerroin oli keskimäärin 0,11 yksikköä lepokitkakerrointa pienempi ja märän pinnan keskimäärin 0,10 yksikköä pienempi. Mittauksissa saadut kitkakertoimet vastaavat suuruusluokaltaan aikaisemmissa mittauksissa saatuja tuloksia, joita on esitetty taulukossa 15.

Taulukko 15. Eräiden materiaalien liike- ja lepokitkakertoimia vetokokeella mitattuina.
Table 15. Coefficients of static and sliding friction on different floor materials measured in a so called drag tester.

Kokeen suorittaja <i>Performer of the test</i>	Bähr /16/	Løken /33/			Nilsson /35/
	Liike- kitka <i>Sliding friction</i>	Liike- kitka <i>Sliding friction</i>	Lepokitka veto heti <i>Static friction dragging immediately</i>	Lepokitka 2 minuutin odotus <i>Static friction 2 minutes between ap- plying normal force and dragging</i>	Lepo- kitka <i>Static friction</i>
Betoni, kuiva <i>Concrete, dry</i>	0,46	0,20	0,21	0,25	0,39
Betoni, märkä <i>Concrete, wet</i>	0,65	0,24	0,25	0,30	
Asfaltti, kuiva <i>Asphalt, dry</i>	0,75-0,79				
Cupridur akryyli <i>Acrylic, Cupridur</i>					0,42
Polyuretaanipinnoite <i>Polyurethan coating</i>	0,66-0,79				
Epoksinpinnoite <i>Epoxy coating</i>	0,55-0,62				
Epoksimaali, kuiva <i>Epoxy paint, dry</i>		0,09	0,11	0,13	
Epoksimaali, märkä <i>Epoxy paint, wet</i>		0,06	0,07	0,12	
Foss floor epoksi <i>Epoxy compound, Foss floor</i>					0,30
Periginol epoksi <i>Epoxy compound, Periginol</i>					0,21
Kumimatto, kuiva <i>Rubber mat, dry</i>	0,65		0,57		0,67

Mittaustuloksista laskettiin parittaisen t-testin avulla kuivan ja märän pinnan kitkakertoimien eron merkitsevyys. Tulokseksi saatiin koko aineiston keskimääräisen lepokitkan eron tarkastelussa, että $P_{hav} < 0,0000$, ja koko aineiston liikekitkan eron tarkastelussa, että $P_{hav} < 0,0000$. Vedellä on siis kitkakertoimia pienentävä vaikutus, mikä havaittiin erittäin voimakkaan tilastollisen todistuksen perusteella. Märän pinnan lepokitka pieneni 0,03 ja liikekitka pieneni 0,01 yksikköä näissä mittauksissa.

Aineistosta laskettiin lisäksi korrelaatiokertoimia. Kuivan ja määrän pinnan lepokitkan korrelaatiokerroin oli 0,9538 ja liikekitkan vastaavasti 0,9895. Lepo- ja liikekitkan kuivan ja määrän pinnan kerrointen keskinäinen riippuvuus on hyvin voimakas. Kuivan pinnan liikekitkan ja lepokitkan välinen korrelaatiokerroin oli 0,8445 ja määrän pinnan vastaavasti 0,8342. Korrelaatiokertoimet osoittavat eri tyyppisten kitkakertoimien olevan melko voimakkaasti riippuvaisia toisistaan. Tämä riippuvuus helpottaa materiaalien kitkaominaisuuksien arviointia, kun tiedetään vaadittavan lepotaikitekitkan suuruus.

Tapauksissa, joissa lepo- ja liikekitka poikkeavat huomattavasti toisistaan on vaikea arvioida materiaalin soveltuvuutta, koska eri tyyppisten kitkakertoimien paremmuudesta kuvata lattiapinnan kelvollisuutta ei ole selvityksiä. Toisin sanoen ongelma syntyy, kun mitattu lepokitka on selvästi vaaditulla tasolla, mutta liikekitka on selvästi vaatimusten alapuolella tai päinvastoin. Tällaisessa tilanteessa kummankin kertoimen käyttö ja niiden perusteella tehtävä arviointi antanee oikean lopputuloksen.

Kulutuksen jälkeen kaikkien muovimateriaalien lepokitka on välillä 0,30 - 0,35. Betonin lepokitka on kulutuksen jälkeen 0,42. Karhentamattomien muovimateriaalien liikekitka kasvaa kulutuksen jälkeen selvästi. Karhennettujen muovien kitkakertoimet vastaavat kulutuksen jälkeen karhentamattomien kitkakertoimia. Kitkakertoimeltaan suurimman akryylin liikekitka on laskenut kulutuksessa 0,07 yksikköä ja betonin vastaava on laskenut 0,04 yksikköä.

Kirjallisuudessa esitettyjen rajojen perusteella ainoastaan osa pintakarhennetuista massoista, osa akryyleistä ja kaikki betonit ovat uutena riittävän karheita navettojen lattiamateriaaleiksi. Epirex 2000:n rakeisuudeltaan erilaisten pintakarhenteiden kokeilut osoittavat karkeamman raekoon soveltuvan paremmin kitkan lisäämiseen. Pintakarhennetut epoksimassat ovat kuluneena liian liukkaiksi. Samoin kitkakertoimeltaan paras akryyli näyttää tulevan kuluessaan hieman liian liukkaaksi. Vain betoni on kuluneenakin lähellä tutkimuksissa esitettyjä vaatimuksia.

1.7. Karkeus

Pinnan karkeuden mittaamiseksi ei ole kehitetty standardisoitua mittaamenetelmää. Niin sanotulla vetokokeella on suoritettu kuluttavuusmittauksia mm. Ruotsissa. Kuluttavuutta voidaan arvioida joko mittaamalla testimateriaalin pinnan muutokset tai määrittämällä kulutetun testimateriaalin painon väheneminen. Tutkijoiden mukaan mikä tahansa koostumukseltaan homogeeninen aine, joka on pehmeämpi kuin tutkittava lattiamateriaali, soveltuu testiaineeksi /35/.

Pinnan karkeutta mitattiin samalla koejärjestelyllä kuin kitkaakin, mutta kitkapalan tilalle oli nyt kiinnitetty testimateriaaliksi liitu. Kokeessa lattiamateriaalin pintaa vasten kuormitettua liitua vedettiin pinnan suuntaisesti. Liidun painohäviön perusteella saatiin kuva pinnan kuluttavasta vaikutuksesta. Eri materiaalien kuluttavan vaikutuksen suuruutta voidaan arvioida vertaamalla sitä tunnetun materiaalin kuluttavuuteen. Tällaiseksi materiaaliksi valittiin betoni.

Taulukko 16. Laboratoriossa mitatut kuivan pinnan kitkakertoimet, keskiarvo, minimi, maksimi.

Table 16. *Coefficients of friction on dry surfaces measured in laboratory test, average, minimum, maximum.*

Materiaaliryhmä, tuotenimi Pinnan laatu <i>Group of material, trademark The quality of surface</i>	Lepokitka Uusi <i>Static fric. New</i>	Lepokitka Kulunut <i>Static fric. Worn</i>	Liikekitka Uusi <i>Sliding fric. New</i>	Liikekitka Kulunut <i>Sliding fric. Worn</i>	Liikekitka Uusi, min <i>Sliding fric. New, min</i>	Liikekitka Uusi, max <i>Sliding fric. New, max</i>
1. Lakat, Varnish						
Epirex 100	0,23	-	0,15	-	0,09	0,22
Epirex 300	0,23	-	0,12	-	0,09	0,18
LV-1	0,24	-	0,17	-	0,09	0,30
Reafloor 200	0,23	-	0,12	-	0,05	0,23
2. Maalit, Paint						
Reacoat 200	0,16	-	0,05	-	0,03	0,13
Tervaepoksi	0,14	-	0,08	-	0,03	0,17
3. Pinnoitteet, Coating						
Alfa-Plast Universal	0,18	-	0,06	-	0,03	0,10
EP-10	0,16	0,33	0,08	0,17	0,05	0,13
Inerta 210	0,17	-	0,11	-	0,08	0,12
LF-pinnoite	0,27	-	0,19	-	0,08	0,31
Reafloor 300	0,19	-	0,08	-	0,06	0,13
4. Epoksimassat, Epoxy compound						
Alfa-Plast Repair	0,30	-	0,18	-	0,12	0,27
Epirex 2000 a	0,28	0,30	0,28	0,16	0,22	0,32
Epirex 2000 b	0,42	-	0,35	-	0,24	0,46
Epox-Torginol	0,35	-	0,28	-	0,24	0,33
Monepox	0,26	-	0,21	-	0,16	0,26
Reafloor 2500	0,24	-	0,09	-	0,07	0,10
Vencoat	0,38	-	0,27	-	0,22	0,38
Epirex vhm.	0,28	-	0,25	-	0,19	0,37
5. Polyuretaanimassat, Polyurethan compound						
Monolith	0,19	0,32	0,11	0,18	0,07	0,13
UR 500	0,47	-	0,11	-	0,08	0,11
6. Akryylimassat, Acrylic compound						
Akryylibetoni	0,33	-	0,25	-	0,18	0,30
Akryylipinnoite	0,32	-	0,29	-	0,23	0,34
Monodur	0,43	0,35	0,33	0,26	0,31	0,41
7. Erikoismassa, Special compound						
Monile	0,25	-	0,18	-	0,12	0,26
8. Betonit, Concrete						
Yleis a	0,49	0,42	0,32	0,28	0,22	0,48
Rapid	0,49	-	0,34	-	0,25	0,50
Rapid+lt a	0,45	-	0,30	-	0,22	0,50
Rapid+k	0,46	-	0,32	-	0,24	0,47
Rapid+s	0,50	-	0,33	-	0,21	0,50
Masuuni a	0,51	-	0,33	-	0,23	0,50
Yleis b	0,47	-	0,36	-	0,30	0,50
Rapid+lt b	0,50	-	0,37	-	0,29	0,49
Masuuni b	0,51	-	0,35	-	0,26	0,50

Tukeyn mukaan lepokitkan kitkakertoimien erotessa toisistaan 0,13 tai enemmän ja liikekitkan kitkakertoimien 0,08 tai enemmän on ero havaittu tilastollisesti 99 % varmuudella. Ero on tilastollisesti merkitsevä.

According to calculations based on the statistical method of Tukey the least significant difference at 99% level ($p \leq 0,01$) between coefficients of static friction is 0,13 mm and between coefficients of sliding friction 0,08 mm.

Taulukko 17. Laboratoriossa mitatut märän uuden pinnan kitkakertoimet, keskiarvo, minimi, maksimi.

Table 17. *Coefficients of friction on new wet surfaces measured in laboratory test, average, minimum, maximum.*

Materiaaliryhmä, tuotenimi <i>Group of material, trademark</i>	Lepo- kitka <i>Static friction</i>	Liike- kitka <i>Sliding friction</i>	Liike- kitka, min <i>Sliding friction, min</i>	Liike- kitka, max <i>Sliding friction, max</i>
1. Lakat, Varnish				
Epirex 100	0,23	0,14	0,12	0,16
Epirex 300	0,21	0,10	0,08	0,12
LV-1	0,23	0,16	0,16	0,17
Reafloor 200	0,20	0,12	0,08	0,14
2. Maalit, Paint				
Reacoat 200	0,15	0,05	0,04	0,07
Tervaepoksi	0,13	0,06	0,05	0,07
3. Pinnoitteet, Coating				
Alfa-Plast Universal	0,17	0,05	0,04	0,06
EP-10	0,16	0,07	0,06	0,08
Inerta 210	0,17	0,09	0,08	0,10
LF-pinnoite	0,24	0,18	0,16	0,20
Reafloor 300	0,20	0,07	0,06	0,07
4. Epoksimassat, Epoxy compound				
Alfa-Plast Repair	0,30	0,17	0,16	0,18
Epirex 2000 a	0,33	0,28	0,26	0,31
Epirex 2000 b	0,40	0,34	0,32	0,37
Epox-Torginol	0,32	0,27	0,25	0,29
Monepox	0,23	0,20	0,19	0,21
Reafloor 2500	0,22	0,07	0,06	0,08
Vencoat	0,36	0,26	0,22	0,29
Epirex vhm.	0,28	0,25	0,22	0,29
5. Polyuretaanimassat, Polyurethan compound				
Monolith	0,19	0,10	0,09	0,11
UR 500	0,46	0,10	0,09	0,12
6. Akryylimassat, Acrylic compound				
Akryylibetoni	0,33	0,25	0,24	0,26
Akryylipinnoite	0,32	0,29	0,29	0,29
Monodur	0,38	0,33	0,31	0,35
7. Erikoismassa, Special compound				
Monile	0,21	0,15	0,13	0,18
8. Betonit, Concrete				
Yleis a	0,41	0,30	0,26	0,35
Rapid	0,40	0,31	0,26	0,35
Rapid+lt a	0,44	0,29	0,26	0,32
Rapid+k	0,36	0,29	0,27	0,31
Rapid+s	0,42	0,29	0,28	0,30
Masuuni a	0,44	0,32	0,29	0,35
Yleis b	0,46	0,36	0,35	0,36
Rapid+lt b	0,44	0,35	0,34	0,36
Masuuni b	0,43	0,32	0,29	0,34

1.7.1. Kokeen suoritus ja tulokset

Ennen koetta 12×30 mm:n kokoiset liidut kuivattiin kuivausuunissa kosteuden poistamiseksi ja liitujen kosteuden annettiin tasaantua mittausympäristön kosteuteen säilyttämällä niitä viikon ajan huoneessa, jossa mittaukset tehtiin. Sen jälkeen liitu kiinnitettiin pidikkeeseen, jolloin sitä pystyi siirtämään käsin koskettelematta. Kokeessa liitua vedettiin pituussuunnassa 15 cm koekappaleen vaakasuoraa pintaa pitkin. Vetonopeus oli 1,25 mm/s ja liitua kuormitettiin 1500 g massalla. Liitu punnittiin pidikkeessä ennen ja jälkeen vedon ja painohäviönä saatiin pinnan kuluttava vaikutus. Punnitustarkkuus kokeessa oli 0,1 mg. Jokaisesta koemateriaalista tehtiin kolme mittausta ja jokaiseen vetoon käytettiin uutta liitua. Osasta materiaaleja määritettiin karkeus myös hieman kulutetusta pinnasta. Pinta kulutettiin samalla tavoin kuin kitkan mittauksessa. Mittaustulokset on koottu taulukkoon 18.

Uuden pinnan aiheuttamat painohäviöt vaihtelevat pinnoitteiden ja karhentamattomien massojen 2 mg:sta betonien runsaaseen 350 mg:aan. Karhentamattomien materiaalien aiheuttama painohäviö suurenee, kun pintaa kulutetaan ja vastaavasti karkeiden materiaalien aiheuttama painohäviö pienenee pinnan kuluessa. Betonit olivat selvästi muita tutkittuja aineita karkeampia.

Mitattujen painohäviöiden kolmen mittauksen keskihajonta oli 3-35 % kunkin materiaalin painohäviöstä. Niiden materiaalien keskihajonta oli suurin, joiden painohäviö oli pienin. Pinnoitteiden kuluttava vaikutus oli betonien kuluttavaa vaikutusta huomattavasti pienempi. Ainoastaan yhden akryylimassan kuluttava vaikutus oli saman suuruinen kuin betonien. Hieman kuluneenakin akryylin ja betonien kuluttava vaikutus oli keskenään verrattuna samaa suuruusluokkaa.

Liidun painohäviön ja liikekitkan välinen korrelaatiokerroin oli 0,806, mikä osoittaa niiden välillä olevan melko voimakkaan riippuvuussuhteen. Kuluttava vaikutus ja kitkakerroin mittaavat itseasiassa pinnasta lähes samoja ominaisuuksia. Kuluttava vaikutus kasvaa kitkan kasvaessa.

Saatuja tuloksia on verrattu Christer Nilssonin tekemiin vastaaviin kokeisiin taulukossa 19. Vertailu osoittaa, että saadut tulokset ovat samansuuntaisia. Kuluttavuusarvot eivät voi olla samansuuruisia, koska testimateriaalit ovat erilaisia, toisessa liitu ja toisessa kipsi. Kulutetun pinnan tuloksista havaitaan selvästi, että lattiamateriaalin kuluttavuus pienenee huomattavasti jo 9 - 10 kuukauden käytön jälkeen.

Taulukko 18. Materiaalien kuluttava vaikutus liidun painohäviönä ilmaistuna.
Table 18. Roughness of material expressed as loss of weight of a piece of chalk.

Materiaali Tuotenimi	Uusi pinta painohäviö mg	Kulutettu pinta painohäviö mg	Materiaali Tuotenimi	Uusi pinta painohäviö mg	Kulutettu pinta painohäviö mg
<i>Material Trademark</i>	<i>New surface Loss of weight mg</i>	<i>Worn surface Loss of weight mg</i>	<i>Material Trademark</i>	<i>New surface Loss of weight mg</i>	<i>Worn surface Loss of weight mg</i>
Inerta 210	2	-	EpoX-Torginol	93	-
Reafloor 2500	2	-	Epirex 2000 b	116	-
UR 500	5	-	Epirex vhm.	127	-
Monolith	5	16	Akryylibetoni	157	-
Reafloor 300	10	-	Epirex 100	163	-
Alfa-Plast Universal	22	-	LV-1	174	-
EP-10	32	39	Akryylipinnoite	199	-
Epirex 2000 a	32	13	Rapid+lt a	279	-
Epirex 300	39	-	Monodur	281	224
Tervaepoksi	39	-	Yleis b	313	-
Reacoat 200	56	-	Masuuni b	318	-
Vencoat	62	-	Rapid+lt b	325	-
Alfa-Plast Repair	63	-	Rapid	341	-
Monepox	72	-	Yleis a	345	245
Reafloor 200	76	-	Masuuni a	353	-
Monile	80	-	Rapid+k	365	-
LF-pinnoite	92	-	Rapid+s	369	-

Taulukko 19. Eräiden materiaalien kuluttavuusarvoja ilmaistuna liidun painohäviönä.
Table 19. Obtained abration values of some floor materials expressed as loss of weight of a piece of chalk.

Kokeen suorittaja <i>Performer of the test</i> Lattiamateriaali <i>Floor material</i>	LBT / C. Nilsson /35/		VAKOLA	
	Uusi pinta 10^2kg/m^2 <i>New surface</i> 10^2kg/m^2	Kulunut pinta ^{a)} 10^2kg/m^2 <i>Worn surface^{a)}</i> 10^2kg/m^2	Uusi pinta 10^2kg/m^2 <i>New surface</i> 10^2kg/m^2	Kulutettu pinta 10^2kg/m^2 <i>Worn surface</i> 10^2kg/m^2
Hierretty betoni <i>Floated concrete</i>	69 ^{b)}	8 ^{b)}	87	62
Hiottu betoni <i>Machine ground concrete</i>	21	8		
Kumimaali <i>Rubber paint</i>	15	12		
EP-10 epoksinnoite <i>EP-10 epoxy coating</i>			8	10
Monolith polyuretaani, karhentamaton <i>Monolith polyurethan compound, unroughened</i>			1	4
Monoko polyuretaani, karhennettu <i>Monoko polyurethan com- pound, roughened</i>	23	12		

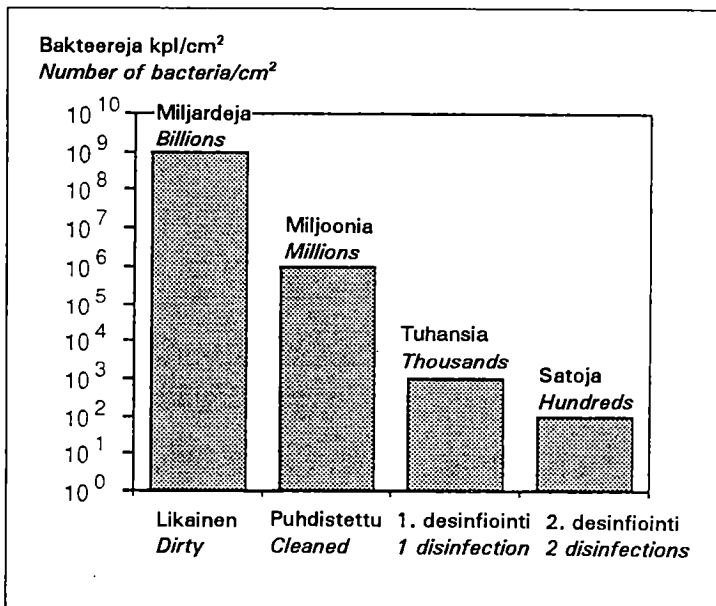
a) Lattiat olleet käytössä 9 - 10 kuukautta
b) 150 mm paksu K30 betoni
a) Floors have been used for 9 to 10 months
b) 150 mm thick concrete slab of a quality class K30

Betonilattiaa kuluttaa nautojen sorkkia, joskin hoitotoimenpiteitä tarvitaan ajoittain sorkkien liiallisen kasvun seurauksena. Nautojen sorkkien kovuus vaihtelee yksilöittäin, jolloin myös hoitotarve vaihtelee. Muiden kuin kuluttavien aineiden käyttö lisää sorkkien leikkaustarvetta kuitenkin enintään saman verran kuin käytettäessä parsimattoja naudan alustana. Pienempi kuluttavuus kuluttaa naudan nahkaa vähemmän, jolloin karvattomien alueiden ja haavaumien esiintyminen vähenee. Toisaalta, koska kuluttava vaikutus muuttuu kitkakertoimen kanssa samaan suuntaan, saattaa tapaturmien määrä kasvaa liukkauden vuoksi.

1.8. Puhdistettavuus

Helppo puhdistettavuus on tavoiteltavaa erityisesti niissä kohteissa, joita joudutaan puhdistamaan usein ja kohteissa, joissa tavoitteena on hyvä hygienia. Navetassa tällaisia kohteita ovat maitohuone, lypsyasema, karjakeittiö ja ruokintapöytä. Myös muiden lattiapintojen helppo puhdistettavuus on etu. Kotieläinsuojissa tulisi tavoitella hyvää hygieniaa, koska puutteellisen hygienian seurauksena erilaiset sairaudet lisääntyvät /20/. Tämä korostuu yksikkökokojen kasvaessa, koska suurissa yksiköissä epidemialuonteiset sairaudet voivat aiheuttaa melkoisia taloudellisia tappioita.

Pesun tavoitteeksi ei voida asettaa pintaa, jolla ei ole bakteereita, vaan tavoitteena on näkyvän lian poistaminen. Desinfiointin avulla voidaan vähentää pesun jälkeen pinnassa olevaa bakteerikasvustoa, mutta täysin puhdasta pintaa ei voida saavuttaa, kuva 14.



Kuva 14.

Kotieläinsuojien lattiapinnoilla esiintyvien bakteerimäärien riippuvuus puhdistuksesta ja desinfiointista /41/.

Figure 14.

The amount of microbes on floor surfaces in livestock houses depending on cleaning and disinfection /41/.

Painepesuria käytetään yleisesti karjasuojien lattiapintojen puhdistukseen, koska se on osoittautunut tehokkaaksi pesumenetelmäksi. Puhdistustulos on erinomainen ja puhdistukseen käytetty aika on pienempi kuin käsinpesumenetelmillä /35/. Painepesurin pesutehoon vaikuttavat pesurin paine, vesimäärä ja pesuetaisyys /25/. Myös pesuveden lämpötilalla on oleellinen vaikutus saavutettavaan pesutehoon /11/. Parhaaksi pesumenetelmäksi on osoittautunut ennalta suoritettu liotus ja painepesu /29/.

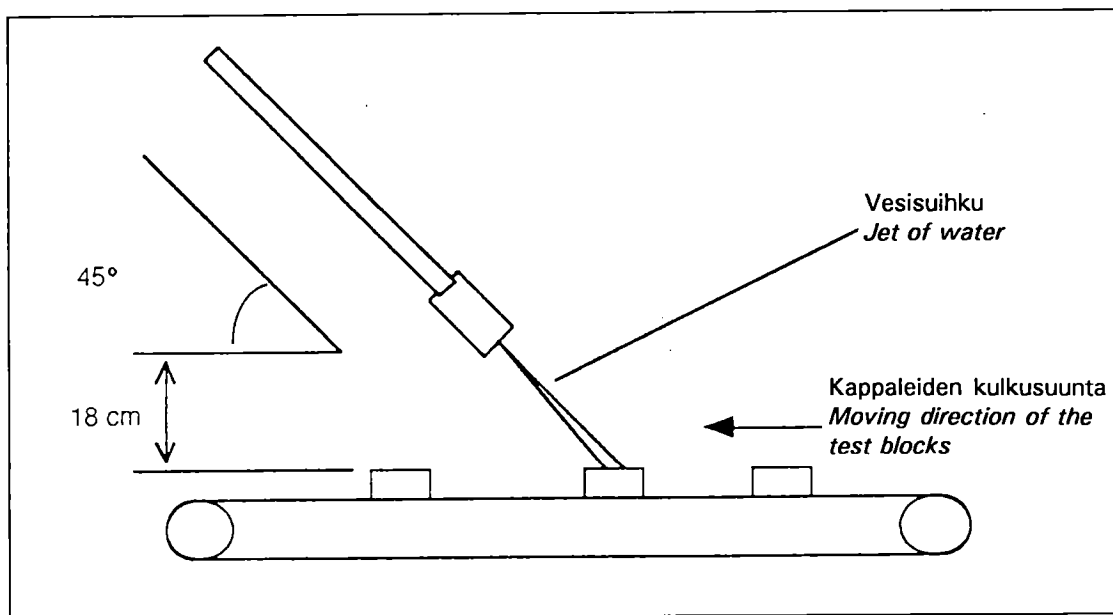
1.8.1. Kokeen suoritus ja tulokset

Puhdistettavuutta tutkittiin samalla koejärjestelyllä, kuin VAKOLAssa vuosina 1984 - 1988 suoritettussa karjasuojien pinnoitteiden ryhmäkoetuksessa oli käytetty. Poikkeuksena oli käytetty likä, joka ei ollut karjanlantaa kuten aiemmin oli käytetty, vaan ruotsalaisten painepesurien koetuksessa käyttämän keinolian sovellutus. Tutkimuksessa keinoliialla liattuja koekappaleita pestiin painepesurilla. Pesurin paine oli 75 bar ja vesimäärä 13 l/min. Pesuveden lämpötila kokeen aikana oli 9 - 12 °C. Koekappaleet vietiin pesussa vesisuihkun ali hihnakuljettimeen kiinnitettyinä. Suuttimen etäisyys oli kappaleen pinnasta kohtisuoraan mitattuna 18 cm ja suuttimen kulma oli 45°. Kappaleet kulkivat vesisuihkua vasten. Hihnan nopeus oli noin 0,9 m/s. Koejärjestelyn periaate on esitetty kuvassa 15. Pesunopeus laskettiin seuraavalla tavalla:

$$\text{pesunopeus [m}^2/\text{h]} = \frac{v \times l}{n \times t}$$

missä

- v = kappaleen nopeus, m/s
- l = puhdistuneen alueen leveys, m
- n = toistojen lukumäärä
- t = aika, h



Kuva 15. Puhdistettavuus kokeen koejärjestely.
Figure 15. Arranging of the ease of cleaning test.

Pesunopeutta kuvaavaa lukuarvoa ei voida rinnastaa käytännön pesunopeuksiin, mutta se antaa vertailukelpoista tietoa kyseisten materiaalien puhdistettavuudesta. Kappaleiden puhtaus todettiin silmämääräisesti, ja pesu lopetettiin, kun pinta näytti puhtaalta.

Keinolian käytöllä vakioitiin käytettävän lian vaihtelut. Ongelmana oli löytää puhdistettavuudeltaan vaikeaa likaa. Ennen varsinaista koetta kokeiltiin erilaisia likoja ja kokeeseen valittiin ominaisuuksiltaan sopivan tuntuinen lika. Tämä sisälsi tapettiliisteriä, ruisjauhoja, kuivaa ja hienojakoista sahanpurua sekä vettä suhteessa 1 : 1 : 8 : 38. Lisäksi lika värjättiin karamellivärillä puhtauden arvioinnin helpottamiseksi.

Likaa levitettiin kaksi kertaa koekappaleiden pintaan ja sitä annosteltiin tilavuusmitalla 15 ml/dm² kerralla. Lian annettiin kuivua vuorokauden levityskertojen välillä. Pinnat pestiin kolmen vuorokauden kuluttua viimeisestä levityksestä. Mitatut pesunopeudet on esitetty taulukossa 20. Tilastollinen tarkastelu suoritettiin Student-Neuman-Keulsin menetelmän mukaan ja erot on esitetty myös taulukossa 20.

Betoneista lika irtosi vähitellen ja huokosiin jäi muutamia likahiukkasia, jotka eivät irronneet vaikka pesua jatkettiin pitkään. Puhdistumishetkeksi määritettiin betoneilla se hetki, jonka jälkeen betoni ei enää puhdistunut. Pinnoiteaineista lika irtosi huomattavasti helpommin, eikä pintaan jäänyt likahiukkasia. Käytetty keinolika jätti joidenkin koeaineiden pinnalle ohuen kalvon, joka ei lähtenyt pinnasta, vaikka pesua jatkettiin pitkään. Kalvo muodostui todennäköisesti tapettiliisteristä ja karamelliväristä. Kyseiset kappaleet katsottiin puhdistuneeksi, kun likahiukkaset olivat irronneet.

1.8.2. Tulosten tarkastelu

Painepesussa muovipinnoitteet puhdistuvat huomattavasti nopeammin kuin betonit. Hieman kuluneisiin pinnoitteisiin lika näyttää tarttuvan kiinni tiukemmin, mutta silti niiden peseminen puhtaaksi on huomattavasti helpompaa kuin betonin peseminen. Akryyli näyttää säilyttävän puhdistettavuusomaisuutensa samanlaisena hieman kuluneenakin. Eri muovipinnoitteiden puhdistettavuudessa on kuitenkin suuria eroja. Pinnoitteet soveltuvat hyvin kohteisiin, joissa vaaditaan hyvää hygieniää ja helppoa puhdistettavuutta. Pinnoitteiden hygieenisyyttä parantaa niiden tiiveys. Hierrettävissä massoissa on muista pinnoitteista poiketen jonkin verran huokosia massan sisällä. Pintalakkauksella näiden massojen pintakerroksen huokokset voidaan täyttää ja saada aikaan hygieenisempi lopputulos.

Betonin peseminen puhtaaksi on hidasta. Hieman kuluneena betonin puhdistettavuus paranee hiukan. Jos betonin hygieenisyyttä verrataan pinnoiteaineiden hygieenisyyteen, sen huokoisuus laskee ominaisuuksia edelleen. Huokosissa taudinaiheuttajat ovat suojassa puhdistuksen vaikutukselta, jolloin pinta saastuu nopeammin uudestaan.

Taulukossa 21 on esitetty muiden tutkijoiden saamia suhteellisia puhdistavuusarvoja ja verrattu niitä tutkimuksessa saatuihin. Taulukosta havaitaan tulosten olevan hyvinkin samankaltaisia. Betoni on tutkituista materiaaleista huoimmin puhdistuva ja erilaiset muovipinnoitteet parhaita. Pinnoitteen kerrospaksuus näyttää olevan lähes suorassa suhteessa puhdistavuuteen.

Taulukko 20. Eri materiaalien keskimääräiset pesunopeudet ja niiden tilastolliset erot.
Table 20. Average cleaning speed (m^2/h) obtained when different materials were cleaned and the statistical significance of the differences between the speeds.

Materiaali tuotenimi <i>Material trademark</i>	Uusi m^2/h <i>New m^2/h</i>	S-N-K 95% ^{*)}	Kulu- nut m^2/h <i>Worn m^2/h</i>	Materiaali tuotenimi <i>Material trademark</i>	Uusi m^2/h <i>New m^2/h</i>	S-N-K 95% ^{*)}	Kulu- nut m^2/h <i>Worn m^2/h</i>
Yleis a	15	a	20	Monepox	125	d,e,f	-
Masuuni b	15	a	-	LV-1	130	d,e,f	-
Masuuni a	15	a	-	LF-pinnoite	135	e,f,g	-
Yleis b	15	a	-	Epirex vhm.	140	e,f,g	-
Rapid+lt a	20	a	-	Monile	145	e,f,g	-
Rapid+lt b	20	a	-	Epirex 300	145	e,f,g	-
Rapid+s	25	a	-	Monolith	145	f,g	95
Rapid+k	35	a	-	Epox-Torginol	160	g,h	-
Rapid	40	a	-	Vencoat	170	h	-
Reafloor 200	65	b	-	Akryylipinnoite	205	i	-
Reafloor 300	70	b	-	Inerta 210	210	i	-
Reafloor 2500	80	b,c	-	Epirex 2000 b	210	i	-
Reacoat 200	85	b,c	-	Monodur	210	i	210
UR 500	95	c	-	Akryylibetoni	215	i	-
EP-10	105	d	75	Alfa-Plast Repair	215	i	-
Tervaepoksi	110	d	-	Alfa-Plast Univer- sal	215	i	-
Epirex 100	120	d,e	-	Epirex 2000 a	215	i	90

* Student-Neuman-Keulsin menetelmän mukaan laskettuna ne pesunopeudet eroavat toisistaan tilastollisesti 95 % varmuudella, joiden keskiarvoa ei ole merkitty samalla kirjaimella.
* According to calculations based on the statistical method of Student-Neuman-Keuls the difference between cleaning speeds which do not have the same letter is statistically significant at 95% level ($p \leq 0,05$).

Taulukko 21. Materiaalien suhteellinen puhdistettavuus, kun koemateriaalit on pesty painepesurilla. Lautahierretty betoni = 100.
Table 21. Relative ease of cleaning different kind of materials using high-pressure cleaner. Floated concrete = 100.

Kokeen tekijä <i>Performer of the test</i> Kokeessa käytetty lika <i>Type of dirt</i> Pinnan laatu <i>Floor surface</i>	SUNDAHL 1974 /42/ sianlanta uusi ^{a)} <i>piggery manure new^{a)}</i>	VAKOLA 1988 /6/ lehmänlanta uusi ^{b)} <i>cowhouse manure new^{b)}</i>	VAKOLA keinolika uusi ^{a)} <i>artificial dirt new^{a)}</i>	VAKOLA keinolika kulunut ^{a)} <i>artificial dirt worn^{a)}</i>
Lautahierretty betoni <i>Floated concrete</i>	100	100	100	75
Silicabetoni <i>Concrete with silica</i>	-	55	60	-
Teräshierretty betoni <i>Steel-trowelled concrete</i>	60	-	-	-
Kumimatto <i>Rubber matt</i>	42	-	-	-
Epirex-betonimaali <i>Epoxy paint, Epirex</i>	-	96	-	-
Reacoat 200 epoksimaali <i>Epoxy paint, Reacoat 200</i>	-	-	18	-
Reafloor 200 epoksilakka <i>Epoxy varnish, Reafloor 200</i>	-	-	23	-
LV-1 epoksilakka <i>Epoxy varnish, LV-1</i>	-	-	12	-
Navettalakka <i>Varnish</i>	-	13	-	-
Asfalttilakka <i>Varnish from asphalt</i>	14	-	-	-
Filmivaneri <i>Film-faced plywood</i>	17	-	-	-
Monolith polyuretaanimassa <i>Polyurethan compound, Monolith</i>	-	-	10	17
Akryylibetoni <i>Acrylic compound</i>	-	-	7	-
Epirex 2000 epoksimaali <i>Epoxy compound, Epirex 2000</i>	-	-	7	17

a) Pesu ilman liotusta
b) Pestävät pinnat kasteltu vedellä puoli tuntia ennen pesua
a) Washing without soaking
b) Surfaces have been watered half an hour before washing

1.9. Lämmönjohtuminen parressa

Lämmönjohtumista käsitellään tässä tutkimuksessa ainoastaan kirjallisuudesta saatavien tietojen perusteella. Esitettyjen väitteiden tueksi ei ole tehty erillisiä laboratoriokokeita.

Karja viettää paljon aikaa makuulla. Lehmä on makuulla noin 50 % ajasta. Kun vähennetään makuualueella käytettävän oljen määrää taloudellisista syistä, on oltava enenevässä määrin tietoinen siitä tärkeästä roolista, joka aiheutuvalla lämmönhukalla on eläimen energia tasapainoon. On olemassa kaksi periaatteellista tapaa ohjata eläimen lämpötasapainoa tietyissä olosuhteissa, nimittäin muuttaa rehun annostusta tai muuttaa ulkoista lämpötilaa. Makuualustan lämpöominaisuusvaatimukset riippuvat ensisijassa eläinlajista, eläimen iästä ja eläimen tuotantotasosta /35/.

Arvioidaan, että noin 20 % makuulla olevan eläimen ruhon pinnasta on kosketuksessa lattiaan. Lehmällä tämä tarkoittaa noin 1 m²:n alaa. Lehmä haihduttaa enimmäkseen noin 140 grammaa/m²/h. Vastasyntyneellä eläimellä ei ole samaa kykyä säädellä lämpötilaansa kuin aikuisella. Tämä johtuu pääasiassa siitä, että nuorella eläimellä on vähäinen tai ei ollenkaan rasvakerrosta, joka suojaa sitä kylmyyttä vastaan. Alempi kriittinen lämpötila, mikä tarkoittaa lämpötilaa, jonka alittuessa eläin ei voi ylläpitää ruumiinlämpötilaansa kiihdyttämättä aineenvaihduntaansa, on alempi vanhemmilla eläimillä, korkeatuottoisilla lehmillä ja lihakarjalla kuin nuorilla eläimillä ja ummessa olevilla lehmillä. Kylmissä olosuhteissa oleva eläin lisää rehun kulutusta ilman että tuotos lisääntyisi /35/.

Lattian pintalämpötila riippuu suuresti karjarakennuksen lämpötilasta. Riippumatta alusrakenteesta lattian yläpinnan lämpötila seuraa ilman lämpötilaa /36/. Lämpimässä huoneilmassa lämpötilaerot eläimen ja lattipinnan välillä ovat pienemmät, jolloin lämpövirta eläimestä lattiaan on myös pienempi. Ei kuitenkaan ole taloudellisesti kannattavaa pitää navetan lämpötilaa korkeana, jotta lattian huonot lämpöominaisuudet voitaisiin korjata /35/.

Teoreettiset laskelmat osoittavat, että jopa muutaman senttimetrin paksuinen betonikerros eläimen ja eristeen välillä on liian paksu vaakasuuntaisen lämmönjohtavuuden kannalta katsottuna. Jotta betonialusta olisi lämmönjohtavuuden kannalta hyvä, pitäisi kerrospaksuuden olla pienempi kuin 1 cm, mikä on käytännössä mahdotonta. Jotta parren eristämistä olisi joitain hyötyä, eristeen pitäisi olla niin lähellä lattian pintaa kuin mahdollista. Eläimen kannalta katsottuna sen tulisi olla ylimpänä, eli vanhan ajan olkikuivike oli oikealla paikalla. Jos tämä halutaan korvata, tulee betonin päälle asettaa eristävää materiaalia. Erityisellä parsieristeellä, joka on 50 - 100 mm lattiapinnan alapuolella, ei ole eläimen kannalta käytännön merkitystä. Mitään ihannemateriaalia parren pintaan ei vielä ole löydetty /36/.

Eläinrakennusten lämpöominaisuuksia koskevat ongelmat tulee jakaa kahteen ryhmään. Ensimmäinen ryhmä käsittää lattian kautta tapahtuvan yleisen lämpöhukan ja sen vaikutuksen rakennuksen kokonaislämpötasapainoon. Toinen ryhmä käsittää lattian paikallisen eristysvaikutuksen ja sen vaikutuksen lattialla makaavan eläimen hetkelliseen lämpövirtaan. Jälkimmäisestä voidaan ensiksi todeta, ettei paksu eristävä kerros ole aina paras ratkaisu. Tähän voidaan päätyä sekä teoreettisten laskelmien kautta, että kenttäkokeiden perusteella /35/.

Kenttäkokeissa on todettu, että lämpövirta useimmissa mittauksissa tasoittui välille 50 - 100 W/m². Makuuajasta voitiin päätellä, että eläimet hyväksyivät tämän suuruisen lämpöhukan. Samoin todettiin, että lattialämpötila +20 - +35 °C oli kaikkein mieluisin. Kun lämpötila laski tai nousi tästä tuntuvasti, makuuajat lyhenivät oleellisesti /35/.

Laboratoriossa simulaattorilla tehdyissä kokeissa todettiin, että muiden lattiatyyppien paitsi kuivikkeettoman betonin lämmönkulutus muuttui 60 minuutin jälkeen vakioksi, ja myös 15 mm:n sahanpurukerroksella kuivitetun betonin lämmönkulutus vakioitui jossain määrin, kuva 16 /35/.

Kuva 16.

Simulaattorin lämmönkulutus eri lattiamateriaaleilla.

Figure 16.

The heat consumption of a cow-simulator on different floor materials. The materials B, C, D, E and F were placed on concrete. /35/.

A= Betoni
Concrete

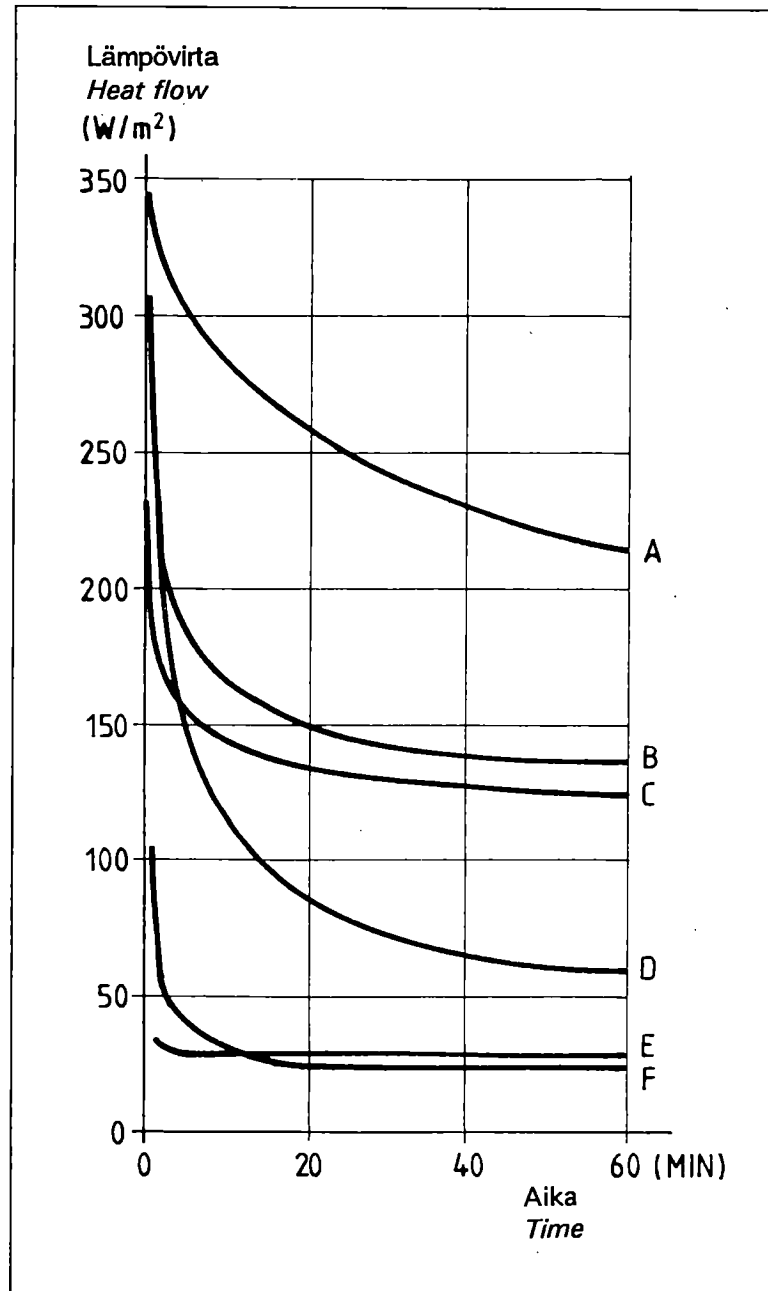
B= Kumimatto
Rubber mat

C= Kumimatto, jolla
kuiviketta (2 l/m²)
Rubber mat with
bedding (2 l/m²)

D= Sahanpuru (15 mm)
Sawdust (15 mm)

E= Olki (47 mm)
Straw (47 mm)

F= LBT-matto (40 mm)
LBT-mattress (40 mm)



Lypsylehmien oleskeluun käytettäville lattiapinnoille asetetaan seuraavia vaatimuksia:

- mukava: sopivan pehmeä, ei altista eläintä liukastumiselle, kylmettymiselle, likaantumiselle tai tuo mukanaan suurta loukkaantumisen vaaraa
- kestävä: kestää suuria, usein esiintyviä pistekuormia, mekaanista kulutusta, rehusta, lannasta ja virtsasta tulevia happoja
- helposti puhdistettava
- taloudellinen: ottaen huomioon materiaali-, asennus- ja hoitokustannukset, sekä vaikutukset eläimen terveyteen /36/.

Navettojen lattiamateriaalit voidaan jakaa kolmeen periaatteellisesti erilaiseen luokkaan: kovat pinnoitteet, kumimateriaalit ja monikerrosrakenteet. Näiden kaikkien ominaisuudet vaihtelevat ja täyttävät eri lavoin edellä luetellut vaatimukset. Kestävyys ja pehmeys ovat vastakkaisia ominaisuuksia, kitka kasvaa aineen pehmeiden lisääntyessä /36/.

Sekä betonit että muovipinnoitteet kuuluvat kovien pinnoitteiden ryhmään. Niiden ominaisuudet lämpötekniisesti eivät eroa kovinkaan paljoa toisistaan, joten mitä edellä on sanottu betonipinnoista pätee pitkälti myös muoveihin.

Saksassa tehtyjen kenttäkokeiden mukaan makuualustan pehmeys oli lehmille tärkeämpi valintakriteeri kuin alustan lämpötekniiset ominaisuudet. Talven aikana tehty koe osoitti, että lypsylehmät pitivät eristämättömässä rakennuksessa olevaa sahanpurulla kuivitettua makuualustaa parempana kuin eristetyssä rakennuksessa ollutta kumimatolla päällystettyä partta. Tästä päätellen vaihtelevassa ilmastossa kuten Euroopassa lattian lämpötila ei ole navetan suunnittelussa ratkaiseva muuttuja. Jos vaatimukset lattian pehmeiden suhteen täytetään, kohtuulliset lämpötekniiset ominaisuudet omaava lattia kelpaa /35/.

2. KÄYTÄNNÖN KOKEET

2.1. Yleistä

2.1.1. Betonointityön suorittaminen

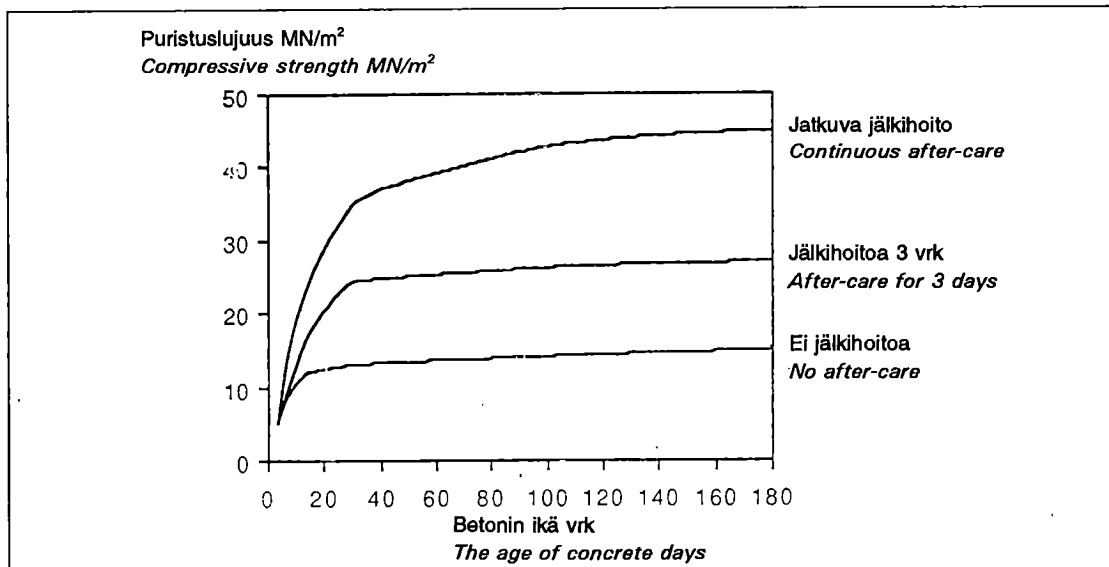
Betonointityö voidaan jakaa kolmeen eri työjaksoon, jotka ovat valmistelevat työt ennen betonointia, toiminta betonoinnin aikana sekä jälkikäsittely. Valmisteleviin töihin kuuluu, paitsi betonoinnissa tarvittavan kaluston ja aineiden hankkiminen työmaalle, betonointisuunnitelman laatiminen. Siinä tulee selvittää, missä järjestyksessä työ on paras suorittaa, ettei jo valettujen lattianosien yli tarvitse kulkea, ja että mahdolliset työsaumat tulevat sopiviin paikkoihin.

Betoni pyritään ottamaan valukohteeseen siten, että siitä saadaan tasalaatuinen ja suunnitellun paksuinen kerros. Massan turhaa siirtelyä kannatta välttää runkoaineen

erottumisvaaran takia. Betonin tiivistämisen tarkoituksena on saada massa täyttämään muotti kaikilta osiltaan ja ympäröimään täydellisesti betoniteräkset. Betonipinnan tiivistäminen vaikuttaa oleellisesti valmiin rakenteen laatuominaisuuksiin. Lujuuden ja tiiviyyden lisäksi sillä on vaikutusta myös rakenteen säänkestävyyteen ja betonipintojen ulkonäköön. Betonimassa tiivistetään pääasiassa täryttämällä, lattiavalussa joko tärysauvalla, -levyllä tai -palkilla. Tiivistäminen voidaan tehdä myös käsin sullomalla, mutta menetelmä on hidaskas ja raskas, eikä sitä tule käyttää kuin hyvin pienissä valuissa. Täryttäminen tehdään huolellisesti ja järjestelmällisesti siten, että betonimassa tiivistyy kauttaaltaan. Betonimassan siirtämistä täryttimellä tulee välttää, koska silloin karkea runkoaine erottuu helposti. Tiivistämisen jälkeen betonipinta tasataan ja välittömästi sen jälkeen hierretään alustavasti. Tällöin täytyvät tasaamisen yhteydessä pintaan muodostuneet kolot ja pinta saa lopullisen muotonsa /45/.

Pinnan käsittelyä jatketaan, kun veden erottuminen betonipintaan on lakannut ja pinta on muuttunut näöltään himmeäksi. Betonipinta hierretään tavallisesti käsin puista hierrinlautaa käyttäen. Tavoitteena on tasainen, huokoseton mutta verrattain karkea betonipinta. Tarvittaessa suoritetaan betonipinnan teräshierto välittömästi puuhierron jälkeen. Teräshierto voidaan tehdä joko käsin tai koneellisesti. Hierrettäessä painetaan teräslastaa voimakkaasti betonipintaa vasten hiertoliikkeen aikana. Tavoitteena on tiivis ja sileä betonipinta /45/.

Lattialaatta peitetään valmiiksihierron jälkeen veden haihtumisen estävällä kalvolla, esim. muovilla heti, kun sen voidaan tehdä laatan pintaa vahingoittamatta. Yleensä pinta peitetään seuraavana aamuna, mutta jos on vaara nopeasta kuivumisesta se pitää tehdä jo aikaisemmin. Tällaisia tilanteita ovat mm. talviaika valutilan ollessa voimakkaasti lämmitetty ja vanhan betonin päälle tehtävän valukerroksen ollessa ohut. Peitteiden saumat limitetään runsaasti ja niiden paikallaan pysyvyys varmistetaan. Myöhemmin lattiaa kastellaan käyttäen mahdollisimman pientä vesimäärää sekä peitetään uudelleen ja yläpuolista tilaa lämmitetään tarvittaessa siten, että ilman lämpötila lattian päällä on tasainen ja vähintään + 5°C /45/. Jälkihoitoa, peittämistä ja kastelua jatketaan, kunnes betoni on saavuttanut noin 60 % nimellislujudesta, kulutuskestävyyttä edellyttävissä kohteissa 80 % nimellislujudesta /8/. Jälkihoitoaika voidaan laskea kirjallisuudessa esitettyjen kaavojen avulla. Karkea ohje jälkihoidon kestoksi on yksi viikko. Jälkihoidon tarkoitus on varmistaa betonin kovettuminen. Lujuuden kasvu jatkuu vain niin kauan, kuin betoni on riittävän märkää.



Kuva 17. Jälkihoidon vaikutus betonin lujuuden kehitykseen, suunnittelulujuus K-30.
Figure 17. The effect of after-care on concrete K-30.

2.1.2. Betonien päällystettävyyys

Tuotantorakennuksissa käytetään yleensä suoraan tiivistetyn sora-alustan päälle valettuja lattioita. Maaperästä lattiaan kapillaarisesti pyrkivän kosteuden kulku katkaistaan betonilaatan alapuolisella sorakerroksella tai lämpöeristeellä. Lattian alla olevan salaojitusorakerroksen paksuuden tulee olla vähintään 200 mm. Jos maanvaraisen lattian pinnoite tai pintamateriaali on tiivis, suositellaan lattian alla käytettäväksi lämmöneristystä ja esim. sitkeää suojapaperia. Sen sijaan muovikalvoa ei saa käyttää tiivispintaisen lattian alla /9/.

Betonilattialle asetetaan tiettyjä vaatimuksia, jotta sen päällystäminen onnistuisi. Näitä ns. laatutekijöitä ovat lattiabetonin kosteus, betonipinnan lujuus, kulutuksen kesto, betonipinnan tasaisuus, sileys ja puhtaus.

Lattiabetonin kosteudella tarkoitetaan betonin ja sen päällä mahdollisesti olevan tasoitekerroksen kosteuspitoisuutta. Kosteuspitoisuus ilmoitetaan yleensä betonin suhteellisena kosteutena, koska se on päällystystyön kannalta käyttökelpoisin lattiabetonin kosteuden ilmaisumenetelmä. Mittaus suoritetaan kosteusherkällä anturilla betoniin poratusta reiästä. Mitattaessa on lattian ja ilman lämpötilan oltava vähintään sama kuin lattian käyttölämpötila. Epoksi-, akryyli- ja polyesterimuovimassoilla betonilattiaa päällystettäessä tulee suhteellisen kosteuden olla enintään 97 % ja polyuretaanimuovimassoilla enintään 90 %. Suuntaa-antavana kosteuspitoisuuden toteamismenetelmänä voidaan käyttää esim. muovikalvon (noin 1 m²) levitystä betonilattialle vähintään yhden vuorokauden ajaksi. Muovikalvo levitetään lattiaa vasten tiiviisti esimerkiksi reunat teippaamalla. Muovikalvon alle betonin pintaan kerääntyvä kosteus on merkinä haihtumaan pyrkivästä liallisesta kosteudesta. Näissä olosuhteissa lattiabetonissa on liikaa kosteutta ja päällystystyötä ei saa aloittaa /9/.



Kuva 18.
Betoni muovipinnoitteen alla on ollut liian kostea.

Figure 18.
Concrete layer under the coating has been too wet.

Päällystettävälle lattiapinnalle asetettava lujuusvaatimus riippuu päällystetyypistä ja lattialle tulevasta rasituksesta. Mitä lujem-

min päällyste kiinnitetään pintaan ja mitä suurempi lattiaan kohdistuva mekaaninen rasitus on, sitä suuremman tulee pinnan lujuuden olla. Taulukossa 22 on esitetty eri päällystetyyppien edellyttämät lattiabetonin pinnan käsittelyt riittävän lujuuden saavuttamiseksi. Keskiuurissa rasituksissa tulee betonipinnan vähimmäisvetolujuuden olla $1,5 \text{ N/mm}^2$ ja suurissa $2,5 \text{ N/mm}^2$. Vetolujuuskokeet tehdään standardin SIS 184171 mukaan. Standardin mukaista koetta käytetään yleensä maalattaviin pintoihin, mutta sitä voidaan käyttää myös muilla tavoilla päällystettäviin pintoihin /9/.

Taulukko 22. Eri päällystetyyppien edellyttämät lattiabetonin pinnan käsittelyt riittävän pintalujuuden saavuttamiseksi/9/.

Table 22. The surface treatments of concrete floors depending on the type of cover to achieve the demanded strenght /9/.

Päällystetyyppi Type of cover	Lattiabetonin pinnan käsittely Surface treatment of concrete floor
Maalit Lakat Paint Varnish	Sementtiliimakerros hiotaan pois Lattioissa, joissa on pieni rasitus, riittää hyvin tehty teräshiertopinta Ei tasoitetta The top layer has to be sanded down To floors with small stress, steel-trowelling when laying the concrete is enough No filler is used
Muovimassat Plastic compounds	Suosittelavin sementtiliiman poistotapa on teräspuhallus. Muita mahdollisia poistotapoja ovat jyrshintä, hionta ja happopecittaus. Ei tasoitetta. Jos tarpeen, mahdolliset notkopaikat tasataan hiekalla muovia sideainena käyttäen. Plasting with steel balls is recommended. Other possibilities are cutting or sanding or pickling with acid. No filler is used. If necessary, filler is made of sand and plastic compound.
Muovimatot Muovilaatat Vinyl floor coverings Plastic tiles	Teräshiertopinta Tasoite tarvittaessa Lattioissa, joissa on suuri rasitus, hiotaan sementtiliimakerros pois ja tasoitetta on vältettävä Steel-floated concrete Filler used when needed The top layer of floors with heavy stress has to be sanded down and use of filler should be avoided.
Keraamiset laatat Ceramic tiles	Puuhierretty betonipinta Wood-floated concrete

Betonin kulutuskestävyyttä ei ole aina helppo arvioida tai mitata edes samalla kulumismekanismilla siten, että tulos vastaisi täysin todellisuutta. Kulutuskestävyyttä mitataan yleensä SFS-standardien 3938 ja 3939 mukaisilla pyörärasituksen kesto-kokeilla ja kulumisen profiilimittauksessa saa olla korkeintaan tapauskohtaisesti asetetun raja-arvon suuruinen /9/.

Päällystettävän pinnan tasaisuusvaatimukset esitetään yleensä kirjaimin A₀, A, B, C ja D, joista A₀ on vaativin. Tasaisuuden arvosteluperusteina käytetään lattian hammastusta, aaltoilua ja kaltevuusvirheitä, mutta ei karheutta. Päällystettävän pinnan sileys ja karheus ovat pienimittaisen tasaisuuden eri asteita. Karheudella tarkoitetaan pääasiallisesti hiertotyöstä johtuvaa pienimittaisena esiintyvää epätasaisuutta. Pinnan karheus tulee esille ohuen päällysteen läpi. Paksujen muovimassa- ja keraamisten laattapäällysteiden kohdalla alustan kohtuullinen karheus parantaa päällysteen tarttuvuutta /9/.

Päällystettävän pinnan puhtaudella tarkoitetaan sitä, ettei betonin tai tasoitteen pinnassa tai siihen imeytyneenä saa olla haitallisia aineita (liuotteita, maaleja, öljyjä ym.) eikä kiinteää tai irtonaista muuta ainetta (betonia, sementtiä, hiekkaa, sahanpurua ym.). Pinnan puhtaus todetaan silmämääräisen tarkastelun tai käsin tapahtuvan tunnustelun perusteella /9/.

Jotta pinnoitustyö onnistuisi toivotulla tavalla, tulee sekä pinnoitteen tekemisen että kuivumisen aikana ilman, työstettävän pinnan ja pinnoitteen lämpötilan olla yli + 10 °C. Suosituslämpötila on yleensä + 15 - + 20 °C. Mitä alhaisempi lämpötila on, sitä pidemmäksi pinnoitteen kuivumisaika ennen käyttöönottoa muodostuu. Jos lämpötila on paljon korkeampi, jähmettyy pinnoite liian nopeasti, jolloin lopputulos kärsii. Ilman suhteellisen kosteuden tulee olla alle 80 %.

2.2. Koeruudut

Käytännön kokeet tehtiin kahdella maatilalla. Vihtiin mv. Pentti Saarion uuteen pihattoon valettiin erilaisista betoneista ruokintapöydän ja parsien pinnat sekä maitohuoneen, toimiston ja lypsyaseman lattia. Lisäksi kolme koeruutua käsiteltiin muovipinnoitteella, jotta koekohteiden kulutusrasitusta voitiin verrata toisiinsa. Navetan pohjapiirustus ja koeruutujako on esitetty liitteessä 7. Askolassa mv. Pentti Suokannaksen vanhan parsinavetan ruokintapöytä kunnostettiin erilaisilla muovipinnoitteilla. Navetan pohjapiirustus ja muoviruutujako on esitetty liitteessä 8.

2.2.1. Betoniruutujen valaminen

Betoniruudut valettiin 24. - 27.4.1990. Työssä käytettiin viittä erilaista betonimassaa, joista kaksi sekoitettiin paikanpäällä, kaksi toimitettiin valmiina betoniasemalta ja yksi oli ns. kuivabetoni, johon sekoitettiin vain vesi. Paikalla ja betoniasemalla sekoitettujen betonien seossuhteet on esitetty taulukossa 23. Työmaalla massat valmistettiin tavallisella betonimyllyllä ja kaikki aineosat punnittiin erikseen. Runkoaine oli jaettu kahteen lajitteeseen 0 - 8 mm ja 8 - 16 mm suhteessa 60/40.

Samoin betoniasemalta tilatun massan runkoaine oli raekooltaan 0 - 16 mm. Farmi-betonin runkoaine poikkesi huomattavasti muista ollen 0 - 3 mm. Seokseen lisättiin kolmeen säkilliseen kuivabetonia 10 - 11 litraa vettä. Käyttöohjeen mukaan olisi vettä pitänyt lisätä 5 - 6 litraa säkilliseen, mutta tällöin massasta tuli aivan liian notkeaa.

Taulukko 23. Käytännön kokeen betonimassojen seossuhteet 1 m³:ssä.
Table 23. Concrete mixtures used in field tests (in barns on farms), recipe for 1m³.

Betoni <i>Concrete</i>	Vesi Kg <i>Water</i> Kg	Runkoaine Kg <i>Sand and gra- vel</i> Kg	Sideaine Nimi/kg <i>Cement</i> <i>Trade-mark/kg</i>	Seosaine Nimi/Kg ¹⁾ <i>Additive</i> <i>Name/kg¹⁾</i>	Notkistin Nimi/% ²⁾ <i>Plasticizer</i> <i>Trade-mark/%²⁾</i>
Yleis	180	1800	Yleis/400	-	P/1-2
Masuuni	180	1800	Masuuni/400	-	P/1-2
K-40	175		Rapid/361	Lt/88	L/0,3
K-80	175		Rapid/478	Si/46	F/2,0 L/0,3
1) Lt = lentotuhka, Si = silica 2) P=Peramin F, L=Lentan, F=Fliesmitt, % = prosenttia sementtimäärästä 1) Lt = ash, Si = silica 2) P=Peramin F, L=Lentan, F=Fliesmitt, % = percentage of the amount of cement					

Makuuparsien suunniteltu betonointipaksuus oli 50 mm samoin lattiapintojen. Makuuparsien pinta oli suunniteltu puuhierrettäväksi, jotta niistä ei tulisi liian liukkaita. Lattiapinnat oli suunniteltu teräshierrettäviksi. Ruokintapöydän suunniteltu betonointipaksuus oli 70 mm, koska pöydän oletettiin olevan kovemman rasituksen alaisen kuin muut betonipinnat, ja koska se oli poikkileikkaukseltaan keskelle nouseva ja haluttiin varmistaa, että joka kohtaan tuli riittävä betonikerros. Ruokintapöydän pintakäsittelyksi oli suunniteltu teräshierto. Kaikkien ruutujen työtekniikka oli periaatteessa suunniteltu samanlaiseksi; ensin massan levitys ja tiivistys, sitten tasoitus linjaarilla ja lopuksi pinnan kuivuttua sopivaksi hierto. Rakenneleikkaukset on esitetty liitteessä 9.

Työ aloitettiin valamalla makuuparsiin ensin yleisbetoniruudut ja sitten masuunibetoniruudut. Seuraavana päivänä valettiin farmibetoniruudut makuuparsiin sekä farmi- ja yleisbetoniruudut ruokintapöytänsä. Ruokintapöydässä yleisbetoniruudut olivat puolet leveämpiä kuin muiden koemassojen ruudut, koska muovipinnoitekoe suoritettiin näihin ruutuihin pinnoittamalla. Kolmantena päivänä valettiin K-80-betoniruudut ruokintapöytänsä sekä ruokinta-automaatin vaatima parsi. Varsinaisia makuuparsia ei tällä betonilla valettu lainkaan. Lisäksi valettiin kyseisellä massalla maituhuoneen ja lypsyaseman lattia. Viimeisenä päivänä valettiin K-40-betoniruudut makuuparsiin ja ruokintapöytänsä sekä toimiston lattia ja käytäväosuudet. Lypsytysvennyksen lattiaan

Kuva 19.
Farmibetoniruutu ruokintapöydällä, tärytys, tasaus ja puuhierto peräjälkeen.

Figure 19.
Concrete floor in preparation.



käytettiin useammanlaista massaa sekaisin, joten sitä ei voitu tarkkailla koeruutuna. Samoin parsiin 21 ja 22 käytettiin sekaisin yleis- ja rapidbetoneja, joten näitäkään ei voitu tarkkailla koeruutuina.

Työn aikana massojen työstettävyydestä tehtiin seuraavanlaisia havaintoja. Yleis-, masuuni- ja K-40-betoni olivat helppoja tiivistää, tasata ja hiertää, koska niissä oli runsaasti hienoa ainesta. Masuunibetoni vaati ennakoarvioiden mukaisesti huomattavasti pidemmän ajan kuivumiseen ennen hiertoa kuin muut betonit. Farmibetonin tiivistäminen oli vaikeampaa kuin muiden betonien, koska siihen nousi helposti ilmakuplia, joiden poishiertäminen oli työlästä. Samoin tasoittaminen oli vaikeampaa, koska massa oli plastista ja liikkui tasoittimen mukana, jolloin pintaan jäi helposti pieniä halkeamia. Hiertäminen oli helppoa, koska massa oli hyvin hienorakeista. Hienorakeisuudesta johtuen parsien pinnat jäivät puuhierron jälkeen liian tasaisiksi ja ne karhennettiin harjaamalla. Farmibetoni jähmettyi melko nopeasti, jolloin kaikki työvaiheet yhdessä koeruudussa piti tehdä valmiiksi ennen kuin voitiin siirtyä seuraavaan ruutuun. Ruokintapöydän kaltevalla osuudella massa ei tahtonut pysyä paikoillaan, vaan valui hieman pöydän reunaa kohti. Tästä syystä yhteen ruokintapöytäruutuun jäi selvä halkeama ja muihin pieniä poreita. Nämä olisi ilmeisesti voitu välttää, jos ruudut olisi tarkastettu muutaman tunnin kuluttua valusta. Seuraavana päivänä niitä ei enää voinut korjata. K-80-betoni oli huomattavan kivistä. Koska siinä ei ollut hienoa ainesta juuri lainkaan sen tiivistäminen ja tasoittaminen oli hankalaa, ei kuitenkaan yhtä hankalaa kuin Farmibetonin. Hiertäminen oli erittäin työlästä käsityövälinein. Etenkin nurkat ja lattiakaivojen reunat tuottivat hankaluuksia. Parhaaksi hiertomenetelmäksi tiiviin lattiapinnan aikaan saamiseksi todettiin ensin puuhierto ja sitten vasta teräshierto.

Jälkihoitotoimenpiteinä betoniruutuja kasteltiin joka päivä ensimmäisiä valuja 10 päivän ja viimeiseksi tehtyjä 7 päivän ajan. Lisäksi Farmibetoniruudut makuuparsissa olivat peitettynä muovilla 10 päivän ja ruokintapöydällä 2 päivän ajan.

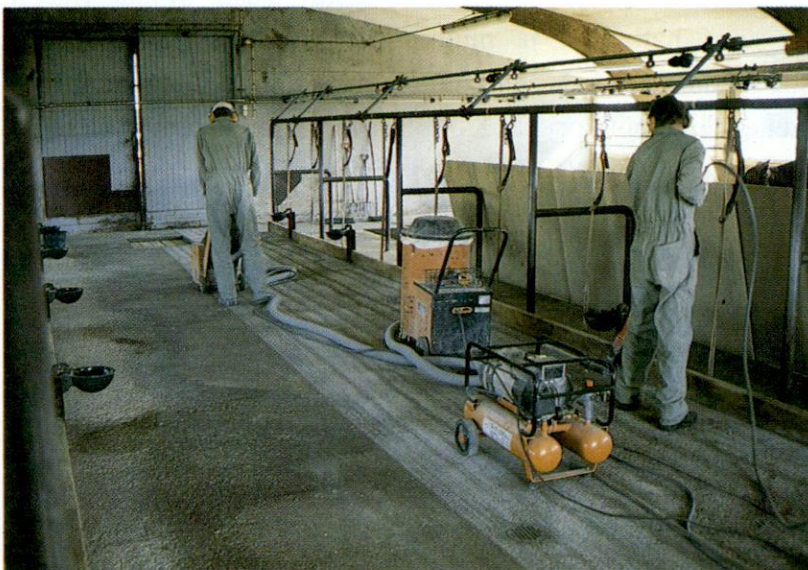
Kun betoniruudut olivat kuivuneet riittävästi, irrotettiin ruutujen väliin asetetut rimat, kasteltiin syntyneet urat ja täytettiin ne juotosbetonilla. Lopuksi ne hierrettiin ja pyrittiin samalla saamaan mahdollisimman tasaisiksi viereisten ruutujen kanssa.

2.2.2. Muoviruutujen pinnoittaminen

Saarion navettaan uudelle betonille pinnoitetut EP-10-epoksiruudut pohjustettiin, kun valusta oli kulunut noin 3 viikkoa. Koeruudut happopeitattiin 10-prosenttisella AIV II -liuksella. Happoliuksen annettiin vaikuttaa 10 - 15 minuuttia, jonka jälkeen ruudut huuhdeltiin hyvin vedellä. Tämän jälkeen betonipinnan annettiin kuivua runsaan viikon ajan. Varsinainen pinnoitustyö aloitettiin lämmittämällä koeruutujen pintaa nestekaasuliekillä, koska betonipinnan lämpötila oli vain +11°C. Ensimmäinen kerros siveltiin 30 - 35 % vedellä laimennetulla pinnoitteella. Ruokintapöydän keskiosalle pintaan heitettiin karhenteeksi kvartsihiekkää ennen kuin pinnoite oli ehtinyt kuivua. Seuraavana päivänä harjattiin ylimääräinen kvartsihiekkä pois ja siveltiin toinen kerros ohentamattomalla pinnoitteella.

Suokannaksen navetassa ruokintapöytä pinnoitettiin 11. - 20.6.1990. Työn suoritti viidessä koeruudussa pinnoitteen toimittanut yritys tai muovipinnoitteisiin erikoistunut urakoitsija ja vain yksi koeruutu pinnoitettiin VAKOLAn omana työnä. Ruokintapöytä oli edellisellä viikolla pesty hyvin painepesurilla ja sen jälkeen vain harjattu päivittäin puhtaaksi. Pinnoitustyö aloitettiin jyrsimällä pöytä kauttaaltaan, jolloin vanha pehmennyt ja pinttynyt pintakerros saatiin pois. Pahimmin syöpyneet reiät pyrittiin piikkaamaan puhtaiksi, jotta pinnoitteille saatiin kiinteä tartuntapohja. Pinnoitustyön kestäessä lehmät kävivät lypsettävinä ja syömässä navetassa. Tätä varten pöytä päivän päätteeksi aina katettiin lastulevyillä, ettei jauhopöly tai vesi pääsyt pilaamaan koeruutuja.

EP-10-ruutu pohjustettiin noin 30 % vedellä ohennetulla pinnoitteella telalla ja pensselillä työskennellen. Kun pinta oli kuivahtanut hiukan, tasoitettiin pöydän epätasaisuuksia muovikitillä, jota valmistettiin sekoittamalla ohentamatonta pinnoitetta ja sementtiä suhteessa 1:1,5.



Kuva 20.
Vanhan betonilattian jyrsimää.
Figure 20.
Cutting an old concrete floor.

Tasoiheen annettiin kuivua seuraavaan päivään. Nyt pinta käsiteltiin ohentamalla pinnoitteella ja karhenteeksi pöydälle heiteltiin kvartsihiekkaa, keskiosalle runsaammin ja syöntialueelle niukemmin. Kun pinta oli kuivunut noin 5 tuntia, harjattiin irtonainen kvartsihiekkaa pois ja pinta viimeisteltiin ohentamattomalla pinnoitteella. Ruutu voitiin ottaa käyttöön seuraavan päivän iltana. Ainemenekki oli noin 4 litraa muovia/12,5 m² sekä tasoiheeseen noin 6 litraa pinnoitetta ja puoli säkillistä sementtiä ja karhennukseen 2 - 3 kg kvartsihiekkaa.

Polyuretaaniruutu pohjustettiin uretaaniprimer UR 490:llä levittämällä sitä telalla ja pensselillä puhtaalle betonipinnalle. Seuraavana päivänä ruutuun levitettiin lastalla uretaanipinnoite UR 500 ja telattiin pinta piikkitelalla. Kun pinnoite oli kuivunut 1,5 - 2 tuntia ripoteltiin ruutuun kvartsihiekkaa karhenteeksi. Ruutu voitiin ottaa käyttöön seuraavana päivänä. Ainemenekki oli hiekkaa ja muovia yhteensä noin 30 kg/10 m², kun tavoitteeksi oli asetettu 2,5 - 3 mm:n paksuinen pinnoitekerros. Pohjustukseen kului primeria noin 3 litraa ja lisäksi karhennukseen kvartsihiekkaa 2 - 3 kg.

Akryylimassaruutu pohjustettiin aluksi Monodur-primerilla. Kun primeri oli kuivunut 45 - 60 minuuttia, hierrettiin ruutuun kuivahko tasausmassa. Tasausmassalla loivennettiin ruokintapöydän jyrkkää reunaa ja pyrittiin kiinnittämään irtoamassa ollut ohut reunavalu paikoilleen. Tämän päälle levitettiin teräslastalla pintamassa. Kaikkiaan työhön kului aikaa noin 3 tuntia ja ruutu voitiin ottaa käyttöön jo samana iltana. Ainemenekki oli noin 8 - 9 kg muovia ja noin 35 kg hiekkaa /9-10 m². Tällöin pinnoitteen paksuudeksi muodostui 4 - 6 mm, joskin paikkauskohdissa massaa oli paksummaltikin. Lisäksi pohjustukseen kului noin 3 litraa primeria.

Epox-Torginol-massaruutu pohjustettiin primermassalla, joka hierrettiin teräslastalla ruokintapöytäan. Seuraavana päivänä pinta hiottiin kevyesti ja hiekalla täytetty epoksimassa levitettiin ruutuun teräslastalla. Kolmantena päivänä pinta hiottiin jälleen kevyesti. Tämän jälkeen ruutuun levitettiin telalla epoksinpinoitetta ja sen päälle ripoteltiin karhenteeksi kvartsihiekkaa, jonka jälkeen hiekka sekoitettiin telaamalla pinnoitteeseen. Ruutu voitiin ottaa käyttöön seuraavana päivänä. Ainemenekki oli pohjustukseen, massaukseen ja pintakarhennukseen yhteensä noin 20 litraa muovia/12,5 m² sekä karkeaa hiekkaa 10 - 12 kg, puhallushiekkaa 8 - 9 kg ja 1 - 2 kg kvartsihiekkaa, jolloin massan paksuudeksi tuli noin 4 - 5 mm.

Reafloor 2500 -massaruutu pohjustettiin noin 30 % ohenteella ohennetulla Reafloor 200 -epoksilakalla, jonka annettiin imeytyä ja kuivua 1 - 1,5 tuntia. Tämän jälkeen syöpyneet kohdat kitattiin lakan ja kvartsihiekan seoksella, joka oli sekoitettu suhteessa noin 1:3. Pinnan annettiin kuivua seuraavaan päivään, jolloin siihen levitettiin säätölastalla massakerros. Ruutu telattiin ristiin piikkitelalla huolellisesti. Osalle ruutua ripoteltiin kokeeksi karhennushiekkaa, jotta kulkureitille saataisiin karkeampi pinta. Kolmantena päivänä ruutuun telattiin ohentamatonta Reafloor-lakkaa ja siihen ripoteltiin hiekkaa, joka telaamalla sekoitettiin lakkakerrokseen. Ruutu voitiin ottaa käyttöön seuraavana päivänä. Pohjustukseen käytettiin lakkaa noin 15 l/15 m²,

massaukseen 20 l muovia/15 m² ja karhenteen tekemiseen 3 - 4 litraa lakkaa. Lisäksi käytettiin kiviainesta tasausmassaan, massan täyttämiseen ja karhenteeseen. Tavoitteena oli noin 3 mm paksu pinnoitus.



Kuva 21.

Karhennettua ja karhenta-
matonta epoksimassaruu-
tua.

Figure 21.

*An epoxy compound with
and without sand.*

Viimeinen epoksiruu-
tu tehtiin Inerta 150 L
-massalla. Kyseinen
epoksi ei ollut viralli-
sesti mukana laborato-
riokokeissa, mutta

sillä oli käsitelty koekappaleiden reunoja ja taustoja, ja se kesti happorasituksia hyvin. Koeruudun työstäminen aloitettiin tekemällä kulmahiomakoneella urat muiden pinnoitteiden ja kynnyksen rajakohtiin. Tämän jälkeen ruutu pohjustettiin 30 - 40 % ohenteella ohennetulla Epirex 300 -lakalla. Lakan annettiin imeytyä ja kuivua seuraavaan päivään. Epätasaiset kohdat kitattiin Epirex-kovakitillä, samoin irtoamassa ollut ohut reunavalu kitattiin kiinni, minkä jälkeen ruutuun levitettiin epoksimassa säätölastalla ja se telattiin piikkitelalla ristiin. Kolmantena päivänä pinta hiottiin kevyesti. Ruutuun levitettiin kampalastalla muovipinnoitetta, jonka pintaan siroteltiin luonnonhiekkaa ja telattiin hiekka muovin sekaan. Ruutu voitiin ottaa käyttöön noin yhden vuorokauden kuluttua. Pohjustukseen kului lakkaa noin 10 l/15 m². Varsinainen massa oli sekoitettu suhteessa 10 litraa muovia, 5 kg hiekkaa raekoko 1 - 2 mm ja 10 kg hiekkaa raekoko 0,1 - 0,6 mm. Tällä seoksella saatiin valmista pintaa noin 4,5 m², kun kerrospaksuudeksi tavoiteltiin 4 mm. Pintakarhennukseen muovia kului noin 1 litra/2 m², kun pinnoitteen paksuudeksi haluttiin 0,5 mm, ja luonnonhiekkaa rakeisuudeltaan 0,5 - 1,2 mm noin 3 kg/15 m².

2.3. Koeruutumateriaalien testaaminen ja lähtötilanteiden kartoittaminen

2.3.1. Betoniruudut

Koeruutujen valamiseen käytetyistä massoista valmistettiin kustakin 3 kpl puristuslujuuskuutioita kooltaan 150 × 150 × 150 mm³ ja 12 kpl koepaloja kooltaan 210 × 80 × 50 mm³. Näille suoritettiin samoja laboratoriokokeita kuin varsinaiseen laboratoriokoeosuuteen osallistuneille betoneille, jotta laboratoriossa ja käytännössä saatuja tuloksia voitaisiin verrata keskenään.

VTT mittasi 28 vrk:n ikäisistä koekuutioista puristuslujuudet, jotka on esitetty taulukossa 24. Puristuslujuustulokset vastasivat laboratoriokokeissa saatuja tuloksia.

Samoin suoritettujen kemiallisen kestävyys-, mekaanisen ja mekaaniskemiallisen kulutuksen kestävyys- sekä kitka- ja karkeuskokeiden antoivat suurinpiirtein saman suuruisia tuloksia kuin laboratorioissa tehdyillä massoilla tehdyt kokeet (taulukko 25). Taulukossa on vertailumassana yleis b -betoni, josta on esitetty aiemmassa koesarjassa saadut tulokset sekä kemiallisen kestävyys osalta myös koeruutubetonien koetuksen yhteydessä saadut tulokset. Erot viimeksi mainituissa tuloksissa johtuvat happoliuosten erilaisista pH-arvoista. Farmibetonin kemiallisen kestävyys syöpymäärät ovat suurempia kuin muiden betonien, koska sen runkoaineen raekoko oli huomattavasti muita pienempi ja betoni siten syöpymäherkempää.

Taulukko 24. Kenttäkokeissa olleiden betonien puristuslujuudet.
Table 24. Compressive strength of concrete used in the field tests, measured by VTT.

Betoni <i>Concrete</i>	Lujuus MN/m ² <i>Strength</i> MN/m ²	Vaihteluväli MN/m ² <i>Variation</i> MN/m ²	Vesimenttisuhte kg/kg <i>Water cement ratio</i> kg/kg
Farmi	72,8	68,0 - 79,5	
K-80	71,3	65,0 - 76,0	0,33
K-40	49,2	47,0 - 53,0	0,39
Masuuni c	48,5	47,0 - 50,0	0,45
Yleis c	42,3	41,5 - 44,0	0,45

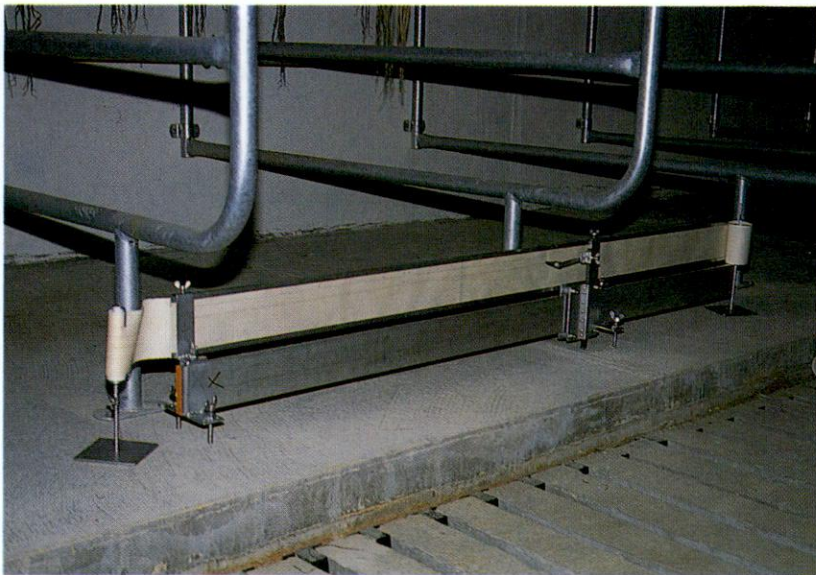
Taulukko 25. Kenttäkokeissa olleiden betonien laboratoriokokeiden tulokset.
Table 25. Results of the laboratory tests for concretes used in the field tests.

Betoni <i>Concrete</i>	Kemiallinen kestävyys Syöpymäsyvyys mm <i>Chemical resistance</i> <i>Depth of corrose</i> mm		Kulutuksen kestävyys Urasyvyys 1/100 mm <i>Resistance to abrasion</i> <i>Depth of abrasion</i> 1/100 mm		Kitka Kitkakerroin <i>Friction</i> <i>Coefficient</i>		Karkeus Painohäviö mg <i>Roughness</i> <i>Lost of weight</i> mg
	AIV-II <i>Formic acid</i>	Maitohappo <i>Lactic acid</i>	Mekaaninen <i>Me- chanical</i>	Mekaaniskemiallinen <i>Both mechanical and chemical</i>	Lepo <i>Static</i>	Liike <i>Sliding</i>	
	Farmi	5,99	7,12	60	70	0,39	
K-80	5,17	4,49	55	60	0,43	0,30	212
K-40	3,62	6,06	70	80			
Masuuni c	4,42	4,59					
Yleis c	4,01	6,50					
Yleis b	4,10	6,31					
Yleis b ¹⁾	3,82	4,45	80	105	0,47	0,36	313

1) Yleis b:stä aikaisemmassa laboratoriokokeessa saadut tulokset
1) *The results that were got during the previous laboratory test*

Kesäkuussa navetassa suoritettiin katselmus, jossa kartoitettiin halkeamat ja mahdolliset pinnan lohkeamat. Kahdessa makuuparressa, jotka oli tehty Farmibetonista, todettiin olevan noin 0,5 mm:n levyiset halkeamat pituussuunnassa. Näiden oletettiin syntyneen kutistumisen seurauksena. Masuunibetonimakuuparteen oli ilmaantunut kaksi noin 2 cm halkaisijaltaan olevaa läikkää, joista betonin pintakerros oli irronnut. Ruutu oli ilmeisesti hierretty hieman liian aikaisin. Ruokintapöydällä oli kolmessa farmibetoniruudussa halkeamia, joista osa oli syntynyt massan valuessa kohti pöydän reunoja ja osa kutistumisen seurauksena. Koska valumisesta johtuvien halkeamien katsottiin olevan niin syviä, että ne saattoivat ylittää raudoituksen asti, ne juotettiin EP-10-muovipinnoitteella. Kahdessa K-80-ruudussa oli pieniä hiushalkeamia, jotka olivat syntyneet ilmeisesti liian kosteana suoritettun hierron seurauksena. Myös lypsyasemalla oli tasaisesti pientä hiushalkeamaa, joka johtui ilmeisesti liian nopeasta kuivumisesta (pohjavalua ei kasteltu ja pintavalusta tuli suunniteltua ohuempi, noin 30 mm). Lypsyasemalla oli myös yksi poikittaissuuntainen noin 0,5 mm:n levyinen halkeama, joka johtui ilmeisesti massan kutistumisesta.

Lokakuussa, ennen kuin lehmät otettiin sisään pihattoon, käytiin makuuparsista, ruokintapöydästä sekä maitohuoneen lattiasta piirtämässä pinnan tasaisuusprofiilit, joita voidaan verrata kokeen lopussa suoritettaviin vastaaviin tasaisuusmittauksiin.



Kuva 22.

Betonipintojen tasaisuuden mittaamiseen käytetty laite.

Figure 22.

The equipment used to measure concrete floor surfaces.

2.3.2. Muoviruudut

Muovipinnoitteista määritettiin tartuntalujuudet lokakuussa, kun koeruudut olivat olleet käytössä noin neljä kuukautta. Tämä sen vuoksi, että pinnoitemateriaalien toimittajat epäilivät, ettei navetan lattian alla oleva sorapatja pelkästään riitä kosteuseristykseksi. Mittaukset suoritettiin VTT:n rakennusmateriaalilaboratorio. Tutkimusselostus ja näytteenottopaikat on esitetty liitteessä 10. Keskimääräiset tartuntalujuudet vaihtelivat 1,1:stä 4,1:een N/mm². Ne vastasivat keskiraskaalle ja raskaalle liikenteelle annettavia suosituksia, joten niitä voidaan pitää täysin riittävinä navettaolosuhteisiin. Tuloksissa kiinnittää huomiota joidenkin massojen murtuminen betonin ja pinnoitteen

rajapinnasta. Tämä viittaa betonilattian alta työntyvän kosteuden esiintymiseen tai jonkin asteiseen pohjustuksen epäonnistumiseen, mutta vasta muutaman vuoden käytön jälkeen voidaan päätellä, mikä on ilmiön todellinen syy ja onko siitä käytännössä jonkinlaista haittaa. Polyuretaanimassaruudussa on muihin nähden poikkeuksena, että pinnoite itsessään on murtunut. Tartuntalujuudet ovat kuitenkin niin suuria, ettei tästä ilmeisesti aiheudu käytön kannalta mitään haittaa.

Kuva 23.

Muovien tartuntalujuu-
den mittausta Saebergin
vetolaitteella.

Figure 23.

*Measuring the strength
of adhesion between the
coating and the concrete
with a Saeberg
pulling equipment.*



2.4. Lattiapintojen välitarkastukset

2.4.1. Betoniruudut

Saarion pihaton betonipinnat käytiin tarkastamassa kesäkuun alussa 1991. Pihatto oli otettu käyttöön lokakuussa 1990, joten betonipinnat olivat olleet käytössä noin 7 kuukautta.

Ruokintapöydässä betonien sementtiliimakerros oli kulunut pois. Silmämääräisesti ei muunlaista kulumista voitu havaita, eikä eri betonilaatujenkaan välillä voinut havaita kulumiseroja. Farmibetoniruutujen halkeamien muovijuotokset olivat kestäneet muuttumattomina. Eri ruutujen väliset saumat olivat tasoittuneet osaksi kulumisen osaksi urien täyttymisen johdosta. EP-10-pinnoitteella käsiteltyjen ruutujen väri oli muuttunut kellertävän vihertäväksi. Muuten ruuduissa ei ollut havaittavissa kulumista eikä pinnoitteen irtoamista. Pinnoitettujen ruutujen keskiosan karhennusta pidettiin onnistuneena, ruutu ei ollut osoittautunut liukkaaksi. Isäntäväen mukaan pinnoitetut ruudut olivat selvästi helpompia pitää puhtaana kuin pelkät betoniruudut. Eri betonien välisiä puhdistettavuuseroja ei oltu havaittu.

Lehmien makuuparsissa käytettiin hieman purua ja turvetta kuivikkeena, sen sijaan hiehoparsissa ei käytetty lainkaan kuiviketta. Parsista oli puuhierron jälkeinen karheus kulunut pois, muuten ne eivät silmämääräisesti tarkastellen näyttäneet kuluneilta. Parsia ei pidetty liian karkeina, minkäänlaisia jalkojen hiertymiä tai muita vaivoja ei ollut esiintynyt edes hiehoilla.

Maito huoneessa automaattipesurin poistoputki oli sijoitettu lattiakaivon yläpuolelle, mutta ei aivan kiinni lattiakaivoon. Tällöin poistovettä kertyi pesun aikana jonkin verran lattialle. Lattia ei silmämääräisesti näyttänyt kuluneelta, mutta käsin tunnustelemalla se tuntui lattiakaivon ympäriltä karheammalta kuin muualta. Maitotankin tyhjennussyhteen kohdalla ei lattiassa ollut kulumisen merkkejä, mikä selittynee sillä, että kyseisessä kohdassa pidettiin yleensä muoviastiaa putken alla.

Kaikkiaan isäntäväki oli tyytyväinen betonipintoihin. Etenkin riittävän suurilla kallistuksilla lattiakaivoihin päin pidettiin onnistuneina. Nyt lattia kuivui kauttaaltaan eikä siihen jäänyt kosteita kohtia.

2.4.2. Muoviruudut

Muoviruudut käytiin tarkastamassa Askolassa 13.6.1991, jolloin ne olivat olleet käytössä noin vuoden. Muoviruutujen välisten saumojen todettiin pysyneen hyvin kiinni samoin tartuntalujuuskokeen jälkeen tehtyjen paikkausten todettiin onnistuneen hyvin. Alapuolelta työntyvän kosteuden aiheuttamaa pinnoitteen kuplimista ei ollut havaittavissa missään ruudussa. Parsien ja ruokintapöydän välisenä erottajana toimiva lankku oli joutanut ja useimmat pinnoitteet olivat haljenneet lankun ja ruokintapöydän välisestä saumasta.

EP-10-ruudussa ei ollut silmin havaittavaa kulumista. Karhenne oli pysynyt hyvin ruudun pinnassa. Vain pinnoitteen väri oli muuttunut hieman vihertäväksi. Ruutua tehtäessä tasausmassa oli jäänyt hieman epätasaiseksi, jolloin ohut pinnoite ei ollut riittänyt tasoittamaan uria ja niin ollen ruutu oli hiukan hankalampi pitää puhtaana kuin muut ruudut. Tasausmassa olisi pitänyt hioa ennen varsinaisen pinnoituksen tekemistä.

Epox-Torginol -ruutu oli moitteettomassa kunnossa, edes värimuutosta ei ollut havaittavissa. Syöntialue, joka pinnoitustyötä tehtäessä jätettiin vähemmälle karhennukselle, oli todettu hiukan liian liukkaaksi lehmien lähtiessä pöydän kautta ulos. Muuten liukkaammat kohdat oli parempi pitää puhtaana kuin karheampi keskialue.

Reafloor 2500 -massaruutu oli pysynyt moitteettomassa kunnossa. Samoin väri oli pysynyt muuttumattomana. Kahteen kertaan karhennettu kulkureitin osuus oli isännän mielestä erittäin hyvä, eikä se puhdistettaessa tuottanut mitään hankaluuksia. Vaalealla hiekalla tehty karhennus antoi koko ruudulle vaaleahkon sävyn.

Inerta 150 L -ruutu oli moitteettomassa kunnossa. Koska ruutu ei ollut varsinaisen ruokintapöydän kohdalla, ei siinä havaittu minkäänlaisia värimuutoksiakaan. Ruutu karhennettiin tekovaiheessa runsaasti, mitä isäntä piti erittäin hyvänä. Nyt ruutu ei ollut liukas, vaikka lehmät sisääntullessaan toivat siihen kosteutta ja savea.

UR 500 -polyuretaanilla tehty ruutu oli pysynyt melko hyvässä kunnossa. Vain akryyliruudun puolella, juomakupin vieressä pinnoite tuntui hieman pehmenneen ja se lähti irti kynällä kaivamalla. Irti lähtenyt kappale murtui sormin taivattamalla. Irtoaminen johtuu ilmeisesti juomakupista lankkua myöten valuneen veden

pääsemisestä pinnoitteen alle. Pehmennyt alue oli tässä vaiheessa hyvin pieni, eikä se aiheuta haittaa ruokintapöydän käytölle. Isännän mielestä polyuretaaniruutu oli kuivana hyvän tuntuinen, mutta kosteana hieman liian liukas. Karhennuksen olisi hänen mukaansa voinut tehdä hieman karkeampirakeisella hiekalla kuin mitä oli käytetty.

Monodur-akryyliruutu oli pysynyt moitteettomassa kunnossa, vain väri oli hiukan muuttunut. Ruutu tuntui harjatessa hieman karheammalta, mikä johtuu ilmeisesti siitä, että ruutuun ei tehty pintalakkausta. Isännän mukaan puhdistettavuudessa ei kuitenkaan ole eroa muihin ruutuihin nähden.

Yleiskommenttina isäntä totesi muovipintojen olevan erittäin helppohoitoisia verrattuna vanhaan betonipöytään. Keväällä, kun lehmiä oli laskettu ensimmäisiä kertoja ulos, olivat lehmät hiukan liukastelleet, mutta nyt ne olivat jo tottuneet kulkemaan muoviruuduilla.

2.5. Kenttäkokeiden lopputarkastukset

5.1 Betonikoeruudut

Betonikoeruudut lopputarkastettiin 4.8.1993, jolloin koeruudut olivat 34 kk vanhoja.

Ruokintapöydässä betonista oli kulunut alkukarheus pois ja mitattaessa tasaisuusmittarilla pintoja saatiin alkuperäistä viivaa suurempi jälki. Minkäänlaista kulumaa syöntialueella ei voitu mitata missään betonilaadussa. Käsin tunnustelemalla farmibetoniruutu tuntui muita tasaisemmalta, mikä johtunee pienirakeisemmasta runkoaineesta. Farmibetoniruutujen muovijuotoksissa ei ollut tapahtunut muutoksia. EP-10-pinnoitteella käsiteltyihin ruutuihin oli syntynyt pieniä pinnoitteen puhkikulumia lehmien ja vasikoiden syöntialueelle. Puhkikulumat kattoivat noin 5 % syöntialueesta. Näissäkin kohdissa betoni ei ollut syöpynyt. Muoviruutujen väri oli muuttunut voimakkaammin keltavihreäksi kuin välitarkastuksessa havaittu. Ruokintapöydässä olleet juotossaumat olivat tasoittuneet eivätkä erottuneet enää niin hyvin kuin uutena. Isäntäväen mukaan pöytä oli helppo puhdistaa harjaamalla, muovitettu alue kaikkein helpoin, betonien välillä ei oltu huomattu mitään eroa. Muovipinnoitteen karhennus ruokintapöydän keskiosalla oli säilynyt hyvänä eikä pöytä niiltä osin ollut liukas.

Makuuparsissa käytettiin lemillä kuivikkeena pääasiassa purua, hiehoparsissa ei kuiviketta käytetty. Makuuparret eivät silmämääräisesti tarkasteltuina näyttäneet kuluneilta, eikä niistä voitu mittaamalla havaita kulumaa. Parsi, jossa oli ruokinta-automaatti, ei silmämääräisesti tarkasteltuna näyttänyt kuluneen. Käsin tunnustelemalla siinä oli joitakin karkeamman tuntuksia kohtia.

Maito huoneessa automaattipesurin alapuolisen lattiakaivon ympäriltä lattia näytti hieman karhentuneen, mittaamalla siitä ei kulumaa havaittu. Maitotankin tyhjennysyhteen alapuolinen lattia ei ollut syöpynyt, koska ko. kohdassa pidettiin yleensä muoviastiaa. Lattiavalun kuivumisen yhteydessä syntyneet pienet halkeamat eivät olleet muuttuneet, mutta niihin oli kerääntynyt hieman likaa. Kaikkiaan maito huoneen lattia näytti hyväkuntoiselta, koska riittävien kallistusten ansiosta lattialla ei yleensä ollut vesilammikoita.

Varsinaisen tutkimusohjelman ulkopuolisena työnä oli valettu lypsyaseman lehmäkäytävä. Siitä oli betoniliimakerros kulunut pois ja pinta hiukan karhentunut. Pienet kutistumishalkeamat eivät olleet syventyneet, vaikka alue pestiin kaksi kertaa päivässä.

Kaikkiaan valetut betonilattiat olivat hyvässä kunnossa ja isäntäväki oli niihin hyvin tyytyväinen. Ruokintapöydän muotoon isäntä esitti muutokseksi etuesteen ja syöntitason liitoksen pyöristämisen, jolloin ko. saumakohta olisi helpommin puhtaanapidettävä. Etenkin, jos väkirehu syötetään ruokintapöydältä, olisi pyöristys hänen mielestään tärkeä.

2.5.2. Muovikoeruudut

Koeruudut käytiin tarkastamassa Suokannaksen navetassa 8.6.1993, jolloin pinnoitteet olivat 36 kk vanhoja. Muoviruutujen väliset saumat olivat pysyneet hyvin kiinni samoin tartuntalujuuskokeen jälkeen tehdyt paikkaukset. Alapuolelta työntyvän kosteuden aiheuttamaa pinnoitteen kuplimista ei ollut havaittavissa missään ruudussa. Kaikissa lehmien syöntialueella olevissa ruuduissa oli tapahtunut värimuutoksia, säilörehun vaikutuksesta ne olivat muuttuneet osin keltavihreiksi. Myös Inerta 150 L-ruutu oli haalistunut, mikä valmistajan mukaan oli seurausta siitä, että massa ei ole väristabiili. Pintakerrokseen ripoteltu karhenne oli kaikissa ruuduissa pysynyt hyvin kiinni, vaikka lehmät kulkivat kesäisin ruokintapöydän kautta ulos.

EP-10-ruutu oli osin kulunut puhki, arviolta 10 % pinnasta. Etenkin pohjan taseusmassaan jääneiden epätasaisuuksien kohdalta pinnoite oli puhki osin myös muualta, kuva 24. Puhkikuluneiden kohtien reunoille oli muodostunut kosteuden aiheuttamaa kuplimista ja pinnoite oli näiltä osin pehmennyt. Ruudun puhtaanapitämiseen puhkikuluminen ei vielä ollut vaikuttanut.



Kuva 24.

3 vuotta ruokintapöydällä käytössä ollut EP-10 pinnoite.

Figure 24.

EP-10 epoxy coating on a feeding table after 3 years.

Epox-Torginol -ruutu oli moitteettomassa kunnossa pientä värimuutosta lukuunottamatta. Niukemmalle karhennukselle jäänyt syöntialue oli edelleen osoittautunut hieman liian liukkaaksi laitumelle lähteville eläimille, jotka mielellään kiersivät käytävän kautta. Isäntä harkitsi lisäkarhenteen laittamista ko. kohtiin. Valmistajan mukaan lisäkarhennuksen kustannus olisi noin 18 mk/m². Ruutu oli helppo pitää puhtaana, niukemmin karhennetut kohdat muuta osaa helpompia.

Reafloor 2500 -massaruutu oli lievää värimuutosta lukuunottamatta moitteettomassa kunnossa. Ruudun karhennus oli riittävä sekä syöntialueella että käytäväosuudella. Ruudun puhdistaminen oli karhenteen määrästä riippumatta helppoa.

Inerta 150 L -ruutu oli pysynyt värin haalistumista lukuunottamatta moitteettomassa kunnossa. Koska ruutu ei sijainnut lehmien syöntialueella, siihen ei ollut tarttunut väriä säilörehusta. Runsas karhennus oli osoittautunut erittäin hyväksi, edes kosteana ruutu ei ollut liukas lehmän sorkan alla. Ruudun alle jäänyt osin irtonainen reunavalu näytti kiinnittyneen tasauskittauksen ansiosta, eikä ollut aiheuttanut pintaan vaurioita.

UR 500 -polyuretaaniruutu oli moitteettomassa kunnossa. Välitarkastuksessa havaittua pinnoitteen pehmenemistä ja irtoamista ei ollut enää havaittavissa. Tämä ilmeisesti siksi, että navetassa oli uusittu juomakuppien vesiputkitukset. Ruutu oli edelleenkin kosteana liukas ja lehmät olivat ensimmäisiä kertoja uloslähtiessään liukastuneet siinä. Ruutu oli helppo pitää puhtaana.

Monodur-akryyliruutu oli pysynyt moitteettomassa kunnossa lievää värimuutosta lukuunottamatta. Ruudun alle jäänyt osittain irtonainen reunavalu oli pysynyt paikoillaan eikä siten ollut vaurioittanut ruutua. Ruutu tuntui edelleen karheammalta kuin muut ruudut, mutta puhdistamisessa ei ollut huomattavaa eroa.

Yleisesti isäntä piti muovipinnoitusta hyvin onnistuneena ja helppohoitoisena. Vain EP-10-ruutu tulee jossain vaiheessa pinnoitettavaksi uudelleen paksummalla materiaalilla.

2.6. Aikaisemmin suoritettuja kenttäkokeita sekä niiden rinnastaminen tässä tutkimuksessa saatuihin tuloksiin

2.6.1. Pohjoismaisia tuloksia

Tanskassa Statens Jordbrugstekniske Forsøg on tehnyt muovipinnoitteiden kenttäkokeita, joiden tulokset on koottu taulukkoon 26.

Taulukko 26. SjF:n suorittamien muovipinnoitteiden kenttäkokeiden tuloksia /10/.

Koeaine	Aika, kk	Tulokset	Vertailuaine ^{a)}
Inertol - 100G tervaepoksi	26	Navetan ruokintakourussa pinnoitteesta n. 1/3 kulunut ja kuoriutunut pois ja alusbetoni syöpynyt noin 11 mm.	syöpynyt noin 24 mm
Icosit 277 epoksi	26	Navetan ruokintakourussa noin 30 % pinnoitteesta kulunut pois ja alusbetoni syöpynyt noin 7 mm.	syöpynyt noin 24 mm
Epoxy LAM 1-kertainen käsittely	26	Navetan ruokintakourussa noin 20 % pinnoitteesta kulunut pois ja alusbetoni syöpynyt noin 11 mm.	syöpynyt noin 24 mm
Epoxy LAM 2-kertainen käsittely, välissä lasikuitua	26	Navetan ruokintakourussa ei vaurioita	syöpynyt noin 24 mm
Polygrund 1-kert.käs + Polybetol 2-kert.käs. esterit	26	Navetan ruokintakourussa ei vaurioita ^{b)} Ruokintapöydässä alustasta johtuvaa irtoamista.	
Eworal Gulv epoksi	24	Navetan ruokintapöydän pinnoite pysynyt hyvin kiinni ja hiekkalisäys tehnyt pinnasta sopivan karhean.	
	18	Navetan ruokintapöydällä kohdissa, joissa ei käytetty täytehiekkää, paikallisia kulumia.	
Alfa-Plast Grund epoksi	26	Navetan ruokintakouruissa ja parsissa ei vaurioita	
	27	Nuorkarjan ruokintapöydällä ja parsissa ei vaurioita	
a)	vertailuaineena uusi käsittelemätön betoni		
b)	pinnoitettu 8 päivää vanhalle betonille		

Table 26. Results of the fieldtests in a dairy farm with different kind of plastics made by SjF/10/.

Test material	Time, month	Results	Reference ^{a)}
<i>Inertol - 100G tar-epoxy</i>	26	<i>1/3 of the coating on the feeding gutter has worn and peeled of and the depth of corrosion in the concrete below is about 11 mm.</i>	<i>depth of corrosion is about 24 mm</i>
<i>Icosit 277 epoxy</i>	26	<i>About 30 % of the coating on the feeding gutter has worn out and the depth of corrosion in the concrete below is about 7 mm.</i>	<i>depth of corrosion is about 24 mm</i>
<i>Epoxy LAM 1 treatment</i>	26	<i>About 20 % of the coating on the feeding gutter has worn out and the depth of corrosion in the concrete below is about 11 mm.</i>	<i>depth of corrosion is about 24 mm</i>
<i>Epoxy LAM 2 treatments with glassfiber between them</i>	26	<i>No damages on the feeding gutters</i>	<i>depth of corrosion is about 24 mm</i>
<i>Polygrund 1 treatment + Polybetol 2 treatments, ester</i>	26	<i>No damages on the feeding gutters^{b)} The coating on the feeding table is peeling because of the damages in the concrete below.</i>	
<i>Eworal Gulv epoxy</i>	24 18	<i>The coating on the feeding table is in good shape and it is rough enough because of the mixed sand. On spots without mixed sand the feeding table has worn.</i>	
<i>Alfa-Plast Grund epoxy</i>	26 27	<i>No damages on the feeding gutters or on the stall platforms No damages on the feeding gutters or on the stall platforms in the young cattle side.</i>	
<i>a)</i>	<i>a new uncoated concrete used as a reference</i>		
<i>b)</i>	<i>coated on a 8 days old concrete floor</i>		

Em. kenttäkokeiden johtopäätöksissä todetaan, että lattioissa tulee käyttää vähintään 750 grammaa epoksia neliölle, jotta saavutetaan tarvittava kulutuskestävyys. Lattioissa saavutetaan epoksilla paras tulos, kun siihen sekoitetaan ja/tai sen pintaan ripotellaan kuivaa hiekkaa. (Tutkimuksessa käytetty hiekka on ollut puhdistettua, uunikuivaa ja seulottua.) Toisaalta silloin kasvaa kerrospaksuus samalla epoksimäärällä ja siten paranee kulutuskestävyys, ja toisaalta lattiasta tulee karkeampi eli kitka on parempi. Kohteissa, joissa tarvitaan sileää pintaa esim. ruokintakouruissa, tehdään ensin hiekkatäytteinen epoksikerros ja seuraavana päivänä toistetaan käsittely pelkällä epoksilla./10/

Kokemukset epoksipohjaisista tuotteista ovat osoittaneet, että riittävä tartunta betoniin saavutetaan, kun lattian pinta on puhdas ruoantähteistä, eikä siinä ole sementtiliimaa tai huonosti kiinni olevaa betonia. Joissain tapauksissa riittää pesu

Taulukko 27. Muovipinnoitteiden tarkastustuloksia eri tiloilta /14/.

Tila	Korjattu vaurio	Korjausmateriaali	Vuosi	Havainnot syksyllä 1988 suoritettussa tarkastuksessa
Sinclairsholm, sikala	karsinoiden lattian kuluminen	epoksimuovimassa, pohjustuksena primeri	1985	Materiaali on säilynyt hyvänä. Ei näkyviä halkeamia tai kulumista.
Bjärsjölagård, navetta	makuuparsien kuluminen	Alfa-Plast epoksimassa	1987	Parsien takaosa on hiukan kulunut, mutta muuten lattia on hyvä. Ei halkeamia.
	ruokintapöydän kuluminen	Alfa-Plast epoksimassa	1987	Lattia näyttää yhtä hyvältä kuin juuri pinnoittamisen jälkeen
Alnarp, vanha navetta	makuuparsien kuluminen	Polyuretaanipohjainen kumimassa Monoko	1975	Materiaali on pysynyt hyvänä. Pehmeässä materiaalissa ei ole halkeamia. Kulumista eniten lehmien takasorkkien kohdalla.
Pilafästen, sikala	lattian kulumisen ja halkeilu	Alfa-Plast epoksimassa	1979	Halkeamia on alkanut ilmestyä yksittäisiin kohtiin. Muuten pinta on kestänyt hyvin.
Dalby svinfarm, sikala	lattian kulumisen ja halkeilu	Epoksimassa	1977	Melko tasainen pinta, jossa joitakin halkeamia. Materiaali on suurimmalta osaltaan pysynyt hyvänä.
		Carbolit polyuretaanihartsit	1977	Poikittaisia halkeamia. Pintamateriaali kulunut pois. Runkoaines tullut näkyviin ja alkaa irrota.
		Korel-menetelmä ¹⁾	1977	Pistevaurioita. Halkeilua esiintyy. Pinta on melko kulunut.
Remmarlövsgården, sikala	lattian kulumisen ja halkeilu	Korrofloor, epoksipohjainen	1976	Useimmat karsinan lattiat ovat kuluneet ja halkeilleet
		Bemipox, epoksipohjainen	1976	Kulumista ja halkeilua on tapahtunut
		Plastic Padding, polyesteri	1976	Lattia on kulunut. Pinnoitusainetta on jäljellä halkeamissa. Osittain muodostunut uusia halkeamia.

1) ruiskutusmenetelmä, joka on kehitetty erityisesti pintakäsittelymateriaalien levittämiseksi

painepesurilla, joissain tapauksissa tarvitaan perusteellisempaa käsittelyä, kuten hiekkapuhallusta tai jyrpintää./10/

Taulukkoon 27 on koottu tuloksia Ruotsissa erään opinnäytetyön yhteydessä tutkituista muovipinnoitteista. Osa havainnoista on sikaloista, koska niissä on pitempiäaikaisia käyttöaikoja kuin navetoissa. Tuloksista voi päätellä, että epoksi- ja polyuretaanipohjaiset massat ovat kestäneet hyvin tuotantorakennusten olosuhteita. Ne ovat käyttökuntoisia vielä 10 - 13 vuoden käytön jälkeen, mutta halkeamien uudelleen muodostumista ne eivät ole kokonaan estäneet.

Table 27. Results of inspecting coatings on different farms in Sweden /14/.

<i>Farm</i>	<i>Type of the repaired damage</i>	<i>Repair material</i>	<i>Year</i>	<i>Results from the inspection on autumn 1988</i>
<i>Sinclairsholm, pig house</i>	<i>floors in pens for pigs have worn out</i>	<i>an epoxy compound with primer</i>	<i>1985</i>	<i>Surface of the floor is good.</i>
<i>Bjärsjölagård, dairy farm</i>	<i>stall platforms have worn out</i>	<i>Epoxy compound Alfa-Plast</i>	<i>1987</i>	<i>A bit worn at the back parts of stall platforms, elsewhere the surface is good. No cracks.</i>
	<i>feeding table has worn out</i>	<i>Epoxy compound Alfa-Plast</i>	<i>1987</i>	<i>Floor looks as good as new</i>
<i>Alnarp, an old dairy farm</i>	<i>stall platforms have worn out</i>	<i>Polyurethan based rubber compound Monoko</i>	<i>1975</i>	<i>Surface of the floor is good. No cracks. Most worn at the back parts of stall platforms where the cows stand with their feet.</i>
<i>Pilafästen, pig house</i>	<i>floor has worn out and is cracking</i>	<i>Epoxy compound Alfa-Plast</i>	<i>1979</i>	<i>Some cracks have come out. Elsewhere the surface is good.</i>
<i>Dalby svinfarm, pig house</i>	<i>floor has worn out and is cracking</i>	<i>Epoxy compound</i>	<i>1977</i>	<i>Quite flat surface with some cracks. The surface is mostly good.</i>
		<i>Carbolit, a polyurethan based resin</i>	<i>1977</i>	<i>Transverse cracks. Coat layer has worn out, the base material is beginning to come loose.</i>
		<i>Korel method¹⁾</i>	<i>1977</i>	<i>Spotlike damages. Some cracks. The surface is quite worn.</i>
<i>Remmarlövsgården, pig house</i>	<i>floor has worn out and is cracking</i>	<i>Korrofloor, epoxy based</i>	<i>1976</i>	<i>Most of the floors in pens are worn and cracking.</i>
		<i>Bemipox, epoxy based</i>	<i>1976</i>	<i>Floors in pens are worn and cracking.</i>
		<i>Plastic Padding, polyester based</i>	<i>1976</i>	<i>Floor is worn. Some of the coating is left in the cracks. Some new cracks found.</i>

1) a method of spraying specially developed for spraying coatings

2.6.2 VAKOLAssa saatuja tuloksia

VAKOLAssa tehtiin vuosina 1984-1987 kenttäkokeita erilaisilla epoksinnoitteilla, akryylimassalla ja prototyyppiasteella olleella silicabetonilla. Neljällä tilalla pinnoitettiin 1 - 11 vuotta vanhat kuluneet ruokintapöydät Eworal-erikoispinnoitteella sekä Epirex-betonimaalilla. Pinnoitettavat ruokintapöydät pestiin painepesurilla ja pinnat kuivattiin pinnoitteen valmistajan ohjeiden mukaan. Pinnoitustyön teki isäntäväki itse. Kahden ruokintapöydän pinta tehtiin silicabetonista. Toinen näistä pöydistä pinnoitettiin vuoden käytön jälkeen akryylimassalla. Työn teki aineen maahantuoliike. Eworal-erikoispinnoitteella käsiteltiin myös kahden maitohuoneen lattioita. Toiselle lattialle pinnoitteen levitti isäntäväki, toiselle maahantuojalla. Akryylimassan levitti aineen maahantuojalla kahden maitohuoneen lattialle./6/

Koetuksen tiivistelmäosassa todetaan mm. seuraavaa: Pinnoitteiden levittäminen edellyttää pintojen perusteellisen puhdistamisen ja kuivatuksen, mikä onnistuu vain harvoin. Tästä syystä pinnoitteet irtosivat paikoiltaan 1 - 3 vuoden kuluttua. Lisäksi ruokintapöydissä pinnoitekerros jäi betonissa olleiden kivien kohdalla niin ohueksi, että se kului pois. Eworal-epoksinpinnoite kesti melko hyvin pöydissä, joissa se oli tarttunut betoniin kiinni, sen sijaan Epirex-betonimaali kului pöydistä lähes kokonaan kolmessa vuodessa. Maituhuoneiden lattioista pinnoitteet alkoivat irrota levyinä jo vuoden käytön jälkeen. 5 mm paksuinen akryylimuovimassa pysyi kiinni sekä ruokintapöydissä että maituhuoneen lattiassa. Kolmen vuoden käytön jälkeen ei sen pinnassa havaittu juurikaan muutoksia. Ruokintapöydän teko silicabetonista oli hankalaa betonin nopean kovettumisen vuoksi. Ruokintapöydässä erikoisbetoni syöpyi tavallista betonia nopeammin /6/. Koetuksen tulokset on koottu taulukkoon 28.

Taulukko 28. VAKOLAssa vuosina 1984-1987 suoritettujen pinnoitteiden ryhmäkoetuksen tuloksia /6/.

Table 28. Results of the group test of coatings made in VAKOLA during the years 1984-1987 /6/.

Koeaine <i>Test material</i>	Käyttökohde <i>Range of use</i>	Aika, kk <i>Time, month</i>	Tulokset <i>Results</i>
Eworal-erikoispinnoite Epoksinpohjainen <i>Eworal special coating Epoxy based</i>	Ruokintapöytä	36	Pinnan kunto välttävä; parhaissa kivet paljaat, huonoimmissa 30 - 40 % pinnoitteesta irti
	Maituhuoneen lattia	36	Pinnan kunto huono; pinnoitteesta yli puolet kuoriutunut irti
	<i>Feeding table</i>	36	<i>Surface of the table is tolerable</i>
	<i>Milk room floor</i>	36	<i>Surface of the floor is poor</i>
Epirex-betonimaali Epoksinpohjainen <i>Epirex paint for concrete Epoxy based</i>	Ruokintapöytä	36	Pinnan kunto huono; parhaissa pinta hilseilnyt, huonoimmissa pinnoite kulu- nut lähes kokonaan pois
	<i>Feeding table</i>	36	<i>Surface of the table is poor</i>
Akryylimuovimassa <i>Acrylic compound</i>	Ruokintapöytä	36	Pinnan kunto erittäin hyvä; ei muutoksia
	Maituhuoneen lattia	36	Pinnan kunto hyvä; pinta ehyt, väri hieman vaalentunut pesurin poistoput- ken kohdalla
	<i>Feeding table</i>	36	<i>Surface of the table is very good</i>
	<i>Milk room floor</i>	36	<i>Surface of the floor is good</i>
Silicabetoni <i>Special concrete Silica</i>	Ruokintapöytä	36	Pinnan kunto huono; hienoaines irron- nut ja pinta rosainen
	<i>Feeding table</i>	36	<i>Surface of the table is poor</i>

2.6.3. Tulosten vertailu

Tämän tutkimuksen kenttäkokeissa saadut tulokset muovien kestävydestä ovat yhteneviä muiden saamien tulosten kanssa. Niiden perusteella ohuet maalityypiset käsittelyt eivät näytä kestävän 2 - 3 vuotta kauempaa. Pinnoitteet kestävät selvästi pidempään, ainakin 3 - 5 vuotta. Massatyypiset muovit pysyvät käyttökuntoisina 10 vuotta, ilmeisesti huomattavasti pidempäänkin.

Betonista saadut tulokset sen sijaan ovat paljon parempia kuin VAKOLAn aikaisemmin saamat tulokset. Syynä on ilmeisesti seikka, että kokeissa v. 1984 - 87 oli prototyypiaasteella ollut massa, jonka kehittäminen oli vielä kesken ja sekoitus- ja työtekniikka huonosti hallinnassa. Nyt saatujen tulosten perusteella betoni kestää ruokintapöydällä kemiallista ja mekaanista rasitusta lähes muovimassojen veroisesti. Vain puhdistettavuudessa on selvästi eroja muovien hyväksi.

2.7. Johtopäätökset ja käyttösuositukset

Muovipinnoitteiden käyttöikä navetassa on suoraan verrannollinen kerrospaksuuteen. Ohuet pinnoitteet kestävät vain muutaman vuoden, paksut massat puolestaan peruskorjausvälin, 15 - 20 vuotta. Eri sidosaineilla ei näytä olevan käytännössä eroa. Epoksi, akryyli ja polyuretaani kestävät kaikki navettaolosuhteita hyvin. Värimuutoksia tapahtuu kaikissa muutamassa vuodessa, mikä johtuu pääosin säilörehun käytöstä. Kitkakarhenne pysyy massojen pinnalla hyvin kiinni, mutta tarvittaessa sen voi pienin kustannuksin uusia.

Huolellisesti korkealuokkaisesta betonista tehty lattia kestää navetan vaativissa olosuhteissa yhtä kauan käyttökelpoisena kuin muovipinnoitettu lattiakin. Tällöin korostuu nimenomaan huolellinen työn suoritus niin sekoitus- kuin varsinaisessa valuvaiheessakin sekä riittävä jälkihoito. Etenkin jälkihoitoon kannattaa kiinnittää huomiota, sillä muutoin betoni ei saavuta suunnittelulujuutta. Mekaaniselle tai kemialliselle tai molemmille rasituksille alttiissa kohdissa kannattaa rakentaa ns. kaksikerroslattia, jolloin alusvalu voidaan tehdä heikompileatuisesta betonista ja noin 5 cm paksuinen pintavalu korkealuokkaisesta betonista.

Taulukkoon 29 on koottu laboratorio- ja kenttäkokeisiin perustuvat käyttösuositukset eri materiaaleille navettaympäristössä. Suositukset ovat sovellettavissa myös muihin eläinrakennuksiin, kunhan lattiapinnoille kohdistuvat rasitukset suhteutetaan navetan olosuhteisiin.

Taulukko 29. Tutkimustulosten perusteella eri käyttökohteisiin suositeltavat materiaalit
Table 29. Recommendations according to laboratory and field tests.

Materiaali <i>Material</i>	Ruokintapöytä <i>Feeding table</i>	Parsi <i>Stall platform</i>	Maituhuone <i>Milk room</i>	Käytävät <i>Alleys</i>
Lakat <i>Varnishes</i>	-	+ ¹⁾	-	+ ¹⁾
Maalit <i>Paints</i>	-	-	-	-
Pinnoitteet <i>Coatings</i>	+-	0	+	0
Epoksimassat <i>Epoxy compounds</i>	+	0	+	0
Polyuretaanimassat <i>Polyurethan compounds</i>	+	0	+	0
Akryylimassat <i>Acrylic compounds</i>	+	0	+	0
Betonit <i>Concretes</i>	+ ²⁾	+	+ ²⁾	+

+ soveltuu hyvin kyseiseen kohteeseen
+- osa ko. materiaaleista soveltuu kyseiseen kohteeseen
- ei suositella, varauduttava korjauksiin muutaman vuoden välein
0 saattaa olla karhennettunakin liukas, taloudellisesti kannattamatonta käyttää
1) käytetään lakkaimetyksenä, ilman pintalakkausta
2) vähintään K-40-luokkainen, huolellisesti työstetty betoni
+ suits well
+- part of these materials suit well
- not recommended, reparations after a couple of years
0 might be slippery even with sand, economically unsatisfied to use
1) used to saturate the concrete without coating
2) at least concrete K-40 with carefull work

3. TIIVISTELMÄ

Karjarakennuksen olosuhteet vaativat materiaaleilta osin muusta rakentamisesta poikkeavia ominaisuuksia. Lattiapinnat ovat erityisen mielenkiinnon kohteena, koska niihin toisaalta kohdistuu voimakasta sekä mekaanista että kemiallista rasitusta, mutta toisaalta niiden makuualustoina pitäisi olla mahdollisimman miellyttäviä. Lattioihin on perinteisesti käytetty betonia, koska se on voitu itse valaa ja mahdollisesti sekoittaakin. Viimeaikoina on maatalouteen alettu markkinoida muoveja betonin päällystämiseen. Missä muovia tarvitaan ja minkälaista, ei kuitenkaan ole itsestäänselvyys.

Tässä tutkimuksessa on testattu erilaisia muoveja ja betoneja sekä laboratoriossa että käytännön olosuhteissa. Laboratoriokokeissa oli mukana yhteensä 27 erilaista muovia ja 9 erilaista betoniseosta. Tutkitut muovit ryhmiteltiin valmiin pinnan kalvonpaksuuden mukaan lakkoihin, maaleihin, pinnoitteihin ja massoihin, jotka jaoteltiin

lisäksi sideaineen mukaan epoksi-, polyuretaani- ja akryylimassoihin. Materiaaleista tutkittiin kemiallinen kestävyys ja kulutuksen kestävyys. Valmiin pinnan ominaisuuksista mitattiin kitka, karkeus ja puhdistettavuus. Käytännön kokeet suoritettiin kahdessa navetassa, joista toisessa oli viisi erilaista betonimassaa sijoitettuna ruokintapöydälle, parsiin ja maitohuoneeseen, ja toisessa kuusi erilaista muoviruutua ruokintapöydällä. Koeruudut tarkastettiin heti niiden valmistuttua, vuoden ikäisinä ja kolmen vuoden ikäisinä.

Ruokintapöydissä pintamateriaalin valintaan vaikuttavat tärkeimmät tekijät ovat happorasituksen kestävyys, kulutuskestävyys ja puhdistamisen helppous. Pöytien keskialueiden tulee olla karheita, jotta esimerkiksi rehuvaunuja liikuteltaessa jalat eivät luista.

Tutkituista aineista kaikki varsinaiset muovimassat täyttivät vaatimukset. Akryylimassat olivat ehkä hiukan muita parempia, mutta kaikkien massojen voidaan olettaa kestävän ruokintapöydissä pitkään tyydyttävässä tai hyvässä kunnossa. Pinnoitteista Inerta 210 kesti tyydyttävästi happeja ja mekaanisen kulutuksen kesto oli välttävää. Tämän perusteella sen voidaan olettaa kestävän ruokintapöydässä pitkään tyydyttävässä kunnossa. Muiden pinnoitteiden haponkestävyys oli selvästi huonompi, joten niitä käytettäessä on varauduttava pinnoitteen uusimiseen useammin. Maalit ja lakat eivät tunnu soveltuvan ruokintapöydän pinnoitteiksi. Lakkaimetystä käyttämällä voidaan lakkapinnan kestävyyttä parantaa, mutta tälläkään menetelmällä ei saatane yli 10 vuotta kestävä pinta. Muovimateriaaleja käytettäessä voidaan tarvittaessa kitkaa parantaa lisäämällä pintaan karhenteita, jolloin saadaan jalan alle luistamaton lattia.

Betonit syöpyvät ruokintapöydällä laboratoriokokeiden mukaan melko nopeasti. Käytännön kokeissa betonit kestivät kolme vuotta lähes muuttumattomina. Siten huolellisesti työstetyn K-40 -luokkaisen tai sitä lujemman betonin voidaan olettaa kestävän ruokintapöydällä hyvässä kunnossa noin 10 vuotta. Kun syöpymiä syntyy, ne ovat usein pistemäisiä, ja kuluneen pöydän puhtaanapito on hankalaa. Tällöin betonin paikkaaminen ohuella betonikerroksella ei yleensä onnistu, vaan muoviset pintamateriaalit ovat ruokintapöydän kunnostukseen käyttökelpoisempia. Niiden etuna on myös tarvittavan kerroksen ohuus, jolloin vanhaa betonia ei tarvitse piikata pois, vaan korkeussuhteet pysyvät lähes muuttumattomina pinnoituksesta huolimatta.

Parsimateriaalin valintaan vaikuttavia ominaisuuksia ovat kitka ja karkeus sekä mekaanisen kulutuksen kestävyys. Näistä kitka on tärkein, koska parsi ei missään tapauksessa saa olla liukas. Myös puhdistettavuus on huomionarvoinen asia.

Laboratoriossa tutkituista muovimateriaaleista vain Monodur-akryylimassa täytti likimain asetetut kitkavaatimukset hiukan kuluneenakin. Muovimateriaalien kitka-ominaisuuksia voidaan parantaa lisäämällä pintaan karhennetta. Tällöin on vaarana, että materiaalista tulee liian kuluttava, jolloin lehmien jalkojen nahka kuluu rikki. Pelkän lakkaimetyksen käyttö ilman varsinaista pintalakkakerrosta on myös mahdollista. Tällöin pinnasta ei tule liukas, mutta puhtaanapito on helpompaa kuin pelkän betonin.

Kaikki tutkitut betonit sopivat parsiin. Pinnan hierrolla voidaan vaikuttaa huomattavasti kitka- ja karkeusominaisuuksiin. Tutkittujen betonien puristuslujuudet olivat yleisesti ottaen parsiin turhan suuria, joten esitettyjen reseptien mukaisia massoja tuskin kannattaa käyttää. Riittävä puristuslujuus suositusten mukaan on K-30, johon riittää pienempi sementtimäärä ja hieman suurempi vesisementtisuhde kuin mitä koemassoissa on käytetty. Jos parsiin käytetään hyvin hienorakeista massaa, kuten käytännön kokeissa ollut Farmibetoni, tulee pinnan karheutta tarkkailla ja tarvittaessa karhentaa parsi esimerkiksi harjaamalla.

Maito huoneissa ovat lattiamateriaalin valintaan eniten vaikuttavia tekijöitä kestävyys maitoa ja maitohappoa vastaan sekä pinnan hygieenisuus. Maito huoneen lattia ei myöskään saa olla liukas kosteanaakaan. Pinnan kestävyys pesu- ja desinfiointiliuoksia vastaan on ratkaiseva niissä maito huoneissa, joissa pesulaiteen poistoputkea ei ole johdettu suoraan viemäriin.

Maaleja ja pintalakkauksia lukuunottamatta muovimateriaalit sopivat maito huoneisiin hyvin tai tyydyttävästi. Kitkakaan ei ole rajoittava tekijä, koska maito huoneessa ei ole esteitä runsaalle karhenteen käytölle. Runsaasti lakkaimetyt lakat kestävät ilmeisesti tyydyttävästi maito huoneolosuhteissa.

Betonit soveltuvat maito huoneisiin vain tyydyttävästi, koska ne ovat huokoisia ja siten epähygieenisia. Tämä korostuu kuluneessa betonissa, jonka syöpymäurien puhdistaminen on huomattavan hankalaa. Laboratoriossa tutkituista betoneista masuunibetoni kesti parhaiten maitohapporasitusta, joten sen voi olettaa kestävä parhaiten maito huoneessa. Merkittäviä kestävyyseroja eri betoniseosten välillä ei kuitenkaan voi todeta. Desinfiointiaineita ja happopesuaineita betonit eivät kestä. Sitä vastoin alkalinen pesuaine ei syövytä betonia. Käytännön kokeessa maito huoneeseen valettu K-80 betoni ei ollut kulunut juuri lainkaan. Sen voi olettaa kestävä tyydyttävässä kunnossa seuraavat kymmenen vuotta. Kyseinen betoni on kuitenkin melko kallista verrattuna K-40 -luokkaiseen betoniin, joten sen käyttöä on syytä miettiä tarkoin.

4. SAMMANFATTNING

Betong- och plastsorter med olika bindemedel som golvmaterial i ladugårdar

Förhållandena i husdjursbyggnader ställer delvis andra krav på byggmaterialen än vad som är fallet i andra byggnader. Särskilt står golvytorna i blickpunkten, eftersom de dels skall motstå stark mekanisk och kemisk påfrestning och dels - när de tjänstgör som liggunderlag - bör vara så behagliga som möjligt för djuren att ligga på. Som golvmaterial har man traditionellt använt betong, eftersom man har kunnat gjuta den själv och eventuellt också blanda den själv. På senare tid har det till lantbruket börjat marknadsföras plaster för ytbehandling av betong. Det är dock ingen självklarhet var plast behövs och hurdan plast som behövs.

I denna undersökning testades olika betong- och plastsorter både i laboratorium och i praktiska förhållanden. I laboratorietesterna ingick 27 olika plastsorter och 9 olika betongblandningar. De testade plasterna kan grupperas i klarlack, målarfärger, tunnare ytbeläggningar och egentliga plastmassor. De sistnämnda omfattade epoxy-, polyuretan-, akryl- och specialplastmassor. Materialens hållbarhet undersöktes beträffande kemisk frätning och mekanisk nötning. Hållfastheten mot frätning undersöktes genom nedsänkning dels i 50-procentig mjölksyralösning och dels i en lösning med 40 % myrsyra och 1 % ortofosforsyra. Den senare lösningen är ensileringsmedlet AIV II utspädd till 50 %. Vidare mättes friktion, ytans grovhet och tvättbarhet för de olika materialen. De praktiska försöken gjordes i två ladugårdar. I den ena lades fem olika betongmassor ut i foderbordet, båsen och mjölkrummet. I den andra lades sex rutor med olika plaster ut på foderbordet. Provrutornas skick granskades genast efter färdigställandet, efter ett år och efter tre år.

De viktigaste faktorerna att beakta vid val av ytbeläggning för foderbordet är materialets syrafasthet, mekaniska slitstyrka och hur lätt det är att hålla rent. Foderbordets mittområde bör vara strävt i ytan, för att man inte skall halka exempelvis när man skuffar fodervagnar. Av de undersökta materialen uppfyllde alla egentliga plastmassor kraven. Akrylmassorna var kanske något bättre än de övriga, men alla massor kan antas hålla länge på foderbordet i nöjaktigt eller gott skick. Av de tunnare ytbeläggningarna hade Inerta 210 nöjaktig syrafasthet och försvarlig mekanisk slitstyrka. På basis av detta kan antas att den håller länge på foderbordet i nöjaktigt skick. De övrigas syrafasthet var klart sämre, varför man bör vara beredd på att förnya dem oftare än Inerta 210. Målarfärger och lacker tycks inte lämpa sig för foderbord. En lackytas hållbarhet kan förbättras med lackimpregnering av betongen, dvs. genom att späda ut lacken så att den tränger djupare ner i betongen än utspädd lack. Inte heller med denna metod torde man dock få en yta som håller över 10 år. Vid användning av plastmaterial kan vid behov friktionen förbättras genom tillsättning av friktionsmaterial i ytan, t.ex. sand, varvid man får ett halkfritt golv.

Enligt laboratorietesterna skulle betong använd som ytmaterial på foderbord frätas sönder rätt snabbt. I de praktiska försöken höll betongblandningarna emellertid tre år i nästan oförändrat skick. Därav kan man anta att en omsorgsfullt gjord betong av klass K-40 eller starkare håller ca 10 år i gott skick på foderbordet. När frätskador uppstår är de ofta punktformiga, och det är besvärligt att hålla ett slitet golv rent. Härvidlag lyckas det i allmänhet inte att reparera ytan med ett tunt betonglager, utan plastbeläggningar är ändamålsenligare för reparation av foderbord. Plastbeläggningarnas fördel är också att skiktet som behövs är tunt, varför man inte behöver avlägsna gammal betong, utan höjdförhållandena hålls nästan oförändrade trots den nya ytbeläggningen.

Faktorer som inverkar på valet av material för båspallarna är ytans friktion, grovhet och mekaniska slitstyrka. Av dessa är friktionen viktigast, för båset får i ingen

händelse vara halt. Även renhållningsegenskaperna är en beaktansvärd sak. Av de laboratorieprovade materialen var det bara akrylmassan Monodur som någorlunda fyllde de ställda friktionskraven även sedan ytan blivit en aning nött. Plastbeläggningarnas friktionsegenskaper kan förbättras genom tillsättning av sand eller annat friktionsmaterial i ytan. Härvidlag är det en fara att golvet blir för strävt, så att skinnet nöts sönder på kornas ben. Det är också möjligt med enbart lackimpregnering av golvet utan egentligt ytlacksskikt. Då blir ytan inte hal, och den är lättare att hålla ren än obehandlad betong.

Alla de testade betongsorterna lämpar sig i båspallar. Med slipning av ytan vid gjutningen kan man märkbart inverka på ytans friktionsegenskaper och grovhet. De testade betongsorternas tryckhållfasthet var allmänt taget onödigt stor för användning i båspallar, varför det för båspallar knappast lönar sig att tillämpa de presenterade recepten. Tillräcklig tryckhållfasthet är enligt rekommendationerna K-30, till vilken räcker en mindre mängd cement och något större vatten/cement-förhållande än vad som användes i försöksmassorna. Om man använder mycket finkornig betongmassa i båspallarna, som produkten Farmibetoni i den praktiska testen, bör man ge akt på ytans grovhet så att ytan inte blir för hal, och vid behov göra den strävare t.ex. genom borstning.

Faktorer som inverkar mest på valet av golvmaterial i mjölkrum är hållfasthet mot mjölk och mjölksyra samt ytans hygieniska egenskaper. Mjölkrumsgolvet får inte heller vara halt, varken när det är vått eller torrt. Ytans hållfasthet mot disk- och desinfektionslösningar är avgörande i mjölkrum där diskutrustningens utloppsrör inte är lätt direkt till mjölkrummets avlopp. Med undantag av målarfärger och utspädda lacker (ytlackering) lämpar sig plastmaterial bra eller nöjaktigt för mjölkrumsgolv. Plasternas friktionsegenskaper är ingen begränsande faktor, för i mjölkrum hindrar inget att man blandar in rikligt med friktionsmaterial. Golv som impregnerats rikligt med utspädd lack har tydligen nöjaktig hållbarhet i mjölkrum.

Betong lämpar sig bara nöjaktigt i mjölkrum, eftersom den är porös och därför ohygienisk. Detta accentueras i nött betong, vars urfrätta ojämnheter är mycket besvärliga att rengöra. Av de laboratorietestade betongblandningarna motstod betong med sulfatbeständig, långsamt reagerande masugnscement som bindemedel ("masuuni" i tabellerna) mjölksyra bäst, varför den kan antas vara den hållbaraste betongen i mjölkrum. Några betydande skillnader i hållbarhet mellan betongblandningarna kunde dock inte konstateras. Mot desinfektionsmedel och sura diskmedel håller betong inte. Alkaliska diskmedel däremot fräter inte på betong. I de praktiska försöken hade betong av klass K-80 som gjutits i mjölkrummet nästan inte nöts alls, och den kan antas hålla i nöjaktigt skick i tio år ännu. Den är dock rätt dyr jämfört med betong av klass K-40, varför det är skäl att överväga noggrant huruvida det lönar sig att använda den.

5. SUMMARY

The conditions in stock buildings require to some extent other properties of building materials than in other buildings. Floor surfaces are of special interest, since they should be proof against strong mechanical and chemical stress and they should also, when used in places where the animals lie, be as comfortable as possible to lie on. Traditionally concrete has been used as floor material, because the farmer has been able to lay it himself and perhaps also mix it himself. In recent years plastic materials for coating concrete have been marketed to agriculture. However, it is not self-evident where and what kind of plastic materials are needed.

In this study different kinds of plastic material and concrete were tested both in laboratory and in practical conditions. The laboratory tests included 27 kinds of plastic materials and 9 kinds of concrete. The tested plastic materials can be grouped into varnishes, paints, relatively thin coatings and thick plastic compounds. The last-mentioned group included epoxy, polyurethan, acrylic and special compounds. Proofness against corrosive acid and mechanical wear were tested. The proofness against corrosion of the materials was tested by immersing into a solution with 50% (w/w) lactic acid and a solution with 40% formic acid and 1% ortophosforous acid. The latter solution is the silage additive AIV II diluted to 50% and it is called just formic acid in the tables. Friction and evenness of the surface and ease of cleaning the surface of the materials was also tested. The tests in practical conditions were made in two dairy barns. In one barn five kinds of concrete were laid in the feeding table, the stalls and the dairy. In the other barn six squares with different plastic materials were made on the feeding table. The test areas were inspected immediately after they were made, after one year and after three years.

The most important factors affecting the choise of surface material for feeding tables are resistance against corrosive acid and mechanical wear and ease of cleaning. The middle of the feeding table should give enough of friction, so that one's feet do not slip for instance when feed carts are pushed there.

Of the tested materials, all thick plastic compounds fulfilled the requirements. The acrylic compounds were perhaps a little better than the other ones, but all the compounds can be expected to last long in satisfactory or good condition on feeding tables. Of the thinner coatings, Inerta 210 withstood acids satisfactorily and its resistance against mechanical wear was tolerable. Thus, it can be expected that it lasts long in satisfactory condition on feeding tables. The proofness against acid of the other thin coatings was decidedly worse, so it can be expected that they have to be renewed more often than Inerta 210. Paints and varnishes do not seem to be suitable for feeding tables. The durability of the varnish surface can be improved by using saturating varnish instead of surface varnish, but it is not likely to get a surface that lasts over 10 years with the saturation method either. The friction properties of plastic materials can be improved by adding some friction material in the surface, e.g. sand, which gives a non-slip floor.

According to the laboratory tests, concrete used as surface material on feeding tables would corrode rather fast. However, in the practical tests the concrete mixtures lasted three years almost unchanged. Thus, carefully prepared and laid concrete of class K-40 or stronger can be expected to stay in good condition about ten years on the feeding table. When corrosion occurs, the damages are often spotlike, and it is difficult to keep a corroded floor clean. Repairing a corroded floor with a thin layer of concrete does usually not succeed, but plastic coatings are more suitable for repairing feeding tables. Their advantage is also that only a thin layer is needed, which means that nothing of the old concrete has to be removed and still the height of the floor and the room remain practically unchanged in spite of the new coating.

Factors affecting the choice of floor material in stalls are friction, coarseness and resistance to mechanical wear. Friction is the most important one of these, because the stalls may in no case be slippery. Also the ease of cleaning is a noteworthy factor.

Of the laboratory-tested materials, only the Monodur acrylic compound fulfilled the friction requirements fairly well also after the surface had become somewhat worn. The friction properties of plastic materials can be improved by adding sand or some other friction material to the surface. However, then there is a danger that the surface becomes too coarse, so that the skin on the legs of the cows wear out. It is also possible to saturate the concrete without using any actual surface varnish. Then the surface does not become slippery, but it is easier to keep clean than bare concrete.

All the tested concretes are suitable for stalls. It is possible to affect the friction and coarseness of the surface considerably by floating the concrete. The compressive strengths of the tested concretes were unnecessary big, so it is hardly worth using the presented recipes. According to recommendations a compressive strength of K-30 is sufficient, and for this a smaller amount of cement and a somewhat bigger water-cement ratio than the ones used in the test are enough. If very fine-grained concrete is used in the stalls, like the product Farmibetoni in the practical test, it should be paid attention to the coarseness of the surface and if necessary it should be made coarser by brushing.

In dairies the most important criteria for the choice of floor material are resistance to milk and lactic acid and the hygienic properties of the surface. The floor of the dairy may not be slippery either, neither when wet nor when dry. The resistance of the surface to detergent and disinfection solutions is crucial in such dairies, where the outlet of the cleaning unit is not connected directly to the drain of the dairy.

With exception for paints and surface varnishes, plastic materials suit well or satisfactorily for dairies. Friction is not a limiting factor either, since in dairies nothing prevents that much friction material is added to the surface. Concrete floors saturated with varnish seem to have satisfactory durability in dairies.

Concrete suits only satisfactorily for dairies, since it is porous and therefore unhygienic. This applies specially to worn concrete, whose uneven surface is very difficult to get clean. Of the laboratory-tested concretes, concrete with sulphate-proof,

slowly hardening cement as binder ("masuuni" in the tables) had the best resistance to lactic acid, so it is probably the most durable one in dairies. However, no considerable differences in durability between the concrete mixtures could be found. Concrete does not withstand disinfectants and sour detergents. Alkaline detergents, on the other hand, do not corrode concrete. In the practical test concrete of class K-80 in the dairy had hardly changed at all. It can be expected to stay in satisfactory condition the next ten years. However, this concrete is rather expensive compared to concrete of class K-40, so it should be considered carefully if it is justified to use.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- /1/ ANDERSSON, K. 1988. Vassle till slaktsvin - inverkan av inblandningsnivå och lagringstid. *Husdjur* 1988: 11.
- /2/ ANON. 1980. Kone- ja tarvikekoetuksia. Valtion maitotalouden tutkimuslaitos. 89: 1 - 69.
- /3/ ANON. 1981. Kone- ja tarvikekoetuksia. Valtion maitotalouden tutkimuslaitos. 91: 1 - 21.
- /4/ ANON. 1986 a. Kone- ja tarvikekoetuksia. Valtion maitotalouden tutkimuslaitos. 96: 1 - 29.
- /5/ ANON. 1986 b. Muovit rakentamisessa. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto. RIL 127. Helsinki. 265 s.
- /6/ ANON. 1988 a. Karjasuojan pinnoitteiden ryhmäkoetus. VAKOLAn koetusselostus 1246: ryhmä 210. s. 1 - 15.
- /7/ ANON. 1988 b. Lattianpäällysteet. Rakennusalan tutkimuskeskus RTK Oy. Tarviketieto 1. s. 1 - 60.
- /8/ ANON. 1989 a. Betonirakenteiden säilyvyysohjeet ja käyttöikämitoitus. Suomen Betoniyhdistys r.y. By 32. s. 1 - 60.
- /9/ ANON. 1989 b. Betonilattiat. Luokitus-, päällystettävyy-, suunnittelu- ja rakentamisohjeet 1989. Suomen Betoniyhdistys r.y. By 31. s. 1 - 127.
- /10/ ANON. 1989 c. Prøverapport. Statens Jordbrukstekniske Forsøg: 699, 702, 703, 708.
- /11/ ANTTILA, S. 1988. Puhtaaksi kylmällä vai kuumalla? *Koneviesti* 16: 18 - 19.
- /12/ ASCHAN, N. 1979. Betonitekniikka. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto. RIL 119. Helsinki. s. 53 - 61, 109 - 115.
- /13/ BEER, G. 1976. Einige neue Prüfungsmethoden für die Tierstallböden. Report from the Working Session of the 2nd Technical Section of Commission International du Génie Rural, Budapest, 21 - 24 September. s. 473 - 478.

- /14/ BENGSSON, P., NORLING, F. & VRETSTRAND, A. 1989. Reparation av betonggolv i lantbruksbyggnader. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för lantbrukets byggnadsteknik. Examenarbete 66. Uppsala.
- /15/ BICZOK, I. 1972. Concrete corrosion, concrete protection. 8 p. Budapest. 545 s.
- /16/ BÄHR, H. & TÜRPIZ, L. 1976. Die Trittsicherheit von Stallfussböden und der Einflussfaktor Reibwiderstand. Agrartechnik 5. pp. 241 - 243.
- /17/ COUSIN, C. & BRAMLEY, A. 1981 The Microbiology of Milk. Dairy Microbiology 1: 1 - 158.
- /18/ ENGLERT, G. 1990. Anstriche und Beschichtungen für Gärfuttersilos. Top Agrar 9. s. 90 - 94.
- /19/ HEIKKILÄ, T., LAMPILA, M. & VÄÄTÄINEN, H. 1987. Erilaiset nurmirehut lypsylehmien ruokinnassa. Suomen Maataloustieteellisen Seuran tiedote 9: 1 - 230.
- /20/ HYVÄRINEN, A. 1978. Maavaraisen betonilattian kuivuminen pinnoituskel-poiseksi. Rakennustaito. 20. s. 6 - 9.
- /21/ JANSSON, I. 1978. Skivmaterial i väggar och tak i djurstallar. Aktuellt från lantbruksuniversitetet. 267. s. 1 - 27.
- /22/ JOHANSEN, P. 1989. Arbejdsplanlegging på gården. Golv i landbrugsbygninger. Sprøyting og sprøyteutstyr. Nordiske Jordbruksforskeres Forening. NJF-teknik -89. Seminar. 160: 197 - 210.
- /23/ JOKELA, J. 1980. Kovettuneen betonin perusominaisuudet. VTT, Betoni- ja silikaattitekniikan laboratorio. 74: 1 - 102.
- /24/ JÄPPINEN, K. 1983. Orgaaniset pinnoitteet. Suomen Korroosioyhdistys r.y. Helsinki. s. 18 - 83.
- /25/ KARHUNEN, J. & PYYKKÖNEN, M. 1978. Painepesulaitteista ja niiden käytöstä. VAKOLAN tiedote 26. Eripainos Koneviesti N:o 1/1978. Helsinki. s. 1 - 7.

- /26/ KEMPPAINEN, E. 1989. Nutrient Content and Fertilizer Value of Livestock Manure with Special Reference to Cow Manure. *Annales Agriculture Fenniae* 28: 163 - 284.
- /27/ KREULA, M. 1979. AIV Silage. Valio laboratory. Publ. 4: 5 - 118.
- /28/ KUKKO, H. 1979. Betonitekniikka. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto. RIL 119. Helsinki. s. 61 - 70, 85 - 90.
- /29/ KULMALA, M-L. 1987. Eräiden kotieläinsuojissa käytettävien materiaalien puhdistettavuus eri menetelmillä. Helsingin Yliopiston Maatalousteknologian laitos. Laudaturtyö. 72 s.
- /30/ KYLÄ-SIUROLA, A-L. 1980. Maatiloilla käytettävät pesu- ja desinfointiaineet. Erillispainos *Karjataloudesta* 1980:9. Valtion maitotalouden tutkimuslaitos. 159.
- /31/ KYLÄ-SIUROLA, A-L. 1981. Maatiloilla käytettävät pesu- ja desinfointiaineet. Erillispainos *Karjataloudesta* 1981:2. Valtion maitotalouden tutkimuslaitos. 161.
- /32/ LINDSTRÖM, M. 1989. Moniste. Teollisuusmaaliryhmä. Tikkurila Oy 11.10.1989. s. 1 - 19.
- /33/ LØKEN, K.A. 1978. Methods for Testing Floor Surface Properties. Project No. 32 from The Scandinavian Contact Agency for Agricultural Research. Subproject No. 3. *Acta Agriculturae Scandinavica* 28: 342 - 347.
- /34/ MANNERHOVI, A. 1983. Teollisuuslaitosten sisäpintojen pinnoitus- ja kunnossapitotyöt hartsipohjaisilla tuotteilla. *Rakennustieto* 5: 48 - 55.
- /35/ NILSSON, C. 1988. Floors in Animal Houses. Technical Design with Respect to the Biological Needs of Animals in Reference to the Thermal, Friction and Abrasive Characteristics and the Softness of the Flooring Material. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institution för lantbrukets byggnadsteknik. Rapport 61. Lund.
- /36/ NILSSON, C. & WALBERG, K. 1978. Golv i ko- och svin-stallar. *Aktuellt från lantbruksuniversitetet* 264. Uppsala.

- /37/ PALM, C-O. 1979. Betoniteknikka. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto. RIL 119. Helsinki. s. 34 - 45.
- /38/ PYYKKÖNEN, M. 1989. Pesumenetelmät ja rakennusmateriaalien puhdistettavuus. Teho 6:38 - 39.
- /39/ SIRO, H. 1979. Betoniteknikka. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto. RIL 119. Helsinki. s. 306 - 310.
- /40/ SNECK, T. 1970. Betonin korroosio. Korroosio rakentamisessa. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto. RIL 78. Helsinki. s. 82 - 92.
- /41/ STEIGER, A. 1981. Möglichkeiten und Grenzen der Zwischendesinfektion. Mh. Vet.-Med 36: 725 - 728.
- /42/ SUNDAHL, A-M. 1974. Byggnadsmaterial i djurstallar. Nedsmutsing - rengöring. Aktuellt från lantbrukshögskolan 211. s. 1 - 34.
- /43/ SVENNERSTEDT, B. 1991. Betong i landbruket. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för lantbrukets byggnadsteknik. Rapport 73. Lund. 94 s.
- /44/ TAKAI, H. & MØLLER, F. 1981. Metoder for karakterisering af staldgulve. Statens jordbrugstekniske Forsøg. Afdelingen for Landbrugsbygninger. Orientering nr. 8. Horsens.
- /45/ TENNGREN, M. 1979. Betoniteknikka. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto. RIL 119. Helsinki. s. 239 - 250.
- /46/ VANHATALO, H. 1985. Masuunisementistä valmistetun betonin käyttö maatalousrakentamisessa. Teknillinen Korkeakoulu. Rakennusinsinööriosasto. Diplomityö. 83 s.
- /47/ WECKSTRÖM, L. 1979. Betoniteknikka. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto. RIL 119. Helsinki. s. 45 - 52.

Betonirakenteiden ympäristöolosuhteluokitus ja niitä vastaavat ohjeet betonin koostumuksen vähimmäisarvoille./8/

Luokitus		Olosuhteiden yleiskuvaus	Lujuusluokan K ₂₈ vähimmäisarvot		Vedenpitävyys + vaaditaan - ei vaadita		Betonipeite, mm
RakMKB4	by 32		B ¹⁾	TB ¹⁾	B ¹⁾	TB ¹⁾	
Y3	helpot olosuhteet E1	- olosuhteet, joissa suhteellinen kosteus (RH) on yleensä alle 80 % - esim. asuin- ja toimistorakennusten sisätilat	K20	K20	-	-	15
Y2	tavalliset olosuhteet E2a E2b	- sellaisten rakennusten sisätilat, joissa suhteellinen kosteus on korkea, yli 80 % - rakenteet, joihin kohdistuu pakkausrasitus kosteissa olosuhteissa esim. julkisivut - maan ympäröimät rakenteet selvän pakkausrasituksen alaisina, esim. peruspilarit - ulkorakenteet	K20 K30	K30 K30	- +	+ +	25 25
Y1	vaikeat olosuhteet E3a E3b E4	- perustukset yleensä (ei aggressiivisessa ympäristössä) - meriveden vaikutuksen alaiset rakenteet vedenpinnan alapuolella - kuten E3a, lisäksi pakkausrasitus, voimakkaasti tiesuolan vaikutuksen alaiset rakenteet - ylläolevien olosuhteiden lisäksi kemiallinen rasitus	K20 K30 K30	K25 K30 K35	- + +	- + +	25 35 35
1)	B on raudittamaton rakenne TB on teräsbetoni						

Kemiallisesti aggressiivisen ympäristön luokitus ja betonin koostumukselle em. luokissa annettavat ohjeet /8/

	ei aggressiivinen	heikosti aggressiivinen	kohtalaisesti aggressiivinen	voimakkaasti aggressiivinen	erittäin aggressiivinen
Vesi					
pH	>6,5	6,5...5,5	5,5...4,5	4,5...4,0	<4,0
Aggress. CO ₂ /l, mg	<15	15...30	30...60	60...100	>100
Ammonium NH ₄ ⁺ /l, mg	<15	15...30	30...60	60...100	>100
Magnesium Mg ²⁺ /l, mg	<100	100...300	300...1500	1500...3000	>3000
Sulfaatti SO ₄ ²⁻ /l, mg	<200	200...600	600...3000	3000...6000	>6000
Sementtimäärä (kg/m ³) ¹⁾		>300	>330	>370	2)
Vesisideainesuhte		<0,55	<0,5	<0,45	2)
1)	Kohtalaisessa tai aggressiivisuudeltaan sitä voimakkaammassa sulfaattipitoisessa ympäristössä on käytettävä taulukon mukainen vähimmäismäärä sulfaatinkestävää sementtiä				
2)	Kemiallisesti erittäin aggressiivisessä ympäristössä betonin säilyvyys on selvittettävä kokeilla tai käytettävä betonia suojaavia pinnoitteita. Betonin tulee kuitenkin täyttää voimakkaasti aggressiivisessä ympäristössä betonille asetetut vaatimukset				

Navetan eri lattiakohteissa käytettäväksi suositeltavat betonilaadut /43/

Rakennetyyppi	Suositeltava betonilaatu				
	Ympäristöluokka	Vesisementtisuhte	Sementtityyppi	Ilmapitoisuus, %*)	Peitekerros, mm
Lämmitettävät rakennukset					
Makuuparsi, pihatto	II	0,60	Yleis	-	25
Parsi, parsinavetta	I	0,45	Yleis	-	35
Ruokintapöytä ¹⁾	I	0,45	Yleis	-	35
Kuljetus- ja ruokinta käytävät	II	0,60	Yleis	-	25
Lämmittämättömät rakennukset					
Makuuparsi, pihatto	II	0,60	Yleis	5,0 ²⁾	25
Ruokintapöytä ¹⁾	I	0,45	Yleis	6,0 ²⁾	35

1) Myös haponkestävää pinnoitusta voidaan käyttää betonipinnoilla

2) Edustaa keskiarvoa, kun maksimiraekoko on 32 mm

*) tilavuus-%/betoni-m³

Massalattioita ja lattiapinnoitteita valmistavia tai maahantuovia yrityksiä

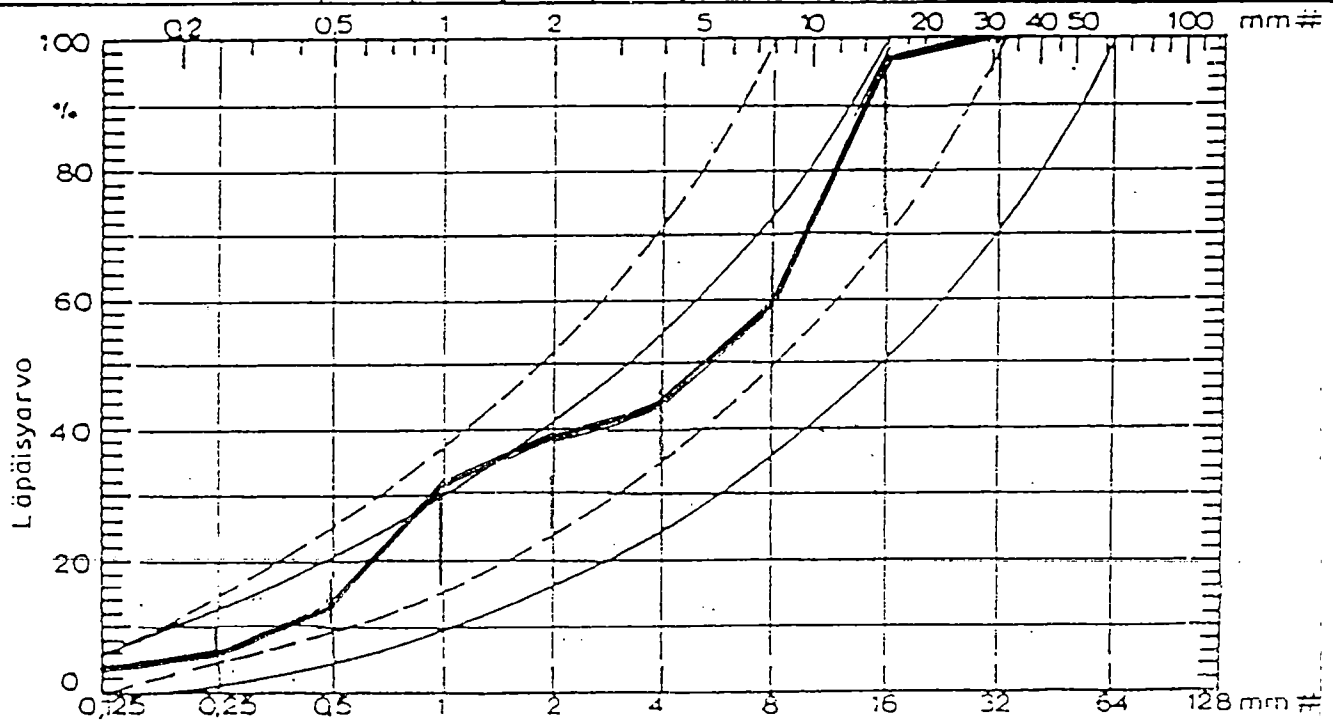
(Lähde: Rakennustarvikkeet 1993, RT TL-40085)

Yritys	Tuotenimi	tyyppi
Oy Alfa-Laval Agri Skandinavia Ab Helsinki	Alfa-Plast Universal, Repair, Colour, Clear	epoksimassa, -pinnoite ja -lakka
Arliko Oy Espoo		erikoiskovat teollisuus- lattiamassat
Arsalin Oy Tampere	Jeti	epoksi- ja akryylipinnoitteet
Oy Bygma Ab Kulju	Nopodur	akryylimassa
Capral Oy Helsinki	Degadur	akryylimassa
Ceramix Helsinki	Ripofloof 422 Ripofloos 420 Ripotar 470	epoksipinnoite epoksimassa bitumi-epoksipinnoite
Oy Europox-Trading Ab Helsinki	Dekor Epoksi NM 30 Epoksi NM 100	epoksipinnoite epoksimassa
Fescon Oy Hyvinkää	LF	epoksipinnoite
Oy Finnpack Ab Tuusula	Nanten Akryyli Nanten ARC Nanten BL-betonilakka Nanten BLL-Primer Nanten Fluat Nanten SL	akryylipinnoite epoksipinnoite epoksipinnoite ja imeytys- aine epoksipinnoite pölynsidonta-aine epoksimassa
Hartsitekno Oy Vantaa	Flintkote HT-epoksipinnoite HT-uretaanipinnoite	bitumimassa
Insinööri-toimisto Sulin Helsinki	Rocflor	pölynsidonta-aine
Karpetti Oy Turku	Peran Rustik Peran SNL Peran STB-5	epoksimassa epoksimassa epoksihiertomassa
Lemminkäinen Oy Maalitehdas Maantiekylä	Novofloor LP Novofloor M	uretaanipinnoite uretaanimaali
Marimomaalit Oy Vaasa	Marmofloor- lattiapinnoitteet	
Master Builders Oy Hyvinkää	Mastertop 1220, 1225, 1230, 1240 Saniseal 100	epoksimassat pölynsidonta-aine
Minteol Oy Helsinki	Minepo- lattiapinnoitteet	epoksi

Nor-Maali Oy Lahti	Normafloor 2000 color, 2500, 600 color	epoksinnoitteet
Orion-Yhtymä Oy Noiro Meta-jaos Hollola	Floorex -lattiapinnoite	polyuretaani-pinnoite
Pinnoitus-Tekniikka Oy Hamina	Findur SL Findur-akryylibetoni	epoksimassa akryylimassa
Pohjolan suojakate Matku		akryylinnoite
Polar-Lattiat Oy Helsinki	Acrypol Epolar	akryylinnoite epoksinnoite
RV-Lattiat Oy Urjala	Urjadur-akryylilattia	akryylimassa
Scanmasia Oy/Flexon-Nordic Ltd Helsinki	Flexon -pinnoite	polyuretaani-pinnoite
Solmaster Oy Hollola	Solmaster AC 50 Solmaster LV 1 Solmaster EP 500/3000 Solmaster LP 2 Solmaster UR 500	akryylimassa betonilakka epoksimassa epoksinnoite polyuretaani-massa
Suomen Massalattiat Oy Kerava	Lohja Akryylibetonilattiat Lohja EP-77	akryylimassa epoksimassa
Tam-Group Oy Suonenjoki		akryylibetoni- ja epoksi- pinnoitteet
Teknos Winter Oy Helsinki	Epidur Epirex 200, 2000/4000, 500, väri- hiekkamassa Inerta 210, 150 Uredur 2000/4000, 500	akryylimassa epoksimaali, -massa ja -pinnoite epoksinnoite ja -massa polyuretaani- massa ja -pinnoite
Tikkurila Oy Vantaa	Reafloor 2500, 2500 EX, 300, 3000, hiertolakka, hiertomassa	epoksimassa, -pinnoite ja -lakka, pölynsidonta-aine
Torginol-Teollisuuslattiat Oy Siuntio	Epox Torginol TL-100, TL-200 TL-500 Torginol Fluaton	epoksiliuos, -massa ja -värilakka polyuretaani- massa ja -lakka akryylidispersiomassa pölynsidonta-aine
Oy Trans-Meri Ab Espoo	Monepox Monile Monodur Monolith	epoksimassa polyakrylaattimassa akryylimassa polyuretaani-massa
Veljekset Matintalo Rutava	Vencoat	epoksimassa

Laboratoriokokeessa käytetyn runkoaineen rakeisuus- ja läpäisyarvot

Runkoaineef		Humus	Liete	Rakeisuus										H
Tunnus				0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16	32	64	
a	0-8			5,5	9	28	54	65	74	97	100	100	100	633
b	8-16								1	2	96	100	100	299
c														
d														
e														
f														
g														
h														
i														
j														
Runko- aineiden yhdistä- minen	a	60	%	3,3	5,4	16,8	32,4	39	44,4	58,2	60	60	60	380
	b	40	%						0,4	0,8	38,4	40	40	120
	c		%											
	d		%											
	e		%											
	f		%											
	g		%											
	h		%											
	i		%											
	j		%											
Yhdistetty runkoaine				3,3	5,4	16,8	32,4	39	44,8	59	98,4	100	100	400



Akryylin ja epoksin kestävyys eräiden ainevalmistajien mukaan

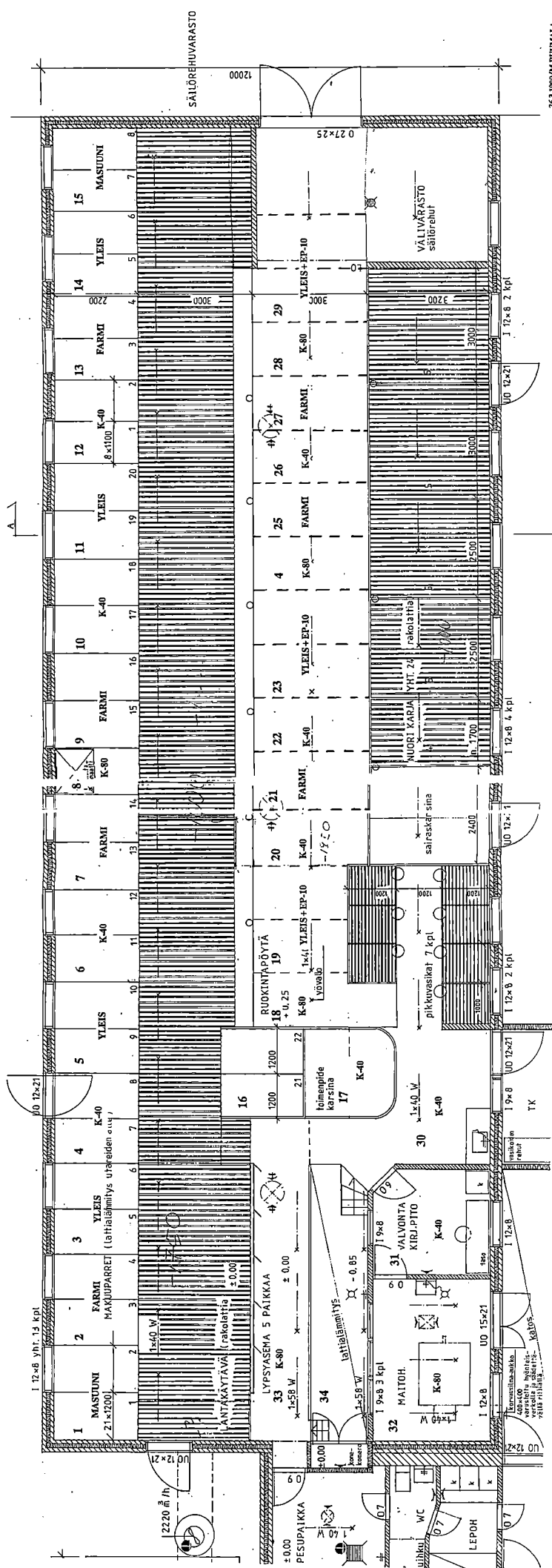
Kemiallinen rasite ^{a)}	Akryylipinnoite	Akryylibetoni	Akryylibetoni ^{b)}	Epoksinpinoite ^{c)}	Epoksimassa ^{d)}
Natriumhydroksidi	+	+	+	+	±
Ammoniakki, 10%	+		±	+	+
Suolahappo	+	+	+	±	±#
Muurahaishappo	+	+		-	-
Etikkahappo, 10%	+	+		+	± ^{e)}
Etikkahappo, 30%	+	±0	±		
Maitohappo	+	+	+		-
+ kestää ± rajoitettu kesto 0 paisunut - ei kestä # värimuutoksia					
a) liuosten väkevyys ilmoitettu vain niissä tapauksissa, joissa testeissä on käytetty samoja väkevyyksiä b) tulokset yli 1½ vuotta kestäneestä testistä c) upporasituksessa koestusaika 24 kk ja -lämpötila +23°C d) upporasituksessa koestusaika 1 v ja -lämpötila +23°C e) liuoksen väkevyys 3 %					

Lähteet: RT T-33140, Nopodur Akryylipinnoite, Oy Bygma Ab
RT T-33464, Findur-akryylibetoni, Pinnoitustekniikka Oy
RT T-34075, Akryylibetoni, Lohja Betonila Oy
Kemikaalinkestävyydestaulukko 27.1.1989, Inerta 150 epoksinpinoite, Teknos Winter
Kemikaalinkestävyydestaulukko 15.3.1984, Reafloor 2500, Tikkurila Oy

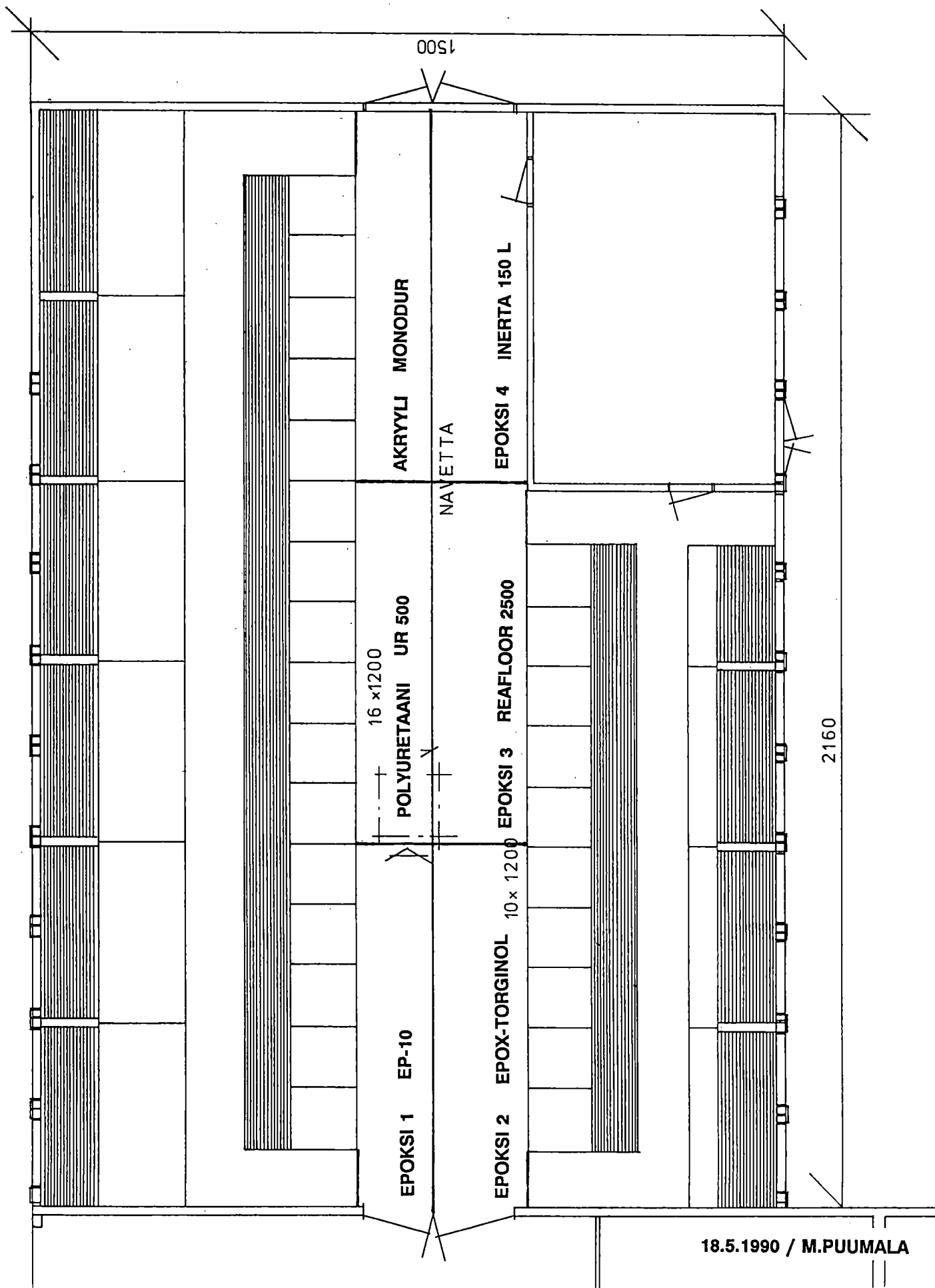
Statens Jordbrugstekniske forsøg'n vuosina 1984 - 1988 tekemien 14 vuorokautta kestäneiden happorasituskokeiden tuloksia, syöpymä ilmoitettu millimetreinä.

Koeaine/happorasitus /kulutuskoe	Suolaha- ppo 1%	Suola- happo 30%	Etikka- happo 10 %	Maito- happo 10%	Natrium- hydrok- sidi 33%	Kulu- tuskoe
Vertailuaine ^{a)}	1,4	8,7	5,0	2,5	0	1,00
Icosit 277 epoksi	0	0	0	0	0	0,26
Epoxy LAM 1 kert.käsittely	0	5,3	0	0	0	0,8
Epoxy LAM 2 kert.käsittely	0	0	0	0	0	0,3
Epoxy LAM 2 kert.käsittely + hiekkä	0	0	0	0	0	0,7
Inertol 100G terva-epoksi	0	0	0	0	0	0,60
Alfa-Plast Grund epoksi	0	0	0	0	0	0,58
Betoni, vertailuaine ^{b)}	2	9	9	2	0	0,7
Eworal Gulv epoksi	0	0	0	0	0	0,3
Sikagard-62 epoksi	0	0	0	0	0	0,1
Sikafloor-95 SR epoksi-polyure- taani	0	0	0	0	0	0,1
a)	Vertailuaineena paikalla sekoitettu kulutuskerrosbetoni, jossa vesisementtisuhte (v/c) noin 0,5 ja rapid-sementti sekä betonihiekka (0-4 mm) mitattu tilavuusosin suhteessa 1:2,5.					
b)	Vertailuaineena tästä alaspäin 3 vuotta vanha betoni, josta ei suhteutustietoja.					

**PIHATTO
MV. PENTTI SAARIO, VIHITI
PINTABETONINTIEN KOERUUDUTUS**

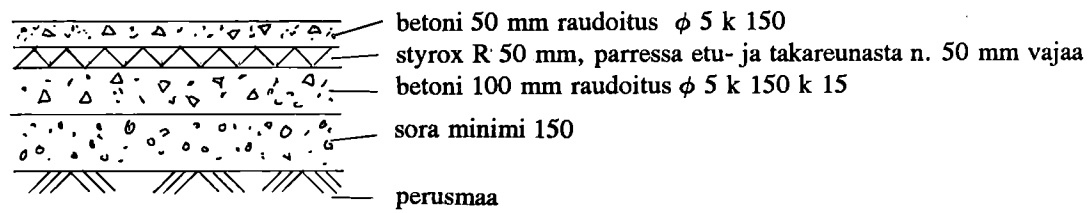


PARSINAVETTA
 MV PENTTI SUOKANNAS, ASKOLA
 MUOVIPINNOITTEIDEN KOERUUDUTUS

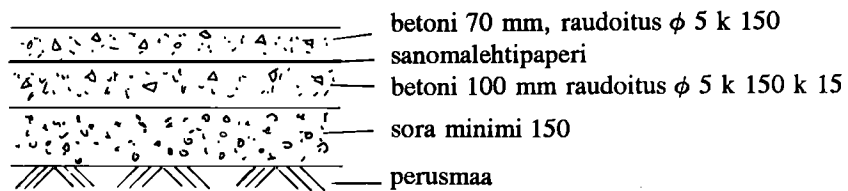


Pihatto Saario / Rakennekuvia

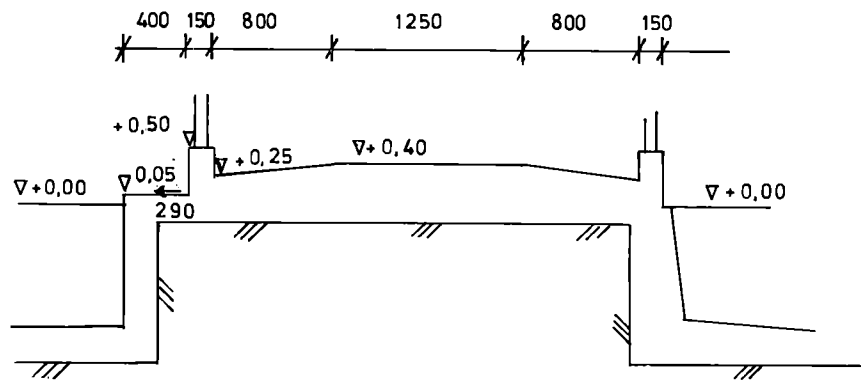
Eristetty parsi / lattia



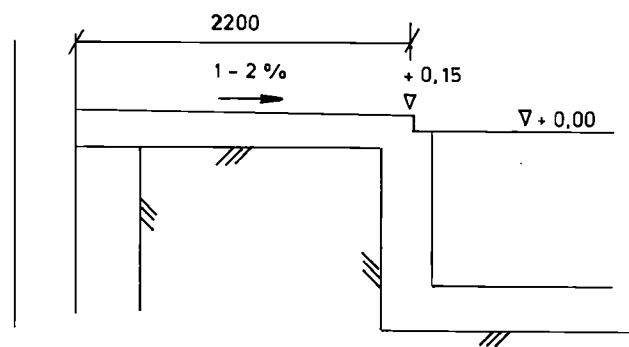
Kaksikerroslattia / ruokintapöytä



RUOKINTAPÖYTÄ



PARSI



Rakennusmateriaalilaboratorio

1(3)

Tilaaaja: Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitos
Tutkimus- ja kehittämisosasto
PPA 1
03400 VIHTI

Tilaus: Kirj. 12.10.1990

Tehtävä: Muovipinnoitteiden tartunnan määrittäminen

Yhteyshenkilö: Tutkimusavustaja Kauko Veijalainen (puh. 90-456 4926)
VTT/rakennusmateriaalilaboratorio
Betonimiehenkuja 3
02150 ESPOO

Tulokset: Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen rakennusmateriaalilaboratorion vastaava tutkimusavustaja Kauko Veijalainen kävi 11.10.1990 mittaamassa muovipinnoitteiden tartuntaa Askolassa.

Tartuntalujuudet määritettiin Saebergin pneumaattisella vetolaitteella liimaamalla syöttöpöydän pinnoitteeseen vetolaikat ($A = 3,14 \text{ cm}^2$) sekä poraamalla laikan alle jäänyt pinnoite irti muusta pinnoitteesta ja rekisteröimällä laikan irroittamiseen vaadittu voima.

Pinnoitteen pintalämpötila oli $15,6 \text{ }^\circ\text{C}$. Tartuntalujuusmittaustulokset ovat taulukossa 1. Tartunnan määrittämissä kohdissa liitteessä 1.

Taulukko 1. Tartuntalujuudet.

Tartuntakoe N:o	Tartuntalujuus N/mm ²	Irtoamiskohta
1	0,7	betoni/pinnoite rajapinta
2	3,1	betoni/pinnoite rajapinta
3	4,6	betoni murtui (5 %)/pinnoite rajapinta (95 %)
4	4,4	betoni/pinnoite rajapinta
5	1,4	betoni murtui (10 %)/pinnoite rajapinta (90 %)
6	4,8	betoni murtui (80 %)/pinnoite rajapinta (20 %)
Keskiarvo	3,2	
7	2,6	betoni murtui (15 %)/pinnoite rajapinta (85 %)
8	2,7	betoni murtui (70 %)/pinnoite rajapinta (30 %)
9	1,0	betoni/pinnoite rajapinta
10	1,4	betoni/pinnoite rajapinta
11	1,6	betoni murtui (15 %)/pinnoite rajapinta (85 %)
12	2,0	betoni murtui (10 %)/pinnoite rajapinta (90 %)
Keskiarvo	1,9	
13	1,1	betoni murtui
15	1,5	betoni murtui
19	1,2	betoni murtui
20	5,3	betoni murtui
22	2,7	betoni murtui
23	3,9	betoni murtui
Keskiarvo	2,6	
14	2,6	pinnoite murtui
16	2,3	betoni murtui (5 %)/pinnoite murtui (95 %)
17	4,5	betoni murtui
18	4,4	betoni murtui (60 %)/pinnoite murtui (40 %)
21	4,7	betoni murtui (5 %)/pinnoite murtui (95 %)
24	3,5	betoni murtui (20 %)/pinnoite rajapinta (80 %)
Keskiarvo	3,7	
25	0,8	betoni murtui (50 %)/pinnoite rajapinta (50 %)
26	2,0	betoni murtui (20 %)/pinnoite rajapinta (80 %)
27	1,1	betoni murtui
31	1,4	betoni murtui (90 %)/irtosi liimauksesta (10%)
33	0,7	betoni murtui
34	0,8	betoni murtui (80 %)/irtosi liimauksesta (20%)
Keskiarvo	1,1	
28	1,7	betoni murtui
29	2,5	betoni murtui
30	3,5	betoni murtui
32	5,1	betoni murtui
35	5,4	betoni murtui
36	6,4	betoni murtui
Keskiarvo	4,1	

Espoo 1.11.1990

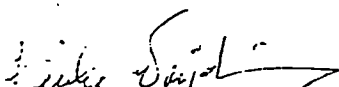
VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSKESKUS

Rakennusmateriaalilaboratorio

Erikoistutkija


 Liisa Rautiainen

Vastaava tutkimusavustaja


 Kauko Veijalainen

LIITE:

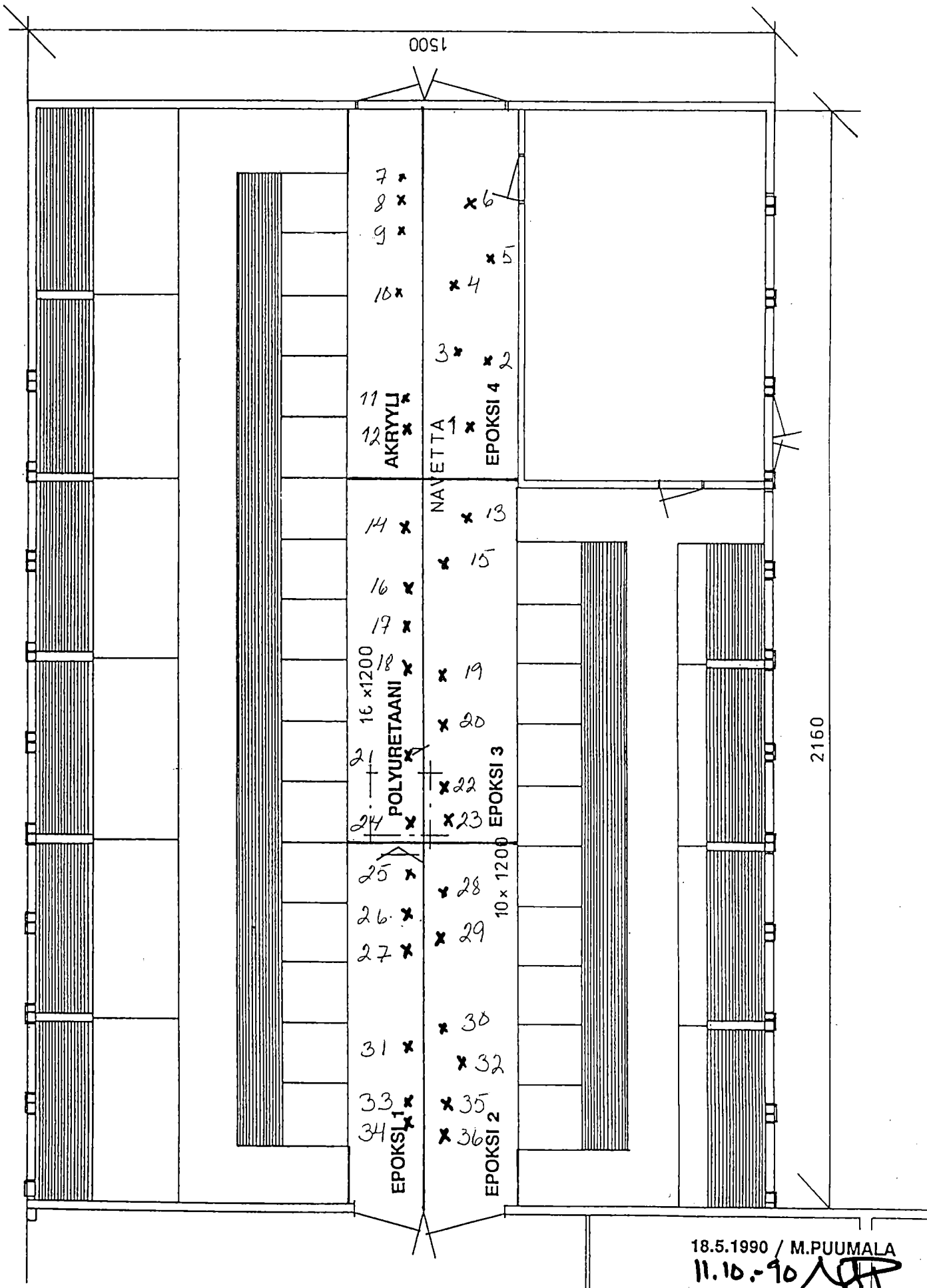
1 kpl

PARSINAVETTA

MV PENTTI SUOKANNAS, ASKOLA

MUOVIPINNOITTEIDEN KOERUUDUTUS

TARTTUVOUSKOE PISTEET



18.5.1990 / M.PUUMALA

11.10.90 *[Signature]*

VAKOLAN TUTKIMUSSELOSTUKSIA

- | No | Nimi |
|-----|---|
| 53. | MATTILA, T. & VIROLAINEN, V. Hellävarainen perunankorjuu. 1989. |
| 54. | MIKKOLA, H. Syyskyntöä korvaavien muokkausmenetelmien vaikutus kevätvehnän satoon 1975-1988. 1989.
PITKÄNEN, J. Pitkääikaisen aurattoman viljelyn vaikutukset hiesusaven rakenteeseen ja viljavuuteen. 1989. |
| 56. | KAPUINEN, P. & KARHUNEN, J. Kosteiden pintojen kosteudentuotanto navetoissa. 1989. |
| 57. | SARIOLA, J., TUUNANEN, L., PAAVOLA, J. & AHOKAS, J. Kylmäilmakuivurin mitoitus ja käyttö. 1990 |
| 58. | MÄKELÄ, J. & LAUROLA, H. Leikkuupuimurin kulkukyky vaikeissa olosuhteissa. 1990. |
| 59. | KAPUINEN, P. & KARHUNEN, J. Lietelantajärjestelmien toimivuus. 1990. |
| 60. | SUOKANNAS, A. Heinän varastokuivaus. 1991. |
| 61. | SARIOLA, J., TUUNANEN, L., ESKELINEN, T., LOUHELAINEN, K. & RIPATTI, T. Viljankuivauksen pölyhaitat. 1992. |
| 62. | SUOKANNAS, A. Säilörehun siirto ja käsittely talvella. 1991. |
| 63. | KAPUINEN, P. Naudanlihan tuotantomenetelmät ja rakennukset. 1992. |
| 64. | KERVINEN, J. & SUOKANNAS, A. Kiedotun pyöröpaalisäilörehun valmistustekniikka ja laatu. 1993. |
| 65. | SARIOLA, J. & LEPPÄLÄ, J. Hellävarainen perunan kauppakunnostus. 1993. |
| 66. | KAPUINEN, P. Naudanlihan tuotantomenetelmät ja -rakennukset II. 1993. |
| 67. | PUUMALA, M. & LEHTINIEMI, T. Betonit ja muovit navetan lattiamateriaaleina. 1993. |

