

Jonna Polvi

**MAANVARAISEN TEOLLISUUSLATTIAN SUUNNITTELU  
BY45/BLY 7 BETONILATTIAT 2014 -JULKAISUN MUKAAN**

**MAANVARAISEN TEOLLISUUSLATTIAN SUUNNITTELU  
BY45/BLY 7 BETONILATTIAT 2014 -JULKAISUN MUKAAN**

Jonna Polvi  
Opinnäytetyö  
Kevät 2014  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma, rakennesuunnittelu

---

Tekijä: Jonna Polvi

Opinnäytetyön nimi: Maanvaraisen teollisuuslattian suunnittelu BY 45/ BLY 7

Betonilattiat 2014 –julkaisun mukaan

Työn ohjaaja: Pekka Nykyri

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: K 2014      Sivumäärä: 77 + 1 liite

---

Tämä opinnäytetyö tehtiin Pöyry Finland Oy:lle Oulun toimiston rakennesuunnittelun osastolle.

Opinnäytetyön tavoitteena on esittää työohjeet maanvaraisen lattian suunnittelulle. Suomen Betoniyhdistys r.y.:n BY 45/BLY 7 Betonilattiat 2014 - julkaisussa maanvaraisille latioille luokitellut laatuvaatimukset ovat uudistuneet halkeamaleveyden luokitusperusteen myötä. Tässä opinnäytetyössä tutkitaan laatuvaatimusten uudistusten vaikutusta maanvaraisten lattioiden suunnitteluun.

Erilaiset rakenteelliset ratkaisut ja laatuvaatimukset asettavat haasteita suunnittelulle. Maanvaraisten lattioiden yleisin vauriotyyppi on halkeilu, jota pyritään hallitsemaan muun muassa raudoituksella, betonin ominaisuuksilla, alusrakenteiden huolellisella tiivistämisellä, saumoilla sekä huolellisella ja riittävän ajoissa aloitetulla jälkihoidolla. Betonirakenne halkeaa, kun kuormituksesta johtuva vetojännitys ylittää betonin vetolujuuden. Lattiaa ei saa kuormittaa liian aikaisin valun jälkeen ja lattian käyttöönoton jälkeisestä huollosta tulee huolehtia. Yleensä mitoituksen kannalta määräävin kuorma on liikkuva pistekuorma, jonka aiheuttaa esimerkiksi ajoneuvoliikenne.

Työn tulokset osoittavat, että lattioiden huolellinen suunnittelu ja toteutus sekä ajoissa aloitettu jälkihoito vähentävät halkeiluriskiä. Taivutusmomentin arvo on suurin pistekuorman ollessa lattian reunalla. Nosto-ovien kynnykset ja lattian vapaat reunat voidaan paikallisesti vahvistaa ja lattian paksuus voidaan valita maksimi lävistyskestävyyden perusteella.

Työssä on käytetty rakennusalan kirjallisuutta ja Internet-sivustoja teoriapohjana. Laskelmat on tehty Autodesk Robot Structural Analysis -ohjelmalla.

---

Asiasanat: maanvarainen lattia, betonin halkeilu, suunnittelu, BY45

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Civil Engineering, Structural Design

---

Author: Jonna Polvi

Title of thesis: Designing of Industrial Ground Slab According Publication of BY 45/ BLY 7 Betonilattiat 2014

Supervisor: Pekka Nykyri

Term and year when the thesis was submitted: S 2014

Pages: 77 + 1 appendice

---

This final thesis was made for the structural design department in Pöyry Finland Ltd Oulu offices.

The aim of this final thesis was to study how the publication called BY 45/BLY 7 Betonilattiat 2014 affects design of ground slabs and to make a design manual of the ground slabs.

The basic principle is that concrete starts to crack when its tensile strength is exceeded. The problems concerning cracking can be caused by multiple reasons. It is important to understand how the cracking can be controlled and how the slab and the flooring bottom react together. The cracking of the concrete can be limited by reinforcement, the features of the concrete, joints and careful concrete curing.

Often the dominant load is a moving point load which is caused by for example the wheels of trucks. The position of the point load also affects the bending moment exerted on the slab which can cause cracking of the slab. The most defying load locations in terms of dimensioning are on the joint, the edge, the corner and in the middle of the slab.

As a result of this thesis work, it can be verified that the damages in ground slabs can be prevented by planning the constructions properly and with careful and early enough started concrete curing.

The research methods used in this thesis have been based on literary sources and professional Internet sources of the field. All structural calculations were made with a computer program called Autodesk Robot Structural Analysis.

---

Keywords:

Ground slab, crack formation, structural design, BY45

## **ALKULAUSE**

Tämä insinööriyö on toteutettu Pöyry Finland Oy:n Oulun toimistolle.

Haluan esittää kiitokseni Pöyry Finland Oy:n puolesta toimineille asiantuntijoille Risto Jyrkälle, Pentti Haimakaiselle ja Aki Keräselle sekä Oulun ammattikorkeakoulun puolesta valvoneelle Pekka Nykyrille asiantuntevasta ohjauksesta.

Oulussa 29.4.2014

Jonna Polvi

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
1 JOHDANTO	8
2 MAANVARAINEN LATTIA	9
2.1 Yleistä	9
2.1.1 Perustyytit ja raudoitustavat	9
2.1.2 Luokitusjärjestelmä	10
2.1.3 Laatuvaatimukset	11
2.2 Rakenne	13
2.2.1 Lattian betonin ja paksuuden valitseminen	13
2.2.2 Alusrakenne, täyttö ja tiivistys	14
3 MAANVARAISEN LATTIAN HALKEILU	18
3.1 Halkeilun syyt ja ehkäisy	18
3.2 Laatan käyristyminen	21
3.3 Betonin kutistuminen	22
3.3.1 Plastinen kutistuma ja painuma	23
3.3.2 Kuivumiskutistuma	24
3.3.3 Lämpömuodonmuutokset	25
3.3.4 Autogeeninen kutistuma	26
3.4 Betonin viruman vaikutus halkeiluun	26
4 MAANVARAISEN LATTIAN SAUMAT	27
4.1 Saumaton lattia	27
4.2 Saumatyytit	28
4.2.1 Pontti- ja vaarnatappisaumat	28
4.2.2 Liikuntasaumot	30
4.2.3 Kutistumissaumat	30
4.2.4 Irrotussaumat	31
4.3 Saumojen sijainti lattiassa	32
4.4 Saumaraudoitus	33

4.4.1 Kuormansiirtokyky	36
5 MAANVARAISEN LATTIAN MITOITUS	38
5.1 Kuormitus	38
5.1.1 Hyötykuormat	38
5.1.2 Liikenne-, työkone- ja trukkikuormat	39
5.1.3 Pistekuormat	40
5.1.4 Lämpökuormitus	46
5.2 Halkeilu	48
5.3 Alusrakenteet	51
5.4 Raudoitus	53
5.4.1 Taivutusraudoitus	55
5.4.2 Leikkausraudoitus	56
5.4.3 Halkeiluraudoitus	57
6 MAANVARAISEN LATTIAN VALU JA JÄLKIHOITO	59
6.1 Betonin valu	59
6.2 Betonin jälkihoito	60
7 RAUDOITUSDETALJIT	63
8 LASKENTAESIMERKKI: MAANVARAISEN LATTIAN MITOITUS ROBOT- LASKENTAOHJELMALLA	69
9 POHDINTA	74
LÄHTEET	75
LIITTEET	

Liite 1. BY45:n kaavoilla lasketut taivutusmomenttien vertailuarvot

# 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehdään Pöyry Finland Oy:lle Oulun toimiston rakennesuunnittelun osastolle. Pöyry Finland Oy on 50 maassa toimiva kansainvälinen konsultointi- ja suunnittelutoimisto. Suomessa toimistoja on 20 paikkakunnalla.

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia teollisuusrakennusten maanvaraisten lämmöneristämättömien betonilattioiden halkeilua. Työssä keskitytään paksuihin, raskaasti kuormitettuihin sekä molemmista pinnoista raudoitettuihin lattioihin. Työssä tutkitaan Suomen Betoniyhdistys r.y.:n BY 45/BLY 7 Betonilattiat 2014 -julkaisun vaikutusta maanvaraisten lattioiden suunnitteluun, sillä betonilattioiden luokitusjärjestelmä on uudistunut halkeamaleveyden luokitusperusteen myötä. Työn tavoitteena on tehdä työohje ja laskentapohja, joita voidaan käyttää suunnittelutyössä.

Maanvaraiset betonilattiat ovat yleensä hyvin tärkeä rakenneosia teollisuusrakennuksissa. Lattioihin kohdistuu tyypillisesti suuria rasituksia ja halkeilu on yleisin maanvaraisen lattian vauriotyyppi. Betonin halkeilu johtuu monista eri tekijöistä, kuten kuormituksesta, alustan muodonmuutoksista, betonin kuivumisesta ja betonimassan ominaisuuksista. Käytännössä kaikki betonirakenteet halkeilevat, mutta halkeilun tulisi olla hallittavissa. Halkeiluriskin minimoimiseksi on tärkeää panostaa rakenteelliseen suunnitteluun ja huolelliseen työn suoritukseen sekä erityisesti jälkihoitoon. Usein maanvaraisten lattioiden ongelmien syynä ovat myös puutteelliset tai virheelliset laatuvaatimukset. Betonilattiat 2014 -kirjassa on lattioille kolme luokiteltua laatuvaatimusta, joita ovat suoruus, kulutuskestävyys ja sallittu halkeamaleveys.

Työssä on käytetty teoriapohjana rakennusalan kirjallisuutta ja Internet-sivustoja. Laskelmat on tehty Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2014 -ohjelmalla.



## 2 MAANVARAINEN LATTIA

### 2.1 Yleistä

#### 2.1.1 Perustyypit ja raudoitustavat

Maanvarainen lattia tarkoittaa laattaa, joka valetaan suoraan maata vasten tai lämmöneristeen päälle. Lattia mitoitetaan kimmoisella alustalla olevana teräsbetoni-, kuitubetoni- tai tartunnattomilla jänteillä jännitettynä betonirakenteena. Rakenteen kosteustekninen toimivuus tulee tarkastaa, kun lattian päälle asennetaan pinnoite tai päällyste, joka ei läpäise vesihöyryä. Lattian suunnittelua varten pohjarakennesuunnittelija antaa suunnittelua varten lattian alustaluvun ja määrittelee alusrakenteet ja maapohjan kantavuuden kohteen mukaan. Yleisin ja taloudellisin tapa on tehdä lattia suoraan yhtenä kerroksena samasta betonista valmiiksi lopulliseen pintaan, mutta tällöin tasaisuusvaatimuksille ei voida asettaa tiukkoja vaatimuksia. (1, s. 10.)

Betonilattiat voidaan jakaa toimintatavan mukaan seuraavasti:

- maanvarainen lattia
  - sora-alusta
  - valetaan suoraan alustäytön päälle
- lämmöneristetty maanvarainen lattia
  - valetaan lämmöneristyksen päälle
- pintabetonilattia
  - valetaan kantavan laatan tai elementtirakenteen päälle
  - raudoitettuja tai raudoittamattomia pääsääntöisesti alustaansa kiinnitettyjä ei-rakenteellisia laattoja
  - käytetään välipohjissa ja laiteperustuksissa pintalattiana
- kelluva pintabetonilattia
  - valetaan äänen- tai värinäeristysmaton päälle
  - suositeltu paksuus 80 mm
  - tavoitteena hyvä askeläänen ja värinän eristävyys
- paalulattia

- käytetään heikosti kantavilla maapohjilla. (1, s. 11–14;13, s. 15.)

Maanvaraisten lattioiden raudoitustapoja ovat

- tankoraidoitus
  - yleisin raudoitustapa teollisuuslattioissa
  - irtotangot tai esivalmistetut raudoituskokonaisuudet (raudoitusverkot, kaistaraudoitteet tai mattoraidoitteet)
- kuituraidoitus
  - teräskuidut ovat korkealaatuisesta teräksestä (myötölujuus 500 - 1700 N/mm<sup>2</sup>) valmistettuja teräslankoja (pituus 35 -60 mm)
- jälkijännitys
  - yleinen raudoitustapa pysäköintilaitoksissa
  - jänneteräksien lisäksi käytetään myös tankoraidoitusta. (1, s. 73–76.)

### 2.1.2 Luokitusjärjestelmä

Betonilattioiden luokitusjärjestelmä on kehitetty lattioiden laatuvaatimusten esittämiseksi. Laatutekijöiden vaativuustaso asetetaan suunnitteluvaiheessa, ja se määräytyy lattian käytön mukaa. Lattian laatutekijät on luokiteltu seuraavasti:

- suoruus: A<sub>0</sub>, A, B ja C, joista A<sub>0</sub> on vaativin
- kulutuskestävyys: 1, 2, 3 ja 4, joista 1 on vaativin
- sallittu halkeamaleveys: I, II ja III, joista I on vaativin.

Taulukossa 1 on esitetty suositus tavanomaisissa tapauksissa lattioiden laatutekijöiden valintaan. Lattian luokka ilmoitetaan kirjain – numero – kirjain -yhdistelmänä. Luokitusmerkintään voidaan liittää T-kirjain, kun kyseessä on erityisen vaativa kohde. Kohde on vaativa, mikäli

- lattia on saumaton ja laaja- alainen
- lattia on kulutusrasitettu
- lattia on suoruusvaatimukseltaan tiukka
- lattian halkeilua pyritään rajoittamaan
- ympäristön rasitukset ovat ankaria. (1, s. 14–15.)

TAULUKKO 1. Laatutekijöiden valintaohje (1, s. 15)

Kohde	Laatuluokka		
	Suoruus	Kulutuskestävyys	Halkeilu
Asunnot ja toimistot	□		
Päällystettävät lattiat, sisätilat	A	3	III
Parvekkeet ym kylmät tilat <sup>1)</sup>	C	4	<sup>2)</sup>
Käytävä	C	4	II
Sauna ja pesuhuonetilojen päällystettävät kaatolattiat	A	4	II
<b>Teollisuuslattiat</b>			
-tasaisuus tärkeä laatutekijä, kuten korkeat varastot (esim. trukkiliikenne)	Ä <sub>0</sub> (A)	2	II (I)
-kulutuskestävyys tärkeä laatutekijä (esim. suuret liikennekuormat, vilkas liikenne, pienet ja kovat trukin pyörät)	B	1 (2)	II (I)
-teollisuuslattiat yleensä (esim. pienteollisuustalot, kevyt teollisuus)	C	2	II
<b>Pysäköintilaitokset</b>			
-kulutuskestävyys ja pinnan karheus tärkeitä laatutekijöitä. Kaltevuudet suunnitellaan niin, että lattialle ei muodostu lammikoita.	B	2	II <sup>2)</sup>
<b>Toisarvoiset päällystämättömät tilat</b>			
-esim. kellaritilat asuinrakennuksissa	C	3	III

<sup>1)</sup> Pakkasekestävyys varmistettava ulkorakenteissa.

<sup>2)</sup> Kantavissa rakenteissa noudatetaan voimassa olevien suunnitteluohjeiden vaatimuksia.

### 2.1.3 Laatuvaatimukset

Usein betonilattioiden ongelmien syynä on olemattomasti, puutteellisesti tai virheellisesti esitetyt laatuvaatimukset. Laatuvaatimukset määräytyvät lattian käyttötarkoituksen mukaan. On varmistettava, että lattia mahdollistaa tilassa suunnitellun toiminnan. Eri käyttötavat asettavat lattioille erilaisia vaatimuksia. Lattia on yleensä tärkein yksittäinen rakenneosa varasto- ja teollisuusrakennuksissa. Lattialle asetettavia laatuvaatimuksia ovat

- suoruus
- halkeilu
- kulutuskestävyys
- säilyvyys
- pölyämättömyys

- puhdistettavuus ja hygieenisuus
- iskunkestävyys
- kemiallinen kestävyys
- liukkaus
- ulkonäkö
- kosteus (pinnoitettavuus)
- sähkönjohtavuus
- lammikoitumattomuus. (1, s. 16.)

Liikkuvien ja paikallaan olevien laitteiden käyttö tulee olla mahdollista, joten lattian tulee olla riittävän tasainen ja suora. Lattian suoruuden arvostelussa käytetään perusteena kaltevuusvirheitä. Lattian suoruuspoikkeamalla tarkoitetaan vaakasuoraksi suunnitellun lattian poikkeamaa vaakatasossa ja kaltevaksi suunnitellun lattian poikkeamaa nimelliskaltevuudesta. Taulukossa 2 on esitetty lattian suurimmat sallitut poikkeamat suoruudessa. (1, s. 16–18.)

*TAULUKKO 2. Suurimmat sallitut poikkeamat suoruudessa (1, s. 18)*

Suoruuspoikkeama	Mittausluokka L [mm]	Suurin sallittu poikkeama [mm]			
		A <sub>0</sub>	A	B	C
Hammastus		0	0	1	1
Poikkeama vaakasuorasta tai nimelliskaltevuudesta (katso kuva 1.1)	enintään 200	1	2	3	4
	enintään 700	2	4	6	8
	enintään 2000	4	7	10	14
	enintään 7000	7	10	14	20
	yli 7000	10	14	20	28

Kulutuskestävyyden mittauksessa kulumisella tarkoitetaan kulutuskestävyyden testauslaitteen aiheuttamaa kulumista käsittelemättömällä ja puhtaalla betonipinnalla. Tapa, jolla lattian kulutuskestävyys todennetaan tarvittaessa, esitetään suunnitelmissa. Kulutuskestävyyden mittausmenetelmiä ovat VTT:n teräspyöräkone, Böhme-koe ja BCA-koe, jotka kaikki soveltuvat hyvin pääasiassa trukki liikenteen rasittamien lattioiden testaamiseen. Kulutuskokeita tehdään ainoastaan tapauksissa, joissa on syytä perustellusti epäillä, ettei laittia täyty sille asetettuja kulutuskestävyys- ja laatuvaatimuksia. Kokeita tehdään

aikaisintaan 3 kuukauden kuluttua valusta ja tarvittaessa jokaista alkavaa 5000 m<sup>2</sup> kohti. (1, s. 19–22.)

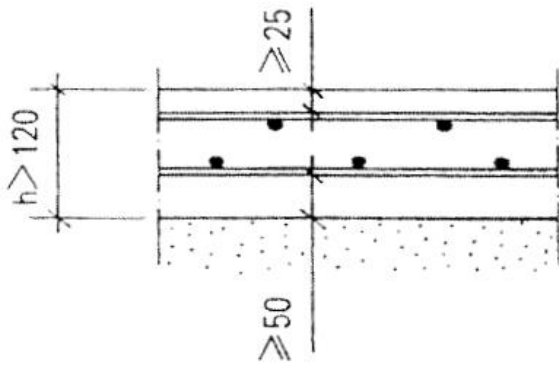
Lattian säilyvyyden kannalta on tärkeää huomioida

- pakkasenkestävyys
  - kylmien ja kosteiden tilojen lattiat
- kloridien aiheuttama terästen korroosio
  - rajoitetaan tiiviimmällä betonimassalla (vesi-sementtisuhteessa rajoitus)
- vesitiiviys
  - tulee tutkia, mikäli lattialta vaaditaan erityistä tiiviyyttä tai syöpymisvaara on olemassa. (1, s. 26.)

## **2.2 Rakenne**

### **2.2.1 Lattian betonin ja paksuuden valitseminen**

Maanvaraisen betonilattian lujuuden valintaan vaikuttavat käyttötarkoitus, kuormat ja kulutuskestävyys. Lattian yläpinnan rasitusluokka lämpimässä lattiassa on XC1 ja kylmässä lattiassa XC3. Alapinnan rasitusluokka on maata vasten valettaessa XC2. Betonin minimilujuusluokka rasitusluokan mukaan on C25/30. Maata vasten valettaessa betonipeitteen alapinnan paksuuden nimellisarvon tulee olla vähintään 50 mm. Lattian yläpinnassa betonipeitteen tulisi olla noin 5 mm suurempi kuin käytetyn betonin maksimiraekoko. Tällöin betoni ympäröi luotettavasti yläpinnan teräkset. Maksimiraekoon ollessa 16 mm tulisi betonipeitteen nimellisarvon olla vähintään 25 mm. Maata vasten valettaessa betonipeitteen sallittu mittapoikkeama on yleensä 10 mm. Betonin kiviaineksen raekoon suurentaminen pienentää halkeiluriskiä. Jälkihoidon merkitys korostuu ja halkeiluriski kasvaa, mitä notkeampaa betonimassa on. Suositeltu notkeusluokka on S2. Kuvassa 1 on esitetty periaate lämmöneristämättömästä lattiasta, jossa on rauditus molemmissa pinnoissa. (5, s. 18;1, s. 31.)



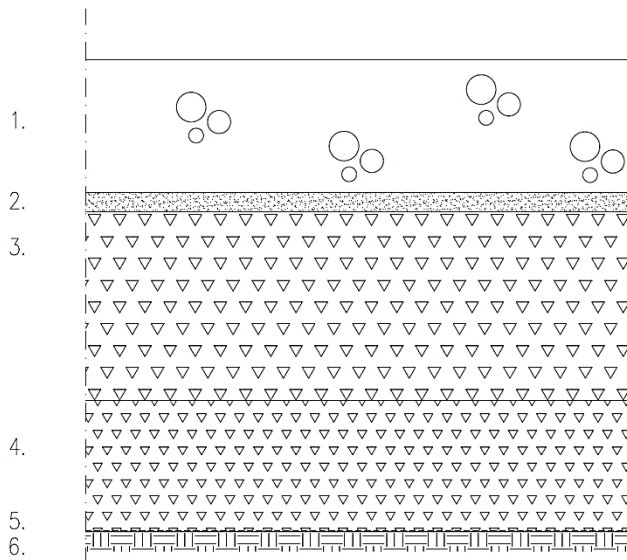
*KUVA 1. Molemmista pinnoista raudoitettun maanvaraisen lattian periaatekuva (1, s. 88)*

Lattian paksuuden valintaan vaikuttavat alusrakenteen kantavuus, lattiaan kohdistuvat pistekuormat sekä lattian yläpinnan halkeamakapasiteetti. Teollisuuslattioiden ohjepaksuudet ovat 120 mm, 150 mm, 180 mm, 200 mm ja 250 mm. Raudoituksen ollessa keskinen lattian ohjepaksuus on 80- 120 mm, ja raudoituksen ollessa lattian molemmissa pinnoissa ohjepaksuus on vähintään 120 mm. Samalla lattian paksuudella taivutusmomenttien arvot vaihtelevat paljon riippuen lattian jäykkyydestä ja alusrakenteesta. Pistekuorman aiheuttama taivutusmomentti on sitä pienempi, mitä notkeampi lattia on (notkeusluokka S4) ja mitä tiiviimpi on alusrakenne. (13, s. 67–68.)

### **2.2.2 Alusrakenne, täyttö ja tiivistys**

Maanvaraisen lattian alusrakenne koostuu luonnon pohjamaasta, sen päälle kerroksittain rakennettavista tai aiemmin rakennetuista täyttömateriaaleista ja mahdollisesta lämmöneristeestä. Tässä opinnäytetyössä keskitytään ainoastaan lämmöneristämättömiin lattioihin. Pohjamaa voi olla luonnontilaista perusmaata, vanhaa rakennettua täyttömaata, jota ei ole suunniteltu lattiaa varten, tai pohjanvahvistustoimenpiteillä suunnitelmallisesti lujitettua maata. Rakennetäyttöjä ovat lattian rakentamisen yhteydessä tehtävät uudet täytöt. Täytekerroksia ei saa rakentaa jäätyneen maapohjan varaan, sillä jäätyneen maapohjan varaan tehty täyttö painuu alustan sulamisen jälkeen. (1, s. 63–64.)

Täyttömateriaalin tulee olla routimatonta murskettä. Perusmaan ollessa savea, silttiä tai moreenia täytön alle asennetaan suodatinkangas. Kuivatus- ja kosteusteknisistä syistä tulee rakentaa kapillaarikatko sepelistä. Sepelikerroksen suositeltu paksuus on 200- 300 mm. Maanvaraisen lattian alusrakennekerrokset on esitelty kuvassa 2. (1, s. 64; 5, s. 45.)



1. Teräsbetonilattia
2. Tasaushiekka tarvittaessa, 20–50 mm
3. Murske, 200–300 mm
4. Kapillaarikatko tarvittaessa,  $\geq 200$  mm
5. Suodatinkangas, asennetaan mikäli perusmaa savea, silttiä tai moreenia
6. Perusmaa

*KUVA 2. Maanvaraisen lattian alusrakennekerrokset (5, s. 16)*

Lattian alustan suurin sallittu tasaisuuspoikkeama on  $\pm 10$  mm. Ennen lattian valua on varmistettava täytön yläpinnan tasaisuus ja kallistukset vaaitsemalla koko valukenttä 2 metrin ruuduissa. Alustan kohoumat ja kolot estävät lattian kutistumisliikkeitä, mikä kasvattaa lattian halkeiluriskiä. Lisäksi tasaisuuspoikkeama alustassa vaikeuttaa laadukkaan lopputuloksen saavuttamista. (1, s. 30.)

Mitoituksellisesti pohjamaassa tapahtuvien muodonmuutosten tulisi olla kimmoisia eli kuormituksesta palautuvia. Täyttöjen tulisi olla mahdollisimman tiiviitä, jotta jälkitiivistymiseltä vältyttäisiin ja jotta lattian käytönaikaiset muodonmuutokset (painuma ja jousto) pysyvässä ja muuttuvassa kuormituksessa olisivat täyttömaassa mahdollisimman pieniä ja tasaisia. Maanvarainen lattia tulee suunnitella siten, ettei pohjamaassa esiinny pitkäaikaista painumaa. Mikäli pohjamaa puristuu kokoon pitkäaikaisen kuormituksen alla, lattia painuu. Kuorma muodostuu alustäytöistä, pitkäaikaisesta hyötykuormasta, pohjaveden alenemisesta tai rakennuksen perustoilta tulevasta lisäkuormilta. Raskaista koneista aiheutuva värinä ja dynaamiset kuormat voivat aiheuttaa ajan mittaan maapohjassa ja alustäytöissä painumia. (1, s. 63;5, s. 43.)

Lattian alusrakenteen tiiveys ja kantavuus tulee määrittää rakentamisen aikana. Mittaukset tehdään yleensä levykuormituskokeella, joka on ainut luotettava keino täyttömateriaalin ollessa murskettua. Mittauksia tehdään vähintään 1 koe/400 m<sup>2</sup> tai pohjarakennesuunnittelijan esittämässä laajuudessa ja menetelmin. Taulukossa 3 on esitetty maanvaraisen lattian alustäytöltä vaaditut tiiviys ja kantavuusarvot, mutta voidaan käyttää myös seuraavia arvoja:

- laatuluokka I:  $E_2 > 125$  MPa ja tiiviysuhde  $r = E_2/E_1 < 2,2$
- laatuluokka II:  $E_2 > 90$  MPa ja tiiviysuhde  $r = E_2/E_1 < 2,2$ . (1, s. 68.)

**TAULUKKO 3. Maanvaraisten lattian alustäytöltä vaaditut tiiviys ja kantavuusarvot (1, s. 70)**

		Laatuluokka		
		I <sup>1)</sup>	II <sup>2)</sup>	III
Pienin sallittu yksittäinen tiiviysaste	%	≥ 93	≥ 90	≥ 87
Pienin sallittu yksittäinen kantavuusmoduulin $E_1$ arvo	MN/m <sup>2</sup>	$E_1 \geq 50$	$E_1 \geq 40$	
Suurin sallittu tiiviysuhde $r$		2,2	2,2	-

<sup>1)</sup> Ajoneuvoliikenne yleensä  $P > 50$  kN

<sup>2)</sup> Jalankulku- tai kevyt ajoneuvoliikenne  $P \leq 30$  kN

P on pyöräkuorma jonka jakautumisala on vähintään 150 x 150 mm<sup>2</sup>.



Tiiviyssuhde tarkistetaan kaavalla 1 (1, s. 70).

$$r = E_2/E_1 \leq 2,2$$

KAAVA 1

$E_1$ = kantavuuskokeen ensikuormituksesta laskettu kantavuusmoduuli (MN/m<sup>2</sup>)

$E_2$ = kantavuuskokeen toistokuormituksesta laskettu kantavuusmoduuli (MN/m<sup>2</sup>)

Tiiviyssaste lasketaan kaavalla 2 (1, s. 71).

$$D_t = 100 \cdot \frac{\gamma_d}{\gamma_{dmax}} \%$$

KAAVA 2

$\gamma_d$ = volumetrikokeella täytöstä mitattu kuivatilavuuspaino

$\gamma_{dmax}$ = parannetulla Proctor- kokeella maalaboratorioissa määritetty

täyttömateriaalin enimmäiskuivatilavuuspaino

### 3 MAANVARAISEN LATTIAN HALKEILU

Halkeamalla tarkoitetaan betonin pinnalta mitattua yli 0,05 mm leveää halkeamaa. Betoniin syntyy halkeamia, kun liike on kokonaan tai osittain estetty, jolloin kutistuma ei pääse vapaasti tapahtumaan. Mikään betonirakenne ei pääse täysin vapaasti liikkumaan, joten käytännössä kaikki betonirakenteet halkeilevat jonkin verran. Halkeamia voi syntyä myös ylikuormituksen tai plastisen kutistuman johdosta. Lattian halkeilua tulee rajoittaa siten, ettei se huononna rakenteen säilyvyyttä, toimintaa tai ulkonäköä. (1, s. 23.)

Kovapyöräisen trukki- tai vihivaunuliikenteen vuoksi leveiden halkeamien reunat murtuvat ja lohkeilevat helposti. Tällöin vaurio ja sen aiheuttama haitta suurenevat koko ajan. Halkeaman molemmiin puolin lattian reunat voivat nousta, mikä tuottaa ongelmia liikenteelle, lyhentää käyttöikä ja huonontaa tasaisuutta. Jos halkeama on liian suuri, katoaa kuormansiirtokyky halkeaman yli ja halkeaman eri puolelle syntyvän tasoeron korjaaminen on hankalaa. (1, s. 23.)

Sallitun halkeamaleveyden valintaan vaikuttavat toiminnallisuus, säilyvyys ja ulkonäkö. Halkeamaleveysluokka I vaatimustaso edellyttää erityistoimenpiteitä, kuten jälkijännitystä. Oikeilla suunnitteluratkaisuilla, kuten vähän kutistuvalla betonikoostumuksella tai minimiraudoitusta suurempaa raudoitusta käyttämällä, voidaan rajoittaa halkeilua. Halkeamaluokka II käytetään teollisuuslattioille ja pinnoitettaville lattioille. Teollisuuslattioissa, joihin kohdistuu runsas trukki liikenne (rengaspaine > 10 Mpa), on suositeltavaa, että yli 0,6 mm leveät halkeamat esimerkiksi injektoidaan. Halkeamaleveysluokka III:ssa halkeamaleveyttä ei rajoiteta millään tavalla. Halkeamaleveysluokka IV on erikoisluokka, jossa halkeamaleveysvaatimus poikkeaa laatuokituksista. Sallittu halkeamaleveys ilmoitetaan piirustuksissa ja suunnitteluasiakirjoissa. (1, s. 24.)

#### 3.1 Halkeilun syyt ja ehkäisy

Jotta lattian halkeilulta vältyttäisiin tai sitä voitaisiin rajoittaa, on tärkeää tuntea halkeilun syyt. Maanvaraisessa betonilattiassa halkeilu voi johtua

- veden haihtumisesta tuoreesta rakenteesta sitoutumisen ja kovettumisen alkuvaiheessa (plastisen vaiheen halkeilu)
- veden haihtumisesta betonin kovettumisen aikana (pitkäaikaiskutistuma)
- veden ja sementin kemiallisista reaktioista johtuva betonin kutistuminen
- lämpötilan muutoksista rakenteessa (ulkoisen lämpötilan muutos, rakenteen oma lämmöntuotto)
- alustan muodonmuutoksista tai kuormituksesta. (7, s. 37.)

Betonirakenne halkeaa, kun kuormituksesta johtuva vetojännitys ylittää betonin vetolujuuden. Puhtaan vedon alaisessa rakenteessa ensimmäinen halkeama syntyy satunnaisesti heikompaan kohtaan rakennetta ja puhtaan taivutuksen alaisessa rakenteessa yleensä maksimimomentin kohdalle. Voimat jakautuvat uudelleen rakenteessa välittömästi ensimmäisen halkeaman jälkeen. Tällöin betonissa vallinnut vetojännitys siirtyy halkeaman kohdalla teräkselle eli betonin vetojännitys on nolla halkeaman kohdalla. Teräsännityksen muutos on sitä pienempi, mitä enemmän on terästä. Muutoksen suuruuteen vaikuttavat myös rakenteen kuormitus ja betonin lujuus. Taivutetuissa rakenteissa muutos on pienempi, kun vastaavasti aksiaalisesti vedetyissä rakenteissa muutos on suuri. Betonin vetolujuus on sitä suurempi, mitä korkeampi on betonin lujuusluokka, ja tästä johtuen halkeilun seurauksena teräksille siirtyy suurempi voima. (15, s. 4.)

Kuormitusta lisättäessä rakenteen halkeilun jatkuminen riippuu raudoituksesta. Kun rakenne on raudoitettu oikein, halkeamien leveydet kasvavat hitaasti ja halkeamien lukumäärä kasvaa nopeasti. Uusi halkeama syntyy tietyn matkan päähän edellisestä halkeamasta, kun betonin vetolujuus taas ylittyy vedetyn betonialueen jännityksen kasvaessa. Teräksen ja betonin välinen tartuntajännitys aiheuttaa sen, että betoni ottaa osan poikkileikkauksen kokonaisvetovoimasta ja pienentää samalla terästen raudoituksen jännitystä (vetojäykistysvaikutus). Kuormitusta vielä lisättäessä halkeamaleveydet kasvavat, kun vedetyn betonialueen jännitys halkeamien välissä ei voi enää saavuttaa betonin vetolujuutta. (15, s. 5.)

Sekä mekaaninen kuormitus (voimaohjatut kuormat) että pakkovoimat (siirtymäohjatut kuormat) voivat aiheuttaa lattian halkeilua. Halkeaman edetessä rakenteen jäykkyys halkeaman kohdalla pienenee. Tämän johdosta myös pakkovoima pienenee halkeaman synnyttyä. Lattian jäykkyys on tasaisempi, jos lattiaan syntyy monta pientä halkeamaa toisin kuin jos lattiaan syntyy yksittäisiä suuria halkeamia. Jäykkyyden pieneminen on halkeaman kohdalla sitä pienempi, mitä suurempi on vetoteräsmäärä ja päinvastoin. Mitä jäykempi rakenne on, sitä suuremmat ovat pakkovoimien aiheuttamat rakenteen sisäiset rasitukset. (15, s. 6.)

Teräsbetonirakenteen halkeilu on monimutkainen pakkovoimien vuoksi. Massiivisissa rakenteissa pakkovoimien aiheuttama kuormitus on yleensä epälineaarista ja sidoksissa rakenteen jäykkyyteen. Pakkovoimien rasittaman rakenteen epälineaarinen käyttäytyminen voidaan huomioida suunnittelussa useilla tavoilla. Linearisessa analyysissä redusoidaan pakkovoiman aiheuttamaa kuormitusta kertoimella. Vaihtoehtoisesti jäykkyyttä voidaan pienentää redusoimalla betonin kimmokerrointa. Käyttörajatilasuunnittelussa on usein käytetty kertoimena 0,5:ttä. Menetelmä on yksinkertainen, mutta se ei ole välttämättä monimutkaisiin rakenteisiin tarkoituksenmukainen, sillä sama reduktiokerroin ei yleensä arvioi pakkovoimien aiheuttamia kuormituksia riittävän luotettavasti rakenteen eri osissa. Tarkempi tapa on redusoida rakenteen jäykkyyttä ja pakkovoimia poikkileikkauskohtaisesti. Mahdollinen menetelmä on Gurfinkelin menetelmä, joka soveltuu rakenteeseen, johon kohdistuu normaalivoima, taivutusmomentti ja lämpögradientin aiheuttama lämpövoima. Menetelmää voidaan myös soveltaa muihin lämpökuorman tapaan vaikuttaviin pakkovoimiin. (15, s. 8.)

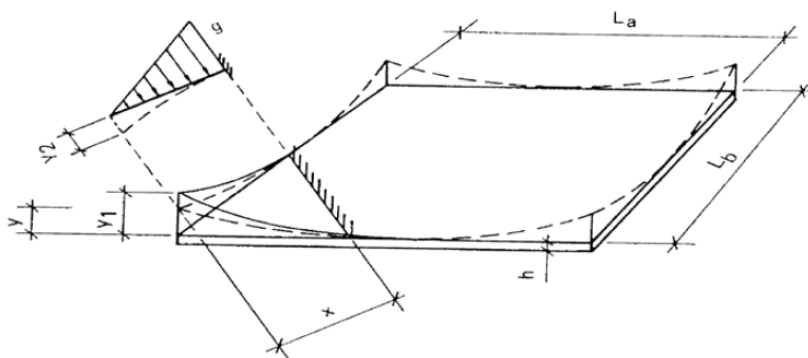
Halkeilua ja halkeamaleveyttä rajoitetaan raudoitteilla lattian käyttötarkoituksen mukaan sekä jakamalla lattia kutistumissaumoin sopiviin ruutuihin. Tehokas jälkihoito on halkeilun ennaltaehkäisyn kannalta tärkeää ja sitä jatketaan, kunnes betonin vetolujuus on niin riittävä, että se voi ottaa kutistumisesta syntyvät jännitykset. Lattiassa käytettävän betonin tulee olla mahdollisimman vähän kutistuvaa, jotta hallitsematonta halkeilua ei syntyisi. Alustan tulisi olla

tasainen, sekä lattian ja alustan välillä tulisi olla mahdollisimman pieni kitka. Oikein valituilla betonimassan ominaisuuksilla voidaan rajoittaa halkeilua. Lisäksi halkeilua voidaan ehkäistä mitoittamalla lattia kestävämmän kuormitukset tilanteessa, jossa lattian nurkat ja reunat ovat käyristyneet. (7, s. 38.)

### 3.2 Laatan käyristyminen

Maanvaraisissa lattioissa reunojen ja nurkkien nousun merkittävin syy on lattian ylä- ja alapinnan välinen kutistumaero. Käyristyminen voi johtua myös ylä- ja alapinnan välisestä lämpötilaerosta. Käyristymistä voidaan vähentää jälkihoidolla ja valitsemalla mahdollisimman vähän kutistuva betoni. Vauriot kutistumis- ja liikuntasauvojen läheisyydessä johtuvat usein käyristymisestä. Lattia ei enää täytä sille asetettuja tasaisuusvaatimuksia, kun saumoihin syntyy hammastuksia, kohoumia tai harjanteita. Koholla olevat lattian reunat eivät kestä kuormituksia, kun saumojen viereen ja nurkkiin syntyy halkeamia. (7, s. 38.)

Lattian omapaino vastustaa käyristymistä. Kylmällä puolella syntyy taivutusvetojännityksiä ja lämpimällä puolella syntyy puristusjännityksiä. Lattian reuna- ja nurkka-alueilla omasta painosta aiheutuva momentti ei ole välttämättä riittävän suuri pitämään lattiaa suorana. Kuvassa 3 on esitetty lattian nurkan käyristyminen. (1, s. 60.)



KUVA 3. Lattian käyristyminen vapaassa nurkassa (1, s. 60)

Likiarvo käyristymän aiheuttamalle nousulle lasketaan kaavalla 3 (1, s. 60).

$$y_1 = \frac{\Delta_\varepsilon(L_a^2 + L_b^2)}{8h}$$

KAAVA 3

$h$  = lattian paksuus (m)

$L_{a,b}$  = lattian sivumitta (m)

$\Delta_\varepsilon$  = pintojen välinen venymäero

Likiarvo oman painon kumoavalle vaikutukselle lasketaan kaavalla 4 (1, s. 60).

$$y_2 = \frac{gx^4}{30E_cI_c}$$

KAAVA 4

$g$  = tasainen kuormitus (kN/m)

$x$  = kuormituksen vaikutusmatkan pituus (m)

$E_c$  = betonin kimmomoduuli (MN/m<sup>2</sup>)

$I_c$  = lattian jäykkyys

Likiarvo nurkan lopulliselle nousulle lasketaan kaavalla 5 (1, s. 60).

$$y = y_1 - y_2$$

KAAVA 5

### 3.3 Betonin kutistuminen

Betonin kutistuminen liittyy kuivumiseen ja sementin reaktioihin. Kutistuminen on betonin luonnollinen ominaisuus, eikä sitä voida kokonaan poistaa, mutta sitä voidaan vähentää. Liiallinen betonin kutistuminen aiheuttaa rakenteisiin halkeamia ja taipumia. Lisäksi rakenteen mittatarkkuus, kulutuskestävyys, säilyvyys, ulkonäkö ja muut loppuominaisuudet kärsivät. (4, s. 1–3.)

Sisäiset ja ulkoiset tekijät vaikuttavat betonin kutistumiseen. Ulkoisia tekijöitä ovat ilman suhteellinen kosteus, varhaisvaiheessa ilman lämpötila ja ilmavirtaukset lattian pinnalla. Betonin koostumus ja sementtityyppi ovat sisäisiä tekijöitä. Kutistumisen syyt, suuruus ja syntymisen ajankohta riippuvat eri tekijöistä. Lattioissa merkittäviä kutistumatyyppejä ovat

- plastinen kutistuma (0-5 mm/m)
- plastinen painuma
- kuivumiskutistuma (0,5-1,5 mm/m)

- lämpömuodonmuutos
- autogeeninen kutistuma (0-0,6 mm/m). (1, s. 138.)

Edellä esitetyt kutistuman ääriarvot eivät ole betonille tyypillisiä. Puutteellinen jälkihoito, valuolosuhteet ja olosuhteisiin sopimaton betonilaatu vaikuttavat suureen kutistumaan ja siitä aiheutuvaan halkeiluun. Betonin kutistuma voidaan jakaa varhaisvaiheen ja myöhäisvaiheen kutistumaan. Plastinen kutistuma, plastinen painuma ja autogeeninen kutistuma ovat varhaisvaiheessa tapahtuvia kutistumia, jotka tapahtuvat noin 1- 48 tunnin aikana valusta. Kuivumiskutistuma on myöhäisvaiheen kutistumaa. (1, s. 139.)

### **3.3.1 Plastinen kutistuma ja painuma**

Plastisen kutistuman hallitseminen on tärkeää, sillä se on suurin ja se on usein halkeilun syy. Plastinen kutistuma on betonissa varhaisvaiheessa tapahtuva kutistuma, ja se ajoittuu betonin ensimmäiseen vuorokauteen. Kun betonin pinnalta haihtuva vesi ei enää korvautu betonipinnan alta nousevalla vedellä, syntyy plastista kutistumaa. Lattioilla haihduttava pinta-ala on suuri, joten jälkihoidolla on erityinen merkitys. Suurin riski plastiselle kutistumalle on tilanteissa, joissa

- veden haihtuminen on runsasta ja nopeaa ennen betonin sitoutumista (voimakas tuuli ja kuuma sää)
- veden haihtuminen jatkuu pitkään ennen betonin sitoutumista (voimakas tuuli ja kylmä sää)
- betoninpintaan ei nouse vettä (voimakkaasti notkistettu betoni tai matala vesi-sementti-suhde). (2, s. 3.)

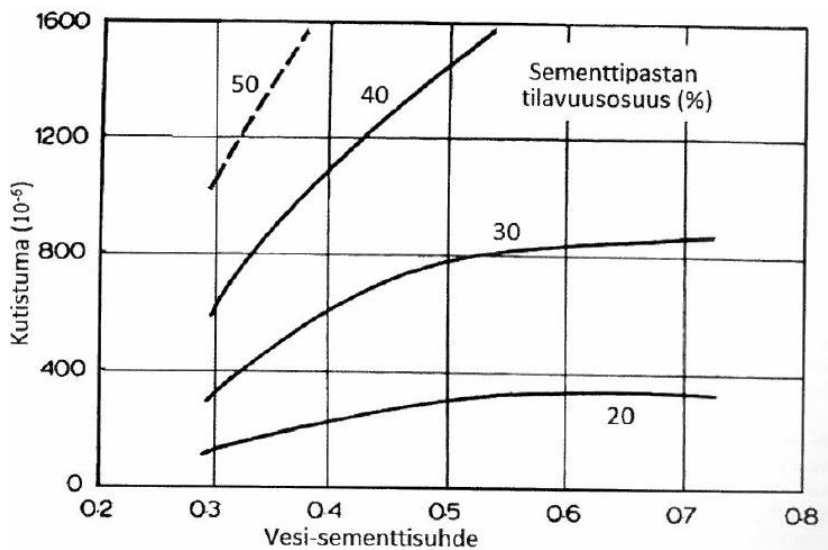
Plastinen painuma tapahtuu ensimmäisten 2-3 tunnin aikana, jolloin betonimassa painuu alaspäin veden noustessa ylöspäin. Tällöin halkeilua voi tapahtua esimerkiksi raudoituksen tai paksuusmuutosten kohdalla.

Notkeusluokkaa S2 tai S3, sopivaa rakeisuuskäyrää ja kohtuullista vesimäärää käyttämällä voidaan estää plastisesta painumasta aiheutuvaa halkeilua. Kun lattian paksuus kasvaa on plastisen painuman riski suurempi. (1, s. 139.)

### 3.3.2 Kuivumiskutistuma

Yleisimmin tunnettu kutistumatyyppi on kuivumiskutistuma, jossa on kyse betonin kuivumisesta. Työstettävyyden saavuttamiseksi betoniin lisätään valmistuksessa vettä, joka ei yleensä kokonaan reagoi sementin kanssa. Tällöin osa vedestä jää vapaaksi haihtumaan pois rakenteesta. Betonin koostumus ja ympäristön lämpötila ja kosteuspitoisuus vaikuttavat kuivumiskutistuman suuruuteen. Mitä kuivempi ja lämpimämpi on ympäröivä ilma, sitä suurempi on kuivumiskutistuma. Oikeilla suunnittelu- ja toteutusratkaisuilla betonin koostumukseen voidaan vaikuttaa, toisin kuin olosuhteisiin. (2, s. 3; 13, s. 140.)

Betonin kutistuma pienenee, kun kiviaines vastustaa kutistumaa. Näin ollen pastan määrän minimointi on tehokas tapa vähentää kutistumaa, ja tällöin kiviaineksen tilavuusosuus kasvaa. Kuvassa 4 on esitetty sementtipastan määrän ja vesi-sementtisuhteen suuntaa antava vaikutus kutistumiseen. (1, s. 141.)



KUVA 4. Sementtipastan määrän ja vesi-sementtisuhteen suuntaa antava vaikutus kutistumiseen (1, s. 141)



### 3.3.3 Lämpömuodonmuutokset

Betonirakenne halkeaa tai vaurioituu muulla tavoin vetolujuuden ylittyessä, kun lämpötilamuutoksista johtuen betoni ei pääse vapaasti kutistumaan tai laajenemaan. Betonin lämpölaajenemiskerroin on noin  $10 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ , mikä tarkoittaa sitä, että yhden metrin pituinen betonikappale pitenee 0,01 mm, kun rakenne lämpiää yhden asteen, ja vastaavasti lyhenee 0,01 mm, kun rakenne jäähtyy yhden asteen. Lämpömuodonmuutokset kesän ja talven välillä on otettava huomioon suunnittelussa sijoittamalla lattiaan irrotuskaistoja ja liikuntasauvoja. (1, s. 143.)

Sementin ja veden reaktioissa syntyy lämpöä, kun betoni kovettuu. Tämä kovettumisreaktioiden tuottama hydrataatiolämpö aiheuttaa lämpömuodonmuutoksia. Lämmöntuotto on sitä nopeampaa ja suurempaa, mitä paksumpi lattia, suurempi sementtimäärä ja mitä nopeampi on sementtilaatu. Taulukosta 4 nähdään, että nuoren betonin lämpölaajenemiskerroin on suurempi kuin kovettuneen betonin. (1, s. 143.)

*TAULUKKO 4. Eri ikäisten betonien keskimääräisiä lämpölaajenemiskertoimia (1, s. 143)*

Betonin ikä	Lämpötilakerroin $10^{-6} / ^\circ\text{C}$
Tuore betoni	19
8 – 24 tuntia	15
2 – 7 vuorokautta	12

Halkeiluriski syntyy myös, kun uusi betonirakenne valetaan jäykästi kiinni aiemmin valettuun betonirakenteeseen. Uuden rakenteen jäähtyessä ja kutistuessa ei aiemmin valettu rakenne anna periksi, jolloin myöhemmin valettu rakenne halkeilee. Halkeamat menevät suoraan rakenteen läpi ja muodostuvat kohtisuoraan valusaumaan vasten. (1, s. 144.)

### **3.3.4 Autogeeninen kutistuma**

Kun sementti reagoi veden kanssa, syntyy sementtikiveä, jonka tilavuus on pienempi kuin veden ja sementin alkuperäinen tilavuus. Betoni kuivuu niin sanotusti sisäisesti, kun sementti reagoi veden kanssa, minkä vuoksi tilavuus pienenee kuivumiskutistuman kautta edelleen. Tätä kutistumaa, jonka aiheuttaa tilavuuden pieneneminen ja sisäinen kuivuminen, kutsutaan autogeeniseksi kutistumaksi. Sitä voidaan rajoittaa pitämällä kiviaineksen osuus suurena ja veden ja sementin määrä kohtuullisena. Autogeenisen kutistuman osuus kokonaiskutistumasta voi olla merkittävä kemiallisesti rasitetuissa ja kloridirasitetuissa lattioissa, joiden hienoaineksen määrää on rajoitettu. Lisäksi suuri vesi-sementtimäärä kasvattaa autogeenista kutistumaa. (1, s. 140.)

### **3.4 Betonin viruman vaikutus halkeiluun**

Betonin viruma on ilmiö, jossa kuormitetun rakenteen muodonmuutos (kokoonpuristuma tai venymä) kasvaa ajan kuluessa, vaikka kuormitusta ei lisättäisi. Mitä suurempi on kuormitus ja betonin lujuuden lasku, sitä suuremmaksi kasvaa viruma. Viruma on nuoressa betonissa suurempaa, kuin kovettuneessa betonissa. Halkeilun hallitsemiseksi tulisi murtovenymän ehtiä kasvaa viruman vaikutuksesta. Tämän vuoksi betonin tulisi kuivua hitaasti. Betonin kutistuessa hitaasti murtovenymän suuruus kasvaa merkittävästi vetoviruman ja mikrohalkeilun vaikutuksesta. Hitaat ja rauhalliset muodonmuutokset ovat edellytyksenä sille, että kutistuman aiheuttamaa halkeilua voitaisiin estää. (1, s. 150–151.)

## 4 MAANVARAISEN LATTIAN SAUMAT

### 4.1 Saumaton lattia

Täysin saumattomassa lattiassa ei ole kutistumis- eikä liikuntasauvoja, minkä vuoksi lattian koossa ei ole rajoituksia. Saumattoman lattian paksuus on 80-120 mm, jolloin raudoitus on keskinen. Saumattoman lattian raudoituksella on estetty kutistumisesta syntyvä halkeilu siten, ettei halkeilua voi paljain silmin erottaa tai halkeilu on vähäistä. Saumattoman lattian etuja ovat

- hyvä pistekuormakestävyys
- tasaisen kuorman kestävyys yhtä suuri kuin lattian alustan kestävyys
- suuri käyttömukavuus
- alhaiset käyttö- ja hankintakustannukset.

Käyttövaatimukseen nähden halkeamavälin ja halkeama leveyden tulee olla riittävän pienet, joten saumattoman lattian halkeilua on rajoitettu riittävällä raudoituksella sekä lattian ja alustan välisellä kitkavoimalla. Alustan ja lattian välillä oleva kitka on etu. (8, s. 32–34.)

Saumattoman lattian minimiraudoitus lasketaan kaavalla 6 (1, s. 106).

$$A_s \geq k_1 k_2 \frac{f_{ctm} A_c}{f_{yk}} \quad \text{KAAVA 6}$$

$k_1$  = alustan ja laatan välisestä kitkasta riippuva kerroin

$$k_2 = \frac{\varepsilon}{0,8 \text{ ‰}}$$

$$\varepsilon = \varepsilon_{cs} + \varepsilon_1 \geq 0,8 \text{ ‰}$$

$\varepsilon_{cs}$  = betonin kutistuma

$\varepsilon_1$  = lämpötilan muutoksesta aiheutuva kutistuma

$f_{ctm}$  = betonin vetolujuuden keskiarvo ( $\text{N/mm}^2$ )

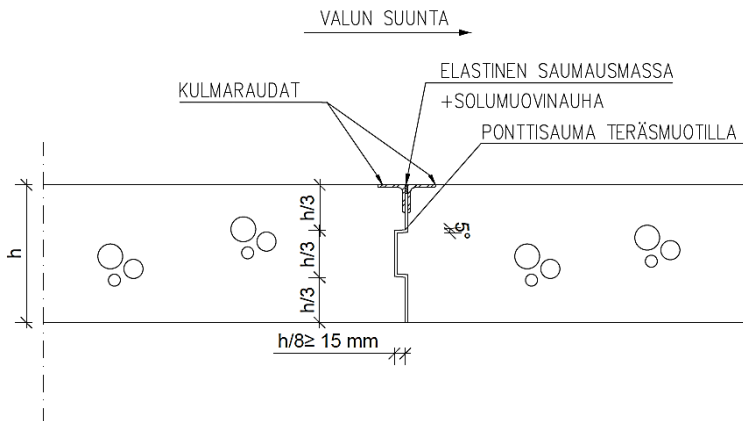
$f_{yk}$  = raudoituksen lujuus, laskelmissa maksimissaan 400 ( $\text{N/mm}^2$ )

$A_c$  = poikkileikkauksen pinta-ala ( $\text{mm}^2$ )

## 4.2 Saumatyypit

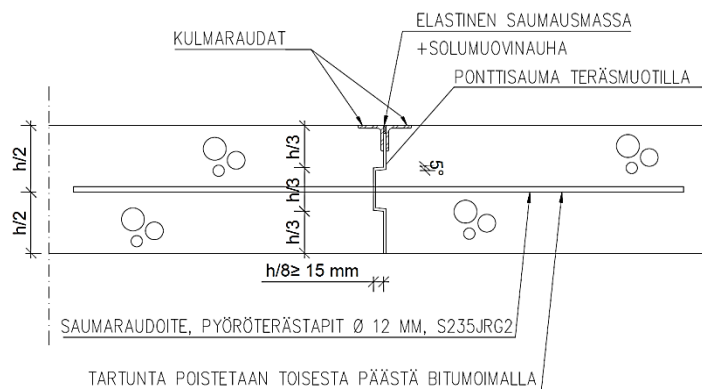
### 4.2.1 Pontti- ja vaarnatappisaumat

Kun lattiaan ei kohdistu kovavyöristä trukkikuormitusta, on ponttisauma käyttökelpoinen ratkaisu. Kun pontin muoto tehdään teräsmuotilla, saumapinnoista tulee niin sileitä ja suorita, että lattialaattojen liike toisiinsa nähden on mahdollista myös sauman suuntaisesti. Ponttisauma on mahdollista tehdä myös puumuotilla, joka puretaan jälkeen päin. Pontin väljistyminen sauman avautuessa pysyy kohtuullisena, kun pontista voidaan tehdä teräsmuotilla jyrkkäreunaisempi kuin puumuotilla käytettäessä. Kuva 5 on periaatekuva ponttisaumasta teräsmuotilla tehtäessä. (13, s. 71.)

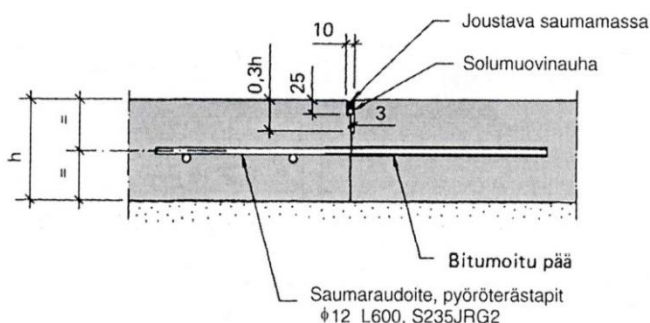


KUVA 5. Ponttisauma (13, s. 71)

Kuvassa 6 on esitetty pontattu vaarnatappisauma, joka on sekä tapitettu että pontattu. Sauma sallii kulman muutoksen ja sauman avautumisen. Käytettäessä perinteistä vaarnatappisaumaa lattian keskikorkeudelle asennetaan tapit kohtisuoraan saumaa vasten. Saumatappeina käytetään sileitä ja suorita pyöröteräksiä (teräslaatu S235JRG2). Tapin toiseen päähän tehdään irrotuskäsittely, jolloin ainoastaan tapin toinen pää on kiinni lattiassa. Sauma sallii lattian liikkeitä saumaa vastaan kohtisuorassa, mutta tapit estävät sauman suuntaiset liikkeet ja pääosin kiertymisen. Kuvassa 7 on esitetty vaarnatappisauman periaate. (13, s. 72; 16, s. 73.)



KUVA 6. Pontattu vaarnatappisauma (raskas teollisuus) (16, s. 73)



KUVA 7. Sahattu vaarnatappisauma (kevyt teollisuus) (13, s. 71)

Tapituksella siirretään sauman kohdistuvaa leikkausvoimaa. Mitoitusohjeena voidaan käyttää niin sanottua Rasmussenin vaarnakaavaa. Lattian paksuuden tulee olla vähintään 4,5 kertaa vaarnatapin halkaisijan paksuus. Tällöin tappi ei lohkaise lattian reunaa ja reunalle tulevat haat sekä pituussuuntaiset teräkset mahtuvat hyvin täyttämään betonipeitteen vähimmäisarvolle asetetun vaatimuksen. (16, s. 74.)

Tapin siirtämän leikkausvoiman arvo lasketaan kaavalla 7 (16, s. 74).

$$V_{sd} = 1,0 \cdot \phi^2 \cdot \sqrt{f_{cd} \cdot f_{yd}}$$

KAAVA 7

$\phi$  = pyöröterästapin halkaisija (mm)

$f_{cd}$  = betonin puristuslujuuden mitoitusarvo (N/mm<sup>2</sup>)

$f_{yd}$  = betoniteräksen myötölujuuden mitoitusarvo (N/mm<sup>2</sup>)

#### 4.2.2 Liikuntasaumat

Työsauma muodostaa samalla liikuntasauaman. Se sallii lattian kiertymisen sekä pituuden vaihtelut. Liikuntasauaman kohdalta lattia on yleensä kokonaan poikki. Sauman rakenteen tulee olla sellainen, että se pystyy siirtämään leikkausrasituksen. Mahdolliseen pintalaattaan on tehtävä liikuntasauama vastaavaan kohtaan kuin alusbetonissakin. Lattian nurkkien ylösnousun estämiseksi lattian keskellä risteävät saumat porrastetaan noin 300- 1000 mm kuvan 10 mukaisesti. (1, s. 78.)

#### 4.2.3 Kutistumissaumat

Kutistumissaumat eli sahaussaumat sallivat kulmanmuutoksen ja sauman avautumisen. Kutistumissaumat voivat olla joko raudoitettuja tai raudoittamattomia. Raudoitetun sauman kuormankantokyky on parempi kuin raudoittamattoman, mutta ne eivät salli yhtä suuria liikkeitä kuin raudoittamaton sauma. Raudoitettujen saumojen rajoitetun liikekyvyn vuoksi tapahtuu usein suunnittelematonta halkeilua. Siksi niiden sijaan olisi suositeltavaa suunnitella lattia ilman kutistumissaumoja. (1, s. 78.)

Kutistumissauma valmistetaan sahaamalla kovettuneeseen betoniin ura, jonka syvyys on 25- 30 % lattian paksuudesta. Ura heikentää paikallisesti lattian vetokestävyyttä, minkä vuoksi kutistumishalkeamat ohjautuvat sahattuihin kohtiin. Liian syvä sahattusauma heikentää vaarnavaikutusta ja liian matala ei saa aikaan riittävää heikennystä, minkä vuoksi halkeamat eivät synny ainoastaan saumoihin. (1, s. 78.)

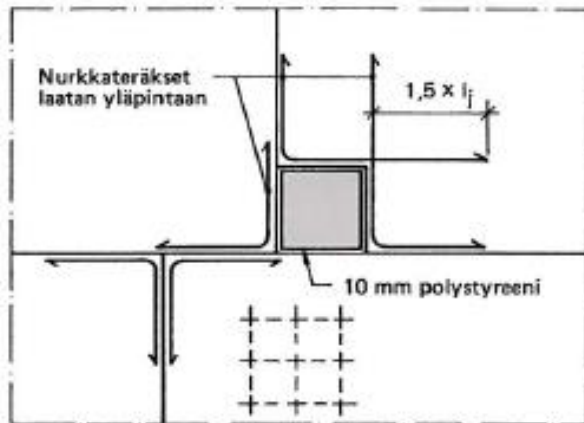
Sahattu sauma sopii kutistumissaumaksi lattioille, joihin ei kohdistu kovapyöräistä trukkikuormaa tai suuria pistekuormia. Kovien pyörien vaikutuksesta sauman reunat saattavat murentua ajan kuluessa. Jotta suurien pistekuormien aiheuttama leikkausvoima siirtyy sauman yli, vaatii se hankalasti asennettavia ja tuettavia vaarnatappeja. (1, s. 79.)

Lattian oikea sahausajankohta on tärkeää, sillä riski halkeamien muodostumiselle on suuri, jos sahaus tapahtuu liian myöhään. Liian aikainen sahaus voi aiheuttaa riskin, että lattian reunat vahingoittuvat. Sahausajankohta

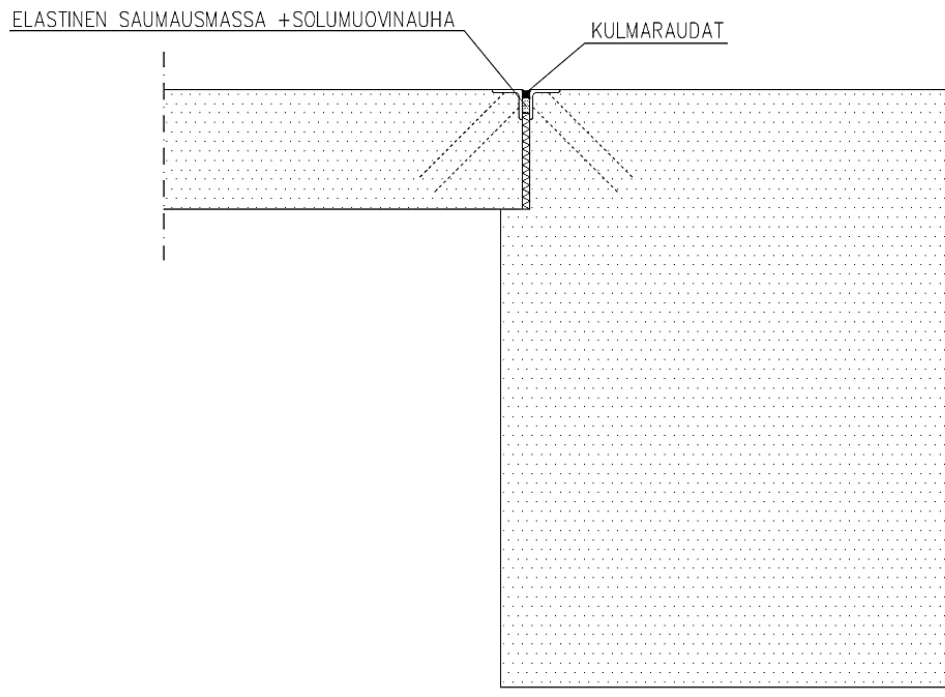
on arvioitava tapauskohtaisesti ja siihen vaikuttavat kovettumisolosuhteet, sementtityyppi ja betonilaatu sekä käytettävä saha. Sopivana ajankohtana voidaan pitää noin 16- 40 tuntia valun jälkeen. (1, s. 79.)

#### 4.2.4 Irrotussaumat

Jotta suunnittelemattomat pakkovoimat voidaan estää, lattia täytyy erottaa irrotuskaistalla kaikista epäjatkuvuuskohdista, joita ovat esimerkiksi pystyrakenteet, kone- ja laiteperustukset sekä lattiakanavat, -kanaalit ja -kaivot. Irrotuskaistan leveys tulee olla 10–20 mm. Kuva 8 on esimerkkikuva saumajaosta pilarin kohdalla ja kuva 9 on esimerkki lattian ja koneperustuksen välisestä irrotussaumasta. (1, s. 79.)



KUVA 8. Esimerkki lattian saumajaosta pilarin kohdalla (1, s. 79)



*KUVA 9. Lattian ja koneperustuksen välinen irrotussauma*

### **4.3 Saumojen sijainti lattiassa**

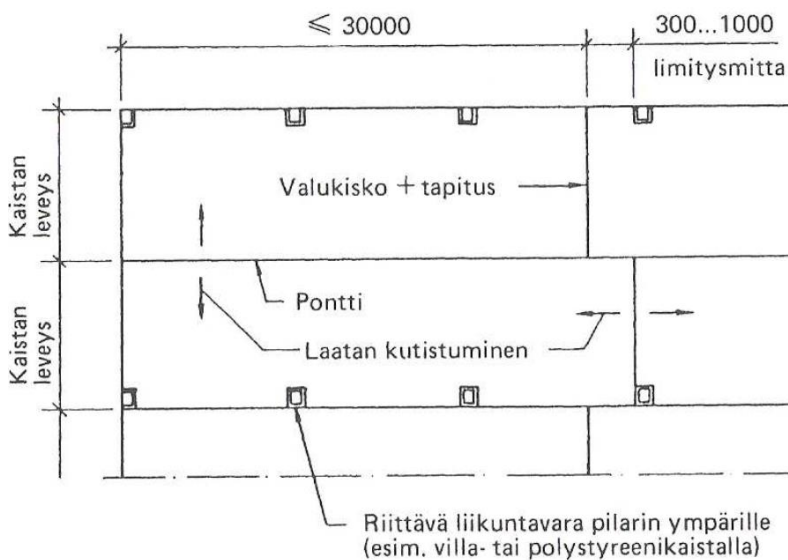
Maanvaraisen lattian heikoin kohta on saumarakenne, joka riippuu käyttöolosuhteiden vaatimuksista. Saumajakoon vaikuttavat tiivistys-, valu- ja työtapa, halkeilun suhteen valittu mitoitusperiaate ja lattian eri ominaisuudet, joita ovat muoto, leveys, pystyrakenteet, lattiakanavat ja -kanaalit sekä kone- ja laiteperustukset. Alueet, jotka toiminnallisesti kuormitukseltaan eroavat toisistaan selkeästi kuten liikennealueet, on syytä erottaa saumalla. Lattiaan ei saa syntyä pakkovoimia, joten lattia on irrotettava liikunta- tai kutistumissaumoilla pystyrakenteista, lattiakanavista ja -kanaaleista sekä kone- ja laiteperustuksista, tai saumajako suunnitellaan siten, että ne sijaitsevat saumoilla erotetun alueen keskellä. Muodonmuutoksien kohdistuessa saumoihin hallitsematonta halkeilua ei synny. Pyrkimyksenä on ruudukko, joka on neliön- tai suorakaiteenmuotoinen ja jonka sivumitta on korkeintaan 1,5 kertaa lyhyempi sivumitta. Mahdolliset paksunnokset lattiassa eivät saa sijaita kutistumisaumojen vieressä. Lisäksi saumat tulee sijoittaa rakenteellisten heikennysten kohdalle, kuten kapeitten kannasten kohdalla. Taulukossa 5 on



esitetty lattioiden suositeltu saumajako. Kuvassa 10 on esitetty esimerkki lattian saumajaosta. (1, s. 80;7, s. 38–39.)

TAULUKKO 5. Lattioiden saumajakosuositus (13, s. 70)

Suosittelvat saumajaot	3M- kerrannaisia					
Poikittaissuunta [m]	6,0	7,2	8,4	9,6	12,0	14,4
Pitkittäissuunta [m]	9,6	12,0	14,4	16,8	19,2	24,0



KUVA 10. Maanvaraisen lattian saumajako (13, s. 69)

Betonimassan tiivistämiseen käytettävien tärypalkkien leveydet ovat 3,2 m, 4,2 m, 5,2 m ja 6,2 m. Saumajaon voi myös suunnitella tärypalkkien leveyksien mukaan, jolloin saumajako olisi työtapojen mukainen. (17, s. 5.)

#### 4.4 Saumaraudoitus

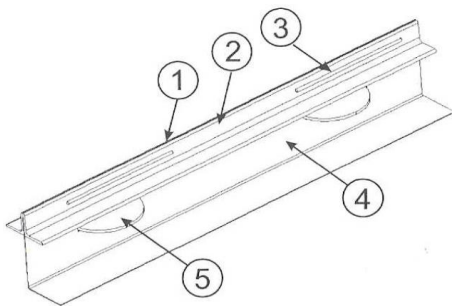
Saumaraudoitteen tulee

- toimia valumuottina ja jakaa lattia ennakolta suunniteltuihin valualueisiin
- suojata betonia rasituksilta (saumaraudoitteen yläreuna)

- siirtää kuormat sauman yli niin, ettei rasitus kohdistu betonin vapaaseen reunaan.

Nykyään käytetään yleensä valmiita saumaraudoitteita. Muotoiltua saumaraudoitetta käytetään esimerkiksi trukkikäytävissä, kun suuria kuormia siirretään sauman yli. Tällöin kuorma siirtyy sauman yli siten, ettei se ole missään vaiheessa pelkästään sauman toisen reunan varassa.

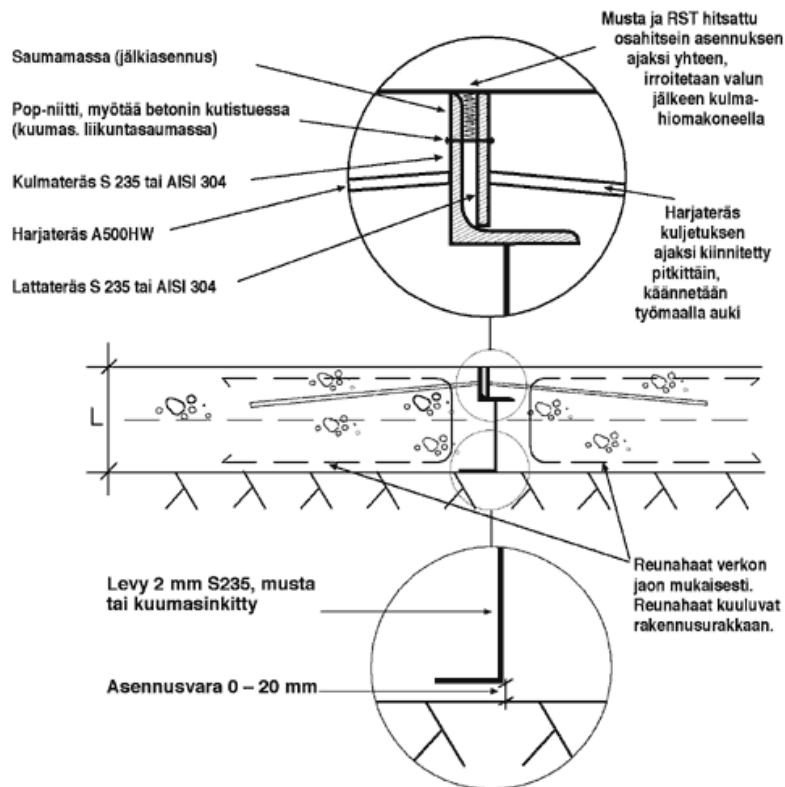
Erikoissaumaraudoitteiden lisäksi voidaan käyttää perinteisiä suoraa liikuntasaumaraudoitteita. Kuvissa 11 ja 12 on esitetty esimerkit liikuntasaumaraudoitteista. Lisäksi kuvissa 13, 14 ja 15 on esitelty PiiMat Oy:n saumaraudoitteita. (9, s. 1.)



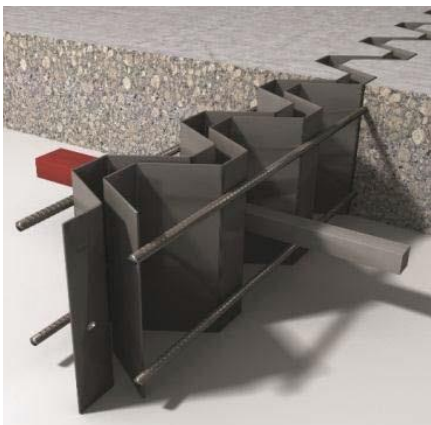
*KUVA 11. Esivalmistettu liikuntasaumaraudoite (13, s. 72)*

Kuvassa 11 esiintyvien numeroiden selitykset:

1. mahdollinen saumausmassa
2. lattian kulman vahvistus
3. tartuntateräkset
4. peltimuotti
5. vaarnan toimiva teräslevy (levyvaarna)



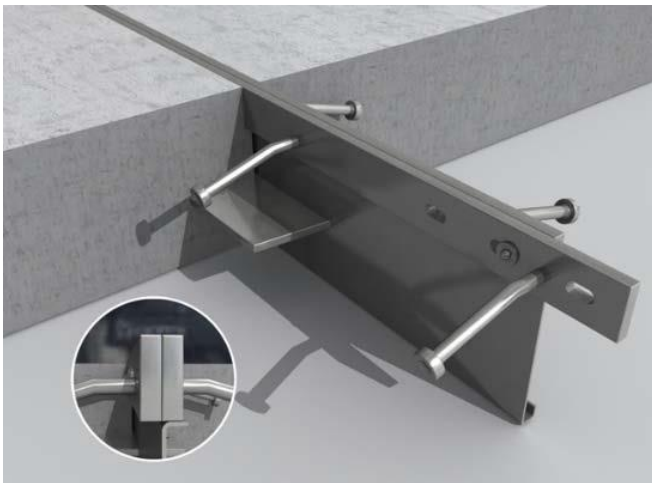
KUVA 12. SLS-liikuntasaumaraudoite (14, s. 1)



KUVA 13. Signature- saumaraudoitus, jota käytetään lattioilla, joilla on paljon liikennettä erityisesti kovapyörätrukeilla. Tällöin lattian sauma joutuu iskurasitusten kohteeksi (18, s. 1)



*KUVA 14. Eclipse- saumaraudoitteella on jatkuva tartunta lattiaan, jolloin riski saumojen epätasaiselle avautumiselle pienenee. Käytetään sekä kovapyörä- että kumipyöräliikenteen rasittamille lattioille(18, s. 1–2)*

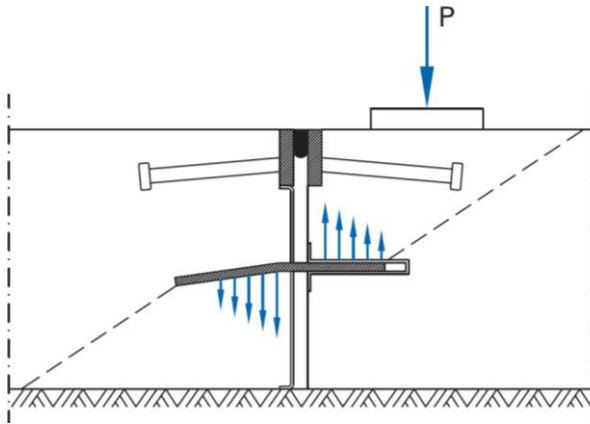


*KUVA 15. AlphaJoint 4010- saumaraudoitusta käytetään kohteissa, joissa saumaan kohdistuu kovaa isku- tai laahausrasitusta tai joissa on säännöllistä kovapyörätrukkiliikennettä (18, s. 2)*

#### **4.4.1 Kuormansiirtokyky**

Liikuntasaumaraudoituksen suunnittelussa tärkein merkitys on sillä, mikä on sauman kuormansiirtokyky tietyllä sauman aukeamisella (saumavälillä).

Suunnittelijan tulee varmistaa edellä mainittu saumaraudoitetoimittajalta. Kuva 16 esittää laatan kuormansiirtokykyä. (9, s. 1.)



KUVA 16. Sauman kuormansiirtokyky (10, s. 8)

Lattian reunoilla oleva kapasiteetti on 50 % ja nurkassa 25 % lattian keskellä olevasta kapasiteetista. On suositeltavaa, että vaarujen välityksellä siirretään maksimissaan puolet laskentakuormasta. (10, s. 8–9.)

Vaarujen lukumäärä lasketaan kaavalla 8 (10, s. 9).

$$n = \frac{2 \cdot 0,9I}{c/c}$$

KAAVA 8

$c/c$  = vaarujen keskiöetäisyys (mm)

$I$  = lattian suhteellinen jäykkyys (mm)

Laskentakuorma lasketaan kaavalla 9 (10, s. 9).

$$P_d = \gamma \cdot P$$

KAAVA 9

$P$  = maksimi pyöräkuorma (N)

$\gamma$  = varmuuskerroin 1,6

Lattian reunalta vaadittava kapasiteetti lasketaan kaavalla 10 (10, s. 9).

$$P_d \leq n \cdot P_p$$

KAAVA 10

$P_p$  = vaarnan mitoittava kapasiteetti (N)

$n$  = vaarujen lukumäärä

## 5 MAANVARAISEN LATTIAN MITOITUS

### 5.1 Kuormitus

Lattioihin kohdistuvat kuormat ovat pysyvää kuormaa tai muuttuvaa kuormaa (=hyötykuormaa). Rakenteiden ja asennettujen laitteiden omapainot muodostavat lattiaan kohdistuvan pysyvän kuorman. (1, s. 51.)

Murtorajatilan kuormituksia ovat

- pysyvät kuormat
- muuttuvat kuormat
- pakkovoimat (taivutusmomentti ja vetovoima, jotka aiheutuvat lämpötilaeroista, lämpötilamuutoksista ja kutistumisesta) (1, s. 85).

Murtorajatilassa laatta mitoitetaan

- seuraamusluokassa 2
  - suurimmalle muuttuvalle kuormalle, osavarmuusluku = 1,3 ja pysyville kuormille, osavarmuusluku = 1,0
  - kaikille kuormille, osavarmuusluku = 1,0
- seuraamusluokassa 3
  - suurimmalle muuttuvalle kuormalle, osavarmuusluku = 1,4 ja pysyville kuormille, osavarmuusluku = 1,0
  - kaikille kuormille, osavarmuusluku = 1,1.

Liikkuvien kuormien tilanteessa kuorma kerrotaan tarvittaessa sysäyskerroimella 1,4. Käyttörajatilassa kuormien osavarmuuskerroin on 1,0 ja pakkovoimat huomioidaan. (1, s. 85–86.)

#### 5.1.1 Hyötykuormat

Hyötykuorma muodostuu liikennekuormista, tavarakuormista ja henkilökuormista. Hyötykuormat jaetaan liikkuvuuden perusteella liikkuvaan tai kiinteään ja vaikutusajan mukaan lyhytaikaiseen tai pitkäaikaiseen. Ennen lopullista mitoitusta kuormat ja rasitukset tulee varmistaa kohdekohtaisesti.

Kuormat tulee määrittää aina todellisten olosuhteiden mukaan.

Teollisuusrakennusten lattioiden alustavassa suunnittelussa voidaan käyttää taulukon 6 arvoja. (1, s. 51–53.)

*TAULUKKO 6. Erilaisen teollisen toiminnan suuntaa antavia kuormia (1, s. 54)*

Toimiala	Toiminta	Tyypillinen kuorma	
Hyvin kevyt teollisuus	Yksinkertaiset varastot myyntitilat parkkihallit	Tasainen kuorma Pistekuorma Trukki (FL1)	< 5 kN/m <sup>2</sup> < 10 kN Pieni
Kevyt teollisuus	Keräysvarasto Kokoonpanohalli	Tasainen kuorma Pistekuorma Trukki (FL1-FL2)	< 15 kN/m <sup>2</sup> < 40 kN Akselikuorma < 50 kN
Keskiraskas teollisuus	Paperivarasto Välivarasto	Tasainen kuorma Pistekuorma Trukki (FL3-FL4)	< 50 kN/m <sup>2</sup> < 80 kN Akselikuorma < 100 kN
Raskas teollisuus	Korkeavarasto Valssaamo	Tasainen kuorma Pistekuorma Trukki (FL5 – FL6)	> 50 kN/m <sup>2</sup> > 80 kN Akselikuorma > 100 kN

### 5.1.2 Liikenne-, työkone- ja trukkikuormat

Taulukossa 7 on esitetty pystysuorien liikennekuormien vähimmäisominaisarvot, kun suunnitellaan eurokoodien mukaan. Taulukossa 8 on esitetty eurostandardeihin perustuvat haarukkatrukkien arvot, joita voi käyttää trukkikuormia arvioitaessa, ja taulukossa 9 on esitetty haarukkatrukkien pystysuuntainen akselikuorma. Kuvassa 17 on esitetty trukkiin geometriset mitat ja kuormakaavio. Työkoneista aiheutuvat kuormat määritetään aina todellisten olosuhteiden mukaan. Kun trukissa on ilmarenkaat, staattinen pystysuuntainen akselikuorma kerrotaan dynaamisella suurennuskertoimella 1,40 ja kertoimella 2,00, kun trukissa on umpirenkaat. (1, s. 54–55.)

*TAULUKKO 7. Pystysuorien liikennekuormien vähimmäisominaisarvot (1, s. 54)*

	Kuormaluokka	Pintakuorma kN/m <sup>2</sup> <sup>(1)</sup>	Pistekuorma kN <sup>(2)</sup>
Liikennöinti ja paikoitus <sup>(1)</sup>	F	2,5	20
	G	5,0	90

<sup>(1)</sup> luokka F = kevyt ajoneuvoliikenne, ajoneuvon kokonaispaino < 30 kN  
luokka G = keskiraskas ajoneuvoliikenne, ajoneuvon kokonaispaino 30...160 kN, kahdella akselilla

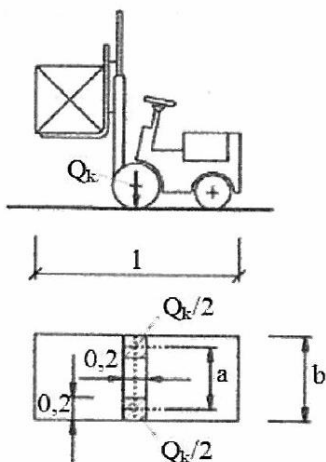
<sup>(2)</sup> = Pistekuormien keskinäinen väli on 1,8 m. Kuorman vaikutusala on luokassa F 0,1 x 0,1 m<sup>2</sup> ja luokassa G 0,2 x 0,2 m<sup>2</sup>.

TAULUKKO 8. FL- luokkien mukaiset haarukkatrukkien arvot (1, s. 55)

Haarukkatrukin luokka	Nettopaino (kN)	Taakan paino (kN)	Raideleveys a (m)	Kokonaisleveys b (m)	Kokonaispituus l (m)
FL1	21	10	0,85	1,00	2,60
FL2	31	15	0,95	1,10	3,00
FL3	44	25	1,00	1,20	3,30
FL4	60	40	1,20	1,40	4,00
FL5	90	60	1,50	1,90	4,60
FL6	110	80	1,80	2,30	5,10

TAULUKKO 9. Haarukkatrukkien pystysuuntainen akselikuorma (1, s. 55)

Haarukkatrukin luokka	Akselikuorma $Q_k$ kN
FL1	26
FL2	40
FL3	63
FL4	90
FL5	140
FL6	170



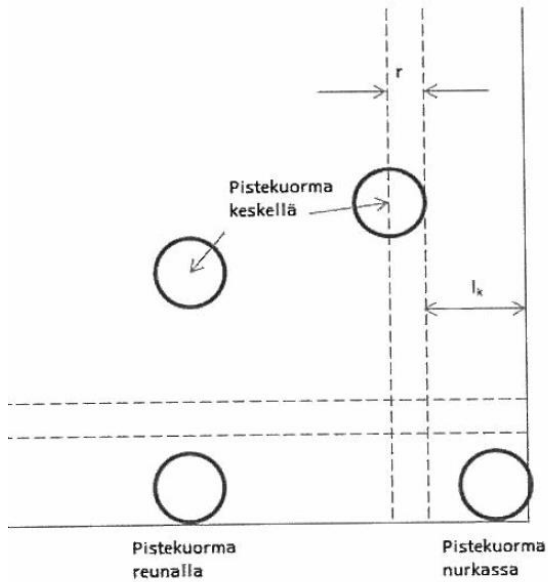
KUVA 17. Trukkien geometriset mitat ja kuormakaavio (1, s. 56)

### 5.1.3 Pistekuormat

Määrävin kuorma on yleensä liikkuva pistekuorma, joka voi sijaita kuvan 18 mukaisissa paikoissa. Lattian alapintaan kohdistuu vetoa, kun lattian keskellä oleva pistemäinen kuormitus aiheuttaa momenttihuipun. Yläpinnan momentti on



negatiivinen ja se jää varsin pieneksi. Kuvassa 19 on esitetty lattian momenttipinta ja pohjapainekuvio pistekuorman ollessa keskellä lattiaa. (1, s. 89.)



KUVA 18. Pistekuorman sijainnin määritelmät (1, s. 89)

Pistekuorman ajatellaan kohdistuvan ympyränmuotoiselle alueelle. Ympyrän pinta-ala on  $A$ , jonka säde on  $r$ .

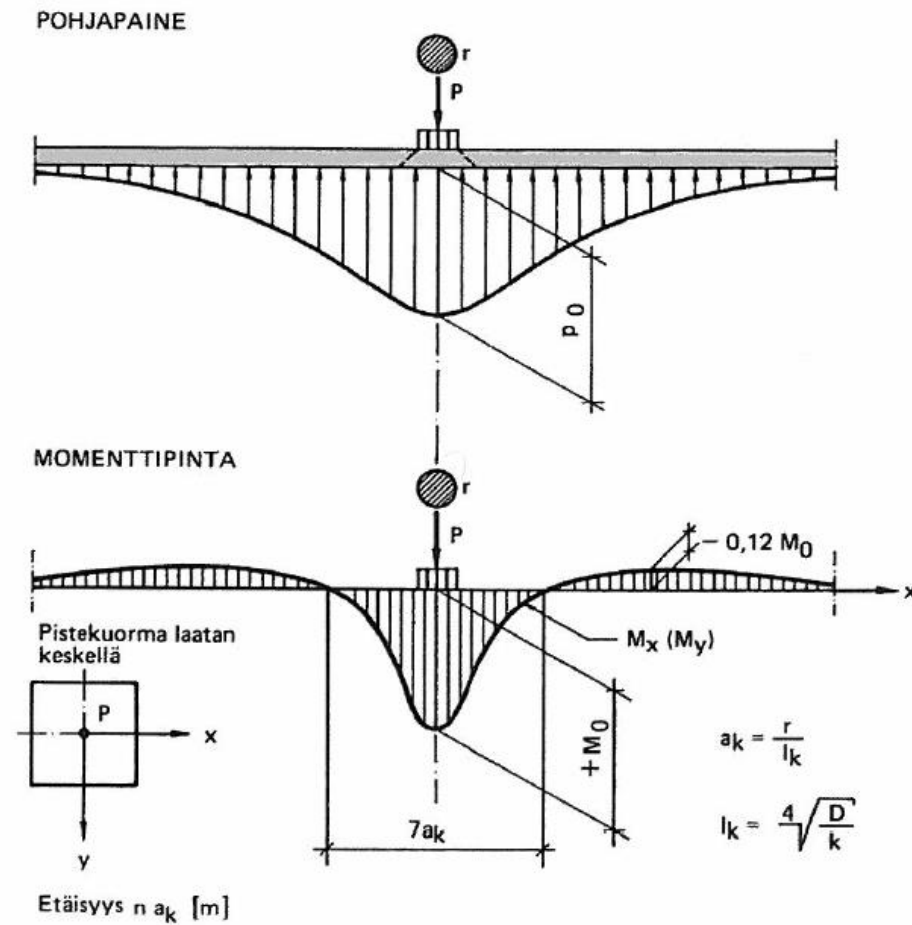
Ympyrän säde eli kuormitus säde  $r$  lasketaan kaavalla 11 (1, s. 90).

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} + \frac{h}{2}$$

KAAVA 11

$A$  = pistekuorman kuormitusala ( $\text{mm}^2$ )

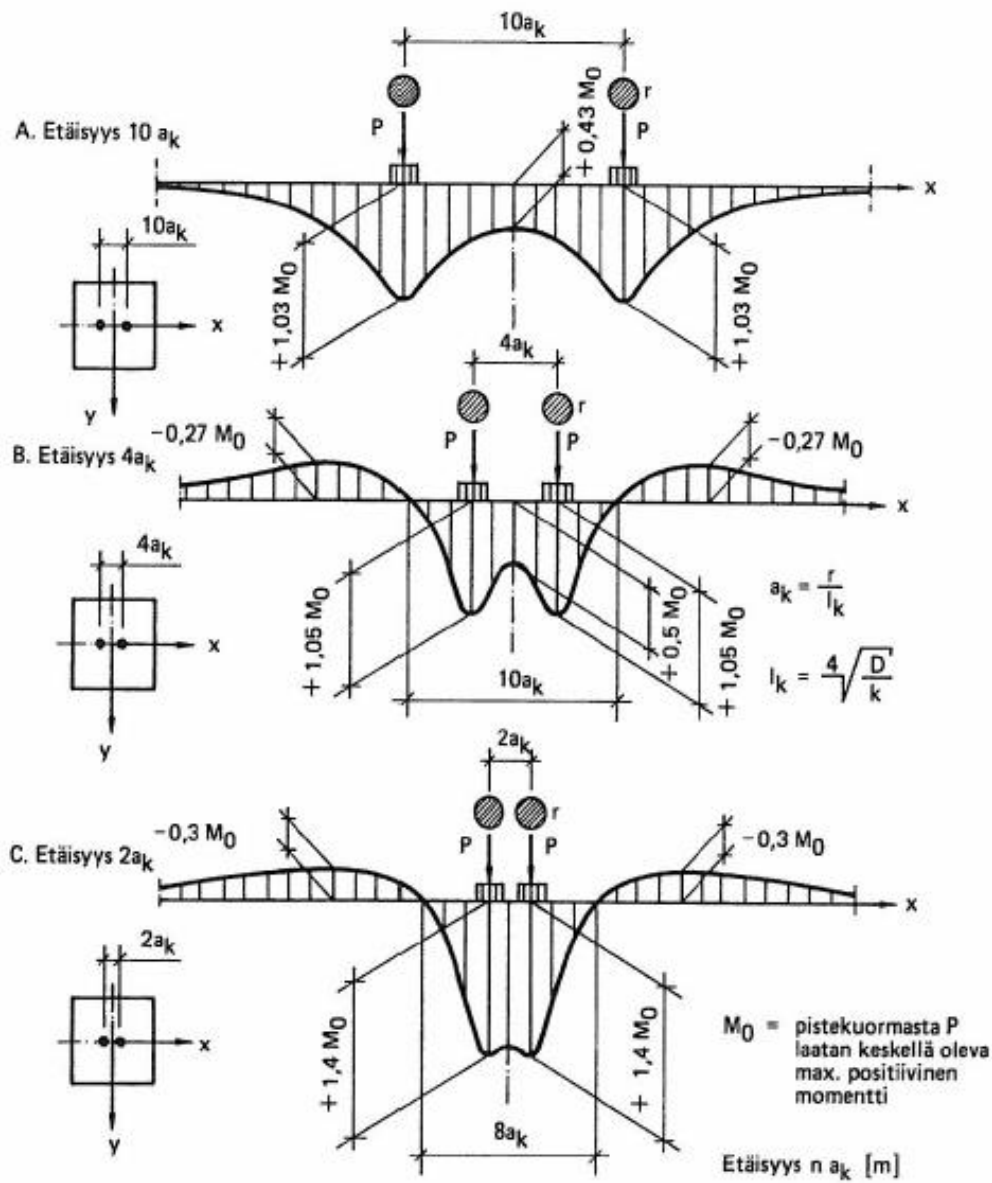
$h$  = lattian paksuus (mm)



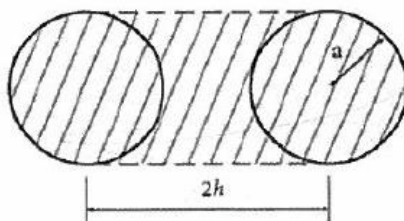
KUVA 19. Pistekuorman aiheuttama momenttipinta ja pohjapainekuvio lattian keskellä (1, s. 90)

Kaksi lähekkäistä yhtä suurta pistemäistä kuormaa vaikuttavat vähän momentin maksimiarvoon. Niillä on suurempi vaikutus painumaan ja pohjapaineisiin. Kuvassa 20 on esitetty kahden vierekkäisen pistekuorman vaikutus momentin maksimiarvoihin. Kuvassa 21 on esitetty lähellä toisiaan sijaitsevien pistekuormien kuormituspinta-ala. (1, s. 90.)

MOMENTTIPINNAT

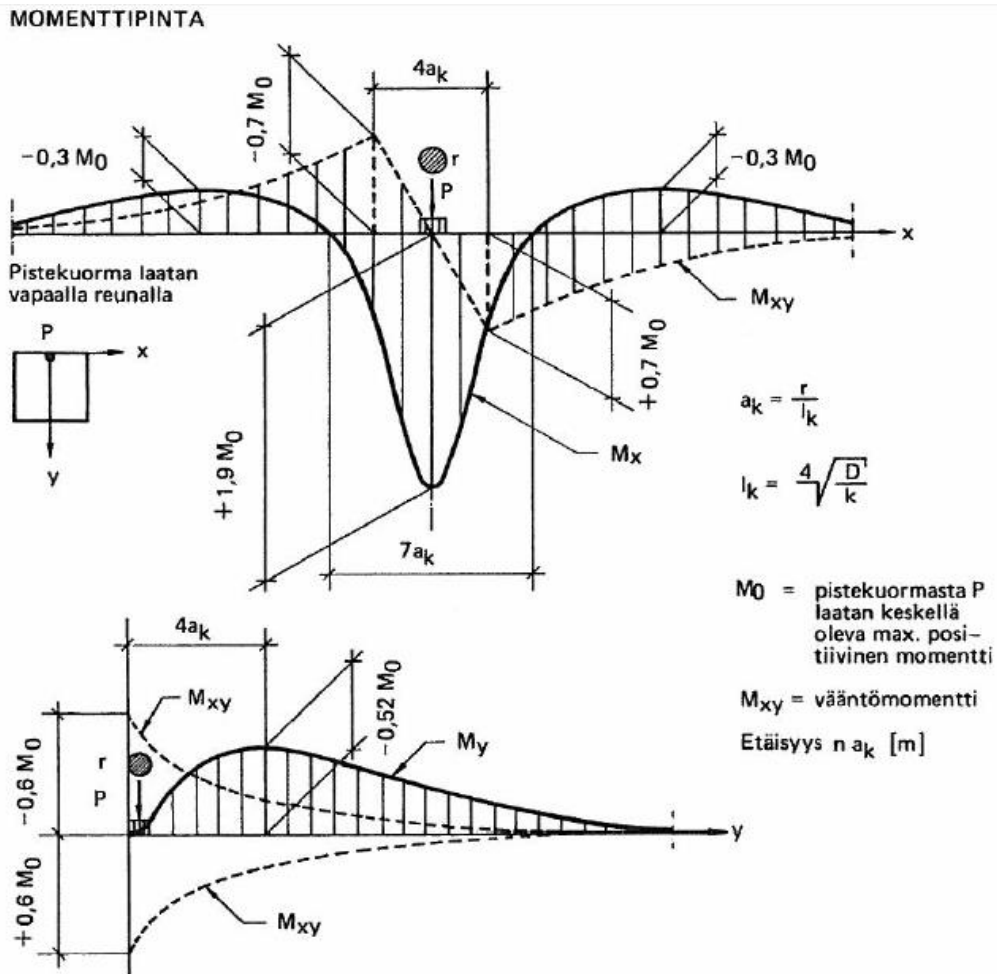


KUVA 20. Vierekkäisten pistekuormien vaikutus taivutusmomenttien maksimiarvoihin (1, s. 91)



KUVA 21. Lähellä toisiaan sijaitsevien pistekuormien kuormituspinta-ala (1, s. 91)

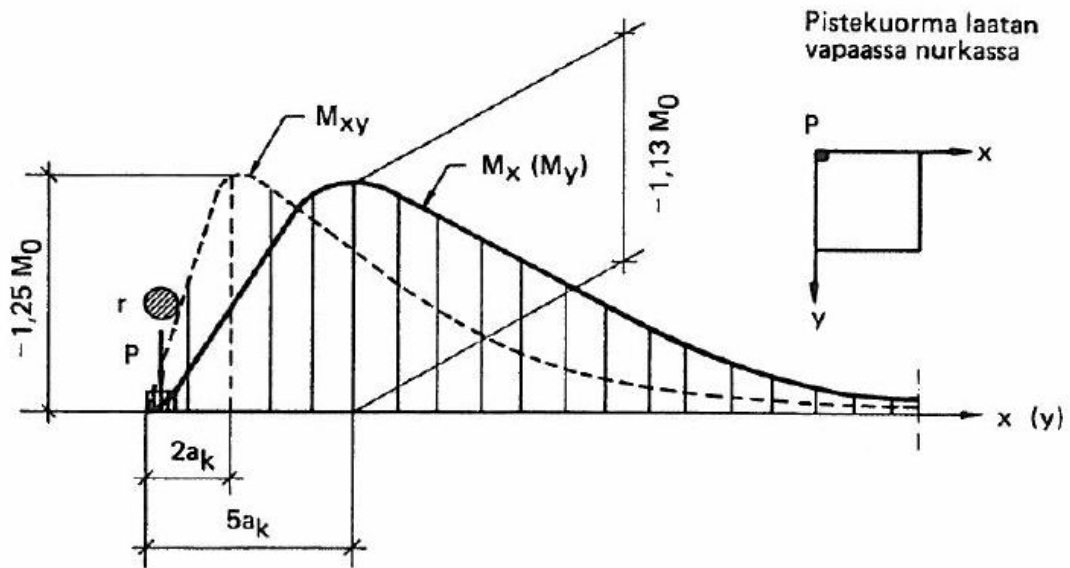
Kuvasta 22 nähdään, että pistekuorman ollessa lattian vapaalla reunalla se aiheuttaa suuren positiivisen momentin arvon. Momentin arvo on melkein kaksinkertainen verrattuna lattian keskellä olevan yhtä suuren pistekuorman aiheuttamaan momenttiin. Vastaava negatiivinen momentti ja vääntömomentti ovat suuria. (1, s. 92.)



KUVA 22. Momenttipinnat pistekuorman ollessa lattian vapaalla reunalla (1, s. 92)

Kuvassa 23 on esitetty momenttipinta pistekuorman ollessa lattian vapaassa nurkassa. Lattian reunavahvennus on perusteltu ratkaisu, jos reuna-alueille kohdistuu suuria pistekuormia.

## MOMENTTIPINTA



$M_0$  = pistekuormasta P laatan keskellä oleva max. positiivinen momentti

$$a_k = \frac{r}{l_k}$$

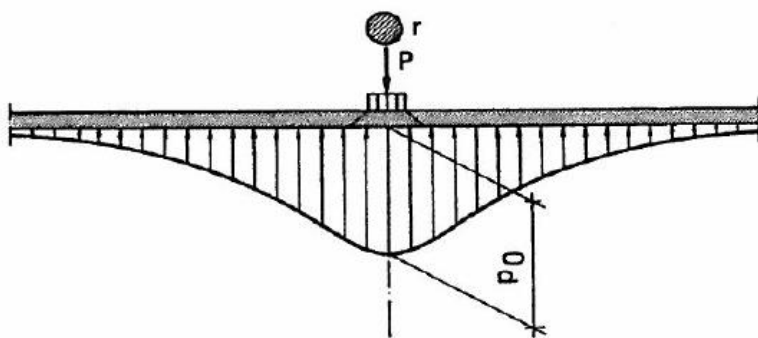
$$l_k = \frac{4}{\sqrt{k}} \sqrt{\frac{D}{k}}$$

Etäisyys  $n a_k$  [m]

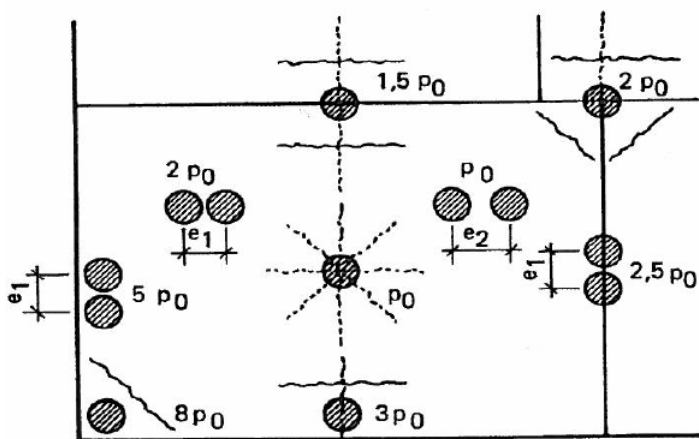
KUVA 23. Momenttipinnat pistekuorman ollessa lattian vapaassa nurkassa (1, s. 93)

Kuvassa 24 on esitetty pohjapaineiden suhteelliset arvot, kun lattian keskellä olevasta pistekuormasta aiheutuu pohjapaine  $p_0$ . Pohjapaineiden arvot kasvavat selvästi suuremmiksi saumakohtissa. (1, s. 94.)

## POHJAPAINNE



## SUHTEELLISET POHJAPAINNEET PISTEKUORMIEN ALLA



$$e_1 = 4a_k$$

$$e_2 = 10a_k$$

Etäisyys  $n a_k$  [m]

$$a_k = \frac{r}{l_k}$$

$$l_k = \frac{4}{k} \sqrt{\frac{D}{k}}$$

KUVA 24. Pohjapaineiden suhteelliset arvot (1, s. 94)

### 5.1.4 Lämpökuormitus

Käyttörajatiloja tarkastettaessa on otettava huomioon lämpötilan vaikutukset. Murtorajajaloissa lämpötilan vaikutukset otetaan huomioon, kun ne ovat merkittäviä. Vaikutukset ovat merkittäviä esimerkiksi väsytystilanteessa ja osoitettaessa toisen kertaluvun vaikutuksille herkkien rakenteiden kestävyyttä stabiiliuteen liittyvissä rajajaloissa. Muissa tilanteissa lämpötilan vaikutuksia ei tarvitse huomioida, jos rakenneosien kiertymiskyky ja sitkeys ovat tarpeeksi

riittäviä. Lämpötilan vaikutuksia pidetään muuttuvina kuormina ja niiden yhteydessä käytetään osavarmuuslukua ja yhdistelykerrointa  $\psi$ . (12, s. 23.)

Betonirakenteissa pakkovoimat johtuvat lämpötilaeroista ja –muutoksista, kutistumasta, virumasta ja tukien painumista. Lineaarisesti poikkileikkauksen yli jakautunut lämpökuorma voidaan laskea kaavalla 12, mikäli akselia vastaan kohtisuorat tasot pysyvät tasoina taivutettaessa. (15, s. 6.)

$$\varepsilon_T(y) = \varepsilon_T + \kappa_T \cdot (y - \bar{x}) \quad \text{KAAVA 12}$$

$\varepsilon_T$  = tasaisen lämpölaajenemisen aiheuttama muodonmuutos (aksaalinen pitenemä)

$$\varepsilon_T = \alpha \cdot \frac{T_1 + T_2}{2} = \alpha \cdot T_m$$

$T_1$  ja  $T_2$  = poikkileikkauksen pintojen lämpötilat

$T_m$  = poikkileikkauksen pintojen lämpötilojen keskiarvo

$\alpha$  = betonin lämpölaajenemiskerroin

$$\kappa_T = \alpha \cdot \frac{T_2 - T_1}{h} = \alpha \cdot \frac{\Delta T}{h}$$

$h$  = poikkileikkauksen paksuus (mm)

$\kappa_T$  = lämpögradientin aiheuttama muodonmuutos (käyristymä)

$\bar{x}$  = haljenneen poikkileikkauksen pintakeskiön etäisyys vähemmän vedetystä reunasta, joka on lämpötilaeron aiheuttaman pakkovoiman vaikutuspiste (mm)

Mikäli lämpötilan aiheuttamat muodonmuutokset eivät pääse tapahtumaan vapaasti, lämpötilan muutos aiheuttaa betoniin jännitystilän muutoksia. Poikkileikkauksen keskipinnan lämpötilamuutoksen aiheuttama normaalivoima ja lämpögradientin aiheuttama momentti voidaan laskea kaavoilla 13 ja 14. (15, s. 6–7.)

$$N^T = E_c \cdot \bar{A} \cdot \varepsilon_T \quad \text{KAAVA 13}$$

$E_c$  = betonin kimmokerroin (N/mm<sup>2</sup>)

$\bar{A}$  = haljenneen poikkileikkauksen pinta-ala (mm<sup>2</sup>)

$$M^T = E_c \cdot \bar{I} \cdot \kappa_T$$

KAAVA 14

$\bar{I}$  = haljenneen poikkileikkauksen jäyhyysmomentti painopisteakselin suhteen (mm<sup>4</sup>)

## 5.2 Halkeilu

Eurokoodi määrittelee kolme rajatilaa halkeilun suhteen, joita ovat

- halkeamaleveyden rajatila, missä halkeaman ominaisleveydelle asetetaan ehto betonirakenteen  $w_k \leq w_{\max}$
- halkeaman muodostumisrajatila.
- vetojännitysrajatila (jännitetyt betonirakenteet). (12, s. 117–118.)

Taulukossa 10 on esitetty maanvaraisten lattioiden suositellut halkeamaleveyden laskennalliset enimmäisarvot lattian yläpinnalla. Taulukossa 11 on esitetty lattian halkeamaleveyden ominaisarvot eri rasitusluokissa. Taulukon 10 arvoja voidaan käyttää, jos lattian vedenpitävyydelle ei ole asetettu erityisiä vaatimuksia. Yleensä teollisuuslattiat ovat kuitenkin alttiita vedelle ja kemikaaleille, joten ylä- ja alapinnan halkeamaleveyden raja-arvot tulevat taulukon 11 mukaan. Täytyy huomata, että runsaan veden ja erilaisten kemikaalien käytön seurauksena lattian ylä- ja alapinnan rasitusluokaksi ei riitä enää normaalit lattian rasitusluokat, vaan taulukon 11 vaativammat XD-/XF-luokat halkeamavaatimuksineen.

*TAULUKKO 10. Maanvaraisten lattioiden suositeltu suurin sallittu halkeamaleveys (1, s. 24)*

Halkeamaleveysluokka				
	I	II	III	IV
Kuvaus	Vaativa	Normaali	Merkityksetön	Erikoisluokka
Sallittu halkeamaleveys (mm)	0,3	1,0	Ei vaatimusta	Ilmoitetaan erikseen



TAULUKKO 11. Halkeamaleveyden raja-arvon  $w_{max}$  arvot (mm) (3, s. 8)

Rasitusluokka	Teräsbetonirakenteet ja tartunnattomat ankkurijännerakenteet	Tartuntajännerakenteet ja injektoidut ankkurijännerakenteet
	Pitkäaikainen kuormayhdistelmä	Tavallinen kuormayhdistelmä
X0, XC1	0,4 <sup>1</sup>	0,2
XC2, XC3, XC4 XD1, XS1	0,3	0,2 <sup>2</sup>
XD2, XD3 XS2, XS3,	0,2	Vetojännityksetön tila

HUOM. 1 Rasitusluokkien X0 ja XC1 yhteydessä halkeamaleveydellä ei ole vaikutusta säilyvyyteen, ja tämä raja on asetettu kelvollisen ulkonäön takaamiseksi. Jos ulkonäköehtoja ei aseteta, tätä rajaa voidaan väljentää.

HUOM. 2 Näiden rasitusluokkien yhteydessä tarkistetaan myös, ettei vetojännitystä esiinny kuormien pitkäaikaisen yhdistelmän vallitessa.

Halkeamaleveys lasketaan kaavalla 15 (12, s. 123).

$$w_k = s_{r,max}(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

KAAVA 15

$s_{r,max}$  = suurin halkeamaväli (mm)

$\epsilon_{sm}$  = keskimääräinen raudoituksessa vaikuttava venymä mukaan luettuna pakkosiirtymien ja pakkomuodonmuutosten vaikutus ja ottamalla huomioon betonin vetojäykistysvaikutukset

$\epsilon_{cm}$  = betonin keskimääräinen venymä halkeamien välillä

Suurin halkeamaväli lasketaan kaavalla 16 (12, s. 124).

$$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff}$$

KAAVA 16

$\phi$  = tangon halkaisija (mm)

$c$  = vetoraudoituksen betonipeite (mm)

$k_1$  = kerroin, jonka avulla otetaan huomioon tankojen tartuntaominaisuudet

=0,8 tangot, joilla on hyvä tartunta

=1,6 tangot, joiden pinta on lähes tasainen

$k_2$  = kerroin, jonka avulla otetaan huomioon venymäjakauma

=0,5 taivutuksille

=1,0 pelkälle vedolle

Lattia mitoitetaan halkeilun suhteen

- varustettuna kutistumissaumoilla, jolloin mitoituksen lähtökohtana on, ettei lattia halkeile saumojen välillä
- saumattomana ilman kutistumissaumoja
- jännitettynä. (1, s. 85.)

Halkeilukapasiteetti lasketaan kaavalla 17 (1, s. 102).

$$\frac{N_{Ek}}{A_c f_{ctm}} + \frac{M_{Ek}}{M_{R,cr}} \leq 1,0$$

KAAVA 17

$f_{ctm}$  = betonin keskimääräinen vetolujuus (N/mm<sup>2</sup>)

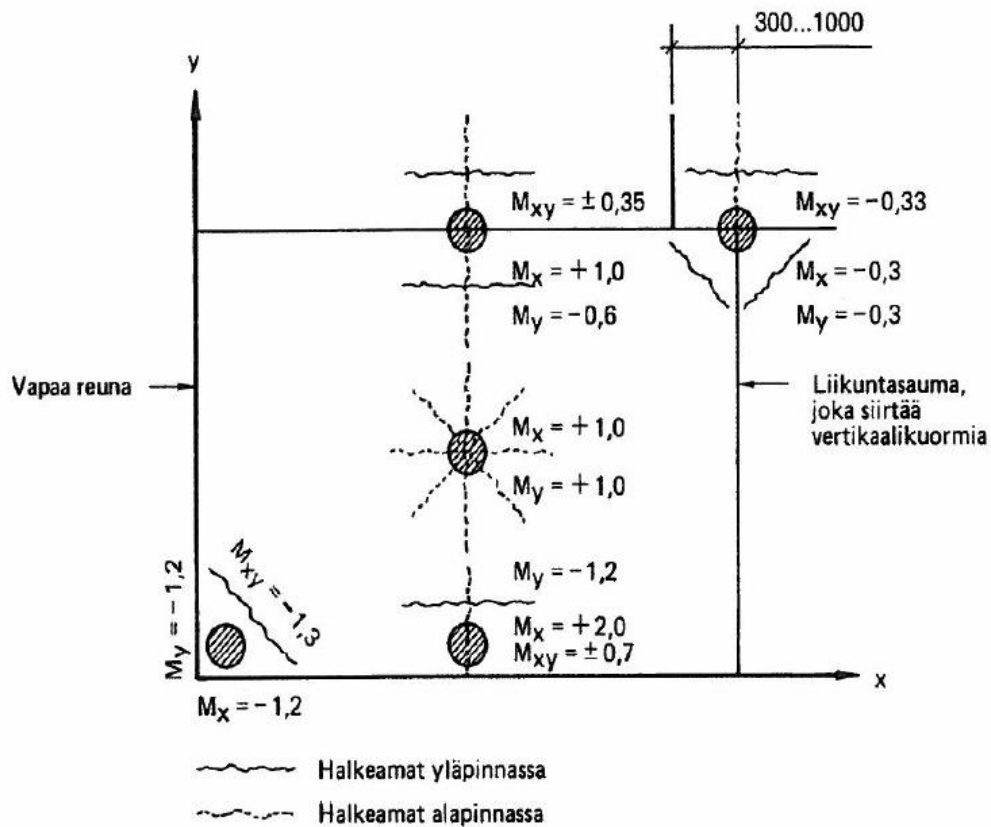
$M_{R,cr}$  = halkeilumomentti =  $f_{ct,eff} W_I$  (Nmm)

$W_I$  = taivutusvastus =  $bh^2/6$  (mm<sup>3</sup>)

$f_{ct,eff}$  = betonin vetolujuuden keskiarvo ajankohtana, jolloin halkeamien voidaan aikaisintaan odottaa muodostuvan,  $f_{ct,eff} = f_{ctm}$  tai sitä pienempi  $f_{ctm}(t)$ , jos halkeilun syntyminen on odotettavissa ennen 28 vuorokauden ikää (N/mm<sup>2</sup>).

Kaavassa 17 termissä  $A_c f_{ctm}$  käytetään  $f_{ctm}$ :n arvona  $f_{ctm}(t)$ :n arvoa.

Maanvaraisen lattian kriittiset halkeamasuunnat pistekuormituksesta on esitetty kuvassa 25. Positiivinen momentti aiheuttaa lattian alapintaan vetoa ja negatiivinen aiheuttaa vetoa lattian yläpintaan. Mitoituksen kannalta määräävämpiä ovat lattian nurkat, laattojen väliset saumat ja vapaat reunat.



KUVA 25. Maanvaraisen lattian kriittiset halkeamasuunnat pistekuormituksesta. Momenttien keskinäiset suhteet (1, s. 95)

### 5.3 Alusrakenteet

Kantavuusmoduuli  $E$  kuvaa alla olevan maakerrosrakenteen muodonmuutosominaisuutta. Maapohja on sitä kantavampi, mitä suurempi on kantavuusmoduulin arvo.

Kantavuusmoduuli lasketaan kaavalla 18 (1, s. 64).

$$E = 1,5 \cdot (p \cdot a) / s$$

KAAVA 18

$E$  = kantavuusmoduuli (Mpa)

$p$  = jännitys kosketuspinnassa =  $P / (\pi \cdot a^2)$  (Pa)

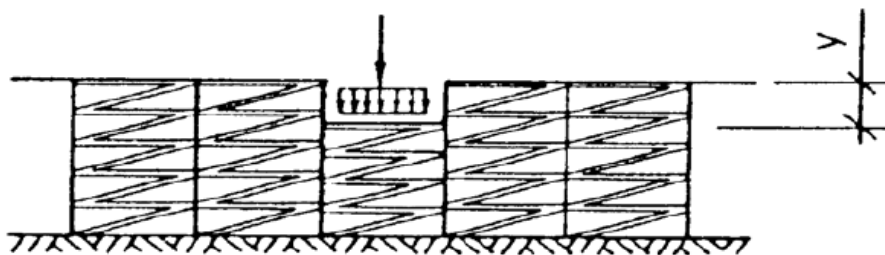
$P$  = maksimikuormitus (N)

$a$  = kuormituslevyn säde (m)

$s$  = mitattu maksimi painuma (mm)

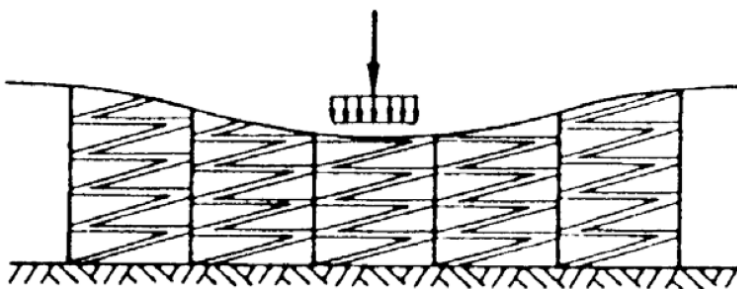
Maanvaraisen lattian yleisimmät mitoitusmenetelmät perustuvat alustalukumenetelmiin. Niistä tunnetuimmat ovat Winklerin malli, joka soveltuu hyvin käsin laskentaan, ja Vlasovin malli, jota voidaan soveltaa tietokonelaskennassa. Menetelmillä voidaan ratkaista lattian taipuma, voimasuureet sekä pohjapaine, jotka ovat pistemäisen kuorman aiheuttamia. (1, s. 65.)

Kuvissa 26 ja 27 on esitetty alustan mekaaniset jousivakiomallit molemmille alustalukumenetelmille. Winklerin mallissa lattian oletetaan olevan toisistaan irti olevilla jousilla, joilla on kaikilla sama jousivakio. Taipuman ja kuorman välillä on lineaarinen riippuvuus  $p = ky$ , missä  $p =$  alustapaine,  $y =$  taipuma ja  $k =$  alustaluku. Vlasovin alustamallilla pyritään ottamaan huomioon jousien välinen vuorovaikutus. Oletetaan, että jousien välillä on leikkausta ottavat kimmoiset siteet. (1, s. 65.)



$$p = ky$$

KUVA 26. Winklerin mallin periaatekuva (1, s. 65)



KUVA 27. Vlasovin mallin periaatekuva (1, s. 65)

Alustaluku  $k$  lasketaan kaavalla 19 (1, s. 66).

$$k = E/h$$

KAAVA 19

$k$ = alustaluku (MN/m<sup>3</sup>)

$E$ = kantavuusmoduuli (MN/m<sup>2</sup>)

$h$ = alustakerroksen paksuus (m)

Taulukossa 12 on esitetty eräiden maalajien alustalukuja ja taulukossa 13 muodonmuutosmoduulin  $E$  arvoja.

TAULUKKO 12. Eräiden perusmaiden alustaluku (1, s. 67)

Perusmaa	$k_m$ [MN/m <sup>3</sup> ]
Hiekka	10...30
Tiivis hiekka	30...80
Tiivis hiekkasora	80...150
Karkea sora	150...250
Tiivis sora	200...300

TAULUKKO 13. Eräiden maalajien muodonmuutosmoduulin arvoja (1, s. 67)

Maalajien	$E$ [MN/m <sup>2</sup> ]
Savi <sup>1)</sup>	2...10
Hiekka	10...30
Tiivis hiekka	40...80
Tiivis sora	100...200
Tiivis soramurske	300...350

## 5.4 Raudoitus

Tässä opinnäytetyössä keskitytään harjateräksillä raudoitettuihin lattioihin.

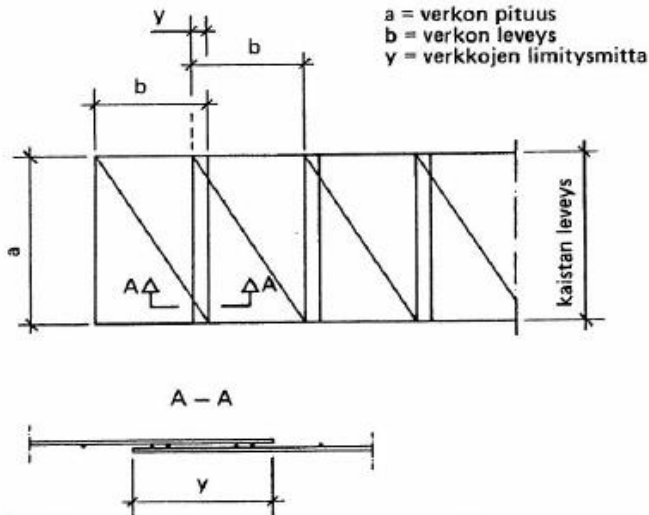
Lattia voidaan raudoittaa irtotankoina tai esivalmistetuilla

raudoituskokonaisuuksilla, joita ovat raudoitusverkot, mattoraudoitteet ja

kaistaraudoitteet. Maanvarainen lattia on luontevinta raudoittaa verkoilla.

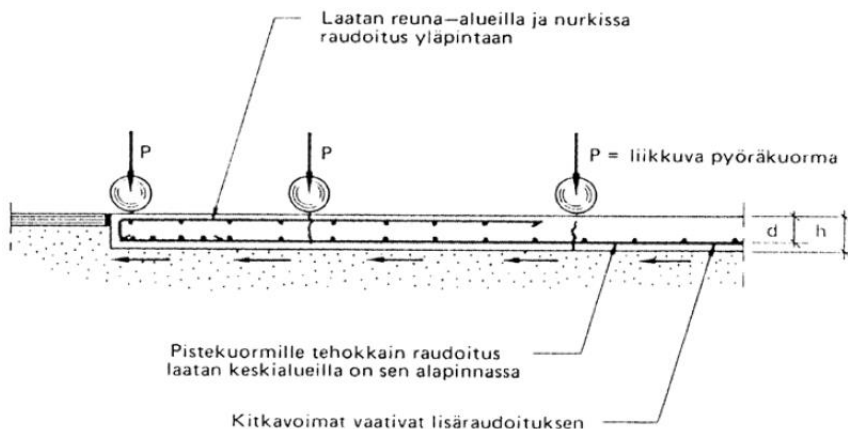
Nurkkien ja reunojen lisäraudoituksena käytetään irtotankoja. Kuvassa 28 on

esitetty verkkojen limityspeiraate. Tulevissa kappaleissa on esitetty vähimmäisraudoituksen laskentakaavoja. Teollisuuden rakenteissa harvoin kuitenkin käytetään minimiraudoitusta. (1, s. 74.)



KUVA 28. Raudoitusverkkojen limitys. Limitysmitta  $y$  lujuusluokan ja tartuntatilan mukaan (1, s. 74)

Kuvassa 29 on esitetty lattian raudoitusperiaate. Lattian halkeama kohtaan muodostuu nivel, jolloin liikkuva pistekuorma aiheuttaa helposti uuden halkeaman. Halkeama, jonka pistekuorma on aiheuttanut, toimii helposti alkuna kutistumishalkeamille. (1, s. 86.)



KUVA 29. Lattian raudoitusperiaate. Halkeamien muodostumisperiaate (1, s. 87)

### 5.4.1 Taivutusraudoitus

Vähimmäisraudoitus tarkastetaan kaavalla 20 (12, s. 156).

$$A_{s,min} = 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t d \text{ tai vähintään } 0,0013 b_t d \quad \text{KAAVA 20}$$

$$f_{ctm} = \text{betonin keskimääräinen vetolujuus} = 0,3 \cdot \left( \frac{f_{ck}}{MPa} \right)^{\frac{2}{3}} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$f_{yk} = \text{betoniteräksen myötölujuuden ominaisarvo (ominaismyötölujuus) (N/mm}^2\text{)}$$

$$b_t = \text{poikkileikkauksen leveys (mm)}$$

$$d = \text{poikkileikkauksen tehollinen korkeus} = h - \phi/2 - c_{nom} \text{ (mm)}$$

$$c_{nom} = \text{betonin suojapeite} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

Tankoväli saa olla korkeintaan  $s_{max,slabs}$ . Jakovälin enimmäisarvo on

- pääraudoituksessa  $3h \leq 400 \text{ mm}$
- jakoraudoituksessa  $4h \leq 600 \text{ mm}$ .

Pistekuormien ja maksimimomentin kohdalla jakoväli on

- pääraudoituksessa  $2h \leq 250 \text{ mm}$
- jakoraudoituksessa  $3h \leq 400 \text{ mm}$ .

$h$  = lattian kokonaispaksuus (mm) (12, s. 156.)

Tarvittavan taivutusmomentтираudoituksen poikkileikkausala lasketaan kaavalla 21 (12, s. 73).

$$A_s = \omega A_c \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \quad \text{KAAVA 21}$$

$$A_s = \text{raudoituksen poikkileikkausala (mm}^2\text{)}$$

$$\omega = \text{mekaaninen raudoitussuhde} = \beta$$

$$\beta = 1 - \sqrt{1 - 2\mu}$$

$$\mu = \frac{m_{Ed}}{f_{cd} b d^2}$$

$$m_{ED} = \text{leveydellä L vaikuttava mitoitusmomentti (Nmm)}$$

$$d = \text{poikkileikkauksen tehollinen korkeus} = h - \phi/2 - c_{nom} \text{ (mm)}$$

$A_c$  = betonipoikkileikkauksen ala ( $\text{mm}^2$ )

$f_{cd}$  = betonin puristuslujuuden mitoitusarvo =  $\frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c}$  ( $\text{N/mm}^2$ )

$f_{yd}$  = betoniteräksen myötölujuuden mitoitusarvo =  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s}$  ( $\text{N/mm}^2$ )

Osavarmuusluvut  $\gamma_c$  ja  $\gamma_s$  on esitetty taulukossa 14.

TAULUKKO 14. Materiaalin osavarmuusluvut murtorajatilassa (3, s. 3)

Materiaali	Betoni $\gamma_c$	Raudoitusteräs $\gamma_s$
Osavarmuusluku	1,5	1,15

Lopullinen raudoitus valitaan vaaditun- ja minimiraudoituksen suuremman arvon mukaan (kaava 22).

$$A_{s,x} = \max \left\{ \begin{array}{l} A_s \\ A_{s,min} \end{array} \right.$$

KAAVA 22

#### 5.4.2 Leikkausraudoitus

Lattioiden leikkausraudoittaminen on harvinaista, ja sitä käytetään ainoastaan kohdissa, joissa on suuri pistekuorma. Leikkausraudoitetun lattian vähimmäispaksuus on 200 mm. Leikkausraudoitus voi olla yhdistelmä, johon kuuluu esimerkiksi hakoja, jotka ympäröivät päävetoraudoitusta ja puristuspuolta, ylöstaivutettuja tankoja, koriraudotteita tai ansaita, jotka ankkuroidaan puristus- ja vetopuolelle. Mikäli  $|V_{Ed}| \leq 1/3 V_{Rd,max}$ , leikkausraudoituksena käytetään ainoastaan ylöstaivutettuja tankoja tai erillisiä leikkausraudoitteita. (12, s. 153–157.)

Leikkausraudoitussuhde lasketaan kaavalla 23 (12, s. 154).

$$\rho_w = A_{sw} / (s \cdot b_w \cdot \sin \alpha)$$

KAAVA 23

$A_{sw}$  = leikkeiden kokonaisala pituudella  $s$  ( $\text{mm}^2$ )

$s$  = leikkausraudoituksen jako mitattuna pitkin lattian pituusakselia (mm)



$b_w$ = lattian leveys (mm)

$\alpha$ = leikkausraudoituksen ja pituusakselin välinen kulma (°)

Leikkausraudoitussuhteen vähimmäisarvo lasketaan kaavalla 24 (12, s. 154).

$$\rho_{w,min} = (0,08\sqrt{f_{ck}})/f_{yk} \quad \text{KAAVA 24}$$

$f_{ck}$ = betonin lujuuden ominaisarvo (N/mm<sup>2</sup>)

$f_{yk}$ = betoniteräksen myötölujuuden ominaisarvo (N/mm<sup>2</sup>)

Leikkausraudoitteiden pituussuuntainen jakoväli lasketaan kaavalla 25 (12, s. 154).

$$s_{max} = 0,75d(1+cot\alpha) \quad \text{KAAVA 25}$$

$d$ = tehollinen korkeus (mm)

$\alpha$ = leikkausraudoituksen kaltevuus laatan pituusakselin nähden (°)

### 5.4.3 Halkeiluraudoitus

Mikäli halkeilua rajoitetaan, tulee tartunnallista raudoitusta olla vähintään tietty määrä alueilla, joissa voi esiintyä vetoa. Halkeamaleveyden tulee pysyä sallituissa rajoissa, joten raudoituksen määrää voidaan arvioida juuri ennen halkeamista betonissa vaikuttavan vetovoiman ja raudoituksessa sen myötöämisen alkaessa tai tarvittaessa alemmalla jännityksellä vaikuttavan vetovoiman välisestä tasapainosta. (12, s. 118.)

Vähimmäisraudoitus lasketaan kaavalla 26 (12, s. 119).

$$A_{s,min}\sigma_s = k_c k_{f_{ct,eff}} A_{ct} \quad \text{KAAVA 26}$$

$A_{s,min}$ = raudoituksen vähimmäisala vetoalueella (mm<sup>2</sup>)

$A_{ct}$ = vedetyn poikkileikkauksen pinta-ala (mm<sup>2</sup>)

$\sigma_s$ = raudoituksen sallitun suurimman jännityksen itseisarvo välittömästi halkeaman muodostumisen jälkeen, voidaan käyttää myötölujuuden  $f_{yk}$  arvoa (N/mm<sup>2</sup>)

$f_{ct,eff}$  = betonin vetolujuuden keskiarvo ajan kohtana, jolloin halkeamien voidaan aikaisintaan odottaa muodostuvan,  $f_{ct,eff} = f_{ctm}$  tai sitä pienempi  $f_{ctm}(t)$ , jos halkeilun syntyminen on odotettavissa ennen 28 vuorokauden ikää ( $N/mm^2$ )  
 $k$ = kerroin, jolla otetaan huomioon eri suuruisten toisensa tasapainonsa pitävien jännitysten vaikutus, minkä johdosta pakkovoimat pienenevät,  $k= 0,65 -1,0$   
 $k_c$ = kerroin, jolla otetaan huomioon jännitysten jakauma poikkileikkauksessa välittömästi ennen halkeilua ja sisäisen momenttivarren muutos, vetovoiman vaikuttaessa  $k_c= 1,0$

## 6 MAANVARAISEN LATTIAN VALU JA JÄLKIHOITO

### 6.1 Betonin valu

Betonointi on usean työvaiheen ketju ja kaikkiin menetelmiin sisältyy ainakin

- betonin valmistus/ vastaanotto
- betonin siirrot
- levitys, tiivistys, pinnan muotoilu ja täydentävät työvaiheet
- pinnan hierto ja viimeistely
- kaikissa työvaiheissa laadunvarmistustoimenpiteet.

Olosuhteiden hallinta on tärkeää, sillä useimmat laatuvaatimukset kohdistuvat betonin yläpintaan, joka on vuorovaikutuksessa ympäristön kanssa. Huonoihin valuolosuhteisiin ei voida vaikuttaa, siksi huonoissa valu olosuhteissa ei välttämättä täytetä laatuvaatimuksia. Betonin kohtuullinen sitoutumisaika varmistetaan ja liiallinen kosteuden haihtuminen betonin pinnalta estetään olosuhdehallinnalla. Tärkeimpiä valuolosuhteita ovat ilman, valualustan ja betonin lämpötila, ilmavirtaukset, auringonpaiste, valaistus ja ilman kosteuspitoisuus. (1, s. 159.)

Yleisin tapa valaa lattia on siirtää betoni valupaikalle pumppaamalla, jonka jälkeen massa levitetään ja tiivistetään. Tämä tapa sopii kaikenlaisille lattiatyypeille ja työmenetelmille. Imubetonointimenetelmässä alipaineen avulla puristetaan betonimassasta osa vedestä pois. Menetelmä laskee vesi-sementtisuhdetta, mikä lisää lujuutta lattian pinnassa. Imubetonointi nopeuttaa varhaislujuutta, hiertoon pääsyä ja lattian kuivumista merkittävästi sekä parantaa betonin pakkasenkestävyyttä. Laajat yhtenäiset lattiat ovat parhaita imubetonointikohteita. Nykyään imubetonoinnin on korvannut lisäaineelle notkistettu betoni. (1, s. 156–158.)

Betonimassa tiivistetään, jotta muotti täyttyy kunnolla, betoni ympäröi teräkset ja ylimääräinen ilma saadaan pois massasta. Betonin lujuus jää suunniteltua alhaisemmaksi, jos huolellista tiivistystä ei tehdä. Betonoitavan lattian paksuus ja massan notkeus vaikuttavat tiivistysmenetelmän ja –tehon valintaan.

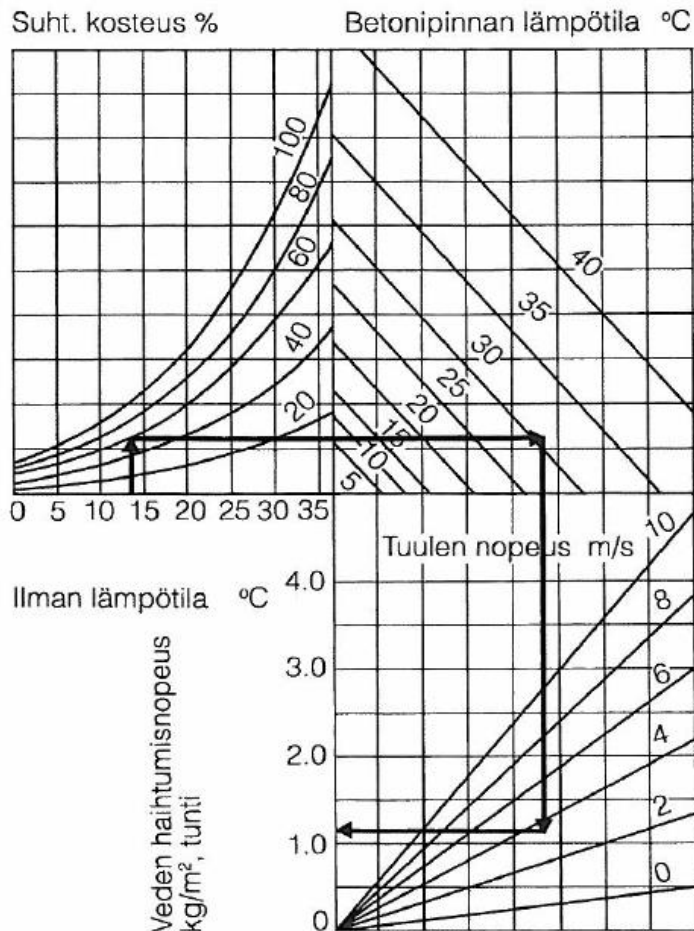
Pintatäryttimiä käytetään ohuiden lattioiden (paksuus 60-120 mm) tiivistykseen. Noin 120 mm paksujen lattioiden tiivistykseen voidaan käyttää useimpia tärypalkkeja, ja 150 mm paksuja lattiaita voidaan tiivistää tehokkailla kaksoistärypalkkeilla. Yli 150 mm paksut lattiat tulee tiivistää tärysauvoilla ennen kaksoistärypalkkeilla tiivistämistä. Tiivistämiseen tarvittava teho riippuu betonimassan notkeudesta. Tarvittava teho on sitä pienempi, mitä notkeampaa massa on. (1, s. 137.)

## 6.2 Betonin jälkihoito

Betonin jälkihoidolla on työn lopputuloksen kannalta tärkeä merkitys. Erinomaisesti toteutetun lattian epäonnistuminen ja vaatimusten täyttymättä jääminen voi aiheutua puutteellisesta jälkihoidosta. Jälkihoito on betonin suojaamista kovettumisen aikana ulkoisilta rasituksilta sekä oikeiden kosteus- ja lämpötilaolosuhteiden varmistamista. Betonin liian aikainen kuivuminen estetään jälkihoidolla. Lisäksi sillä estetään paksujen lattiarakenteiden kovettumislämpötilaero lattian ydin osassa ja yläpinnassa sekä talviaikana betonin jäätyminen. Jälkihoidolla myös suojataan betonia varhaisvaiheen kolhuilta, likaantumiselta ja rasituksilta. Jälkihoidon ollessa huolellista ja oikeanlaista varmistetaan betonilattian

- pinnan tiiviys, vähäinen pölyävyys, kulutuskestävyys ja lujuus
- pintalaatan tarttuvuus alustaan
- halkeiluriskin minimoiminen
- riittävä rakenteellinen lujuus. (11, s. 1.)

Varhaisjälkihoidolla estetään veden liian voimakas kuivuminen betonin pinnasta. Kuvassa 30 on esitetty veden haihtumisnopeuden määrittäminen. Kun veden haihtumisnopeus on yli  $1\text{ kg/m}^2$ :lle, varhaisjälkihoito on tarpeellinen. Varhaisjälkihoidon puutteellisuudesta tai laiminlyönnistä seuraa pinnan yksittäinen tai verkkomainen halkeilu. (11, s. 1–2.)



KUVA 30. Veden haihtumisnopeuden määrittäminen (1, s. 160)

Betonin jälkihoitomenetelmiä ovat

- varhaisjälkihoitoaineen sumutus betonipinnalle heti pinnan tasauksen jälkeen ja pinnan suojaus varsinaisella jälkihoitoaineella hierron jälkeen
- pinnan suojaus muovikalvolla välittömästi pinnan viimeistelyn jälkeen
- kovettuneen pinnan kasteleminen vedellä ja sen jälkeen tiiviin suojapeitteen tai muovikalvon levittäminen
- jatkuva kastelu tai kasteltava juuttikangas. (11, s. 3; 6, s. 20.)

Koko jälkihoidon ajan lämpötilan on oltava lattian pinnassa vähintään + 5 °C. Tarvittaessa lattian ydinosan ja pinnan välinen lämpötilaero tulee rajoittaa 15–20 °C:een suojaamalla betonin pinta. Lämpöliikkeistä johtuvaa halkeiluriskiä ehkäistään suojaamalla pinta voimakkaalta jäähtymiseltä vuorokausilämpövaihteluiden aikana. Jälkihoitoaikana lattiaa ei saa kuormittaa.

Kovettumisolosuhteet ja –nopeus sekä rasitusluokka vaikuttavat jälkihoidon pituuteen. Jälkihoito voidaan lopettaa, kun betoni on saavuttanut 70 % nimellislujuudesta rasitusluokissa, lukuun ottamatta rasitusluokkia X0 ja XC1 sekä XF2 ja XF4. Jälkihoito voidaan lopettaa rasitusluokissa X0 ja XC1, kun betoni on saavuttanut 60 % nimellislujuudesta ja rasitusluokissa XF2 ja XF4, kun betoni on saavuttanut 80 %. Taulukossa 15 on esitelty jälkihoidon suositeltavat vähimmäisajat eri kovettumisolosuhteissa normaalisti kovettuville betoneille. (1, s. 170–171.)

*TAULUKKO 15. Jälkihoidon suositeltavat vähimmäisajat (1, s. 171)*

Betoniin lämpötila [°C]	Aika [d], jolloin saavutetaan 60 % nimellislujuudesta			Aika [d], jolloin saavutetaan 70 % nimellislujuudesta			Aika [d], jolloin saavutetaan 80 % nimellislujuudesta		
	C25	C30	C40	C25	C30	C40	C25	C30	C40
10	11	9	7	17	15	13	26	24	22
20	6	4,5	4	9	7,5	6,5	14	12	12
30	3,5	3	2,5	5,5	4,5	4	8	7,5	7
40	2,5	2	1,5	3,5	3	3	5,5	5	5

## 9 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia julkaisun Suomen Betoniyhdistys r.y.:n BY 45/BLY 7 Betonilattiat 2014 uudistusten vaikutuksia maanvaraisen teollisuuslattian suunnitteluun. Työn tavoitteena oli esittää maanvaraisten lattioiden suunnitteluohje. Työssä esitettiin Autodesk Robot Structural Analysis –ohjelmalla laskentaesimerkki, jossa tutkittiin lattian halkeilua ja taivutusmomentin suuruutta pistekuorman ollessa eri puolella lattiaa. Laskentaohjelmalla saatuihin tuloksiin laskettiin BY45:n yksinkertaistetuilla laskukaavoilla taivutusmomentin vertailuarvoja.

Ajan mittaan lattioiden paksuudet ja teräsmäärät ovat kasvaneet. Työssä havaittiin, että lattian lävistyskestävyys on riittävä myös pienemmillä lattian paksuuksilla. Lattian paksuus voitaisiin valita lattian maksimi lävistyskestävyyden mukaan, jolloin mitoituksen kannalta määräävimmit lattian kohdat (reunat ja nosto-ovien kynnykset) voitaisiin vahvistaa paikallisesti. Tällöin välttyttäisiin ylimitoitukselta ja säästettäisiin myös materiaalikustannuksissa.

Opinnäytetyötä tehtäessä havaittiin, että teollisuuslattioiden ongelmat johtuvat huolimattomasta suunnittelusta, toteutuksesta ja jälkihoidosta sekä lattian liian aikaisesta kuormituksesta. Laadun tarkkailuun ja varmistukseen tulee kiinnittää huomiota. BY 45/BLY 7 Betonilattiat 2014 -julkaisun myötä piirustuksiin tulee myös merkitä jatkossa sallittu halkeamaleveysluokka.

## LÄHTEET

1. Suomen Betoniyhdistys r.y. 2014. BY 45/BLY 7 Betonilattiat 2014. BY-koulutus Oy.
2. Rudus Oy. 2010. Betonin kutistuma ja sen huomioiminen. Saatavissa: <http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CDEQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.rudus.fi%2FDownload%2F24663%2F20101%2520Betonin%2520kutistuma%2520ja%2520sen%2520huomioimin en>. Hakupäivä:11.12.2013.
3. Kansallinen liite standardiin SFS-EN 1992-1-1 Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. 2007. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. SFS-EN 1992-1-1. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
4. Leivo, Markku – Holt, Erika – Kronlöf, Anna – Söderlund, Klaus – Vuorinen, Pekka 2000. Betonin kutistuma. Saatavissa: [www.betoni.com/Download/21784/BL\\_2000\\_3\\_s52\\_53.pdf](http://www.betoni.com/Download/21784/BL_2000_3_s52_53.pdf). Hakupäivä: 29.11.2013.
5. Rakennustuoteteollisuus RTT ry – Betonteollisuus ry – Betonilattiyhdistys ry. 2012. Betonilattiat kortisto BLY 14. Suomen rakennusmedia Oy. Saatavissa: <http://www.bly.fi/File/BLY-14.pdf?rnd=1356602833>. Hakupäivä: 21.11.2013.
6. Litendahl, Jukka 2013. Maanvaraisen betonilattian teon hallitseminen. Insinööriyö. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan osasto.
7. Petrow, Seppo 2010. Maanvaraiset betonilattiat. Betoni, nro 1. S. 36–41. Saatavissa: <http://www.betoni.com/betoni-lehti/arkisto/2010-1>. Hakupäivä: 29.11.2013.
8. Ålander, Casper 2009. Saumattomat maanvaraiset lattiat. Betoni, nro 1. S. 32–37. Saatavissa: <http://www.betoni.com/betoni-lehti/arkisto/2009-1>. Hakupäivä: 15.12.2013.



9. Matsinen, Martti 2013. Hyvä teollisuuslattia – osa 2/3. Saatavissa:  
<https://piimat.wordpress.com/category/lattiasaumamat/>. Hakupäivä: 16.12.2013.
10. Peikko Group. 2008. TERA Joint Liikuntasaumaraudoite korkealaatuisille lattioille. Saatavissa:  
<http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=12&ved=0CHgQFjAL&url=http%3A%2F%2Fmaterials.crasman.fi%2Fmaterials%2Fpublic%2F6b70a27b88da20a81de299ea23a8b296%2Fdownload%2F>. Hakupäivä: 16.12.2013.
11. Betonilattiyhdistys ry. Betonilattioiden jälkihoito BLY 3. Saatavissa:  
<http://www.bly.fi/File/bly-3.pdf>. Hakupäivä: 29.11.2013.
12. Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. 2005. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. SFS-EN 1992-1-1. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
13. Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002. BY 45/BLY 7 Betonilattiat 2002. Jyväskylä: Suomen Betonitieto Oy.
14. Semko Oy. SLS-Liikuntasaumaraudoite. Saatavissa:  
[http://www.semko.fi/sls-liikuntasaumaraudoite\\_.html](http://www.semko.fi/sls-liikuntasaumaraudoite_.html). Hakupäivä: 7.2.2014.
15. Johansson, Emil 2013. Sallitun halkeamaleveyden vaikutus ydinlaitoksen altaiden betonirakenteisiin. Diplomityö. Espoo: Aalto-yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu.
16. Meriläinen, Teuvo 2007. Raskaasti kuormitettujen lattioiden liikuntasaumat miksi saumoja tarvitaan? Betoni, nro 1. S. 72-75. Saatavissa:  
[www.betoni.com/Download/22058/BET0701\\_s72-75.pdf](http://www.betoni.com/Download/22058/BET0701_s72-75.pdf). Hakupäivä: 21.11.2013.
17. Suomen vibrakone Oy. Betonitärkalusto. Saatavissa:  
<http://personal.inet.fi/yritys/suomen-vibrakone/images/taryt.pdf>. Hakupäivä: 27.2.2014.

18. PiiMat Oy. PiiMat - saumaraudoitteet. Saatavissa:

<http://www.piiimat.fi/userData/piimat-oy-h4s/pdf/Saumaraudoitteet-1.pdf>.

Hakupäivä: 14.3.2014.

19. Autodesk Robot Structural Analysis Professional. Saatavissa:

<http://www.cad-q.com/Global/Products/Autodesk%20Products/Building>

[/Robot%20Structural%20Ananlysis%20Professional\\_cad-q.pdf](http://www.cad-q.com/Global/Products/Autodesk%20Products/Building/Robot%20Structural%20Ananlysis%20Professional_cad-q.pdf). Hakupäivä:

10.4.2014.