

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri

Rakennesuunnittelu

2022

Joonas Tamminen

PYSÄKÖINTILAITOKSEN LIITOSTEKNIIKAT

TURKU AMK 
TURKU UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES

Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri

Ohjaaja DI Olli Hautaniemi

2022 | 65 sivua, 18 liitesivua

Joonas Tamminen

PYSÄKÖINTILAITOKSEN LIITOSTEKNIIKAT

Tämä työ toteutettiin toimeksiantona A-Insinöörit Suunnittelu Oy:lle. Työn aiheena oli pysäköintilaitoksen liitostekniikat. Tavoitteena oli vertailla eri pysäköintirakennusten betonirunkojen liitoksia sekä tuottaa liitosdetaljeja suunnittelun avuksi. Lisäksi työn tavoitteena oli laskennallisesti määrittää pysäköintilaitoksien vaakarakenteiden suuntaa antavia muodonmuutoksia pakkovoimien aiheuttamista rasituksista, sekä tarvittavat liikevarat pysäköintilaitoksen liikuntasaumassa.

Opinnäytetyön kirjallisuuskatsauksessa saatiin käsitys pysäköintilaitoksen runkojen liitosmaailmasta. Käsiteltäviä rasituksia johdettiin Eurokoodien kautta. Kirjallisuuslähteinä käytettiin muun muassa oppikirjoja, RT-kortteja sekä asiantuntijoiden artikkeleita.

Työn tuloksien perusteella pysäköintilaitoksen liitostyypit määräytyvät runkorakenteen, jäykistysjärjestelmän sekä kohteen vaatimusten mukaan. Jokaisessa kohteessa on erikseen mietittävä liitoksien riskitekijät ja esimerkiksi asennuksen helppous sekä aikataululliset, että taloudelliset tekijät.

Tätä työtä voidaan jatkossa hyödyntää pysäköintilaitoksen luonnosvaiheen suunnittelussa. Suunnittelija pystyy tämän opinnäytetyön avulla hahmottamaan pilarien paikat, jänneväliden mitat, liikuntasauvojen paikat sekä alustavat liitostyypit.

Asiasanat:

pysäköintilaitos, betonirunko, liitos

Bachelor's thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Civil Engineering

Instructor Olli Hautaniemi, M.Sc.Eng

2022 | 65 pages, 18 pages in appendices

Joonas Tamminen

Joint techniques of a parking facility

This thesis was carried out as an assignment for A-Insinöörit Suunnittelu Oy. The subject of the work was joint techniques of a parking facility. The aim was to compare the joints of the frames of different parking buildings and produce joint details to help with the design work. In addition, the aim of the work was to determine the directional deformations of the horizontal structures of parking facilities from the stresses caused by force stresses, as well as the necessary movement joints.

In the literature review of the thesis, an idea of the joints of the parking facility frames was obtained. The charges in question were derived through Eurocodes. Textbooks, RT cards and expert articles were used as literature sources.

Based on the results of the work, the connection types of the parking facility are determined by the frame structure, the stiffening system and the device. Each must consider separately the risk factors of the joints and the ease of installation and both the schedule and the financial factors.

This work can be used in the future in the planning of the draft phase of the parking facility. With the help of this thesis, the designer is able to outline the locations of the pillars, the dimensions of the spans, the locations of the movement joints and the preliminary types of joints.

Keywords:

parking facility, concrete frame, joint

Sisältö

1 Johdanto	8
2 PYSÄKÖINTILAITOS	10
2.1 Suunnittelusta yleisesti	10
2.2 Rakennejärjestelmä	12
2.3 Paikalla valettu ja jälkijännitetty runkorakenne	13
2.3.1 Rakenteellinen toiminta	13
2.3.2 Jäykistys	15
2.3.3 Hyödyt ja haitat	17
2.4 Elementtirakenteinen runkojärjestelmä	17
2.4.1 Rakenteellinen toiminta	18
2.4.2 Jäykistys	21
2.4.3 Hyödyt ja haitat	22
3 KÄSITELTÄVÄT KUORMAT JA RASITUKSET	24
3.1 Pakkovoimat	24
3.1.1 Jännevoimat	25
3.1.2 Lämpötilakuormat	27
3.1.3 Viruma	29
3.1.4 Kutistumat	32
3.1.5 Kokonaismuodonmuutos jännitysten, viruman, kutistuman ja lämpöliikkeiden vaikutuksesta	33
3.2 Halkeilu	34
3.3 Onnettomuuskuormat	35
3.3.1 Törmäyskuormat	35
3.3.2 Jatkuva sortuma	37
4 PYSÄKÖINTILAITOKSEN LIITOSTEN TARKASTELU	42
4.1 Pilari-palkkiliitos	42
4.1.1 Elementtirakenteinen pilari-palkkiliitos	43
4.1.2 Paikallavaletun rakenteen pilari-palkkiliitos	44

4.2 Liikuntasaumat	46
4.2.1 Elementtirakenteisen pysäköintilaitoksen liikuntasaumat	48
4.2.2 Paikallavaletun pysäköintilaitoksen liikuntasaumat	49
4.3 Vedeneristys	50
4.3.1 Elementtirakenteisen pysäköintilaitoksen vedeneristys	51
4.3.2 Paikallavaletun pysäköintilaitoksen vedeneristys	52
4.4 Liitokset ympäröiviin rakenteisiin	54
4.5 Jatkuvan sortuman estäminen elementtien välisillä liitoksilla	55
5. LIIKUNTASAUMAN LIIKEVARAN MÄÄRITTÄMINEN	57
6 YHTEENVETO	60
LÄHTEET	63

Liitteet

Liite 1. Esimerkkilaskelma betonirakenteen muodonmuutostarkastelusta

Liite 2. Vedeneristysdetaljit

Liite 3. Liikuntasaumadetaljit

Kaavat

Kaava 1. Pakkovoiman laskenta. (elementtisuunnittelu.fi)	24
Kaava 2. Normaalivevoiman aiheuttama sauvan pituuden muutos. (Salmi&Pajunen, 2010, 136.)	25
Kaava 3. Betonin kimmainen kokoonpuristuma jännityshetkellä. (By 69, 2017, 101.)	26
Kaava 4. Pituuden lämpölaajeneminen. (By 45, 2000, 46.)	29
Kaava 5. Virumamuodonmuutos. (EN-1991-1, 2015, 31.)	29
Kaava 6. Epälineaarinen virumaluku. (EN-1991-1, 2015, 31.)	30
Kaava 7. Betonin kokonaiskutistuma. (EN-1992-1-1, 2015, 33.)	32
Kaava 8. Betonin kokonaismuodonmuutos (By 210, 2008, 40.)	33

Kaava 9. Halkeamaleveyden laskenta. (EN-1991-1-1, 2015, 123.)	34
Kaava 10. Dynaaminen törmäyskuorma. (EN-1991-1-7, 2014, 90.)	36

Kuvat

Kuva 1. Pysäköintitilojen mitoitusohjeita.	11
Kuva 2. Henkilöauton kääntymistila pysäköintiruutuun ajettaessa.	11
Kuva 3. Esimerkki pilareiden sijoituksesta. Suorakulmainen pysäköinti.	12
Kuva 4. Palkkikaistalla vahvennettu laatta.	13
Kuva 5. Jännitetyn betonirakenteen periaate.	14
Kuva 6. Ankkurijännerakenteen periaatekuva.	14
Kuva 7. Tartunnaton jänne.	15
Kuva 8. Kehäjäykistyksen periaate.	16
Kuva 9. Elementtirakenteinen pysäköintirakennus.	18
Kuva 10. Tyypillisen kuorilaattarakaisun runkojärjestelmä.	19
Kuva 11. Kuorilaattarakenteen rakenneperiaate.	20
Kuva 12. Ontelolaattarakaisun rakennejärjestelmä.	21
Kuva 13. Mastopilarijäykistyksen periaate ja rakennemalli.	22
Kuva 14. Punosten venymän laskentamalli.	26
Kuva 15. Lämpöeristämättömien betonirakenteiden korkeimmat ja matalimmat lämpötilat.	28
Kuva 16. Virumaluvun määrittäminen käyrien avulla.	31
Kuva 17. Pienennyskertoimen määrittäminen.	37
Kuva 18. Liitosten mitoitus ohjeiden mukaisille minimivoimille.	38
Kuva 19. Seuraamusluokkien jaottelu.	39
Kuva 20. Niveellinen pilari-palkkiliitos ja jäykkä pilari-palkkiliitos.	43
Kuva 21. Esimerkki elementtirakenteisesta pilari-palkkiliitoksesta.	44
Kuva 22. Jälkijännitetyn palkin periaateliitoksia.	45
Kuva 23. Avoimen liikuntasauvan periaate.	46
Kuva 24. Kuorilaattarakenne, vedenpoisto- ja liikuntasaumaratkaisuja.	48
Kuva 25. Vesitiivis liikuntasauva pysäköintitason palkkilaatassa.	49
Kuva 26. Vesikourun sijoitus rungon sauman tason alle.	52

Kuva 27. Kumibitumikermieristetty pilarilaatta pihakansirakenteena.	53
Kuva 28. Liikennöidyn pihakannen rakennetyyppi.	54
Kuva 29. Elementtien kiinnitys jatkuvan sortuman estämiseksi.	55

Taulukot

Taulukko 1. Ajoneuvon massan, nopeuden ja dynaamisen törmäyskuorman F_0 mitoitusarvot.	36
Taulukko 2. Ohjeellisia liikuntasaumavälien maksimipituuksia rakenteen tyypin mukaan.	47
Taulukko 3. Ohjeellisia liikuntasaumavälien maksimipituuksia perustamistavan mukaan.	47
Taulukko 4. Vähimmäiskallistus pysäköintitasoilla taipumat huomioiden.	51
Taulukko 5. Paikallavaletun ja jälkijännitetyn pysäköintilaitoksen kokonaismuodonmuutoksen arvoja eri runkovaihtoehdoilla.	58

1 Johdanto

Opinnäytetyö käsittelee pysäköintilaitoksen liitoksia. Opinnäytetyö tehdään toimeksiantona A-Insinöörit Suunnittelu Oy:lle, joka on A-Insinöörit Oy:n tytäryhtiö. A-Insinöörit Oy on suomalainen kiinteistö- ja rakennusalan suunnittelu- ja konsulttitalo, jossa työskentelee yli 1100 henkilöä. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia, millaisia liitoksia pysäköintilaitoksen rungoissa käytetään sekä pohtia liitosten hyviä ja huonoja puolia. Yleisesti pysäköintilaitoksen rungot tehdään betonirakenteilla, joko elementti-, tai paikallavalurakenteisena. Elementtirakenteisen rakennusrungon etuja ovat liitosten yksinkertaisuus sekä nopea rakentamistahti. Paikallavaletuissa pysäköintilaitoksissa voidaan rakennetta jälkijännittämällä kasvattaa jännevälejä hyvinkin pitkiksi. Jälkijännitetty laatta on monoliittinen, halkeilematon sekä pitkäikäinen, mutta vaatii erityisosaamista työmaalla.

Pysäköintilaitoksissa on ilmennyt ongelmia erityisesti liitosten vuotoherkkyyden takia. Vedenpoisto toteutetaan kallistusten, kaivojen sekä vesikourujen avulla pysäköintitasoilla, mutta liitosten kohdalla vesi voi päästä kulkeutumaan alempiin kerroksiin autojen päälle aiheuttaen sekä ulkonäöllisiä, että rakenteellisia ongelmia. Pysäköintilaitokset usein ovat kylmiä rakenteita, joihin vaikuttavat suuret lämpötilaerot. Lämpötilaerot aiheuttavat rakenteen lyhyenemistä ja pitenemistä. Lämpimissä rakenteissa tulee erityisesti ottaa huomioon kutistuman sekä viruman vaikutukset.

Työn alussa on esitelty eri pysäköintirakennuksien betonirunkovaihtoehtoja. Runkovaihtoehdot ovat rajattu elementtirakenteiseen sekä jälkijännitettyyn, paikallavalettuun runkoratkaisuun. Opinnäytetyön kolmannessa luvussa käsitellään pakkorasituksia, joita tyypillisesti pysäköintirakennuksissa esiintyy. Käsiteltävät rasitukset ovat rajattu jännevoimiin, virumaan, kutistumaan sekä lämpötilaerojen aiheuttamiin lämpöliikkeisiin.

Työn loppuosassa tutkitaan pysäköintilaitosten yleisimpiä liitoksia, kuten pilari-palkkiliitoksia, vedeneristyksen liittymistä rakenteisiin, liikuntasauvoja sekä pysäköintilaitoksen liitoksia ympäröiviin rakenteisiin, kuten pihakanteen. Elementtirakenteisessa rungossa jatkuva sortuma voidaan rajoittaa elementtien välisillä liitoksilla, joita käsitellään lyhyesti. Lopuksi esitellään taulukkomuodossa eri runkorakenteiden tarvittavia laskennallisia liikevaroja liikuntasaumassa. Lopuksi pohditaan liitosten hyviä ja huonoja puolia sekä liitosten käyttömahdollisuuksia kussakin rakenteessa.

2 PYSÄKÖINTILAITOS

Pysäköintilaitos on pysäköintiä varten rakennettu ja varustettu tai merkitty alue, rakennus tai rakennuksen osa. Pysäköintilaitoksia suunnitellaan kaupunkien keskusta-alueille, liikekeskusten yhteyteen, kerrostaloalueille, terminaaleihin ja sairaaloihin sekä vapaa-ajanviettoalueille, kuten huvipuistoalueille, urheiluareenoiden yhteyteen ja messu- ja näyttelyalueille. (RT 98-11237 2016, 1–2.)

Pysäköintilaitosten liikennöintiin ja rakenneratkaisuihin vaikuttavat käytettävissä oleva kokonaistila ja se, miten tämä tila saadaan liitettyä ympäröiviin rakenteisiin ja ympäristöön. Usein pysäköintilaitoksen suunnittelun tavoitteen on maksimoida pysäköintipaikkojen lukumäärä käytettävissä olevaan tilaan nähden. On myös huolehdittava joustavasta ja turvallisesta liikennöinnistä etenkin tiloissa, jossa on paljon ajoneuvoja ja pysäköinti on lyhytaikaista, kuten esimerkiksi ostoskeskuksissa. (www.elementtisuunnittelu.fi)

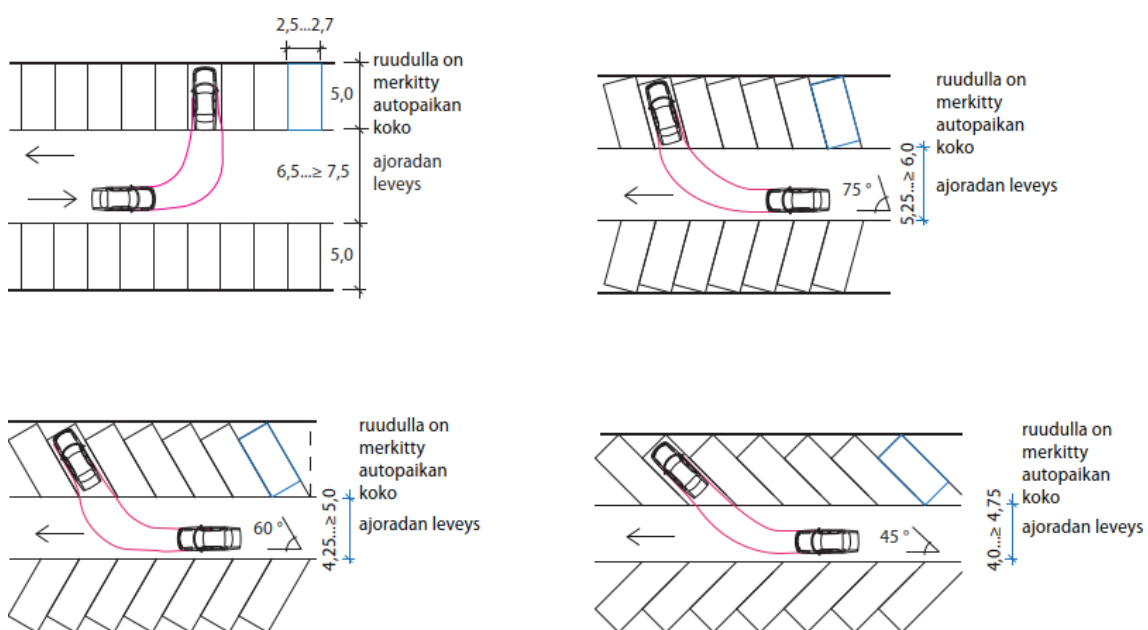
2.1 Suunnittelusta yleisesti

Pysäköintilaitoksen suunnittelussa otetaan huomioon pysäköinnin käyttötarkoitus, käyttäjäryhmät ja pysäköintilaitoksen koko ja liikennemäärät. Pysäköinti voidaan jakaa käyttötarkoituksen mukaisesti pitkäaikaiseen ja lyhytaikaiseen pysäköintiin. Pitkäaikaista pysäköintiä ovat esimerkiksi asukas- ja työpaikkapysäköinti. Pitkäaikaispysäköinnissä pilari voi sijaita enintään 1,0 metrin päässä seinälinjassa autopaikkojen välissä, kun pilariväli on vähintään 3 autopaikkaa. Lyhytaikaista pysäköintiä on esimerkiksi liikerakennusten asiakaspysäköinti. Pysäköintitilojen mitoitusohjeena voidaan käyttää kuvan 1 arvoja. (RT 98-11237 2016, 3–4)

autopaikan leveys (vapaan tilan leveys)	2,5 m
ns. perhepaikat	2,8 m
lyhytaikaisten pysäköintipaikkojen leveys (kuten ostoskeskukset)	≥ 2,6 m
seinän vierellä olevan autopaikan leveys	≥ 2,8 m
liikkumisesteisille tarkoitettujen autopaikan leveys	3,6 m
autopaikan pituus	5,0 m
pinta-ala autopaikkaa kohti pysäköintilaitoksissa	25...30 m ²
jalankulkureitin leveys	≥ 1,8 m

Kuva 1. Pysäköintitilojen mitoitusohjeita. (RT 98-11237 2016, 4)

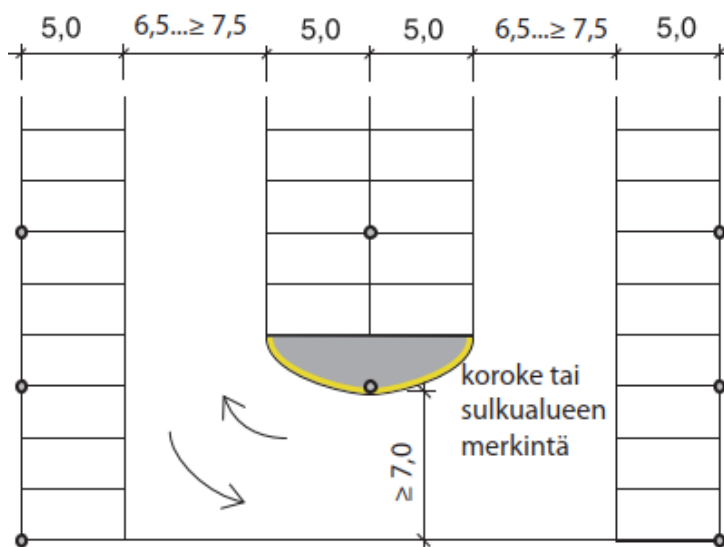
Pysäköintilaitoksen edullisin pohjamuoto on sekä pysäköinnin että rakenteiden kannalta useimmiten suorakaide. Suunnittelun pohjana suositellaan käytettäväksi 2700 mm x 5000 mm kokoista pysäköintiruutua. Vaihtelemalla pysäköintikulmaa ajorataan nähden saadaan kokonaisleveydeltään ja samalla myös tilankäytön tehokkuudeltaan erilaisia ratkaisuja (kuva 2). (www.elementisuunnittelu.fi)



Kuva 2. Henkilöauton kääntymistila pysäköintiruutuun ajettaessa. (RT 98-11237 2016, 4)

2.2 Rakennejärjestelmä

Pysäköintirakennuksien kantava pystyrakenne on yleensä pilarirunko, jossa pilarit ovat poikkileikkaukseltaan pyöreitä, neliön tai suorakaiteen muotoisia. Rakennuksen keskellä kantavat pilarit voidaan korvata myös seinärakenteella. Pilarit sijoitetaan autopaikkojen päihin (kuva 3). Kuvassa 2 esitetyistä pysäköintikulmista riippuen, saadaan pilariväliksi noin 14–17 metriä. Tällöin välille mahtuu 2–3 autopaikkaa ja ajoväylä. Tämä luo pohjan kantavien vaakarakenteiden suunnitteluun. Pilarit voidaan mitoittaa kerroksittain nivelellisinä sauvoina, kun rakennuksen runko on jäykistetty seinillä tai ristikoilla. Tällöin epäkeskisyyttä tulee vain tarkasteltavan kerroksen pystykuormista. Monikerrospilarit tulee tarkastaa ylempien kerrosten momenttien varalta.

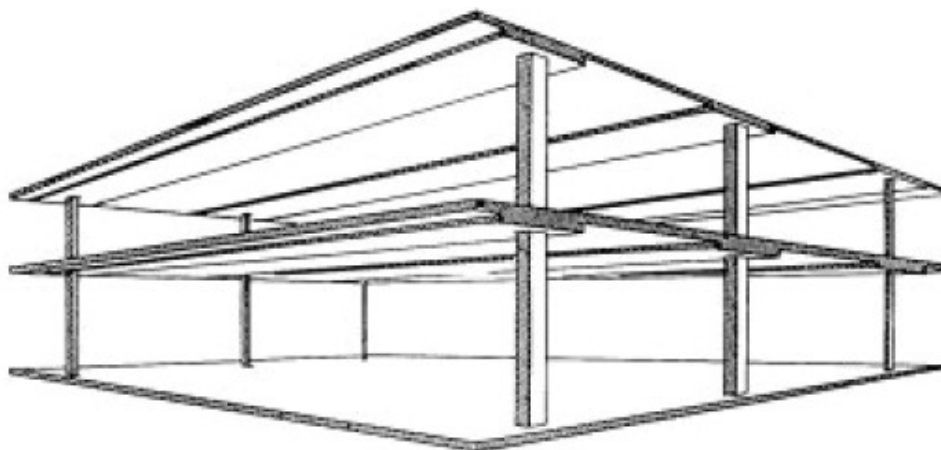


Kuva 3. Esimerkki pilareiden sijoituksesta. Suorakulmainen pysäköinti. (RT 98-11237, 2016, 5)

Suunnittelun lähtökohtana on pitää pysäköintirakennusten kerroskorkeus matalana, jotta ajoramppien pituus pysyisi kohtuullisena. Matala kerroskorkeus rajoittaa käytössä olevaa välipohjan rakennekorkeutta. Kerroskorkeus on tavallisesti 2700–3000 mm henkilö- ja pakettiautoille tarkoitetuille pysäköintitaloille. Vapaa korkeus on tavallisesti 2300 mm.

2.3 Paikalla valettu ja jälkijännitetty runkorakenne

Suurissa pysäköintirakennuksissa on varsin yleistä, että pisimmät jännevälit ovat 16–18 metriä. Tällöin pysäköintiruutujen ja ajoväylien läheisyyteen ei tule pilareita. Pitkän jännevälin saavuttamiseksi voidaan hyödyntää vaakarakenteissa jälkijännitystä, jolloin voidaan pienentää myös kantavien vaakarakenteiden vaatimaa tilaa ja rakennekorkeutta. (RT 82-10814, 2004, 5.) Paikallavaletuissa pysäköintilaitoksissa yleisimmin käytetty runko koostuu kantavasta pilarirungosta sekä jälkijännitetystä tasavahvasta pilarilaatasta tai palkkikaistoin vahvennetusta laatasta. Tasavahva pilarilaatta on tuotantotekniikan kannalta soveliaain, sillä se mahdollistaa pöytämuottitekniikan tehokkaan hyödyntämisen. Palkkikaistoja käytetään, kun jännevälit kasvavat yli 10 metriin (kuva 4). Paikallavalulla on helppo toteuttaa vaihtelevia, vakioratkaisuista poikkeavia jännevälejä. (Mannonen, 2008, 85.)

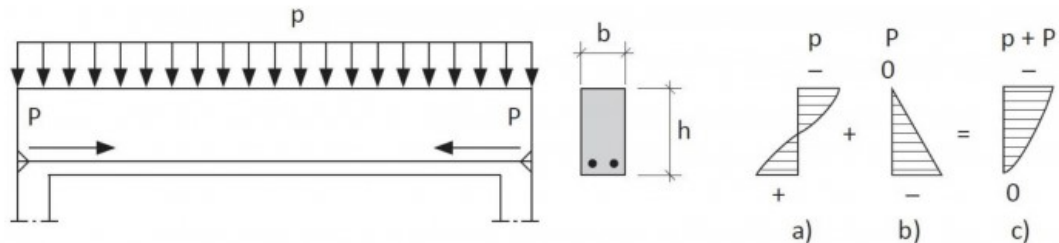


Kuva 4. Palkkikaistalla vahvennettu laatta (Mannonen 2008, 85.)

2.3.1 Rakenteellinen toiminta

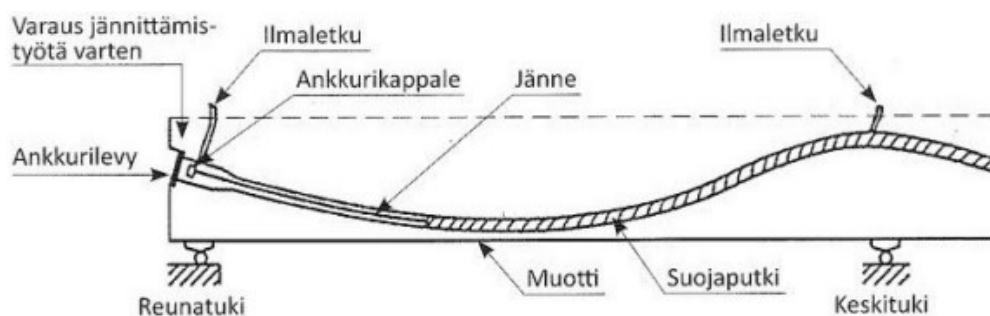
Paikallavaletussa pysäköintilaitoksessa vaakarakenteena käytetty jälkijännitetty laatta on betonirakenne, johon on ennen rakenteen käyttöönottoa jännitetyllä raudoituksella pantu vaikuttamaan puristavia voimia edullisen jännitys- ja muodonmuutostilan aikaansaamiseksi (kuva 5). Tarkoituksena on poistaa betonin vaatimattoman vetolujuuden aiheuttamat rajoitukset ja haitat sekä

käyttää täysimääräisesti ja taloudellisesti hyväksi sen erinomainen puristuslujuus. Rakenteen vedettyihin kohtiin vedetään niin suuri alkupuristus, että rakenteessa esiintyy kuormitettuna vain puristusjännityksiä, tai tiettyyn määrään rajoitettuja vetojännityksiä. (By 201, 2004, 548–549.)



Kuva 5. Jännitetyn betonirakenteen periaate. P =jännevoima, p =rakenteen paino+hyötykuorma. (By 201 2004, 549.)

Jälkijännitettyssä laatussa käytetään korkealaatuista lujasta teräksestä valmistettuja jäniteitä, jotka jännitetään. Kimmoiset muodonmuutokset pyrkivät palautumaan. Kun jäniteiden palautuminen alkuperäiseen pituuteen estetään, syntyy vetovoima, joka aiheuttaa betoniin puristusta. Jänteinä käytetään tartunnattomia jäniteitä. Kyseisessä menetelmässä jäniteet on ympäröity rasvakerroksella ja suojattu muoviputkella (kuva 6). Jäniteet asennetaan valuun, jännitetään betonin kovettuttua ja ankkuroidaan. (By 201, 2004, 551.)

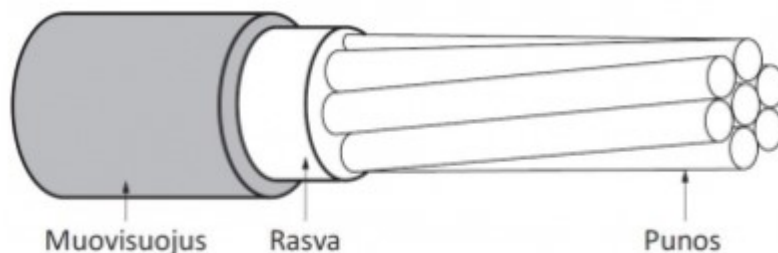


Kuva 6. Ankkurijännerakenteen periaatekuva. (By 201, 2004, 550.)

Jäniteet suojataan korroosiota vastaan peittämällä jänneteräs HDPE-muovilla ja korroosiosuojarasvalla koko matkalta (kuva 7). Tartunnattomille jäniteille betonipeitteen vähimmäisarvoksi suositellaan vähintään 20 mm.

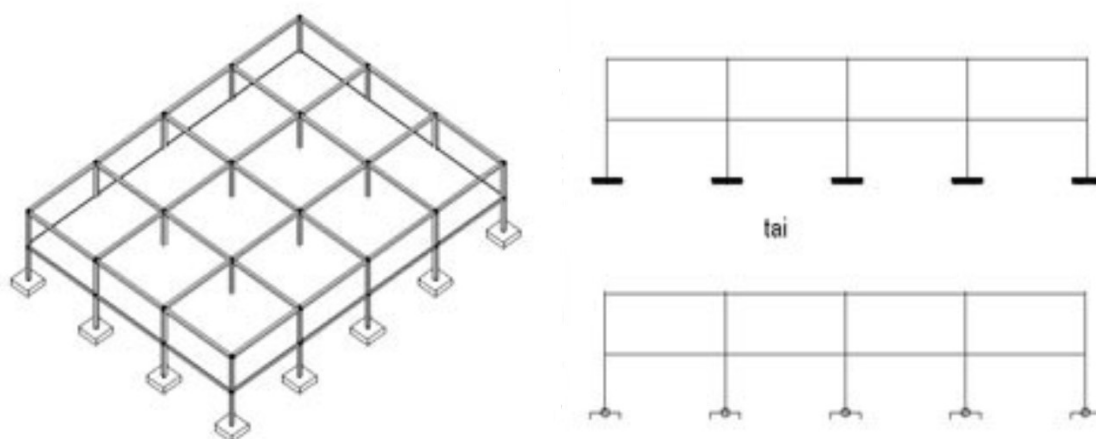
Palonkestovaatimus voi kasvattaa jänneterästen betonipeitteen arvoa. Jänneteräokset sijoitetaan tyypillisesti betoniterästen sisäpuolelle, mikä puolestaan kasvattaa jänneterästen todellista betonipeitteen arvoa. (By 69, 2017, 17.)

Kuva 7. Tartunnaton jänne. (By 69 2017, 17.)



2.3.2 Jäykistys

Paikalla valetun pysäköintilaitoksen jäykistys perustuu yleensä kehäjäykistykseen, jossa pilarit ja vaakarakenteet muodostavat jäykkien liitosten avulla keharakenteen, joka pystyy sellaisenaan jäykistämään matalat 1–3 kerroksiset rakennukset (kuva 8). Kehäjäykistetyssä pysäköintirakennuksessa päästään vapaampaan tilojen käyttöön, kun rajoittavat jäykistävät seinät puuttuvat. Tämä tuo materiaalisäästöjä sekä helpottaa jäykistys suunnittelua. Kehäjäykistys voidaan toteuttaa molempiin suuntiin, mutta myös vain rakennuksen toisessa suunnassa. Toisen suunnan jäykistyksessä voidaan käyttää vinotukia tai levyseiniä. Jäykkien liitosten takia voidaan perustuksissa käyttää nivelellisiä liitoksia. (elementtisuunnittelu.fi)



Kuva 8. Kehäjäykistyksen periaate (elementtisuunnittelu.fi)

Korkeammissa, yli 3- kerroksisissa, jälkijännitetyissä ja paikallavaletuissa pysäköintirakennuksissa rakenteet tulee jäykistää seinillä, levyillä tai ristikoilla. Lisäksi rakennemallia luodessa tulee ottaa monikerroksisen pysäköintirakennuksen ylimmän kerroksen pilarin ja vaakarakenteen liitos huomioon. Ylintä kerrosta kannattelevaan pilariin tulee suhteellisen paljon momenttia verrattuna pystykuormaan, mikä hankaloittaa pilarin mitoitusta. Ratkaisuna tähän on tehdä kyseinen liitos nivelellisenä. Jäykkä liitos aiheuttaisi pilarin ulkoreunaan vetojännitystä, koska pystyvoima on hyvin pieni verrattuna muihin kerroksiin. (Tavia, 2016, 18.) Vaihtoehtoisena jäykistysratkaisuna voidaan käyttää mastopilareita sekä nivelellisiä pilari-palkkiliitoksia.

2.3.3 Hyödyt ja haitat

Jälkijännitettyjen betonirakenteiden etuja ovat (By 201, 2004, 557):

- Pitkät jännevälit ja ohuemmat rakennepaksuudet
- Monoliittinen ja mekaanista kulutusta kestävä rakenne, jolloin liitoksia on vähemmän
- Edullinen jännitystila tarjoaa mahdollisuuden rakennusmateriaalien säästöön. Tavalliseen paikallavalettuun rakenteeseen verrattuna voi betonimenekki olla 15–30 % ja teräsmenekki 60–80 % pienempi
- Halkeilematon rakenne mahdollistaa vesitiiveyden ja hyvän korroosiosuojan
- Rakenteen muodonmuutokset ovat pieniä; esimerkiksi lyhyt- ja pitkäaikaistaipumat ovat pieniä jälkijännitetyissä rakenteissa
- Pidempi käyttöikä ja pienemmät huoltokustannukset

Jälkijännitettyjen betonirakenteiden haittoja ovat (Walker, 44):

- Pidempi rakennusaika
- Tiheämpi liikuntasaumajako
- Mahdollisesti korkeammat rakennuskustannukset
- Suurempi vaatimus tuennalle rakennusaikana
- Laadunvalvontaa on vaikeampi suorittaa
- Pilari-palkkiliitoksessa jänteiden ja raudoitusten mahtuminen rakenteeseen
- Vaatii erikoisosaamista työmaalla

2.4 Elementtirakenteinen runkojärjestelmä

Betonielementtirakenteet ovat Suomessa yleisin tapa toteuttaa monikerroksisten asuin-, toimisto-, liike-, ja julkisten rakennusten sekä teollisuus- ja varastorakennusten rungot. Nopean runkorakentamisen tunnusmerkkejä ovat koko rungon elementointi, lohkorakentaminen, selkeät elementtirakenteiset jäykistys- ja vakioidut liitosratkaisut. Tämä johtaa entistä pidemmälle vietyyn elementtien viimeistelyyn tehtaassa ja työmaalla tehtävän työn vähenemiseen.

(By 204, 2004, 441.) Pysäköintitalojen rungot ovat usein hyvin säännöllisiä, jolloin elementtitekniikan käyttö on helppoa (kuva 9).

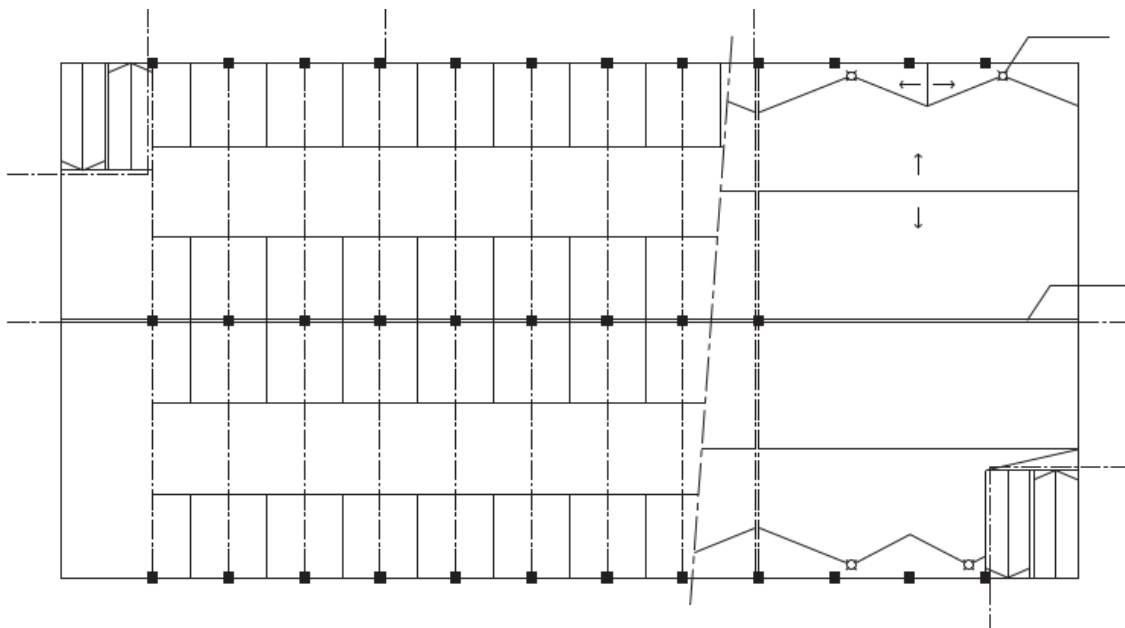


Kuva 9. Elementtirakenteinen pysäköintirakennus. (Mannonen 2008, 67.)

Elementtirakenteisen pysäköintilaitoksen vaakarunko koostuu palkeista ja palkkeihin tukeutuvista laatoista sekä pintavalusta. Palkit ja laatat ovat lähes poikkeuksetta esijännitetyjä betonielementtejä. Palkkien suunta valitaan laattojen mitoituskuormien mukaan. (RT 82-10821, 15.)

2.4.1 Rakenteellinen toiminta

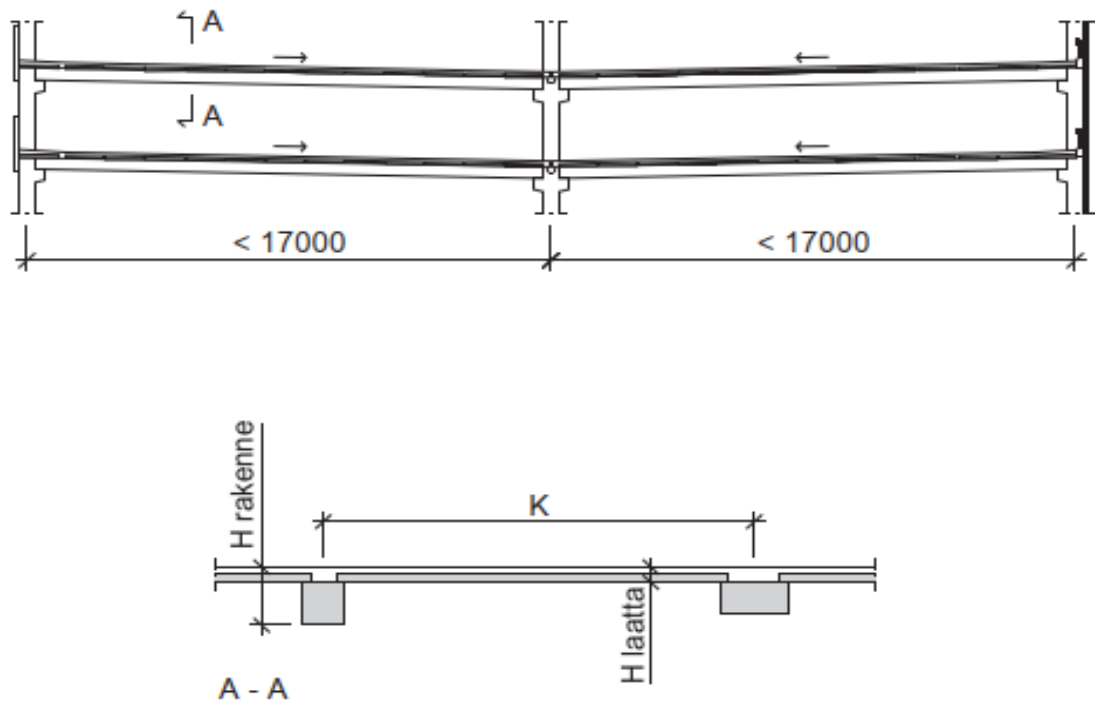
Yleisimmin vaakarakenteena käytetään kuorilaattaratkaisua. Verrattuna esimerkiksi TT-laattoihin, saadaan kuorilaattoja käyttämällä huomattavasti hoikempi rakennekorkeus. Pilarijaoksi valitaan 5000 mm ja jännebetonipalkit sijoitetaan pysäköintiruutujen suuntaisesti (kuva 10). Palkkien jännemitaksi muodostuu tällöin 16000 mm, kun pilarit ovat 0,5 metriä seinästä ja kuorilaattojen jännemitaksi saadaan 5000 mm. (RT 82-10821, 15.)



Kuva 10. Tyypillisen kuorilaattaratkaisun runkojärjestelmä. Pilariruutu on 17000 mm x 5000 mm (RT 82-10821, 14.)

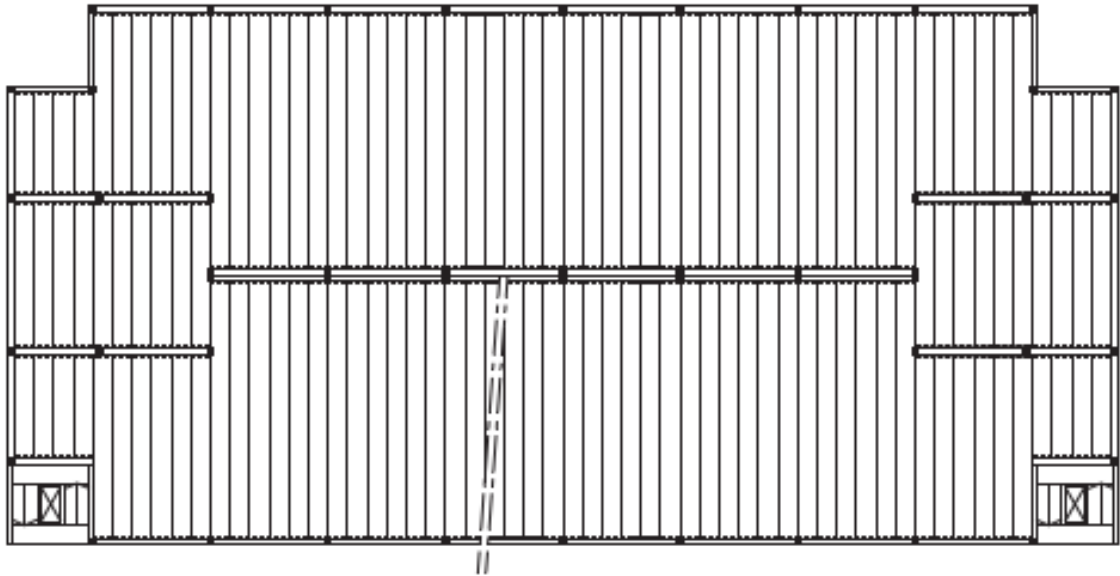
Kuorilaattoja kannattelevat elementtipalkit ovat usein esijännitetyjä pitkien jännevälien vuoksi. Edullisinta on suunnitella palkit yksinkertaisiksi ja helposti valmistettaviksi. Palkit voivat olla esimerkiksi suorakaidepalkkeja tai leukapalkkeja. Leukapalkkeja käyttämällä saadaan laataston alle enemmän tilaa.

Kuorilaattajärjestelmä on rakenteeltaan kaksinkertainen liittorakenne, missä jännebetonipalkit toimivat pintavalun kanssa liittorakenteena palkkien suunnassa. Toisessa suunnassa liittorakenteen muodostavat kuorilaatta yhdessä pintavalun kanssa. Palkit ovat staattiselta toiminnaltaan vapaasti tuettuja yksiaukkoisia liittopalkkeja. Kuorilaattarakenne on useampiauukkoinen, jatkuva ja yhteen suuntaan raudoitettu laatasto (kuva 11). Pysäköintilaitoksissa tavallisesti esijännitetyn kuorilaatan paksuus on 100–120 mm. Pintalaatan paksuus ja rauditus suunnitellaan tapauskohtaisesti jännevälien ja kuormitusten mukaan. Kuorilaattojen suunnassa liikuntasaumajako on tavallisesti 20–25 metriä. (elementtisuunnittelu.fi)



Kuva 11. Kuorilaattarakenteen rakenneperiaate. (RT 82-10821, 16.)

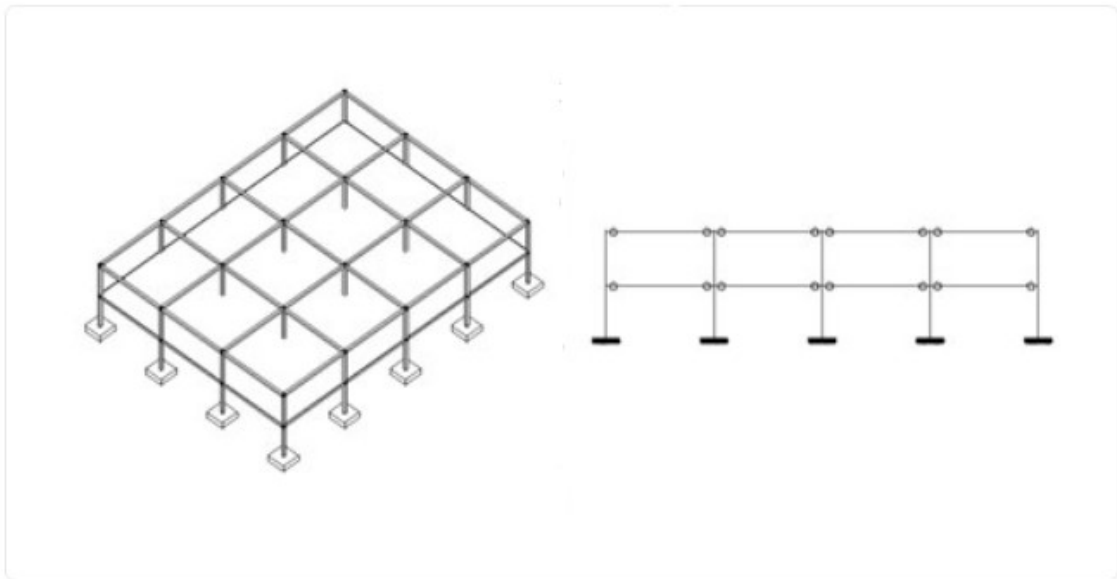
Pysäköintirakennuksen vaakarakenteena voidaan myös käyttää ontelolaattoja. Ontelolaattarakaisussa käytetään 400 mm tai 500 mm paksuista esijännitettyjä ontelolaattoja sekä 60–100 mm paksua pintalaattaa. Kuvassa 12 esitetään tyypillinen ontelolaattarakaisu, jossa pilariväliksi saadaan 7200 mm. Laataston jännemitaksi valitaan 17000 mm, kuten kuorilaattarakaisussa. Mitoituksessa on edullisinta käyttää kokonaislaattaelementtejä, eli 12M moduulimitoitusta (kuva 12). Ontelolaattojen ongelma voi olla veden kerääntyminen onteloihin. Tästä syystä on huolehdittava, että veden pääsy onteloihin on estetty. (elementtisuunnittelu.fi)



Kuva 12. Ontelolaattaratkaisun rakennejärjestelmä. (RT 82-10821, 15.)

2.4.2 Jäykistys

Elementtirakenteisen pysäköintilaitoksen rakennusrunko on taloudellista ja yksinkertaista jäykistää mastopilarijäykistyksellä. Mastojäykistetyssä rakennuksessa pilarit kiinnitetään momenttijäykästi kiinni alapäästään perustuksiin, jolloin pilarit toimivat ulokkeen tavoin vaakakuormia vastaan (kuva 13). Vaakakuormat siirretään pilareille suoraan ulkoseinärakenteiden ja jäykkien tasorakenteiden kautta. Pilarien ja palkkien väliset liitokset ovat nivelellisiä, mikä helpottaa asennustyötä ja on aikataulullisesti edullista. Jäykistävien rakenteiden tulee olla aina irti pilareista ja seinistä, jotta laataston kiertymä, kutistuma ja lämpöliikkeet pääsevät vapaasti tapahtumaan



Kuva 13. Mastopilarijäykistyksen periaate ja rakennemalli (elementtisuunnittelu.fi)

Mastopilarijäykistys soveltuu parhaiten 1–3 kerroksisiin elementtirakenteisiin pysäköintirakennuksiin. Käyttökelpoisuuden rajana pidetään yleisesti 12 metrin korkeutta, jonka ylittyessä pilarien poikkileikkausmitat kasvavat epätaloudellisiksi ja siirtymien hallinta vaikeutuu. Mastopilarien koot ovat yleisesti melko suuria ja raudoitusta tarvitaan melko paljon. Lisäksi perusanturoiden koko on suurempi. (elementtisuunnittelu.fi)

2.4.3 Hyödyt ja haitat

Elementtirakenteisen rakennusrungon etuja ovat (Walker, 45):

- Laadunvalvonta helppoa, koska rakennusosat valmistetaan tehtaissa
- Mahdollisesti alhaisemmat rakennuskustannukset
- Lyhyempi rakennusaika mahdollistaa kireämmän aikataulun
- Suurempi liikuntasaumajako
- Mukautuvampi rakennustapa talviolosuhteissa

Elementtirakenteisen rakennusrungon haittoja ovat (Tavia 2016, 14):

- Suurempi alttius vuotaviin liitoksiin
- Korkeammat huoltokustannukset tiivisteillä
- Painavien elementtien asennus ja liikuttelu

3 KÄSITELTÄVÄT KUORMAT JA RASITUKSET

Pysäköintilaitoksiin vaikuttavat monet eri kuormat. Kuormat voidaan jakaa pysyviin ja muuttuviin kuormiin. Pysyviä kuormia ovat esimerkiksi jännevoimat, rakenteiden omat painot sekä kutistumisen ja viruman aiheuttamat kuormat. Muuttuvia kuormia ovat esimerkiksi pysäköintitasoihin kohdistuvat hyötykuormat, lumi- ja tuulikuormat. Pysäköintilaitokset suunnitellaan yleensä kylmiksi rakennuksiksi, joten rakenteet altistuvat suurille lämpöliikkeille. Lämpötilakuormat luokitellaan muuttuviksi kuormiksi.

3.1 Pakkovoimat

Pakkovoimia esiintyy pysäköintilaitoksissa jännevoimien, viruman, kutistuman ja lämpöliikkeiden aiheuttamista liikkeistä, jos näitä liikkeitä ei estetä esimerkiksi liikuntasaumoilla. Pakkovoimien suuruus riippuu rakenteen jäykkydestä ja siitä, kuinka suuri siirtymä ilman suunniteltua liikuntasaumaa voi rakenteeseen syntyä. Jäykkiin rakenteisiin syntyy suurempia voimia, kuin joustaviin ja siirtyviin rakenteisiin. (elementtisuunnittelu.fi.)

Jos liike on estetty, voidaan pakkovoima P laskea kaavalla:

$$P = \varepsilon \cdot E \cdot A \quad (1)$$

missä $\varepsilon = \frac{\Delta l}{L}$ = suhteellinen venymä

Δl = liike

L = pituus, jolla liike Δl tapahtuu

E = kimmokerroin

A = poikkipinta-ala

Pakkovoimat otetaan huomioon mitoittaessa rakennetta käyttörajatilassa. Suunnittelijan on otettava myös tarpeen mukaan pakkovoimien aiheuttamat muodonmuutokset sekä voimasuureet huomioon murtorajatilassa.

3.1.1 Jännevoimat

Jälkijännitetyissä pysäköintilaitoksissa jännepunoksia jännitetään, jonka vaikutuksesta betonirakenteeseen muodostuu puristavaa normaalivoimaa ja rakenne puristuu. Kun kappaletta kuormitetaan, sen muoto muuttuu. Jos kappaleen muoto palaa ennalleen kuormituksen poistamisen jälkeen, voidaan puhua kimmoisesta muodonmuutoksesta. Kappaleeseen sitä kuormittaessa syntyvän jännityksen ja suhteellisen muodonmuutoksen suhdetta kutsutaan kimmokertoimeksi. Kimmokerroin kuvaa, kuinka voimakkaasti kyseinen aine vastustaa muodonmuutosta. (by201, 2004, 87.)

Jännevoimat aiheuttavat betonirakenteessa kimmoisen kokoonpuristuman. Lujuusopin mukaan, jos homogeeniseen ja tasapaksuun sauvaan vaikuttaa normaalivoima N , se aiheuttaa sauvassa pituuden muutoksen. Kun oletetaan betonin käyttäytyvän kimmoisasti, betonirakenteen kimmainen kokoonpuristuma voidaan laskea kaavalla

$$\Delta L = \frac{N \cdot L}{E \cdot A} \quad (2)$$

missä N = normaalivoima

L = sauvan pituus

E = kimmomoduuli

A = poikkileikkauksen pinta-ala

Jälkijännitetty pilari-palkkilaatasto on yleinen rakennusrunko paikallavaletuissa pysäköintilaitoksissa. By 69:n palkkilaataston mitoitus esimerkin mukaan palkkiosan betonin kimmainen kokoonpuristuma voidaan kirjoittaa Kaavaa 2 johdatellen

$$\Delta_c = L_{eff} \frac{P_{m.0}}{A_{gr} \cdot E_{cm.i}} \quad (3)$$

missä Δ_c = betonin kimmainen kokoonpuristuma

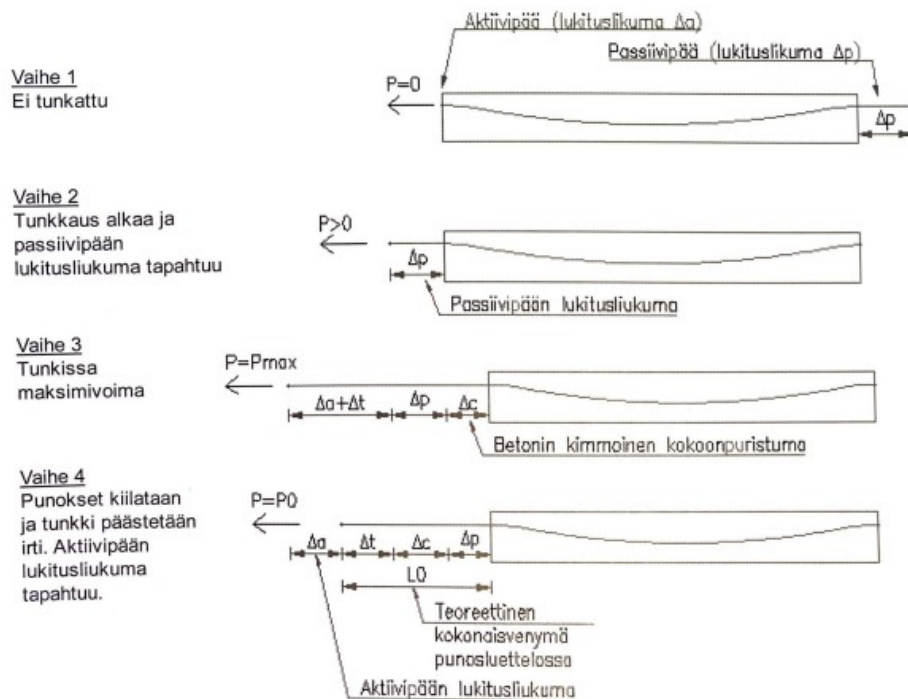
L_{eff} = palkin jänneväli

$P_{m.0}$ = keskimääräinen jännevoiman arvo jännityshetkellä

A_{gr} = poikkileikkauksen pinta-ala

$E_{cm.i}$ = kimmokertoimen keskiarvo jännityshetkellä

Kuvassa 14 esitetään punoksen toiminta tunkkauksessa. Punoksia venytetään voimalla P. Betonirakenne puristuu, kun punokset ovat kiilattu ja tunkki päästetään irti (kuva 14).



Kuva 14. Punosten venymän laskentamalli. (By 69, 2017, 101.)

3.1.2 Lämpötilakuormat

Kantavien rakenteiden rakenneosien suhteen tulee pitää huolta siitä, ettei lämpöliike ylikuormita rakenteita. Tämä voidaan tehdä joko sallimalla liikkeitä liikuntasuunnilla tai ottamalla lämpöliikkeiden vaikutukset suunnittelussa huomioon. Lämpötilavaihteluiden vaikutusten suuruus riippuu

- paikallisista ilmasto-olosuhteista
- rakenteen kokonaismassasta ja suunnasta
- pinnoitteesta
- lämmitys- ja ilmastointimenetelmistä
- ja lämmöneristyksestä.

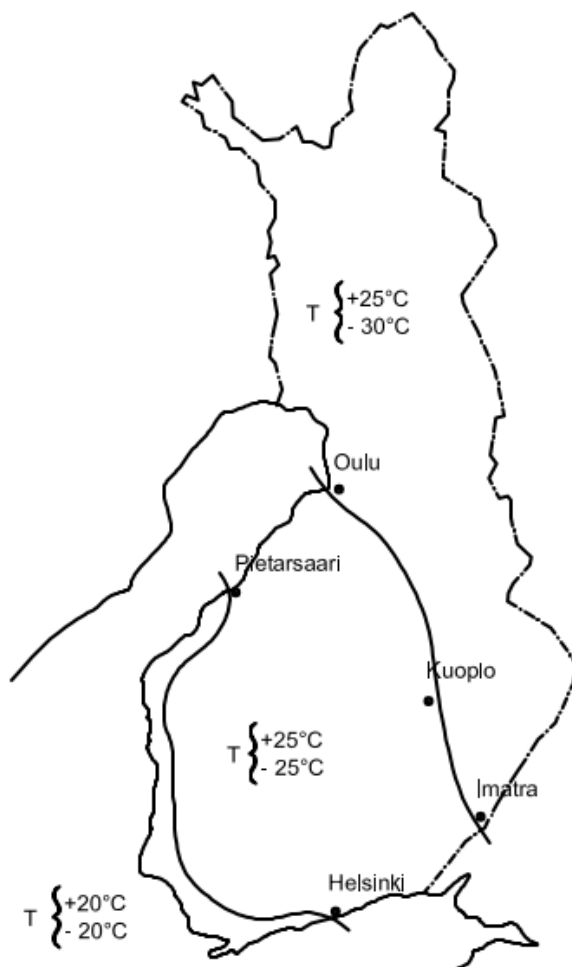
Ulkoilmasta ja käytöstä johtuvien lämpötilan aiheuttamat lämpötilakuormat tulee suunnittelussa ottaa huomioon silloin, kun murto- tai käyttörajatila voi ylittyä lämpöliikkeen tai -jännitysten takia. Lämpötilan muutosten aiheuttamiin tilavuudenmuutoksiin voivat vaikuttaa myös

- viereisten rakennusten varjostus
- eri materiaalien käyttö yhdessä, joiden lämpölaajenemiskertoimet ja lämmönjohtavuudet poikkeavat
- poikkileikkausten muodon ja keskilämpötilojen erilaisuus
- kosteus ja muut ympäristötekijät

(RIL 201-2-201, 71–72.)

Lämpötilavaihteluiden vaikutusten määrittämisessä käytetään materiaalin pituuden lämpötilakerrointa α_T . Tavanomaista runkoainetta sisältävän betonin pituuden lämpötilakertoimena käytetään $\alpha_{ct} = 10 \cdot 10^{-6} (1/^\circ\text{C})$. Raudoitusteräksen vastaava arvo on $\alpha_{st} = 10 \cdot 10^{-6} (1/^\circ\text{C})$, eli sama kuin betonilla. Koska materiaaleilla on sama pituuden lämpötilakerroin, lämpölaajetessa teräsbetoniin ei aiheudu ylimääräisiä rasituksia materiaaliominaisuuksien vuoksi. (Ympäristöministeriö, 12–14.)

Pysäköintitalot suunnitellaan yleensä joko kylmiksi tai puolilämpimiksi rakennuksiksi. Lämpöeristämättömien betonirakenteiden lämpötilat vaihtelevat Suomen ilmasto-olosuhteissa paljon (kuva 15). Tämä johtaa suuriin lämpöliikkeisiin, jotka tulee ottaa huomioon rakenteiden suunnittelussa. Rakenteissa keinotekoisesti aikaansaadut lämpötilan vaihtelut sekä pintojen väliset lämpötilaerot tulee ottaa huomioon tarvittaessa. Esimerkiksi ylimmän, kattamattoman pysäköintitason yläpinnan lämpötila on suurempi, kun holvin alapinnan. (Ympäristöministeriö, 10.)



Kuva 15. Lämpöeristämättömien betonirakenteiden korkeimmat ja matalimmat lämpötilat. (Ympäristöministeriö, 10.)

Teräsbetonirakenteen pituuden lämpölaajeneminen voidaan laskea kaavalla

$$\Delta L = \alpha \cdot \Delta T \cdot L_x \quad (4)$$

missä ΔL = pituuden muutos (m)

α = materiaalin pituuden lämpötilakerroin ($1/^\circ\text{C}$)

ΔT = lämpötilan muutos ($^\circ\text{C}$)

L_x = alkuperäinen pituus (m)

3.1.3 Viruma

Viruma on muodonmuutos, joka tapahtuu kuormitetussa betonissa ajan kuluessa. Käytännössä viruma esiintyy vähitellen lisääntyvänä taipumana. Yleensä viruma on haitallinen ilmiö muodonmuutosten lisääntymisen takia. Joissakin tapauksissa se saattaa pienentää jännityshuippuja, vähentää halkeilua ja parantaa kestävyyttä. Viruman suuruuteen vaikuttavat betonin ikä kuormitushetkellä, betonin lujuusluokka, ympäristön kosteus, kuormituksen kesto ja rakenteen mitat. Tavallisesti virumaluvun arvot loppuvirumalle ovat ulkobetonirakenteilla, kuten pysäköintilaitoksissa, välillä 1–2 ja sisällä kuivissa tiloissa olevilla rakenteilla välillä 2–3. (By 211, 2013, 43–45.)

Mitoituksessa viruma määritetään virumaluvun avulla. Virumaluku tarkoittaa suhdelukua, jolla välitön kimmainen muodonmuutos tulee kertoa, jotta saadaan virumamuodonmuutos. Standardin 1992-1-1 mukaan virumamuodonmuutos hetkellä $t=\infty$, kun puristava vakiojännitys σ_c asetetaan vaikuttamaan betoniin hetkellä t_0 , saadaan kaavasta

$$\varepsilon_{cc}(\infty, t_0) = \frac{\sigma_c}{E_c} \varphi(\infty, t_0) \quad (5)$$

missä t_0 = betonin ikä vuorokausina kuormituksen alkaessa

σ_c = betonin puristusjännitys hetkellä t_0

E_c = tangentialmoduuli, jolle voidaan käyttää arvoa $1,05E_{cm}$

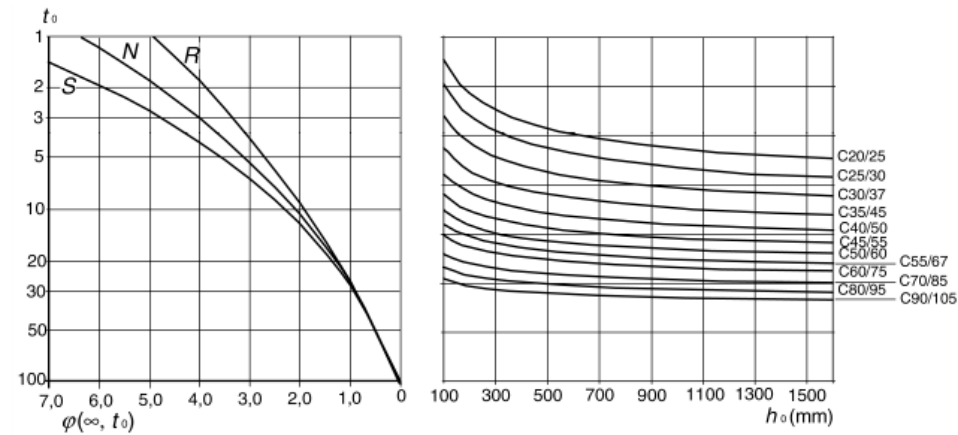
$\varphi(\infty, t_0)$ = virumaluku, joka antaa viruman aikavälillä (∞, t_0)

Jos virumaluvun määrittämisessä ei tarvita suurta tarkkuutta, voidaan virumaluku määrittää käyrien avulla, mikäli puristusjännitys on enintään $0,45f_{ck}(t_0)$ betonin kuormitusiässä t_0 (kuva 16). Kun betonin puristusjännitys ylittää arvon $0,45f_{ck}(t_0)$, otetaan huomioon virumisen epälineaarisuus. Näin suuri jännitys voi esiintyä jännittämisen seurauksena esimerkiksi esijännitetyissä betonielementeissä punosten korkeudella. Tällaisissa tapauksissa epälineaarinen virumaluku lasketaan kaavasta

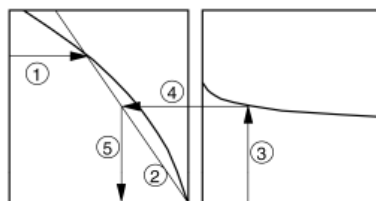
$$\varphi_{nl}(\infty, t_0) = \varphi(\infty, t_0) \cdot e^{1,5(k_\sigma - 0,45)} \quad (6)$$

missä $\varphi_{nl}(\infty, t_0)$ = epälineaarinen virumaluku, joka korvaa virumaluvun $\varphi(\infty, t_0)$

k_σ = jännityksen ja lujuuden välinen suhde $\sigma_c/f_{ck}(t_0)$, missä σ_c on puristusjännitys ja $f_{ck}(t_0)$ on betonin puristuslujuuden ominaisarvo hetkellä t_0

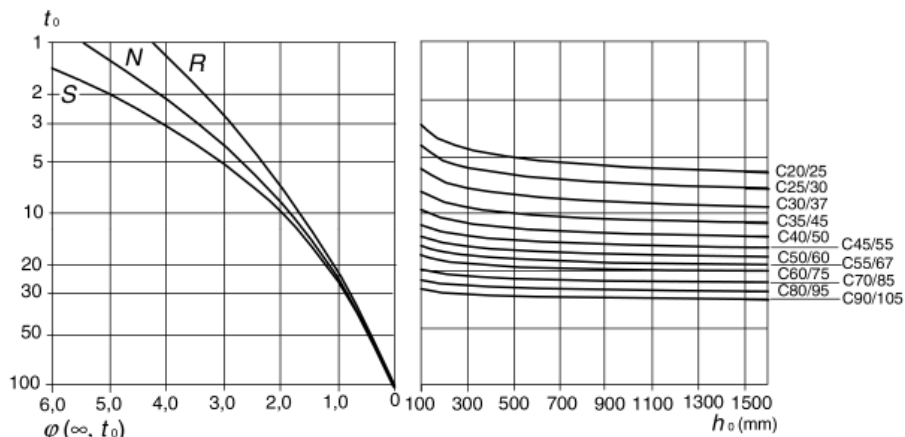


a) sisätilat – suhteellinen kosteus = 50 %



HUOM.

- Käyrien 4 ja 5 välinen leikkauspiste voi olla myös pisteen 1 yläpuolella.
- Kun $t_0 > 100$, saavutetaan riittävä tarkkuus, kun oletetaan $t_0 = 100$ (ja käytetään tangenttiiviivaa).



b) ulkotilat – suhteellinen kosteus = 80 %

Kuva 16. Virumaluvun määrittäminen käyrien avulla. (EN 1992-1-1, 32.)

Taulukoissa S, N, R ovat sementtityyppejä ja h_0 tarkoittaa poikkileikkauksen muunnettua paksuutta, joka voidaan laskea kaavasta

$$h_0 = \frac{2A_c}{u}, \text{ missä}$$

A_c on betonin poikkileikkausala

u on sen piirin yhteenlaskettu pituus, mistä kutistumista voi tapahtua.

3.1.4 Kutistumat

Betoni kutistuu, kun se kuivuu ja kovettuu. Kutistumisilmiö johtuu kuivumisen ja hydrataatioreaktion aiheuttamasta tilavuuden muutoksesta. Näitä kutistuman osia kutsutaan kuivumiskutistumaksi ja sisäiseksi kutistumaksi.

Kuivumiskutistuma johtuu betonin huokosissa olevan veden poistumisesta, jolloin kiinteät osat pakkautuvat lähemmäs toisiaan ja betonin tilavuus pienenee. Kuivumiskutistuma kehittyy hitaasti, koska se riippuu veden siirtymisestä kovettuneen betonin läpi. Ratkaisevin tekijä betonin kutistumisen suuruuteen on veden määrä ja vesi-sementtisuhde. Mitä suurempi vesi-sementtisuhde on, sitä suurempi on betonin kutistuma. Lisäksi kuivumiskutistuman suuruuteen vaikuttavat rakenteen mitat ja ympäristön lämpötila. Ohuissa rakenteissa kutistuma on suurempi, kuin massiivissa rakenteissa. Tämä johtuu siitä, että veden poistuminen on hitaampaa rakenteen sisäosista. On huomioitava myös, moneenko suuntaan betonirakenne pääsee kuivumaan. Kosteassa ympäristössä betoni kuivuu vähemmän kuin kuivassa ja kuivumiskutistuma jää pieneksi. (By 211, 2013, 47.)

Sisäinen kutistuma on suoraan verrannollinen betonin lujuuteen. Mitä suurempi on sementin määrä betonissa, sitä suurempi on sisäinen kutistuma. Ilmiö perustuu siihen, että sementin hydrataatiotuotteiden tilavuus on pienempi kuin reaktioon osallistuvien tuotteiden tilavuus. Sisäinen kutistuma kehittyy hydrataation mukana ja tapahtuu nopeasti valun jälkeisillä päivillä. Sisäisen kutistuman enimmäisarvot ovat alle 0,2 mm/m. (By 211, 2013, 47.) Se on tarpeen ottaa huomioon erityisesti silloin, kun uutta betonia valetaan kovettunutta betonia vasten. (SFS-EN 1992-1-1, 33).

Kokonaiskutistuman ϵ_{cs} arvot saadaan kaavasta

$$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca} \quad (7)$$

missä ϵ_{cs} = kokonaiskutistuma

ϵ_{cd} = kuivumiskutistuma

ϵ_{ca} = sisäinen kutistuma

Pysäköintilaitosten betonirakenteissa käytetään yleensä korkealujuuksisia betonilaatuja. Lopullinen kuivumiskutistuma kuivissa sisätiloissa ovat korkealujuuksisella betonilla luokkaa 0,3–0,4 mm/m. Sateelle alttiina oleva betonirakenne kutistuu noin puolet tästä. Alhaisella betonilujudella vastaavat arvot ovat noin 0,5 mm/m. (By 211, 2013, 47.)

Kuori- ja ontelolaattojen kutistumat tapahtuvat eriaikaisesti pintavalun kutistumien kanssa. Työmaalla tapahtuva betonielementtien kutistuman arvo on noin 70 % lasketusta kutistuman kokonaisarvosta.

3.1.5 Kokonaismuodonmuutos jännitysten, viruman, kutistuman ja lämpöliikkeiden vaikutuksesta

Tässä opinnäytetyössä tavoitteena on tutkia betonin muodonmuutoksia edellä mainituista jännityksistä ja kuormista. Muodonmuutosten loppuvaikutukset riippuvat kuormituksista, rakenteen geometriasta, ympäristön olosuhteista ja rakenteen ominaisuuksista. Rakenteen muodonmuutokset riippuvat siitä onko, rakenne raudoittamaton, raudoitettu tai jännitetty. Lisäksi tuentaolosuhteet vaikuttavat muodonmuutoksiin. Esimerkiksi kutistumamuodonmuutokset vapaasti tuetuissa rakenteissa aiheuttavat pääasiassa taipuman lisääntymistä, kun taas jatkuvassa rakenteessa muodostuu jatkuvien tukien alueelle halkeilua. Betonin kokonaismuodonmuutos on jännitysten, kutistuman, viruman ja lämpötilan muutoksen aiheuttaman muodonmuutosten yhteenlaskettu lopputulos. (by210, 2008, 40–41.)

Betonin kokonaismuodonmuutos ajanhetkellä t voidaan laskea kaavasta

$$\varepsilon_c(t) = \varepsilon_{ce}(t_0) + \varepsilon_{cc}(t) + \varepsilon_{cs}(t) + \varepsilon_{cT}(t, \Delta T) \quad (8)$$

missä $\varepsilon_{ce}(t_0)$ = betonin välitön muodonmuutos ajan hetkellä t_0 alkaneesta jännityksestä

$\varepsilon_{cc}(t)$ = virumamuodonmuutos ajan hetkellä $t > t_0$

$\varepsilon_{cs}(t)$ = kutistumamuodonmuutos ajan hetkellä t ,

$\varepsilon_{cT}(t, \Delta T)$ = lämpötilan muutoksen ΔT aiheuttama muodonmuutos ajan hetkellä t .

Betonin kokonaismuodonmuutoksen selvittäminen tulee tarpeelliseksi etenkin silloin, kun rakenteen liikuntasauvojen liikevarojen suuruudesta tarvitaan tietoja. Lisäksi halkeiluraudoitus voidaan suunnitella näiden jännitysten mukaan.

3.2 Halkeilu

Betonirakenne halkeaa, kun sen vetolujuus ylittyy. Betonilla on pieni vetolujuus, joten halkeilulta ei voida välttyä. Halkeilua syntyy normaalisti välittömän kuormituksen, pakkosiirtymän, pakkomuodonmuutoksen tai näiden estymisen aiheuttaman taivutuksen, leikkauksen, väännön tai vedon seurauksena. Plastisen kutistuman aiheuttamat tilavuuden muutokset aiheuttavat myös halkeilua. Halkeamien muodostuminen voidaan sallia rajoittamalla niiden leveyttä, mikäli ne eivät haittaa rakenteen toimintaa. (EN 1991-1-, 2015, 117–118.)

Pysäköintirakennuksen tasojen vesitiiveyden kannalta on tärkeää, ettei betonirakenne halkeile liikaa. Ilman erillistä vedeneristyskerrosta olevilla pysäköintitasoilla yläpinnan sallittu halkeamaleveys on 0,20 mm vesitiiveyden kannalta. Jännitetyt rakenteet suunnitellaan lähtökohtaisesti halkeamattomiksi jännityshetkellä. (By 69, 2017, s.32)

Halkeamaleveys w_k lasketaan kaavasta

$$w_k = s_{r,max}(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (9)$$

missä $s_{r,max}$ = suurin halkeamaväli

ε_{sm} = keskimääräinen raudoituksessa vaikuttava venymä kyseisen kuormayhdistelmän vallitessa, mukaan luettuna pakkosiirtymien ja pakkomuodonmuutosten vaikutus ja ottamalla huomioon betonin vetojäykistysominaisuudet

ε_{cm} = keskimääräinen betonin venymä halkeamien välillä

3.3 Onnettomuuskuormat

Rakenteet tulee suunnitella kyseeseen tulevien onnettomuusmitoitustilanteiden kannalta. Onnettomuusmitoitustilanteet koskevat rakenteeseen kohdistuvia poikkeuksellisia olosuhteita, kuten tulipaloa, räjähdystä, törmäystä tai paikallisen vaurion seurauksia. (EN 1990, 2006, 52). Onnettomuusmitoituksen toimintaperiaatteet voidaan jakaa Eurokoodin mukaan määriteltävissä oleviin onnettomuuskuormiin perustuviin toimintaperiaatteisiin, kuten räjähdyksiin ja törmäyksiin sekä paikallisen vaurion laajuuden rajoittamiseen perustuviin toimintaperiaatteisiin.

3.3.1 Törmäyskuormat

Törmäys on liikkuvan kohteen ja rakenteen välinen vuorovaikutteinen ilmiö, jossa kohteen liike-energia muuttuu äkillisesti muodonmuutosenergiaksi. Dynaamisten kuormitusten selvittämistä varten on kohteen ja rakenteen mekaaniset ominaisuudet selvitettävä. (EN 1991-1-7, 2014, 90.)

Pysäköintitalojen osalta on törmäyksestä aiheutuvat kuormat otettava huomioon. Törmäyskuormat määritetään dynaamisen analyysin perusteella tai ne esitetään ekvivalenttina staattisena kuormana. Törmäysanalyysissä tulee ottaa huomioon törmäävän kohteen törmäysnopeus ja massojen jakautuminen sekä törmäävän kohteen ja rakenteen muodonmuutos- ja vaimennusominaisuudet. Lisäksi merkittäväksi tekijäksi voi muodostua törmäyskulma ja törmäävään kohteen liike törmäyksen jälkeen. (EN 1991-1-7, 2014, 30–33.)

Kovassa törmäyksessä oletetaan, että rakenne on jäykkä ja liikkumaton. Suurin törmäyksessä syntyvä dynaaminen kuorma saadaan kaavasta

$$F = v_r \sqrt{k * m} \quad (10)$$

missä v_r = törmäävän kappaleen nopeus

k = törmäävän kappaleen ekvivalentti kimmoinen jäykkyys

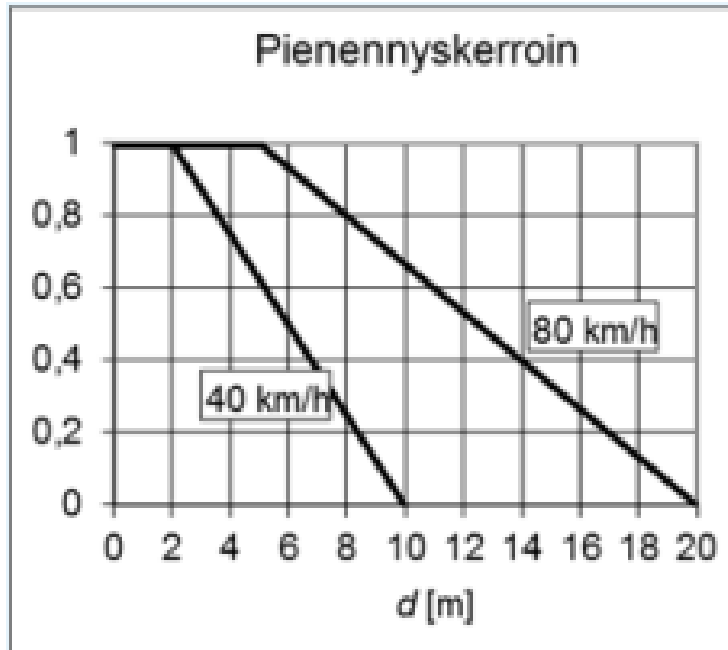
m = törmäävän kappaleen massa

Kansallisen liitteen mukaan ajoväylän yläpuolella tai vieressä olevia rakenteita tukeviin rakenneosiin ajoneuvon törmäyksestä aiheutuvat ohjeelliset ekvivalentit staattiset mitoituskuormat talorakenteille saadaan taulukosta 1. Nämä kuormat tulee kertoa pienennyskerroimella etäisyyden d ja ajoneuvon suurimman sallitun ajonopeuden v_0 funktiona, jos suurin sallittu ajonopeus on alle 80 km/h (taulukko 1). (Ympäristöministeriö, 2019, 45.)

Taulukko 1. Ajoneuvon massan, nopeuden ja dynaamisen törmäyskuorman F_0 mitoitusarvot. (Ympäristöministeriö, 2019, 45.)

Liikenteen luokka	Kuorma F_{dx}^a [kN]	Kuorm a F_{dy}^a [kN]
Moottoritiet sekä tiet ja kadut, joilla suurin sallittu ajonopeus on $v \geq 80$ km/h	1100	550
Tiet ja kadut, joilla suurin sallittu ajonopeus on $50 \text{ km/h} \leq v < 80$ km/h	825	410
Tiet ja kadut, joilla suurin sallittu ajonopeus on $v < 50$ km/h	550	275
Pihat ja autotallit, joihin: henkilö- ja pakettiautot pääsevät kulkemaan ^b kuorma-autot ^c pääsevät kulkemaan ^b	25 75	25 75
^a x = normaali liikenteen suunta, y = normaalin liikenteen suuntaa vastaan kohtisuoraan. ^b Jos piha-alueen ajoneuvoliikenteelle tarkoitettun osan reunan ja rakenteen vaakasuora välimatka on vähintään 2,0 m, ei rakennetta tarvitse mitoittaa ajoneuvon törmäyskuormalle. ^c Termi "kuorma-auto" tarkoittaa ajoneuvoja, joiden suurin bruttopaino on yli 3,5 tonnia.		

Mitoitusta ajoneuvon törmäyskuormalle ei tarvitse tehdä, mikäli etäisyys d on niin suuri, että pienennyskerroin on nolla. Etäisyys d tarkoittaa rakenneosan etäisyyttä lähimmän liikennöitävän kaistan keskilinjasta. Pienennyskerroin voidaan määrittää käyrien avulla (kuva 17).

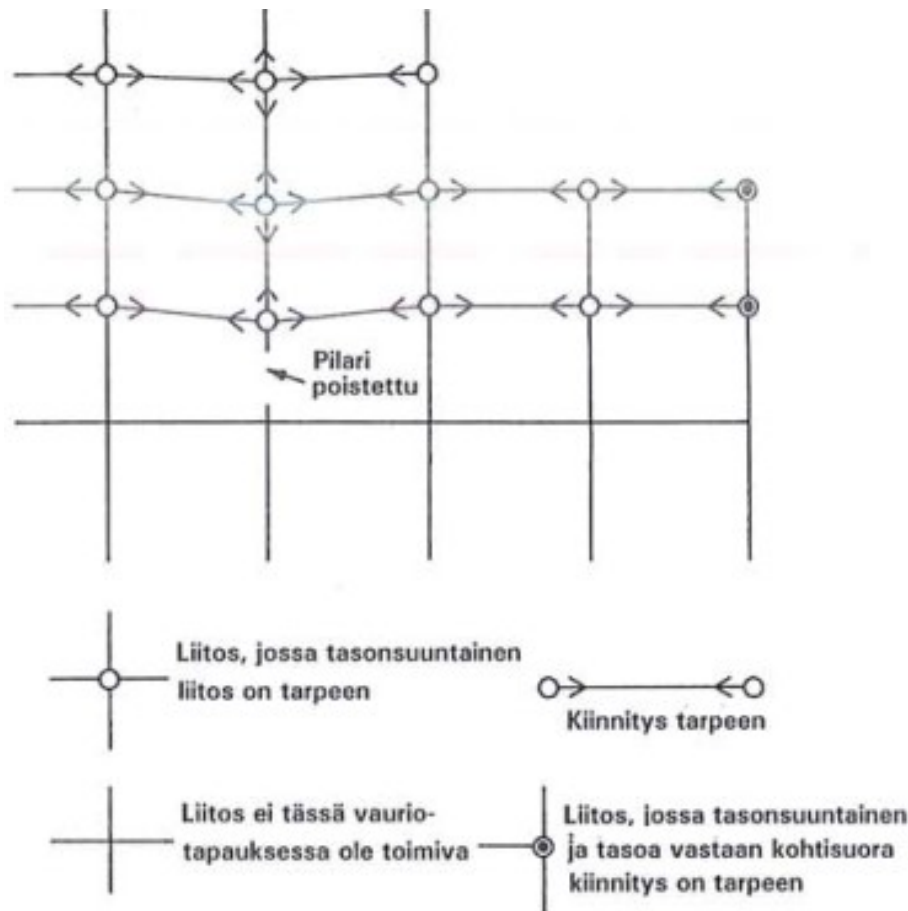


Kuva 17. Pienennyskerroin määrittäminen. (Ympäristöministeriö, 2019, 46.)

3.3.2 Jatkuva sortuma

Jatkuvalla sortumalla tarkoitetaan paikallisen vaurion seurauksena ketjureaktiona tapahtuvaa sortumaa, jossa rakennus kokonaisuudessaan tai merkittävä osa siitä sortuu ja josta seuraa huomattavan suuri henkilövahinkojen vaara. Jatkuvan sortuman rajoittamisen tavoitteena on varmistaa, ettei paikallinen vaurio leviä tuhoutuneen rakenneosan ympäristöä laajemmalle alueelle. Rajoitustoimenpiteet voidaan jakaa paikallisen vaurion estämiseen ja paikallisen vaurion laajenemisen rajoittamiseen. (Betoinormikortti 23, 2012, 3.)

Rakenne tulee suunnitella siten, että vaurioituneelta rakenneosalta siirtyviä kuormia voi kantaa jäljelle jäävistä rakenneosista koostuva korvaava rakennesysteemi. Rakenneosat liitetään toisiinsa liitoksilla, joiden kautta vaurioituneen osan kuormat voidaan siirtää vaurioitumattomalle rakenteelle (kuva 18).



Kuva 18. Liitosten mitoitus ohjeiden mukaisille minimivoimille. (Betoninormikortti 23, 2012, 6.)

Elementtien välisten liitosten näkökulmasta jatkuvan sortuma katsotaan tulleen rajoitetuksi, kun ne ovat suunniteltu seuraamusluokasta riippuen SFS-EN 1991-1-7 liitteen A korvaavan kansallisen liitteen mukaisille kuormille. Tarkoituksena on aikaansaada liitoksiin riittävää sitkeyttä ja varmistaa rakenteiden toiminta yhtenä kokonaisuutena myös onnettomuustilanteissa ja vaihtoehdoisen kantavan systeemin muodostuminen. Tämän edellytyksenä on, että raudoituksella on riittävä muodonmuutoskyky.

SFS-EN 1991-1-7 mukaan enintään 6 kerroksiset pysäköintilaitokset kuuluvat seuraamusluokkaan CC2b (kuva 19). Kansallisen liitteen mukaan seuraamusluokan CC2b rakennukset tulee suunnitella ja rakentaa standardeissa SFS-EN 1990... SFS-EN 1999 esitettyjen sääntöjen mukaisesti, että se täyttää normaalisti vallitsevan mitoitusilanteen vaatimukset. Tämän lisäksi CC2b luokan

rakennukset varustetaan vaaka- ja pystysiteillä sekä pystyrakenteet tulee sitoa vaakarakenteeseen. (Ympäristöministeriö, 2019, 39.)

Seuraamusluokka	Rakennuksen tyyppin ja käyttötarkoituksen mukainen luokitus
1	Rivitalon tyyppiset rinnakkaisia huoneistoja käsittävät enintään nelikerroksiset talot Maatalousrakennukset Rakennukset, joissa ei yleensä oleskele ihmisiä ja jos mikään rakennuksen osa ei ole muuta rakennusta tai ihmisten käyttämää tilaa rakennuksen puolitoistakertaista korkeutta lähempänä.
2a Melko pienen riskin ryhmä	Rivitalon tyyppiset rinnakkaisia huoneistoja käsittävät 5-kerroksiset talot Enintään 4-kerroksiset hotellit Enintään 4-kerroksiset asuintalot Enintään 4-kerroksiset toimistot Enintään 3-kerroksiset teollisuusrakennukset Enintään 3-kerroksiset vähittäismyymälät, joiden jokaisen kerroksen lattiapinta-ala on alle 1 000 m ² . Yksikerroksiset oppilaitosrakennukset Kaikki enintään kaksi kerrosta käsittävät julkiset rakennukset, joiden lattiapinta-ala kerrosta kohti on enintään 2 000 m ² .
2b Melko suuren riskin ryhmä	Yli 4-kerroksiset, mutta enintään 15-kerroksiset hotellit ja asuinrakennukset Yli yksikerroksiset, mutta enintään 15-kerroksiset oppilaitosrakennukset Yli kolmikerroksiset, mutta enintään 15-kerroksiset vähittäismyymälät Enintään 3-kerroksiset sairaalat Yli nelikerroksiset, mutta enintään 15-kerroksiset toimistot Kaikki julkiset rakennukset, joiden lattiapinta-ala kerrosta kohti on yli 2 000 m ² , mutta enintään 5 000 m ² . Enintään 6 kerrosta käsittävät pysäköintilaitokset.
3	Kaikki edellä melko pienen tai melko suuren riskin seuraamusluokkaan 2 määritellyt rakennukset, jotka ylittävät kerrosten pinta-alaa tai lukumäärää koskevat rajat Kaikki rakennukset, joihin kokoontuu suuria yleisömääriä Stadionit, joille mahtuu yli 5 000 katsojaa Rakennukset, jotka sisältävät vaarallisia aineita tai joissa käytetään vaarallisia prosesseja.

Kuva 19. Seuraamusluokkien jaottelu. (SFS-EN 1991-1-7, 2014, 54.)

Jokainen väli- ja yläpohja varustetaan sen ympäri kiertävillä rengassiteillä ja toisiaan vastaan kohtisuorilla sisäpuolisilla siteillä. Seuraamusluokassa CC2b jokaiselta jatkuvalta rengas- ja sisäpuolisilta siteiltä ja sen pääteankuroinneilta edellytetään, että ne pystyvät siirtämään onnettomuusrajatilassa seuraavat sidevoimat:

$$T_i = s \cdot 20 \text{ kN/m}, \text{ kuitenkin vähintään } 70 \text{ kN rengassiteillä}$$

, kun vaakarakenteen pysyvän kuorman ominaisarvo $g_k \geq 3,0 \text{ kN/m}^2$

$$T_i = s \cdot 3 \text{ kN/m}, \text{ kuitenkin vähintään } 10 \text{ kN rengassiteillä}$$

, kun vaakarakenteen pysyvän kuorman ominaisarvo $g_k \leq 2,0 \text{ kN/m}^2$

, missä

s on sisäpuolisilla siteillä siteiden väli keskeltä keskelle ja rengassiteillä rengassiteen ja lähimmän sisäpuolisen siteen väli jaettuna kahdella lisättynä etäisyydellä rakenteen reunaan

Vaakarakenteiden pysyvän kuorman ominaisarvon g_k ollessa välillä 2,0–3,0 kN/m² sidevoiman arvot interpoloidaan. (Ympäristöministeriö, 2019, 40.)

Jokainen pilari ja seinä varustetaan jatkuvalla pystysuuntaisella sidonnalla aina perustuksista yläpohjan tasalle. Pilareiden ja kantavien seinien tulee kestää onnettomuusmitoitustilanteessa esiintyvä vetovoima. Tämän vetovoiman mitoitusarvo on suurin pystysuuntaisen pysyvän ja muuttuvien kuormien mitoitusarvon reaktio, joka kertyy pilareille tai seinälle yhdestä kerroksesta. Vetovoima ankkuroidaan yläpuoliseen kerrokseen. (Ympäristöministeriö, 2019, 43.)

Reunapilarit- ja seinät sidotaan jokaiseen väli- ja yläpohjalaatastoon. Sidevoimat määräytyvät vaakarakenteen pysyvän kuorman ominaisarvon g_k perusteella. Seuraamusluokassa CC2b siteiden edellytetään pystyvän kantamaan onnettomuusrajatilassa seuraavat voimat:

$$F_{tie} = 20 \frac{kN}{m} \cdot s,$$

kun vaakarakenteen pysyvän kuorman ominaisarvo $g_k \geq 3,0 \text{ kN/m}^2$

$$F_{tie} = 3 \frac{kN}{m} \cdot s,$$

kun vaakarakenteen pysyvän kuorman ominaisarvo $g_k \leq 2,0 \text{ kN/m}^2$,

mutta enintään kuitenkin $F_{tie} = 150 \text{ kN}$,

missä

s on sidevoimien kertymisleveys, joka lasketaan pystyrakenteiden välisten vapaiden etäisyyksien puolestavälistä puoleenväliin tai pystyrakenteiden ollessa ulkonurkassa rakenteen ulkoreunaan saakka (Kuva 5, Ympäristöministeriö, 2019, 43.)

Vaakarakenteen pysyvän kuorman ominaisarvon g_k ollessa välillä 2,0–3,0 kN/m² sidevoiman arvot interpoloidaan. (Ympäristöministeriö, 2019, 42.)

4 PYSÄKÖINTILAITOKSEN LIITOSTEN TARKASTELU

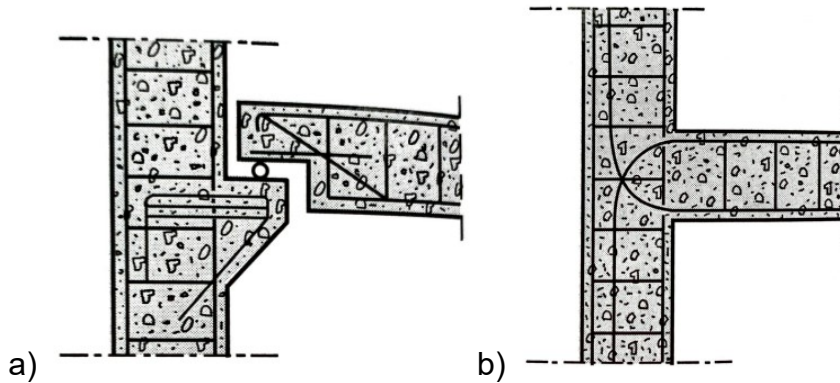
Koko rakennuksen toiminta riippuu liitosten toiminnasta. Liitosten tehtävänä on voimien siirtäminen, liittää rakenneosat toisiinsa, varmistaa rakenteen toiminta esimerkiksi jäykisteenä. Liitoksilla on usein myös vesitiivyyteen, palonkestävyyteen, kulutuskestävyyteen ja ulkonäköön liittyviä tehtäviä ja vaatimuksia.

Mitoittaessa liitoksia tulee huolehtia siitä, että ne kestävät kaikki todennäköisesti esiintyvät kuormat ja niiden vaikutukset koko käyttöikänsä ajan, ja että annetut varmuusvaatimukset täyttyvät. (www.elementtisuunnittelu.fi). Liitoksia suunnitellessa yleinen tapa on tehdä niistä mahdollisimman yksinkertaisia, mikä mahdollistaa tehokkaan tuotannon ja asennuksen ongelmattomuuden. Tavallisissa kohteissa pystytään käyttämään hyväksi todettuja standardiratkaisuja. Vaativimpien kohteiden kohdalla voidaan joutua kehittämään tapauskohtaisesti ratkaisuja, jotka voivat olla muunnelmia standardiratkaisuista. (by210, 2008, 530.)

Pysäköintilaitoksen liitoksia rasittavat monet erilaiset kuormat. Suunnittelijan tehtävä on selvittää kuormitusten suuruus ja se, miten erilaiset vaaka- ja pystyvoimat johdetaan liitosten kautta kantaville ja jäykistäville rakenteille ja sieltä edelleen perustuksille ja maahan.

4.1 Pilari-palkkiliitos

Liitokset voidaan jakaa jäykkyyden mukaan nivelellisiin, jäykkiin ja osittain jäykkiin liitoksiin (kuva 20). Nivelellinen liitos ei siirrä momenttia rakenneosasta toiseen, mutta sallii kiertymän sekä mahdollisesti siirtymän yhteen suuntaan. Nivelliitosta käytetään elementtirakentamisessa pilarien ja palkkien liitoksissa sen helppouden ja edullisuuden vuoksi. Pilareiden nurjahduspituus määräytyy siitä, minkä jäykkyyisiä liitoksia pilareiden ala- ja yläpäähän määritetään.



Kuva 20. a) Nivelellinen pilari-palkkiliitos b) Jäykkä pilari-palkkiliitos
(Salmi&Kuula, 2012, 24.)

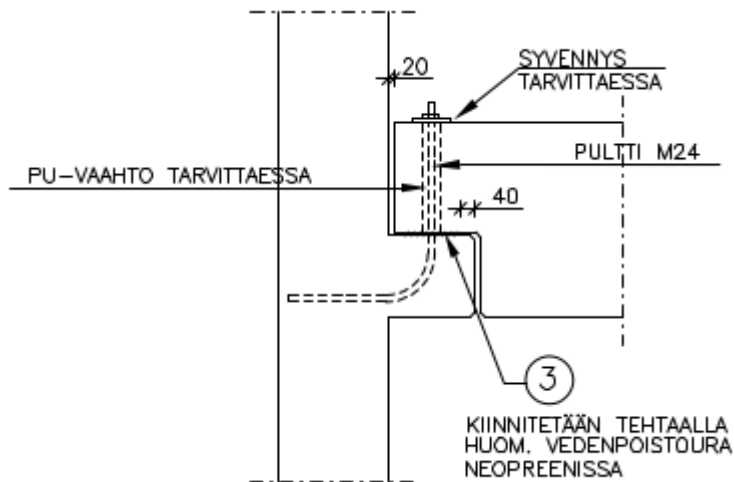
Jäykkä pilari-palkkiliitos välittää kaikki palkille tulevat momentit pilarille. Jäykkä kiinnitys ei salli lainkaan kiertymää tai siirtymää tuella. Pilarille tulee näin yläpäähän paljon momenttirasitusta, mikä vaikuttaa pilarin mitoitukseen. Usein kehäjäykistetyssä pysäköintilaitoksessa pilarin poikkileikkaus ja rauditusmäärä kasvaa melko suureksi yläpäähän vaikuttavan momentin aiheuttamana.

Pilari-palkkiliitoksissa käytetään laakereita, jotka sallivat tiettyyn rajaan asti kiertymiä ja siirtymiä, mikä vähentää rakenteen muodonmuutoksen aiheuttamia rasituksia. Suunnittelijan tulee määrittää sopiva laakeri liitokseen laakerin valmistajan ilmoittaman siirtymä- ja kiertymäkyvyn mukaan. Laakereille on määrätty kitkakertoimet, joilla voidaan arvioida vaakakuorman syntymistä liitokseen pystykuormasta. Laakerin toimintaa vastaavaa osittain jäykkää liitosta ei käytetä mekaniikassa, koska se ei ole ideaalinen liitos. (Kankaanpää, 2020, 44–45).

4.1.1 Elementtirakenteinen pilari-palkkiliitos

Palkin liitos pilariin tehdään yleensä pulttiliitoksena. Pulttiliitokset ovat oikein suunniteltuna toimivia, nopeita asentaa ja edullista käyttää. Jatkuvan sortuman estämisessä pulttiliitokset voivat olla osa sidejärjestelmää, joilla pyritään estämään elementin putoaminen tuelta. Nivelellisissä pilari-palkkiliitoksissa käytetään yleisesti Neopren-laakeria, jonka paksuuden ja tyypin

rakennesuunnittelijan tulee määrittää. Tavanomaisen neopreenilaakerin paksuus on noin 10 mm. Laakerit kiinnitetään elementtitehtaalla suunnittelijan ilmoittamaan paikkaan konsolin yläpintaan. Yleensä pultti on keskeinen palkkiin nähden (kuva 21). Reunapalkeilla käytetään väännön ottamiseksi myös epäkeskeistä pulttia. Pultin koko määräytyy tukiehtojen, sidejärjestelmän vaatimusten ja vääntömomentin mukaan. (elementtisuunnittelu.fi)



Kuva 21. Esimerkki elementtirakenteisesta pilari-palkkiliitoksesta. (elementtisuunnittelu.fi)

Betonelementtien liitosten tukipinnat tulee olla riittävät. Tukipinnat mitoitetaan Eurokoodin mukaan ottaen huomioon rakenteiden asennustoleranssi, elementtien mittatoleranssi, rakenteiden viruma, lämpöliike sekä kuormituksen suuruus tukipinnalla. Tässä opinnäytetyössä ei perehdytä tukipintojen määritykseen.

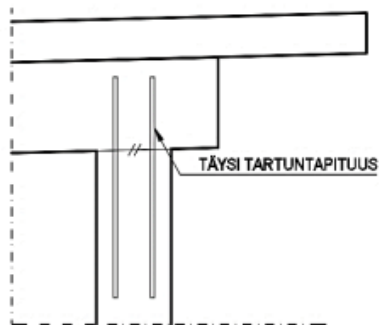
4.1.2 Paikallavaletun rakenteen pilari-palkkiliitos

Pysäköintilaitoksessa pilarit altistuvat usein epätavallisille kuormille, verrattuna muihin talorakenteisiin. Jännittämismenetelmän vaikutukset, suhteellisen suuret liitosmomentit ja pitkiin jänneväleihin liittyvät leikkausvoimat sekä tilavuuden muutokset rasittavat kaikki voimakkaasti liitosta. Tyypillisesti kehärakenteissa reunapilareissa- ja palkeissa on suuret liitosmomentit, mikä vaatii erityistä

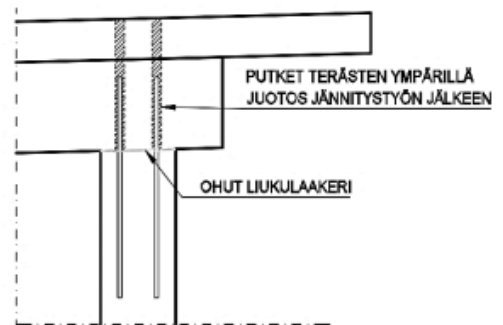
huomiota palkin yläpinnan raudoituksen ankkurointiin. Jäykkä liitos vaatii paljon terästä. Jännitetyn rakenteen pilari-palkkiliitoksessa on varmistettava, että raudoitukset ja jännepunokset mahtuvat rakenteeseen. (Chrest et al., 2004, 473–476)

Kehäjäykistetyssä paikallavaletussa pysäköintirakennuksessa pilari-palkkiliitokset ovat usein jäykkiä liitoksia (kuva 22). Jäykät liitokset mahdollistavat kehän suunnassa jäykistävän vaikutuksen, jolloin pilarin alapään liitos perustuksiin pystytään tekemään nivelellisenä. Poikkeuksena ylimmän kerroksen pilariliitos, joka suositellaan tekemään nivelellisenä, mikä helpottaa pilarin mitoitusta.

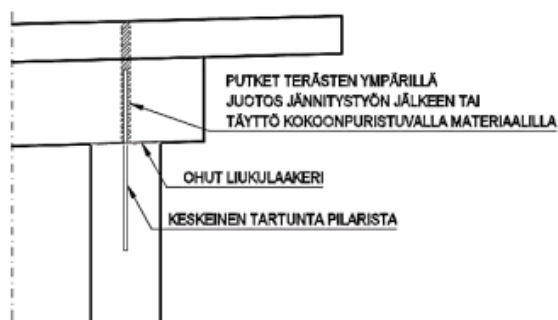
JÄYKKÄ LIITOS YHTENÄINEN



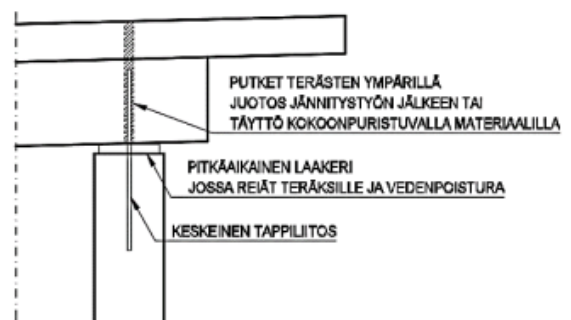
JÄYKKÄ LIITOS TYÖNAIKAINEN LAAKERI



NIVELLIITOS TYÖNAIKAINEN LAAKERI



NIVELLIITOS PITKÄAIKAINEN LAAKERI

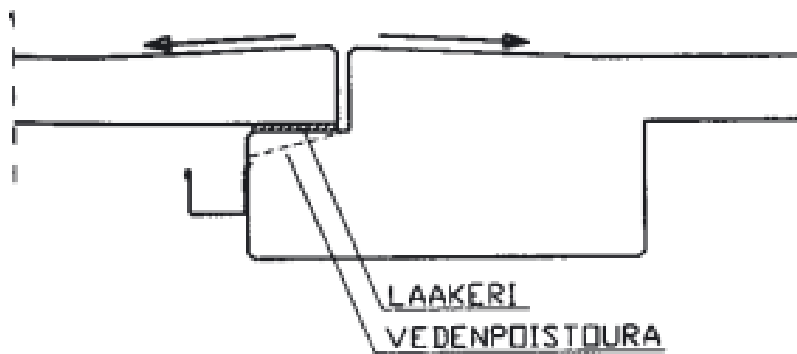


Kuva 22. Jälkijännitetyn palkin periaateliitoksia. (Kankaanpää, 2020, 19)

Elementtirakenteissa usein käytettyä tappiliitosta voidaan myös soveltaa paikallavalurakenteisiin asettamalla pilariin harjateräksiä jatkumaan palkkiin. Liitokseen saadaan jäykkyyttä lisäämällä tappirivejä palkin suunnassa. Keskeisesti asetetut tapit pienentävät liitoksen kiertymäjäykkyyttä ja vapauttavat tilaa liitosalueilla. Mitoituksessa tällainen liitos oletetaan nivelelliseksi, vaikka se ei ole ideaalinen nivel. Pilari-palkkiliitoksissa voidaan käyttää työnaikaisia- ja pitkäaikaisia laakereita. (Kankaanpää, 2020, 19–20)

4.2 Liikuntasaumamat

Liikuntasaumojen tarkoitus betonirakenteissa on hallita betonin muodonmuutosten, kuten viruman, kutistuman ja lämpöliikkeiden aiheuttamia liikkeitä. Jos nämä liikkeet estetään, aiheutuu rakenteisiin pakkovoimia, jotka voivat olla hyvin suuria. Liikuntasauaman tulee toimia myös vedenpoiston kannalta oikein. Liikuntasaumamat voidaan suunnitella joko avoimiksi tai tiiviiksi (kuva 23). Tiiviissä ratkaisussa veden pääsy on estetty liikuntasauamasta alempiin kerroksiin ja vedenpoisto toteutetaan kaivojen kautta. (elementtisuunnittelu.fi)



Kuva 23. Avoimen liikuntasauaman periaate. (Mannonen, 2008, 86.)

Standardin 1992-1-1 kansallisen liitteen kohdan 2.3.3 mukaan ”Talorakenteissa lämpötilan ja kutistumisen vaikutukset voidaan jättää huomiotta kokonaistarkastelussa, mikäli rakenne varustetaan välein d_{joint} sijaitsevin liikuntasaumoin, jotka mahdollistavat siirtymien syntymisen.” Liikuntasaumavälin d_{joint} suositusarvo on EN 1992-1-1 mukaan 30 metriä. Betonielementtirakenteissa

arvo voi olla suurempi, kuin paikalla valettavissa rakenteissa. Tämä johtuu siitä, koska osa virumista ja kutistumista tapahtuu ennen pystytystä. (EN 1992-1-1, 24.)

Suomessa on perinteisesti käytetty pidempiä liikuntasaumavälejä. Elementtisuunnittelu.fi sivuston mukaan, jos rakennuksen pituus on yli 60 metriä, on rakennus yleensä aina jaettava liikuntasauvoilla osiin. Kukin liikuntasaumaväli suunnitellaan toimimaan omana jäykistävänä rakennusosanaan siten, että siinä olevat rakenteet jäykistävät koko liikuntasaumavälin. Taulukoissa 2 ja 3 on esitetty ohjeellisia liikuntasaumavälien maksimipituuksia.

Taulukko 2. Ohjeellisia liikuntasaumavälien maksimipituuksia rakenteen tyypin mukaan. (RIL 202-2011, 18.)

Rakenteen tyyppi	Max. liikuntasaumaväli
Lämmitetyt rakenteet, paikallavalettu rakenne	25 metriä
Lämmitetyt rakenteet, elementtirakenne	40 metriä
Kylmät rakenteet, paikallavalettu rakenne	13 metriä
Kylmät rakenteet, elementtirakenne	20 metriä

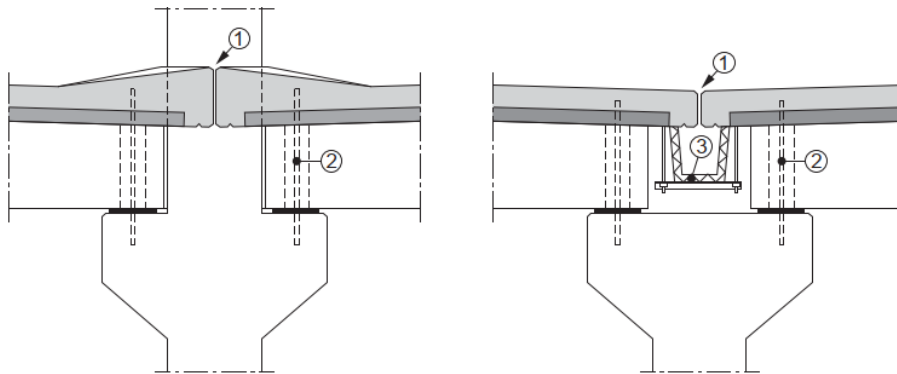
Taulukko 3. Ohjeellisia liikuntasaumavälien maksimipituuksia perustamistavan mukaan. (elementtisuunnittelu.fi)

Perustamistapa	Max. liikuntasaumaväli
Lämmin rakennus, kallioperustus	30–50 metriä
Lämmin rakennus, kantava maapohja	40–60 metriä
Lämmin rakennus, paaluperustus	40–60 metriä
Kylmä rakennus, kallioperustus	15–25 metriä
Kylmä rakennus, kantava maapohja	20–30 metriä
Kylmä rakennus, paaluperustus	20–30 metriä

Liikuntasauaman tehtävänä voi olla myös kuorman siirtäminen. Voimaa siirtävät liikuntasauamat siirtävät voimaa yhdessä tai useamassa suunnassa, mutta sallivat samalla liikkeen haluttuun suuntaan. Esimerkiksi erilaiset pulttiliitokset, joiden liitoskappaleissa on soikea muotoinen reikä voivat toimia liikuntasaumoina reiän suunnassa, ja samalla siirtävät muissa suunnissa kuormia. Tyypillinen tapaus on, että liikuntasauama sallii x-suuntaisen liikkeen, mutta y-suuntainen liike on estetty. Neopreenilaakerit sallivat myös pienen liikkeen, mutta siirtävät myös vaakavoimaa. (elementtisuunnittelu.fi)

4.2.1 Elementtirakenteisen pysäköintilaitoksen liikuntasauamat

Kuorilaattarakenteisessa pysäköintilaitoksessa voidaan käyttää joko avointa tai tiivistä liikuntasauamaa (kuva 24). Tiiviissä liikuntasauamaratkaisussa pintalaattaan asennetaan liikuntasauimalaite. Tärkeää on sijoittaa pintavalun liikuntasauama juuri samalle kohdalle, kuin kantavan rakenteen liikuntasauama on. Liikuntasauaman nurkat kannattaa vahvistaa alaspäin olevilla kulmateräksillä. Tärkeää on myös ankkuroida pintabetonirakenne liikuntasauaman molemmin puolin, niin että pintabetonilaatta ei pääse nousemaan ylös.



1. Liikuntasauama noin 15 mm, voidaan jättää avosaumaksi tai kitata.
Vedenpoisto noin 10 m välein sijoitettujen kaivojen kautta.
2. Jännebetonipalkin ja pilarin kuivaliitos.

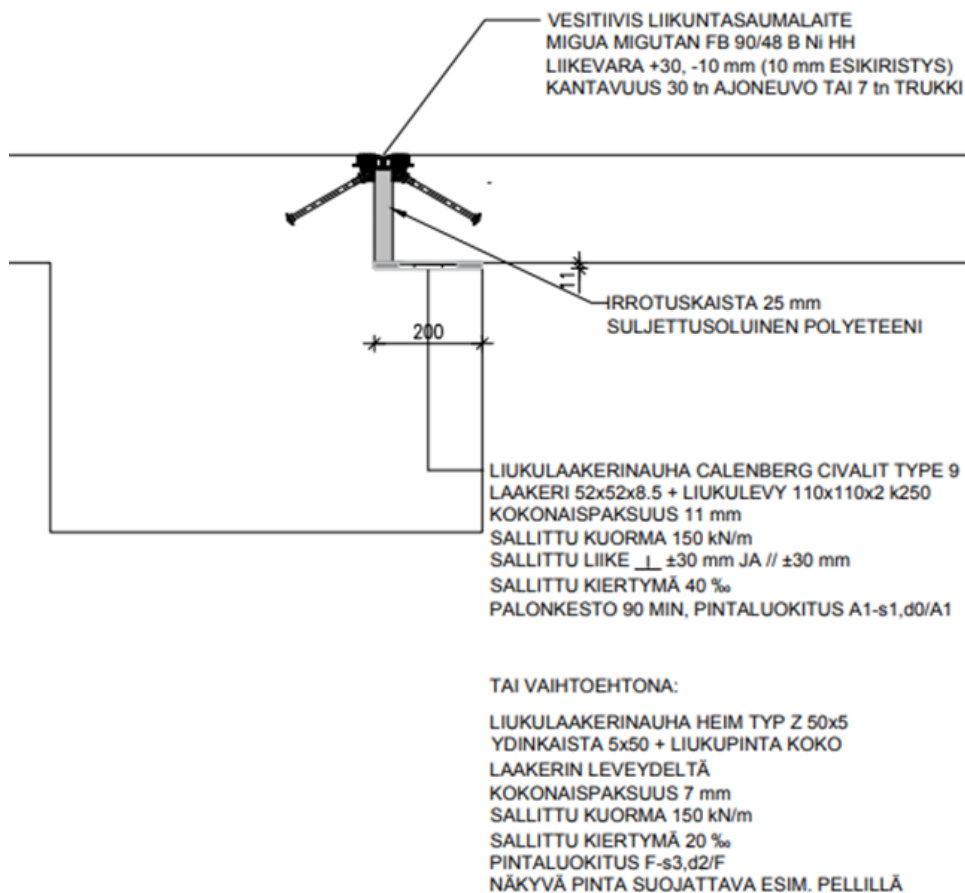
1. Liikuntasauama noin 15 mm ja vedenpoisto.
2. Jännebetonipalkin ja pilarin kuivaliitos.
3. Vedenpoistokouru, joka on varustettu sähkölämmityksellä.

Kuva 24. Kuorilaattarakenteen, vedenpoisto- ja liikuntasauamaratkaisu. (RT 82-10821, 2004, 16.)

Elementtirakenteisten pysäköintilaitosten avoimeen liikuntasamaan liittyy riskejä. Avoimesta saumasta virtaava vesi voi aiheuttaa rakenteissa ongelmia, jos se ei pääse johtumaan hallitusti pois. Tällainen sauma voi myös helposti tukkeutua roskasta.

4.2.2 Paikallavaaletun pysäköintilaitoksen liikuntasaumamat

Paikallavaaletun pysäköintitasen liikuntasaumamat tulee suunnitella kohtiin, joihin on pääsy myös rakennuksen valmistuttua, jotta huoltotoimenpiteitä voidaan tehdä. Jännitetyissä vaakarakenteissa liikuntasaumamat tehdään yleensä tiiviinä ratkaisuinä. Tiivis liikuntasauma toteutetaan yleensä liikuntasaumalaitteella, joka mahdollistaa liikevaran (kuva 25).



Kuva 25. Vesitiivis liikuntasauma pysäköintitasen palkkilaatassa. (Naulankanta.fi)

Monella eri liikuntasaumavalmistajalla on erilaisia vaihtoehtoja pysäköintitilojen paikallavalulaaattojen liikuntasauumaratkaisuiksi. Jokaisessa kohteessa erikseen on selvitettävä liikuntasaumalaitteen soveltuvuus kyseiseen tilanteeseen. Hyvä liikuntasaumalaitte on vesitiivis, helposti huollettava ja yksinkertainen asentaa betonivaluun. Liikuntasaumalaitteen on kestävä liikenteen kuormat vaurioitumatta.

4.3 Vedeneristys

Pysäköintilaitoksien yleinen ongelma on ollut pysäköintitasojen vedenpoiston toimimattomuus. Vettä pääsee kulkeutumaan pysäköintilaitoksiin talvisaikaan autojen mukana tulevan jään ja lumen sulamisen johdosta, sekä avoimien ulkoseinärakenteiden kautta viistosateella. Lisäksi pysäköintitasojen pesuedet tuovat kosteusrasitusta. Tasojen riittämättömät kaadot aiheuttavat veden lammikoitumista ja veden valumista pitkin pystyrakenteita. (Koskipää, 2017, 36.)

Pysäköintilaitoksen tasojen tulee olla vedenpitäviä, jotta rakenteista saadaan pitkäikäisiä, sekä vältetään emäksisen veden tippumiselta autojen päälle. Emäksinen vesi voi vaurioittaa autojen maalipintaa ja laseja. Pysäköintitasojen ja ajoluiskien yläpintojen tiiviin rakenteen varmistamiseksi on betonointi tehtävä huolellisesti sekä käytettävä tarvittaessa pintaa tiivistäviä pinnoitteita. (Mannonen, 2008, 84)

Yleisesti erillistä vedeneristyskerrosta ei tarvita pysäköintilaitoksissa, sillä välitasojen vesitiiveys varmistetaan teräsbetonisen pintalaatan vesitiiveydellä. Yläkansien vedenpitävyys varmistetaan yleensä erillisellä vedeneristyskerroksella, ellei yläkantta ole katettu. Tasojen kantavat rakenteet tulee kallistaa pintabetonin tasaisuusvaatimusten mukaisesti kohti vesikouruja tai kaivoja, joista vesi pääsee hallitusti poistumaan. (RT 82-10821, 15–16.)

Tavanomaisissa tapauksissa pysäköintilaitosten tasojen pintabetonin tasaisuusvaatimus on C. Taulukossa 4 on esitetty pysäköintilaitoksen tasojen vähimmäiskallistuksia tasaisuusluokan mukaan. Lisäksi on huolehdittava riittävästä vastakallistuksista porrashuoneita, seiniä, pilareita ja laataston reunoja

vasten. Vastakallistukset tehdään yleensä kaltevuuteen 1:100. (Aho, 2008, 15–56.)

Taulukko 4. Vähimmäiskallistus pysäköintitasoilla taipumat huomioiden. (By 69, 2017, 33)

Tasaisuusluokka	Vähimmäiskallistus yleensä	Vähimmäiskallistus paikallisesti
A	1:100 (1,0 %)	1:133 (0,75 %)
B	1:80 (1,25 %)	1:100 (1,0 %)
C	1:60 (1,67 %)	1:67 (1,5 %)

4.3.1 Elementtirakenteisen pysäköintilaitoksen vedeneristys

Elementtirakenteisissa pysäköintilaitoksissa on riskinä liitosten vuotaminen. Kuori- tai ontelolaatan päälle valettu pintalaatta suunnitellaan vedenpitäväksi. Pysäköintitasot kallistetaan siten, että vesi ohjautuu erillisiin sadevesikaivoihin tai laataston liikuntasaumassa olevaan tason alapuoliseen sadevesikouruun. Vesikourut sijoitetaan liikuntasauojen yhteyteen. (Aho, 2008, 56.) Veden vuotaminen voidaan estää myös pintalaattaan asennettavalla vesitiiviillä liikuntasaumalaitteella. Vaikka liikuntasaumasta suunnitellaan vesitiivis, tulee liikuntasauoman yhteyteen asentaa vuotovesi- tai haihdutuskouru mahdollisten vuotojen vuoksi (kuva 26). Liikuntasaumalaitteiden tulee olla huollettavissa, sillä yleensä ne ovat kovan rasituksen alaisena.



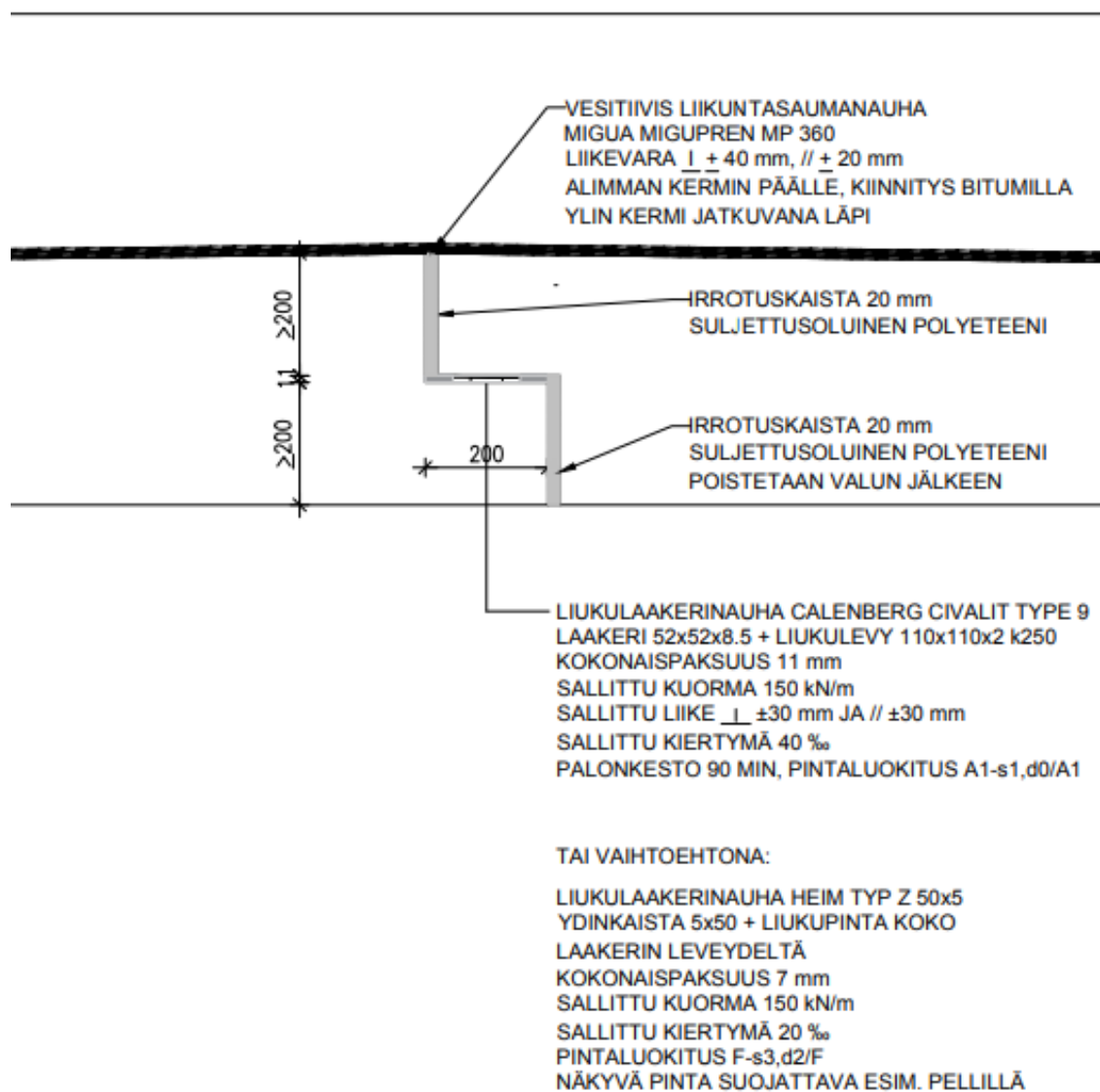
Kuva 26. Vesikourun sijoitus rungon sauman tason alle. (Aho, 2008, 61.)

Avoimen liikuntasauaman kautta vesi ohjautuu laattojen saumasta niiden alapintaan asennettuun vesikouruun. Vesikourut varustetaan sähkölämmityksellä. Tärkeää on sijoittaa vesikourut sellaisiin paikkoihin, joista niitä pääsee huoltamaan. Huoltamattomat vesikourut voivat ruostua hyvinkin lyhyessä ajassa jopa puhki. (Koskipää, 2017, 47.)

4.3.2 Paikallavaletun pysäköintilaitoksen vedeneristys

Jälkijännitetyn pysäköintilaitoksen suurimpia etuja ovat pitkien jänneväliden lisäksi monoliittisen, vesitiiviin rakenteen saavuttaminen. Jälkijännitetty laatta suunnitellaan halkeilemattomaksi. Jännevoiman aiheuttama puristusjännitys

pienentää taipumaa ja halkeamien syntymistä. Paikallavaletuissa pysäköintilaitoksissa vedenpoisto toteutetaan kokonaisuudessaan tason betonirakenteen kaadoilla kohti kaivoja. Kaivot sijoitellaan noin 10 metrin välein. Pienen taipuman ansiosta vesi ei pääse lammikoitumaan. Paikallavalettu pysäköintitaso ei vaadi erillistä vedeneristyskerrosta, ellei kyseessä ole pihakansirakenne tai kattamaton pysäköintitaso (kuva 27). Betonin huolellisella jälkihoidolla ja erilaisilla pinnoitteilla voidaan parantaa betonirakenteen vesitiiveyttä.

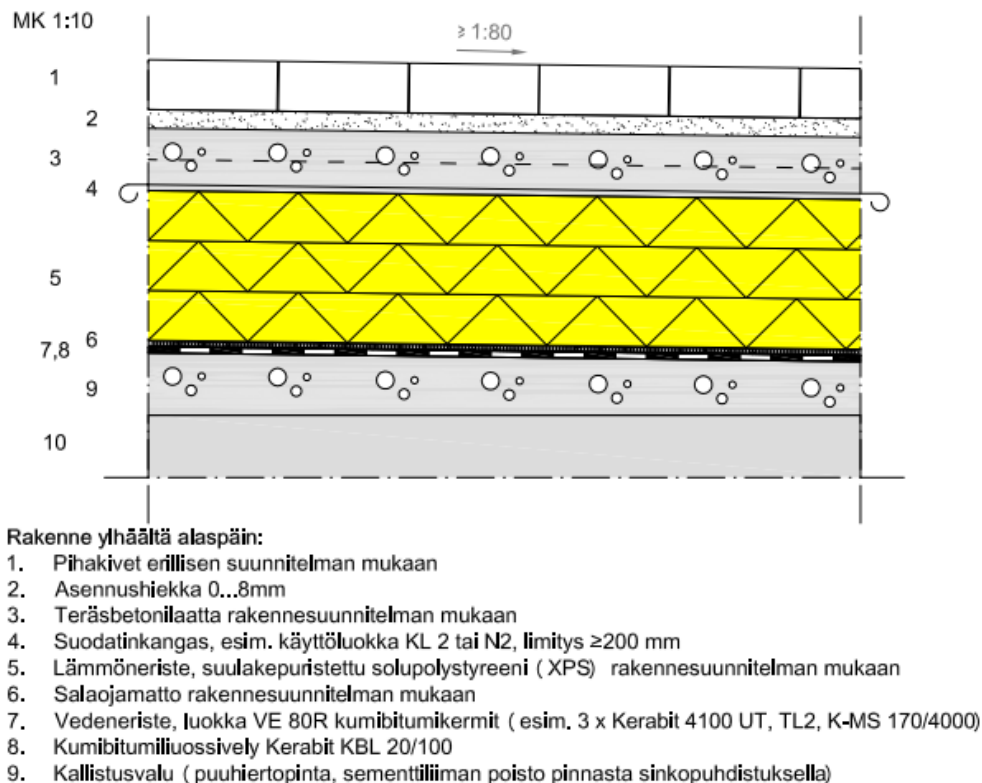


Kuva 27. Kumibitumikermieristetty pilarilaatta pihakansirakenteena. Vesitiivis liikuntasauma. (naulankanta.fi)

Pihakansirakenteissa vedeneristys toteutetaan kumibitumikermien avulla. Liitteessä 2 on esitetty esimerkkiratkaisuja vedeneristysten toteuttamisesta. Tärkeää on huomioida kermien limitykset sekä ylösnostot. Kaivojen kohdat tulee erikseen suunnitella.

4.4 Liitokset ympäröiviin rakenteisiin

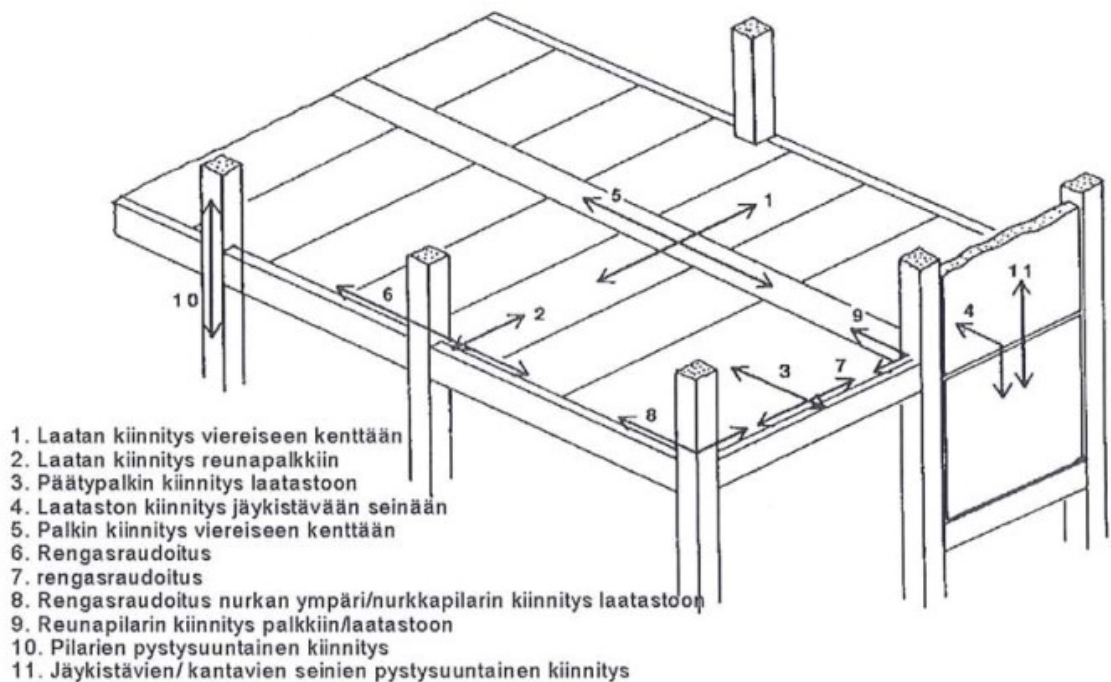
Kaupunkiympäristössä on yleistä, että pysäköintilaitokset sijaitsevat osittain tai kokonaan maan alla. Tilan säästämiseksi on edullista rakentaa pysäköintilaitoksia asuinrakennusten yhteyteen pihakannen alle. Pihakannen päällä voi olla esimerkiksi jalankulkuväyliä, kasvillisuutta sekä ajoneuvoliikennettä. Pihakannen suunnittelussa on huomioitava erityisesti vedeneristysten ja vedenpoiston toiminta. Vesivuoto pihakannen läpi tulee estää, jotta rakenteista saadaan pitkäikäisiä ja autojen päälle tippuva vesi ei pääse vahingoittamaan maalipintoja. (Chrest et al., 2004, 481.) Pihakannen vedeneristysdetaljeita on kerätty liitteeseen 2.



Kuva 28. Liikennöidyn pihakannen rakennetyyppi. (Kerabit.fi)

4.5 Jatkuvan sortuman estäminen elementtien välisillä liitoksilla

Jatkuvan sortuman voidaan katsoa tulevan rajoitetuksi, mikäli elementtien väliset liitokset ovat suunniteltu seuraamusluokasta riippuen Standardin 1991-1-7 sekä kansallisessa liitteessä esitettyjen suunnitteluohjeiden mukaisesti. Tavoitteena on aikaansaada liitoksiin riittävää sitkeyttä ja varmistaa rakenteiden toiminta yhtenä kokonaisuutena onnettomuustilanteissa. Liitosten kestävyys varmistetaan raudoituksella, jolla on riittävä muodonmuutoskyky. Kun elementtien väliset liitokset mitoitetaan suunnitteluohjeissa esitetyille voimille, niin erillistä tarkastelua korvaavan rakennesysteemin osalta ei tarvitse tehdä. (Betoninormikortti 23, 2012, 14.) Elementit kiinnitetään toisiinsa vaaka- ja pystysuuntaisilla siteillä (kuva 29). Jokainen välipohja ja yläpohja varustetaan vaakasuuntaisilla ympäri kiertävillä rengassiteillä ja toisiaan vastaan kohtisuorilla sisäpuolisilla siteillä.



Kuva 29. Elementtien kiinnitys jatkuvan sortuman estämiseksi. (Betoninormikortti 23.)

Siteet tehdään jatkuviksi ja ne sijoitetaan mahdollisimman lähelle välipohjien reunoja sekä pilari- ja seinälinjoja. Siteistä vähintään 30 % on sijoitettava pilarien

ja seinien ruudukkolinjojen välittömään läheisyyteen. Siteiltä edellytetään sellaista muodonmuutoskykyä, että siteet voivat toimia korvaavana kuormansiirtorakenteena tai osana sitä. Jokainen pilari ja seinä varustetaan myös jatkuvalla pystysuuntaisella sidonnalla perustukista yläpohjan tasalle. (Ympäristöministeriö, 2019, 39–43.) Normaalisti rengasraudoitus asennetaan elementtirakenteen ulkokehällä oleviin paikallavalusaumoihin ja tarvittaessa myös elementin saumoihin. Rengasraudoitusta ei saa jatkaa limijatkosin elementtien välisissä kapeissa saumoissa, vaan tällaisissa tapauksissa tulee käyttää mekaanista ankkurointia. (elementtisuunnittelu.fi)

5. LIIKUNTASAUMAN LIIKEVARAN MÄÄRITTÄMINEN

Tässä opinnäytetyössä tavoitteena on tutkia, miten eri muodonmuutokset vaikuttavat pysäköintilaitoksen vaakarakenteisiin. Luvussa 3 tutkittiin betoniin vaikuttavia muodonmuutoksia, joita ovat ulkoisten kuormien aiheuttavat jännitykset, viruma, kutistuminen ja lämpötilan muutokset. Näiden muodonmuutosten summa on kokonaismuodonmuutos $\varepsilon_c(t)$. Taulukkoon 5 on koottu eri pysäköintilaitoksen runkovaihtoehdoilla saatuja poikkileikkausten muodonmuutosten arvoja ajanhetkellä $t=28$ vuorokautta.

Laskelmassa tutkittiin pysäköintilaitosten paikallavalettujen, jälkijännitettyjen runkojen muodonmuutoksia. Runkovaihtoehtoina ovat palkkilaatasto sekä pilarilaatta. Molemmista runkotyypeistä muodonmuutokset ovat laskettu kylmänä sekä lämpimänä rakenteena, sillä lämpöolosuhteilla on suuri merkitys pakkovoimien suuruuteen ja sitä kautta rakenteiden muodonmuutokseen. Palkkilaataston poikkileikkauksena käytettiin 250 mm paksuista laattaosaa sekä 650x800 mm suuruista palkkiosaa. Näillä arvoilla ja palkkivälin ollessa 7500 mm poikkileikkauksen pinta-alaksi saatiin 2,4 m². Pilarilaatan rakennepaksuutena käytettiin 300 mm. Jännevoiman sekä betonin puristusjännityksen arvot ovat arvioituja lukuja.

Tulokset ovat suuntaa antavia. Todellisissa rakenteissa voidaan käyttää esimerkiksi eri betonilaatua sekä rakenteen poikkileikkausta. Jännevoiman suuruus sekä betonin puristusjännitys vaihtelevat kohteen mukaan, erityisesti betonin puristusjännitys hetkellä t_0 vaikuttaa virumamuodonmuutoksen suuruuteen merkittävästi. Tässä laskelmassa jätettiin elementtirakenteisen pysäköintilaitoksen muodonmuutokset huomioimatta. Elementtirakenteisessa rakennusrungossa tapahtuu vastaavanlaisia muodonmuutoksia, kun paikallavaletussa ratkaisussa. Kuori- ja ontelolaattoja kannattelevissa jännebetonipalkeissa tapahtuu kutistuman, viruman ja lämpötilavaihteluiden aiheuttamia muodonmuutoksia. Jännebetonipalkki eroaa paikallavaletusta palkkilaatastosta siten, että siihen ei siirry jännevoimaa jälkijännitystyön yhteydessä. Elementtirakenteissa tapahtuu jo ennen niiden asennusta työmaalla

kutistumista. Betonielementtien kutistuman arvona on käytetty 70 % lasketusta kutistuman kokonaisarvosta.

Taulukko 5. Paikallavaletun ja jälkijännitetyn pysäköintilaitoksen kokonaismuodonmuutoksen arvoja eri runkovaihtoehdoilla.

Rakenteen tyyppi:	Pilarilaatta	Palkkilaatasto	Pilarilaatta	Palkkilaatasto
Jänneväli pidempään suuntaan (m)	17	17	17	17
Jänneväli lyhyempään suuntaan (m)	7,5	7,5	7,5	7,5
Kylmä/lämmin	Kylmä	Kylmä	Lämmin	Lämmin
RH (%)	80	80	50	50
Jännevoima (kN)	3500	3500	3500	3500
Betoniluokka	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45
Kimmomoduuli Ecm (GPa)	34	34	34	34
Poikkileikkauksen pinta-ala (m ²)	2,25	2,4	2,25	2,4
Betonin puristusjännitys hetkellä t0 (MPa)	4	4	4	4
Virumaluku	1,6	1,6	2,3	2,3
Lämpötilan muutos (°C)	40	40	0	0
Jännevoimasta aiheutuva muodonmuutos (mm/m)	0,05	0,04	0,05	0,04
Lämpötilan vaihtelusta aiheutuva muodonmuutos (mm/m)	0,40	0,40	0	0
Kutistumamuodonmuutos (mm/m)	0,27	0,27	0,49	0,47
Virumamuodonmuutos (mm/m)	0,18	0,18	0,25	0,24
Kokonaismuodonmuutos (mm/m)	0,90	0,89	0,79	0,75

Laskelmien tuloksista voidaan päätellä, että lämpimien rakenteiden kutistumat sekä virumamuodonmuutokset ovat suurempia, mitä kylmissä rakenteissa. Lämpimissä rakenteissa ei tapahdu rakenteen lyhenemistä tai pitenemistä, koska lämpötilan muutos on nolla. Virumamuodonmuutoksen suuruuteen vaikuttavat betonin poikkileikkausala, sekä piiri, jossa kutistumaa voi tapahtua. Lisäksi betonin puristusjäännitys hetkellä t_0 ja betonin ikä kuormittumisen alkaessa vaikuttavat virumamuodonmuutokseen. Esimerkkilaskelman mukaan paikallavaletun ja jännitetyn betonirakenteen muodonmuutos palkin suunnassa on 0,89 mm/m. Jos palkki on 17 metriä pitkä, saadaan koko palkin suuntaisen muodonmuutoksen arvoksi 15,13 mm.

Kylmät rakenteet altistuvat suurille lämpötilan muutoksille, jonka johdosta ne pitenevät ja lyhenevät. Virumamuodonmuutokset sekä kutistumat ovat pienempiä, mitä lämpimissä rakenteissa. Jännevoiman aiheuttama kimmoisen kokoonpuristuminen on suhteellisen pientä. Kokoonpuristumaan vaikuttavat jännevoiman suuruus, poikkileikkauksen nettopinta-ala sekä kimmokertoimen arvo jännityshetkellä.

6 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia ja vertailla pysäköintilaitoksen liitoksia. Pysäköintilaitoksien rungot rakennetaan tyypillisesti pilareihin tukeutuvilla betonielementtien ja pintalaatan liittorakenteena tai paikallavaletulla jälkijännitetyllä laamalla pitkien jänneväliden vuoksi. Runkorakenteen valintaan vaikuttavat muun muassa aikataulutekijät, kustannukset, vaadittavat jännevälit ja rakennepaksuudet.

Betonielementtien väliset liitokset ovat yleensä yksinkertaisia, vakiintuneita ratkaisuja. Elementtirakenteisissa pysäköintilaitoksissa ongelmia kuitenkin syntyy liitosten vuotoherkkyyden vuoksi. Matalat, 1–3 kerroksiset elementtirakenteiset pysäköintilaitokset jäykistetään yleensä mastopilareilla. Näin ollen pilari-palkkiliitokset voivat olla nivelellisiä liitoksia. Tästä korkeammat pysäköintilaitokset vaativat erikseen jäykistäviä rakenteita.

Paikallavaletuissa pysäköintilaitoksissa pilari-palkkiliitokset ovat usein jäykkiä muodostaen kehärakenteen monoliittiseksi. Momenttijäykkä liitos siirtää kaikki palkille tulevat momentit pilarille. Usein nämä liitokset ovat voimakkaasti raudoitettuja. Mitä suurempi ja jäykempi pilari on, sitä suuremman kuorman se ottaa. Ankkurointikappaleiden, punoksien ja raudoitusten mahtuminen rakenteeseen saattaa tulla ongelmaksi liitosalueella. Toisaalta jäykässä liitoksessa voidaan olla varmoja välittyvän momentin suuruudesta.

Jokaisessa kohteessa liitostyypeihin tulee kiinnittää erikseen huomiota. Liitosten valintaan vaikuttavat aikataululliset, sekä taloudelliset tekijät, että kohteen omat vaatimukset. Pysäköintilaitoksien pitkät jännevälit aiheuttavat sen, että betonirakenteissa muodonmuutokset ovat suuria. Lisäksi rungon jäykistystapa vaikuttaa kantavien rakenteiden liitoskohtiin. Erityisrakenteissa, kuten pihakansissa, tulee vedeneristyksen liittyä muihin rakenteisiin niin, että vettä ei pääse kulkeutumaan rakenteen läpi.

Luvussa 5 käsiteltiin pysäköintilaitosten runkojen muodonmuutoksia vaakasuuntaisista voimista. Laskelmien perusteella voidaan sanoa, että kylmiin rakenteisiin aiheutuu hieman suurempia muodonmuutoksia, kuin mitä lämpimiin rakenteisiin. Kylmissä rakenteissa suurin muodonmuutoksen aiheuttaja on lämpötilan muutoksen aiheuttama laajeneminen ja kutistuminen. Lämpimissä rakenteissa lämpötilan muutos on nolla. Sen sijaan kutistumat sekä viruman aiheuttamat muodonmuutokset ovat suurempia, mitä kylmissä rakenteissa. Jännevoiman vaikutus paikallavalettujen rakenteiden lyhenemiseen on melko pieni. Liitteessä 1 on esitetty esimerkkilaskelma paikallavaletun palkkilaataston muodonmuutostarkastelusta.

Liikevarat tulee huomioida eri liitoksissa. Elementtirakenteisessa rakennusrungossa kantavan jännebetonipalkin päihin on jätettävä liikevara muodonmuutoksia varten. Betonielementtien välisissä liikuntasaumoissa käytetään yleensä neopreeni- teflon rakenteita. Paikallavaletuissa rakenteissa liikevaran huomiointi on tärkeää. Esimerkiksi jälkijännitetyn palkin liitos pilariin voi aiheuttaa halkeamia pilarin yläpäähän, jos liikevaraa ei ole huomioitu. Liikevarat otetaan pilari-palkkiliitoksissa huomioon laakereilla sekä tartuntatappien ympäri asennettavilla putkilla. Nivelliitoksissa putket juotetaan kokoonpuristuvalla materiaalilla, jonka ansiosta palkin muodonmuutokset pääsevät tapahtumaan. Momenttijäykässä, paikallavaletussa pilari-palkkiliitoksessa tartuntatappin tulee varmistaa riittävä tartunta palkkiin. Näissä tilanteissa putki juotetaan vasta jännitystyön jälkeen, kun palkin muodonmuutoksista iso osa on jo tapahtunut.

Liikuntasaumalaitteet tulee olla mitoitettu riittävän suurelle liikevaralle. Suunnittelijan tulee valita kohteeseen sopiva liikuntasaumalaite, ottaen huomioon sen liikevara, sekä laitteen muut ominaisuudet, kuten asennettavuus ja huollettavuus.

Pihakansissa sekä kattamattomissa pysäköintitasoilla vedeneristyksen liittämiseksi seinäpinnalle on huomioitava vaakarakenteen mahdolliset muodonmuutokset. Vedeneriste tulee kiinnittää siten, että eriste ei pääse venymään vaakasuuntaisten liikkeiden mukana. Yleinen tapa on asentaa pelti liitoskohtaan, kiinnittäen se yläreunastaan mekaanisesti. Vedeneriste

kiinnitetään peltiin myös vain yläosastaan ja vedeneriste irrotetaan alustasta. Tällä tavalla vedeneriste ei pääse rikkoutumaan vaakarakenteen muodonmuutoksista.

LÄHTEET

Aho, O. 2008. Elementtirakenteinen pysäköintilaitos. Betoni-Lehti 3/2008. Viitattu 2.2.2022. Saatavilla sähköisesti osoitteessa: <https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/10/BET0803-s-56-67.pdf>

Chrest, A., Smith, M., Bhuyan, S., Iqbal. & Monahan, D. 2004. Parking structures, planning, design, construction, maintenance, and repair. Kluwer Academic Publishers. Massachusetts. 3.painos

Kankaanpää, P. 2020. Jälkijännitetyn betonipalkin pilariliitoksen toiminta pysäköintirakennuksessa. Diplomityö. Rakennetun ympäristön tiedekunta. Tampere: Tampereen Yliopisto. Viitattu 24.1.2022. Saatavilla sähköisesti osoitteessa:

<https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/121077/Kankaanp%C3%A4%C3%A44Petri.pdf?sequence=2>

Koskipää, K. 2017. Pysäköintilaitosten korjaustarpeiden arviointi. Opinnäytetyö. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu. Viitattu 14.2.2022.

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/127713/Koskipaa_Karoliina.pdf;jsessionid=6B6FD7C67E983BD8024D8D00ECFFC8DF?sequence=1

Mannonen, P. 2008. Paikallavaletut pysäköintilaitokset. Betoni- lehti 1/2008. Viitattu 2.2.2022. Saatavilla sähköisesti osoitteessa: <https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/10/BET0801-s084-92.pdf>

RT 82-10821. 2004. Betonielementtirunkorakenteet. Ohjekortti. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 82-10814. 2004. Paikallavaletut betonirunkorakenteet. Ohjekortti. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 98-11237. 2016. Pysäköintilaitokset. Ohjekortti. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 103277. 2020. Liikennöidyn tason vedeneristykset. Ohjekortti. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Salmi, T & Kuula, K. 2017. Rakenteiden mekaniikka. Pressus Oy: Tampere. 2.painos.

Suomen Betoniyhdistys ry. 2000. Betonilattiat by 45.

Suomen Betoniyhdistys ry. 2004. Betonitekniikan oppikirja by 201.

Suomen Betoniyhdistys ry. 2012. Betoninormikortti 23.

Suomen Betoniyhdistys ry. 2013. Betonirakenteiden suunnittelun oppikirja by 211. Osa 1.

Suomen Betoniyhdistys ry. 2017. Tartunnattomat jänteet betonirakenteissa by 69.

RIL 202-2011. Betonirakenteiden suunnitteluohje. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL 201-1-2017. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL 201-2-2011. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

SFS-EN 1990. Rakenteiden suunnitteluperusteet. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

SFS-EN 1991-1-5 + AC. 2004. Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1–5: Yleiset kuormat. Lämpötilakuormat.

SFS-EN 1991-1-7 + A1 + AC. 2014. Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1–7: Yleiset kuormat. Onnettomuuskuormat.

SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC. 2015. Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1–1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt.

Tavia, P. 2016. Maanalaisen pysäköintilaitoksen välipohjan teknis-taloudellinen vaihtoehtoverailu. Diplomityö. Rakennetun ympäristön tiedekunta. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. Viitattu 18.2.2022. Saatavilla sähköisesti osoitteessa:

<https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/24123/Tavia.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Ympäristöministeriö. 2001. Betonirakenteet B4. Suomen Rakentamismääräyskokoelma.

Ympäristöministeriö. 2019. Rakenteiden lujuus ja vakaus. Suomen Rakentamismääräyskokoelma.

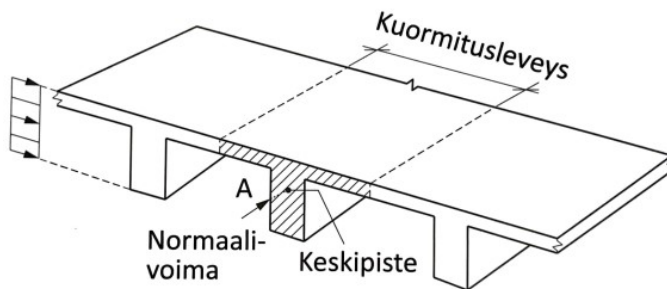
Walker, C. Parking structure design guidelines. Viitattu 20.1.2022. Saatavilla sähköisesti osoitteessa:

<https://are320k.files.wordpress.com/2014/02/parkingstructuredesign.pdf>

www.elementtisuunnittelu.fi (2022). Verkkosivu saatavissa. Viitattu 12.1.2022.

www.kerabit.fi (2022). Verkkosivu saatavissa. Viitattu 30.3.202

Pysäköintilaitoksen liikuntasauaman liikevaran määrittäminen: - Paikallavalettu palkkilaatasto, kylmä rakenne, 1-aukkoinen palkki



a) Kuormitusleveys aksiaalissa kuormituksessa.

Jännevoiman vaikutuksia laskettaessa käytetään halkeilemattoman poikkileikkauksen ominaisuuksia. Otaksutaan, että jännevoimasta aiheutuva normaalivoima jakautuu koko palkin leveydelle b_f (=palkkivälille)

Palkin mittatiedot:

$h_f := 250 \text{ mm}$	Palkin laipan korkeus
$h_w := 800 \text{ mm}$	Palkin uuman korkeus
$b_f := 7500 \text{ mm}$	Palkkiväli
$b_w := 650 \text{ mm}$	Palkin uuman leveys
$A_{gr} := b_f \cdot h_f + b_w \cdot h_w = 2.395 \text{ m}^2$	Betonin poikkileikkausala

JÄNNEVOIMIEN AIHEUTTAMAT MUODONMUUTOKSET:

$P_{m.0} := 3500 \text{ kN}$	Jännitysvoima välittömien häviöiden jälkeen
$A_{gr} = 2.395 \text{ m}^2$	Poikkileikkauksen nettopinta-ala
$E_{cm.i} := 34 \text{ GPa}$	Kimmokertoimen keskiarvo jännityshetkellä
$\Delta_c := \frac{P_{m.0}}{A_{gr} \cdot E_{cm.i}} = 0.043 \frac{1}{m} \cdot \text{mm}$	Betonin kokoonpuristuma jännityshetkellä
$\varepsilon_{ce.t0} := \Delta_c = 0.043 \frac{1}{m} \cdot \text{mm}$	Betonin välitön muodonmuutos ajan hetkellä t_0 alkaneesta jännityksestä.

KUTISTUMAMUODONMUUTOS:Kuivumiskutistuma:

$$f_{ck} := 35$$

$$f_{cm} := f_{ck} + 10 = 45$$

$$f_{cmo} := 10$$

$$RH := 80\%$$

$$RH_0 := 100\%$$

$$\beta_{RH} := 1.55 \cdot \left[1 - \left(\frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right] = [0.756]$$

$$\alpha_{ds1} := 4$$

$$\alpha_{ds2} := 0.12$$

Betonin lieriölujuuden ominaisarvo 28 vrk ikäisenä (MPa)

Betonin keskimääräinen puristuslujuus 28 vrk ikäisenä (MPa)
(MPa)

Ympäristön suhteellinen kosteus

=3, kun sementti on S-tyyppiä

=4, kun sementti on N-tyyppiä

=6, kun sementti on R-tyyppiä

=0.13, kun sementti on S-tyyppiä

=0.12, kun sementti on N-tyyppiä

=0.11, kun sementti on R-tyyppiä

$$\varepsilon_{cd} := 0.85 \cdot \left[(220 + 110 \cdot \alpha_{ds1}) \cdot e^{-\alpha_{ds2} \cdot \frac{f_{cm}}{f_{cmo}}} \right] \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH} = 0.2473 \frac{1}{m} \cdot mm \quad \text{Kuivumiskutistuma}$$

Sisäinen kutistuma:

$$t := 7$$

Kutistuma ajanhetkellä t (vrk)

$$\beta_{as} := 1 - e^{(-0.2 \cdot t^{0.5})} = 0.411$$

$$\varepsilon_{ca} := 2.5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6} = 0.063 \frac{1}{m} \cdot mm$$

$$\varepsilon_{ca} := \beta_{as} \cdot \varepsilon_{ca} = 0.0257 \frac{1}{m} \cdot mm$$

Kokonaiskutistuma:

$$\varepsilon_{cs} := \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca} = 0.273 \frac{1}{m} \cdot mm$$

Kokonaiskutistuma

VIRUMAMUODONMUUTOS:

$\sigma_c := 4 \text{ MPa}$	Betonin jännitys hetkellä t_0
$E_{cm} := 34 \text{ GPa}$	Kimmokerroin
$E_c := 1.05 \cdot E_{cm} = 35.7 \text{ GPa}$	Tangenttimoduuli
$t := 50 \cdot 365$	Betonin ikä tarkasteluajankohtana (50v)
$t_0 := 28$	Betonin ikä kuormittumisen alkaessa (vrk)
$A_{gr} = 2.395 \text{ m}^2$	Betonin poikkileikkausala (mm ²)
$u := 2 \cdot b_f + 2 \cdot h_f + 2 \cdot h_w = 17100 \text{ mm}$	Piiri, jossa kutistumaa voi tapahtua (mm)
$h_0 := \frac{2 \cdot A_{gr}}{u} = 280.117 \text{ mm}$	Poikkileikkauksen muunnettu paksuus
$RH := 80$	Ympäristön suhteellinen kosteus prosentteina
$\beta_{t,0} := \frac{1}{(0.1 + (t_0)^{0.20})} = 0.488$	Kerroin, jolla otetaan huomion betonin kuormittumisen aikavaikutus nimelliseen virumalukuun

Kertoimet, jolla otetaan huomioon betonin lujuuden vaikutus:

$$\alpha_1 := \left[\frac{35}{f_{cm}} \right]^{0.7} = [0.839] \quad \alpha_2 := \left[\frac{35}{f_{cm}} \right]^{0.2} = [0.951] \quad \alpha_3 := \left[\frac{35}{f_{cm}} \right]^{0.5} = [0.882]$$

Kerroin, jonka avulla otetaan huomioon suhteellisen kosteuden vaikutus nimelliseen virumalukuun:

$$\psi_{RH1} := 1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \sqrt[3]{\frac{h_0}{\text{mm}}}} = 1.306 \quad , \text{ kun } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa}$$

$$\psi_{RH2} := \left(1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{\frac{h_0}{\text{mm}}}} \cdot \alpha_1 \right) \cdot \alpha_2 = 1.195, \text{ kun } f_{cm} > 35 \text{ MPa}$$

$$\beta_h := 1.5 \cdot \left[1 + (0.012 \cdot RH)^{18} \right] \cdot \frac{h_0}{mm} + 250 = [871.693] , \quad \beta_h \leq 1500 , \quad \text{kun } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa}$$

$$\beta_{f.cm} := \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = 2.504$$

Kerroin, jonka avulla otetaan huomioon betonin lujuuden vaikutus nimelliseen virumalukuun

$$\varphi_0 := \psi_{RH1} \cdot \beta_{f.cm} \cdot \beta_{t,0} = 1.597$$

Nimellinen virumaluku

$$\beta_c := \left(\frac{t - t_0}{\beta_h + t - t_0} \right)^{0.3} = [0.99]$$

Kerroin, joka kuvaa virumisen kehittymistä ajan myötä kuormittumisen jälkeen

$$\varphi := \varphi_0 \cdot \beta_c = [1.575]$$

Virumaluku, joka antaa viruman aikavälille ($\infty \dots t_0$)

$$\varepsilon_{cc} := \frac{\sigma_c}{E_c} \cdot \varphi = [0.176] \frac{1}{m} \cdot mm$$

Virumamuodonmuutos

LÄMPÖLAAJENEMISEN MUODONMUUTOKSET:

$$\alpha := 10 \cdot 10^{-6} \quad 1/^\circ C$$

Teräsbetonin pituuden lämpötilakerroin

$$\Delta T := 40 \quad ^\circ C$$

Lämpötilan muutos

$$\Delta L := \alpha \cdot \Delta T = 0.4 \frac{1}{m} \cdot mm$$

Pituuden lämpölaajeneminen

$$\varepsilon_{cT} := \Delta L = 0.4 \frac{1}{m} \cdot mm$$

BETONIN KOKONAISMUODONMUUTOS:

$$\varepsilon_{ce.t0} = 0.04 \frac{1}{m} \cdot mm$$

Betonin välitön muodonmuutos ajan hetkellä t_0

alkaneesta jännityksestä.

$$\varepsilon_{cc} = [0.18] \frac{1}{m} \cdot mm$$

Virumamuodonmuutos ajan hetkellä $t > t_0$

$$\varepsilon_{cs} = 0.27 \frac{1}{m} \cdot mm$$

Kutistumamuodonmuutos ajan hetkellä t

$$\varepsilon_{cT} = 0.4 \frac{1}{m} \cdot mm$$

Lämpötilan muutoksen ΔT aiheuttama muodonmuutos ajan hetkellä t .

$$\varepsilon_c(t) := \varepsilon_{ce.t0} + \varepsilon_{cc} + \varepsilon_{cs} + \varepsilon_{cT} = [0.89] \frac{1}{m} \cdot mm$$

Kokonaismuodonmuutos

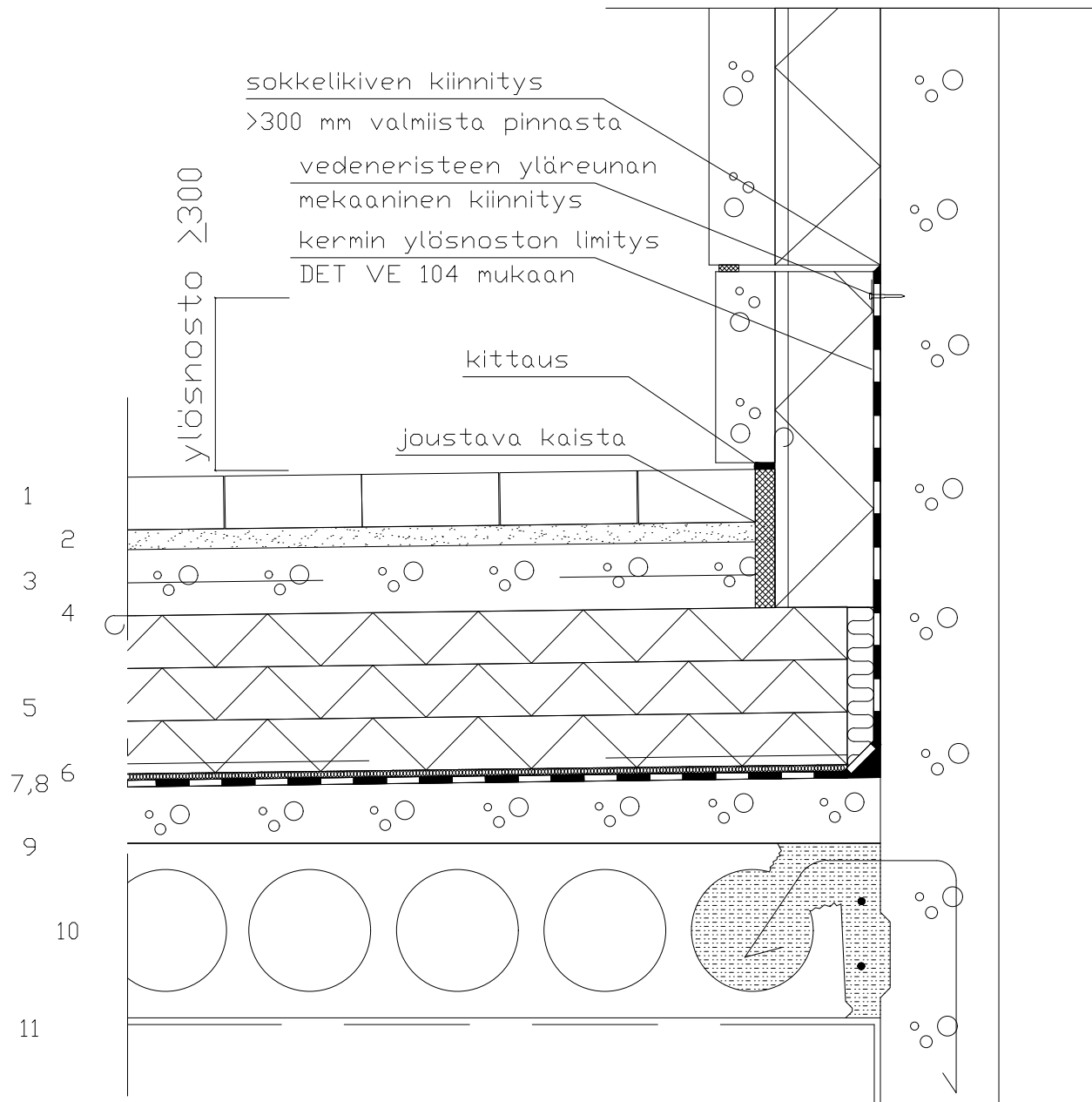
PROJEKTI


PIHAKANSI, KÄÄNNETTY RAKENNE, KALT.>1:80 1:10
LIITTYMINEN SEINÄPINNALLE, VE80 R



Päiväys

DET VE101



PROJEKTI	PIHAKANSI, KÄÄNNETTY RAKENNE, KALT.>1:80 LIITTYMINEN SEINÄPINNALLE, VE80 R	1:10
	Päiväys	DET VE101

Rakenne ylhäältä alaspäin:

1. Pihakivet erillisen suunnitelman mukaan
2. Asennushiekka 0...8mm
3. Teräsbetoni-laatta rakennesuunnitelman mukaan
4. Suodatinkangas, esim. käyttöluokka KL 2 tai N2, limitys ≥ 200
5. Lämmöneriste, suulakepuristettu solupolystyreeni(XPS)rakennesuunnitelman mukaan
6. Salaojamatto rakennesuunnitelman mukaan
7. Vedeneriste, luokka VE 80R kumibitumikermit (3 x Kerabit 4100 UT, TL2, K-MS 170/4000)
8. Kumibitumiliuossively Kerabit KBL 20/100
9. Kallistusvalu
 - puuhierto, sementtiliiman poisto sinkopuhdistuksella
10. Kantava rakenne rakennesuunnitelman mukaan
11. Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan

Työohje:

- Veden poistumisreitit eri rakennekerroksista suunnitellaan käyttäen esim. vaakasalaojitusta. Veden juoksuttamista liikuntasaumojen yli on vältettävä.
- Rakenteen suunnittelussa huomioidaan kaukaloperiaate ja sen toteutuminen.
- Liikuntasauman sisältävät holkat edellyttävät erityistä tarkkuutta suunnittelussa.
- Vetokokeella voidaan varmistaa kermin tartunta alustaansa. Nyrkkisääntönä voidaan pitää n. $\frac{1}{3}$ silloille asetetuista vaatimuksista.
- Vedeneristysten betonialusta sinkopuhdistetaan tai hiotaan, imuroidaan pölystä ja tartuntasivellään riittävän tartunnan aikaansaamiseksi ennen kermin kiinnitystä.
- Kermit kiinnitetään kauttaaltaan hitsaten.
- Kermit limitetään sivusaumoilta vähintään 100 mm ja päätysaumoilta 150 mm siten, että päällekkäisten kerrosten kermit ovat samansuuntaiset eivätkä saumat ole päällekkäin.
- Ylösnostoissa 90°:n kulmat pyöristetään betonialustalla holkkavalulla.
- Vedeneristysten ylösnostot tehdään erillisillä nostopaloilla.
- Kermin yläreuna kiinnitetään mekaanisesti aluslevyllisin kiinnikkein K200, esim. betoninaulalla. Vedeneristeen yläreuna tiivistetään tarvittaessa kittamalla esim. kumibitumikitillä.
- Istutusten kohdalla (ei erillistä istutusallasta)kasvien juurien tunkeutuminen vedeneristeen läpi estetään sopivalla eristyskermillä esim. Kerabit Juurisuoja.
- Vedeneristystyö on suojattava lämmöneristelevyllä vedeneristystyön päätyttyä.
- Lämmöneristeen kuormituskestävyys on tarkistettava tapauskohtaisesti.
- Lämmöneristyslevyt ladotaan tiiviisti toisiinsa. Suodatinkangas levitetään irrallisena lämmöneristeen päälle n. 200 mm limityksellä.
- Pintarakenteen liitos seinään tehdään niin, että rakenteiden välissä käytetään joustavaa kaistaa, joka mahdollistaa pintarakenteiden liikkeitä aiheuttamatta rasituksia seinärakenteeseen tai vedeneristykseen.
- Pintarakenteiden kantavana kerroksena käytetään yleensä raudoitettua betoni-laattaa, joka mitoitetaan tapauskohtaisesti. Reunoille, läpivientien ja kaivon ympärille tehdään lisäraudoitus.
- Kulutuskerroksena voi olla esimerkiksi betoni, betoni-laatat, luonnonkivet tai asfaltti.
- Kevyesti liikennöidyillä tasoilla(ei ajoneuvoliikennettä)pintalaatoitus esimerkiksi sidekivillä tai laattamaisemilla betoni-laatoilla voidaan tehdä suoraan lämmöneristeen ja suodatinkankaan päälle tulevalle asennusepeliille.
- Kevyemmissä rakenteissa (ei teräsbetoni-laattaa vedeneristysten yläpuolella)istutusten kohdalla kasvien juurien tunkeutuminen vedeneristeen läpi estetään sopivalla eristyskermillä esim. Kerabit Juurisuoja.

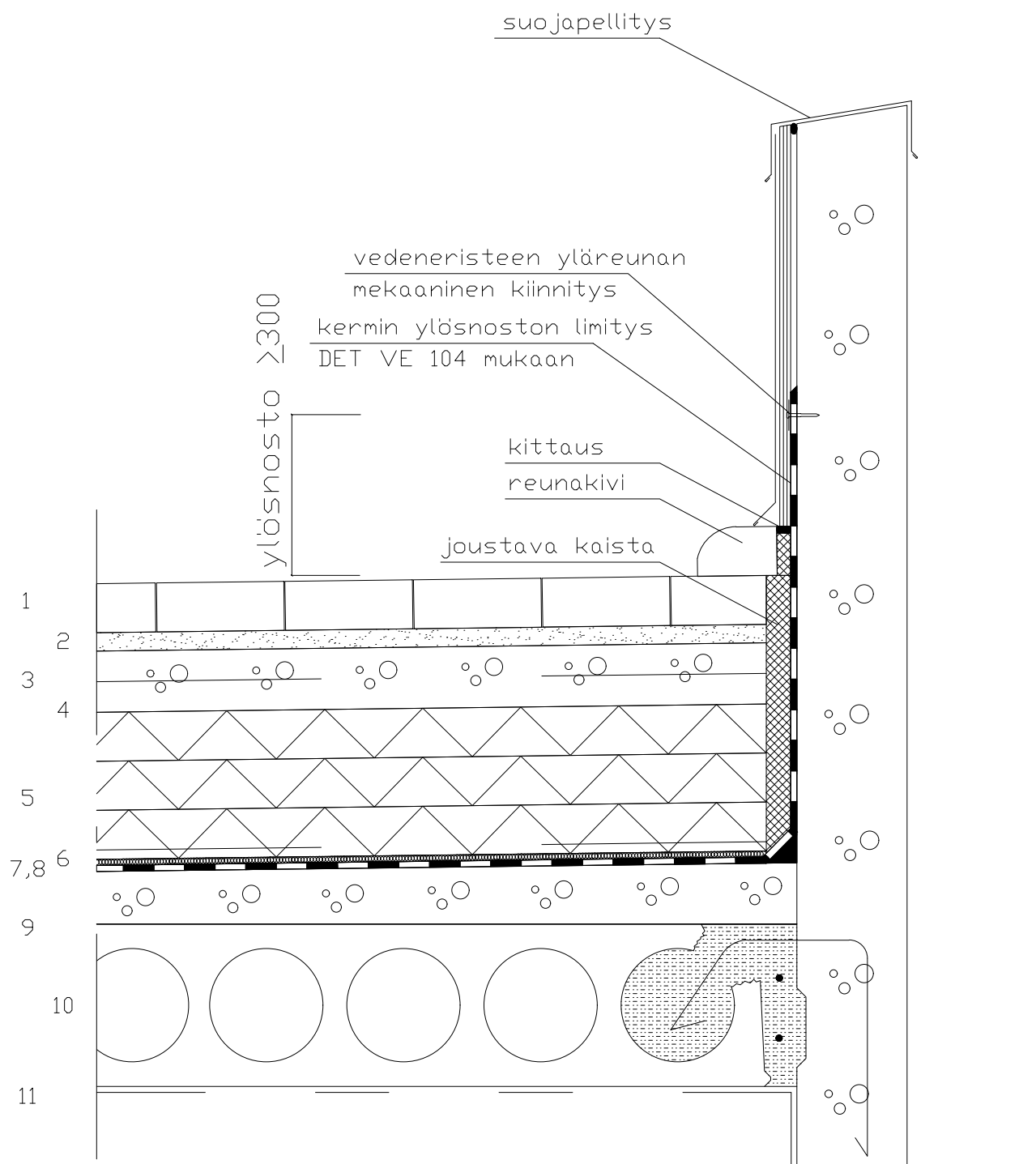
PROJEKTI


PIHAKANSI, KÄÄNNETTY RAKENNE, KALT.>1:80 1:10
LIITTYMINEN REUNARAKENTEeseen, VE80 R

A-INSINÖÖRIT

Päiväys

DET VE102



PROJEKTI	PIHAKANSI, KÄÄNNETTY RAKENNE, KALT.>1:80 LIITTYMINEN REUNARAKENTEeseen, VE80 R	1:10
	Päiväys	DET VE102

Rakenne ylhäältä alaspäin:

1. Pihakivet erillisen suunnitelman mukaan
2. Asennushiekka 0...8mm
3. Teräsbetonilaatta rakennesuunnitelman mukaan
4. Suodatinkangas, esim. käyttöluokka KL 2 tai N2, limitys ≥ 200
5. Lämmöneriste, suulakepuristettu solupolystyreeni(XPS)rakennesuunnitelman mukaan
6. Salaojamatto rakennesuunnitelman mukaan
7. Vedeneriste, luokka VE 80R kumibitumikermit(3 x Kerabit 4100 UT, TL2, K-MS 170/4000)
8. Kumibitumiliuossively Kerabit KBL 20/100
9. Kallistusvalu
 - puuhierto, sementtiliiman poisto sinkopuhdistuksella
10. Kantava rakenne rakennesuunnitelman mukaan
11. Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan

Työohje:

- Veden poistumisreitit eri rakennekerroksista suunnitellaan käyttäen esim. vaakasalaojitusta. Veden juoksuttamista liikuntasaumojen yli on vältettävä.
- Rakenteen suunnittelussa huomioidaan kaukaloperiaate ja sen toteutuminen.
- Liikuntasauaman sisältävät holkat edellyttävät erityistä tarkkuutta suunnittelussa.
- Vetokokeella voidaan varmistaa kermin tartunta alustaansa. Nyrkkisääntönä voidaan pitää n. $\frac{1}{3}$ silloille asetetuista vaatimuksista.
- Vedeneristysten betonialusta sinkopuhdistetaan tai hiotaan, imuroidaan pölystä ja tartuntasivellään riittävän tartunnan aikaansaamiseksi ennen kermin kiinnitystä.
- Kermit kiinnitetään kauttaaltaan hitsaten.
- Kermit limitetään sivusaumoilta vähintään 100 mm ja päätysaumoilta 150 mm siten, että päällekkäisten kerrosten kermit ovat samansuuntaiset eivätkä saumat ole päällekkäin.
- Ylösnotot tehdään erillisillä nostopaloilla.
- Kermin yläreuna kiinnitetään mekaanisesti aluslevyllisin kiinnikkein K200, esim. betoninaulalla. Vedeneristeen yläreuna tiivistetään tarvittaessa kittaamalla esim. kumibitumikitillä.
- Vedeneristys on suojattava lämmöneristelevyllä vedeneristystyön päätyttyä.
- Lämmöneristeen kuormituskestävyys on tarkistettava tapauskohtaisesti.
- Lämmöneristyslevyt ladotaan tiiviisti toisiinsa.
- Suodatinkangas levitetään irrallisena lämmöneristeen päälle n. 200 mm limityksellä.
- Pintarakenteen liitos seinään tehdään niin, että rakenteiden välissä käytetään joustavaa kaistaa, joka mahdollistaa pintarakenteiden liikkeitä aiheuttamatta rasituksia seinärakenteeseen tai vedeneristykseen.
- Pintarakenteiden kantavana kerroksena käytetään yleensä raudoitettua betonilaattaa, joka mitoitetaan tapauskohtaisesti. Reunoille, läpivientien ja kaivon ympärille tehdään lisäraudoitus.
- Kulutuskerroksena voi olla esimerkiksi betoni, betonilaatat, luonnonkivet tai asfaltti.
- Kevyesti liikennöidyillä tasoilla(ei ajoneuvoliikennettä)pintalaatoitus esimerkiksi sidekivillä tai laattamaisemilla betonilaatoilla voidaan tehdä suoraan lämmöneristeen ja suodatinkankaan päälle tulevalle asennussepelille.
- Kevyemmissä rakenteissa(ei teräsbetonilaattaa vedeneristysten yläpuolella)istutusten kohdalla kasvien juurien tunkeutuminen vedeneristeen läpi estetään sopivalla eristyskermillä esim. Kerabit Juurisuoja.
- Vedeneristysten ylösnotto suojataan vanerilla ja pellityksellä.

PROJEKTI

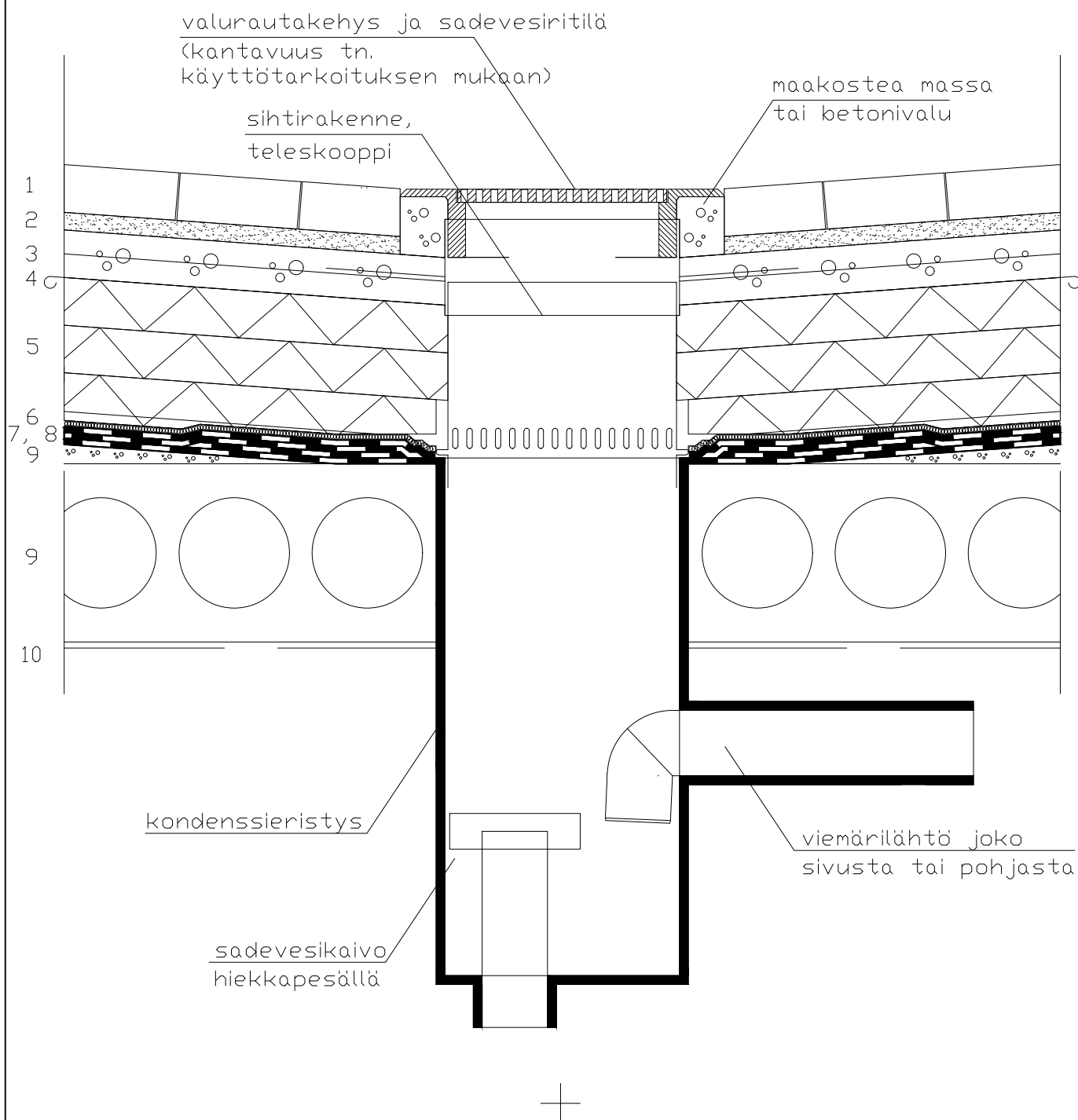
PIHAKANNET JA LIIKENNÖIDYT TASOT, KAIVO
KÄÄNNETTY RAKENNE, VE80 R, KALT. >1:80


1:10


A-INSINÖÖRIT

Päiväys

DET VE103



PROJEKTI	PIHAKANNET JA LIIKENNÖIDYT TASOT, KAIVO KÄÄNNETTY RAKENNE, VE80 R, KALT>1:80	1:10
	Päiväys	DET VE103

Rakenne ylhäältä alaspäin:

1. Pihakivet erillisen suunnitelman mukaan
2. Asennushiekka 0...8mm
3. Teräsbetonilaatta rakennesuunnitelman mukaan
4. Suodatinkangas, esim. käyttöluokka KL 2 tai N2, limitys ≥ 200
5. Lämmöneriste, suulakepuristettu solupolystyreeni(XPS)rakennesuunnitelman mukaan
6. Salaojamatto rakennesuunnitelman mukaan
7. Vedeneriste, luokka VE 80R kumibitumikermit (3 x Kerabit 4100 UT, TL2, K-MS 170/4000)
8. Kumibitumiliuossively Kerabit KBL 20/100
9. Kallistusvalu(puuhierto, sementtiliiman poisto sinkopuhdistuksella)
10. Kantava rakenne rakennesuunnitelman mukaan
11. Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan

Työohje:

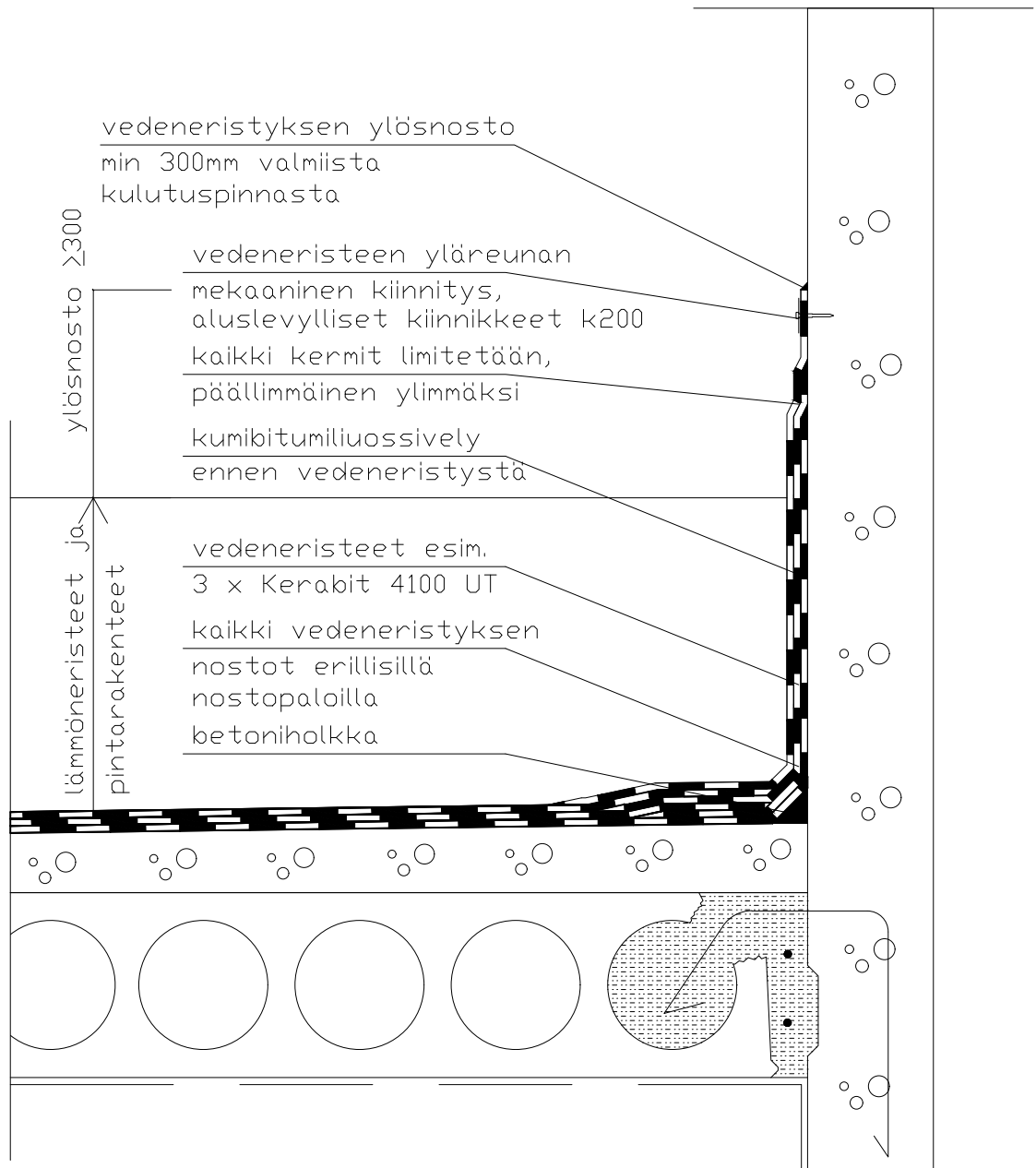
- Veden poistumisreitit eri rakennekerroksista suunnitellaan käyttäen esim. vaakasalaojitusta. Veden juoksuttamista liikuntasauvojen yli on vältettävä.
- Rakenteen suunnittelussa huomioidaan kaukaloperiaate ja sen toteutuminen.
- Liikuntasauvan sisältävät holkat edellyttävät erityistä tarkkuutta suunnittelussa.
- Vetokokeella voidaan varmistaa kermin tartunta alustaansa. Nyrkkisääntönä voidaan pitää n. $\frac{1}{3}$ silloille asetetuista vaatimuksista.
- Liikennöidyillä tasoilla käytetään tapauskohtaisesti mitoitettuja sadevesikaivoja. Tarvittaessa on sadevesikaivoissa oltava myös hiekanerotusallas. Kaivot varustetaan tapauskohtaisesti mitoitettulla kansistolla.
- Sihtirakenteessa on oltava reiitys myös vedeneristeen tasossa, jotta pintarakenteiden alle imeytynyt vesi pääsee kulkeutumaan kaivoon.
- Veden jäätyminen kaivoissa estetään varustamalla ne sähkövastuksin.
- Sadevesikaivot kondenssieristetään kosteuden tiivistymisen estämiseksi.
- Sadevesikaivot kiinnitetään laipasta mekaanisesti kantavaan rakenteeseen ja tarvittaessa kaivo tuetaan alapuolelta.
- Sadevesikaivot liitetään vedeneristykseen vähintään 150 mm:n laipoituksin.
- Vedeneristysten betonialusta sinkopuhdistetaan tai hiotaan, imuroidaan pölystä ja tartuntasivellään riittävän tartunnan aikaansaamiseksi ennen kermin kiinnitystä.
- Kermit kiinnitetään kauttaaltaan hitsaten.
- Kermit limitetään sivusaumoilta vähintään 100 mm ja päätysaumoilta 150 mm siten, että päällekkäisten kerrosten kermit ovat samansuuntaiset eivätkä saumat ole päällekkäin.
- Tiiveyden varmistamiseksi tehdään tarvittaessa vedenpaine-koet.
- Vedeneristys on suojattava lämmöneristelevyllä vedeneristystyön päätyttyä.
- Lämmöneristeen kuormituskestävyys on tarkistettava tapauskohtaisesti.
- Lämmöneristyslevyt ladotaan tiiviisti toisiinsa.
- Suodatinkangas levitetään irrallisena lämmöneristeen päälle n. 200 mm limityksellä.
- Pintarakenteen liitos seinään tehdään niin, että rakenteiden välissä käytetään joustavaa kaistaa, joka mahdollistaa pintarakenteiden liikkeitä aiheuttamatta rasituksia seinärakenteeseen tai vedeneristykseen.
- Pintarakenteiden kantavana kerroksena käytetään yleensä raudoitettua betonilaattaa, joka mitoitetaan tapauskohtaisesti. Reunoille, läpivientien ja kaivon ympärille tehdään lisäraudoitus.
- Kulutuskerroksena voi olla esimerkiksi betoni, betonilaatat, luonnonkivet tai asfaltti.
- Kevyesti liikennöidyillä tasoilla(ei ajoneuvoliikennettä)pintalaatoitus esimerkiksi sidekivillä tai laattamaisemilla betonilaatoilla voidaan tehdä suoraan lämmöneristeen ja suodatinkankaan päälle tulevalle asennussepilille.


PROJEKTI

PIHAKANSI, VEDENERISTYKSEN YLÖSNOSTOT 1:10
JA LIMITYKSET 3-KERMIRAKENTEES SA, VE80 R A-INSINÖÖRIT

Päiväys


DET VE104

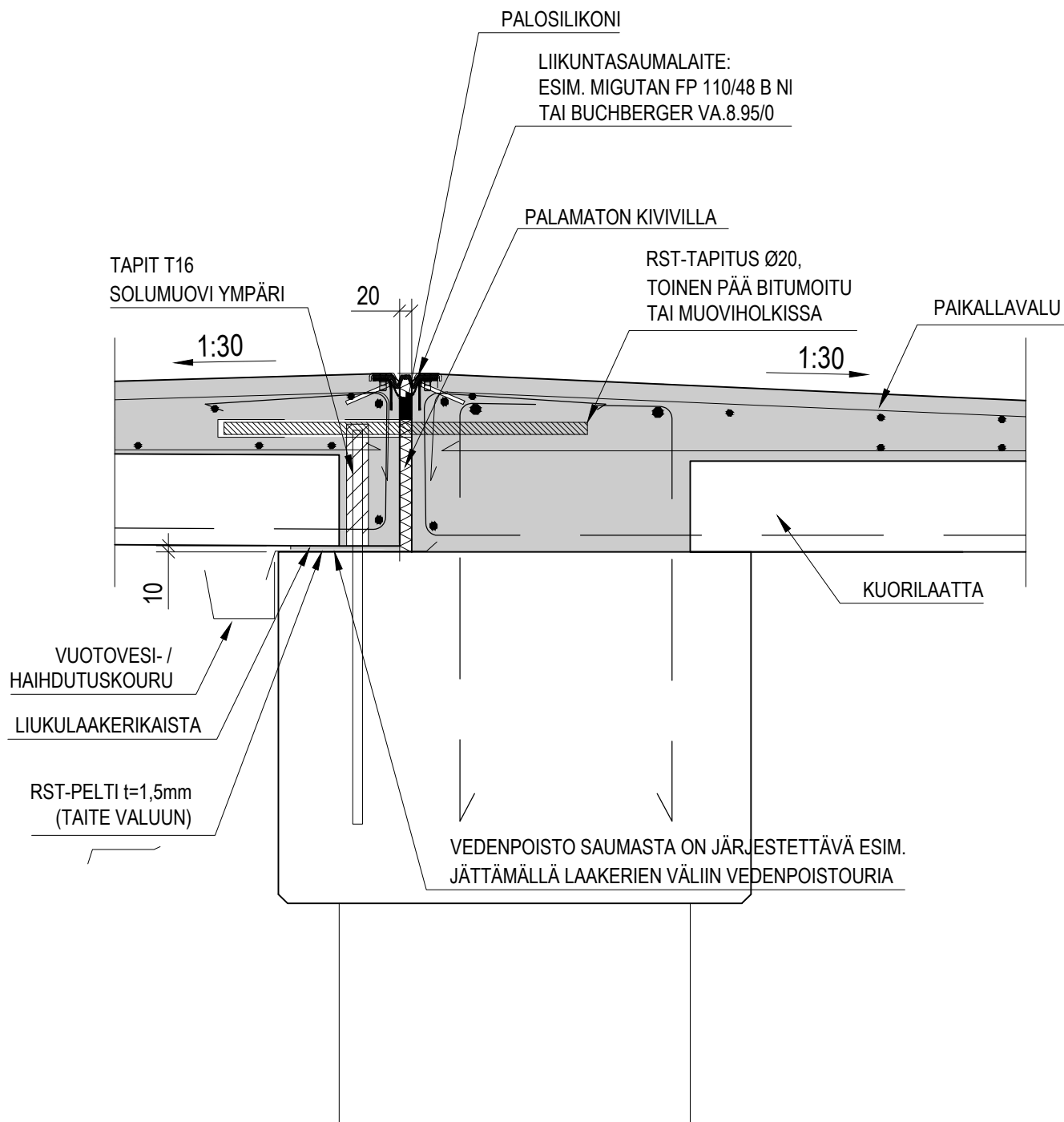


PROJEKTI	PIHAKANSI, VEDENERISTYKSEN YLÖSNOSTOT JA LIMITYKSET 3-KERMIRAKENTEES- SA, VE80 R	1:10
	Päiväys	DET VE104

Työohje:

- Veden poistumisreitit eri rakennekerroksista suunnitellaan käyttäen esim. vaakasalaojitusta. Veden juoksuttamista liikuntasauvojen yli on vältettävä.
- Rakenteen suunnittelussa huomioidaan kaukaloperiaate ja sen toteutuminen.
- Liikuntasauvan sisältävät holkat edellyttävät erityistä tarkkuutta suunnittelussa.
- Vetokokeella voidaan varmistaa kermin tartunta alustaansa. Nyrkkisääntönä voidaan pitää n. $\frac{1}{3}$ silloille asetetuista vaatimuksista.
- Vedeneristuksen betonialusta sinkopuhdistetaan tai hiotaan, imuroidaan pölystä ja tartuntasivellään riittävän tartunnan aikaansaamiseksi ennen kermin kiinnitystä.
- Kermit kiinnitetään kauttaaltaan hitsaten.
- Kermit limitetään sivusaumoilta vähintään 100 mm ja päätysaumoilta 150 mm siten, että päällekkäisten kerrosten kermit ovat samansuuntaiset eivätkä saumat ole päällekkäin.
- Ylösnostot tehdään erillisillä nostopaloilla.
- Kermin yläreuna kiinnitetään mekaanisesti aluslevyllisin kiinnikkein K200, esim. betoninaulalla. Vedeneristeen yläreuna tiivistetään tarvittaessa kittaamalla esim. kumibitumikitillä.
- Vedeneristys on suojattava lämmöneristelevyllä vedeneristystyön päätyttyä.
- Lämmöneristeen kuormituskestävyys on tarkistettava tapauskohtaisesti.
- Lämmöneristyslevyt ladotaan tiiviisti toisiinsa.
- Suodatinkangas levitetään irrallisena lämmöneristeen päälle n. 200 mm limityksellä.
- Pintarakenteen liitos seinään tehdään niin, että rakenteiden välissä käytetään joustavaa kaistaa, joka mahdollistaa pintarakenteiden liikkeitä aiheuttamatta rasituksia seinärakenteeseen tai vedeneristykseen.
- Pintarakenteiden kantavana kerroksena käytetään yleensä raudoitettua betonilaattaa, joka mitoitetaan tapauskohtaisesti. Reunoille, läpivientien ja kaivon ympärille tehdään lisäraudoitus.
- Kulutuskerroksena voi olla esimerkiksi betoni, betonilaatat, luonnonkivet tai asfaltti.
- Kevyesti liikennöidyillä tasoilla (ei ajoneuvoliikennettä) pintalaatoitus esimerkiksi sidekivillä tai laattamaisemilla betonilaatoilla voidaan tehdä suoraan lämmöneristeen ja suodatinkankaan päälle tulevalle asennussepelille.
- Kevyemmissä rakenteissa (ei teräsbetonilaattaa vedeneristuksen yläpuolella) istutusten kohdalla kasvien juurien tunkeutuminen vedeneristeen läpi estetään sopivalla eristyskermillä esim. Kerabit Juurisuoja.
- Kulutuspinnan yläpuolelle jäävä vedeneristuksen ylösnosto suojataan esim. vanerilla ja pellityksellä.

PROJEKTI	LIIKUNTASAUMA PYSÄKÖINTITASO, KUORILAATTARAKENNE	1:10
	Päiväys	DET LS101



PROJEKTI

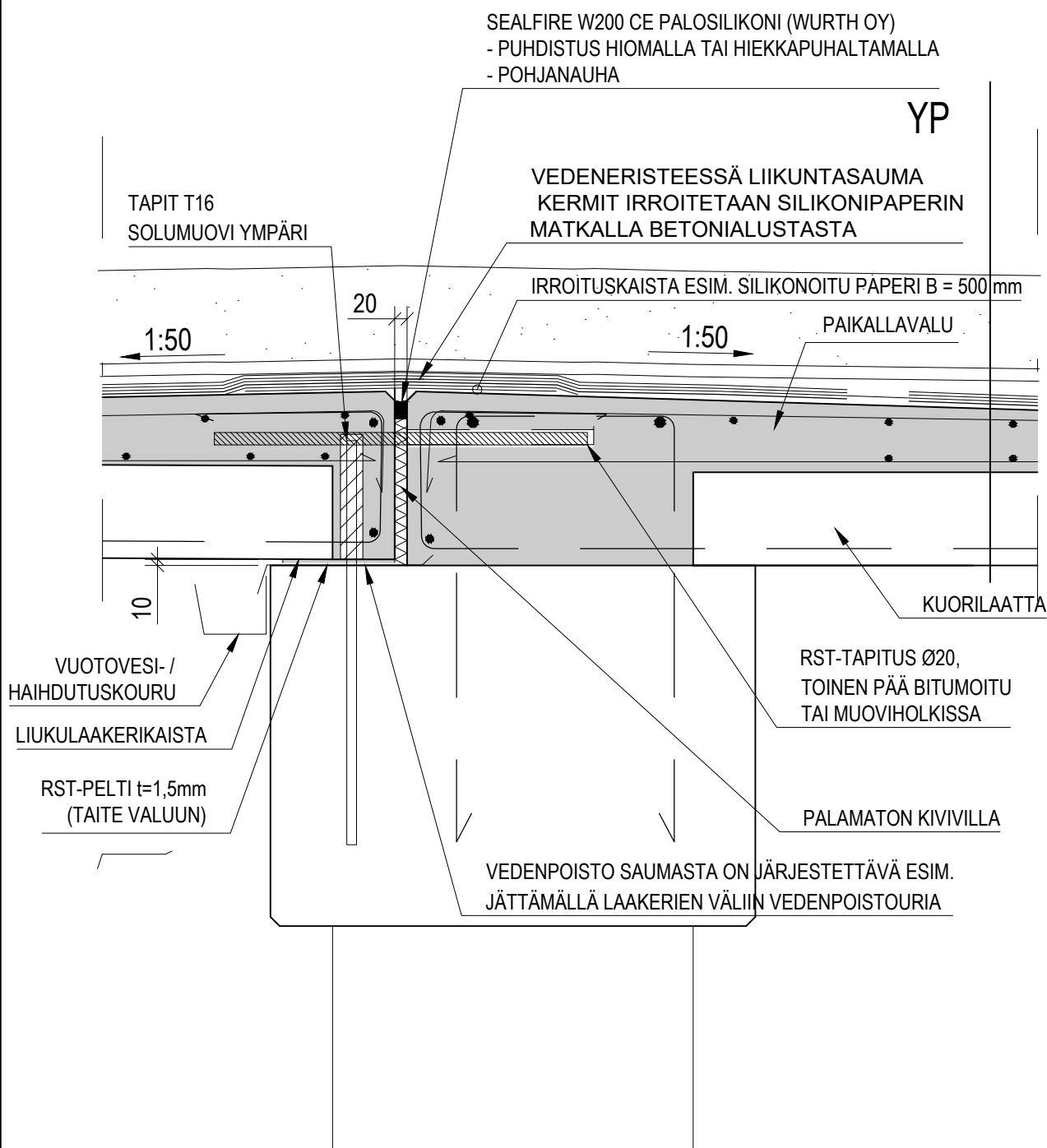
LIIKUNTASAUMA
YLÄPOHJA, KUORILAATTARAKENNE

1:10


A-INSINÖÖRIT

Päiväys

DET LS102



PROJEKTI

LIIKUNTASAUMA

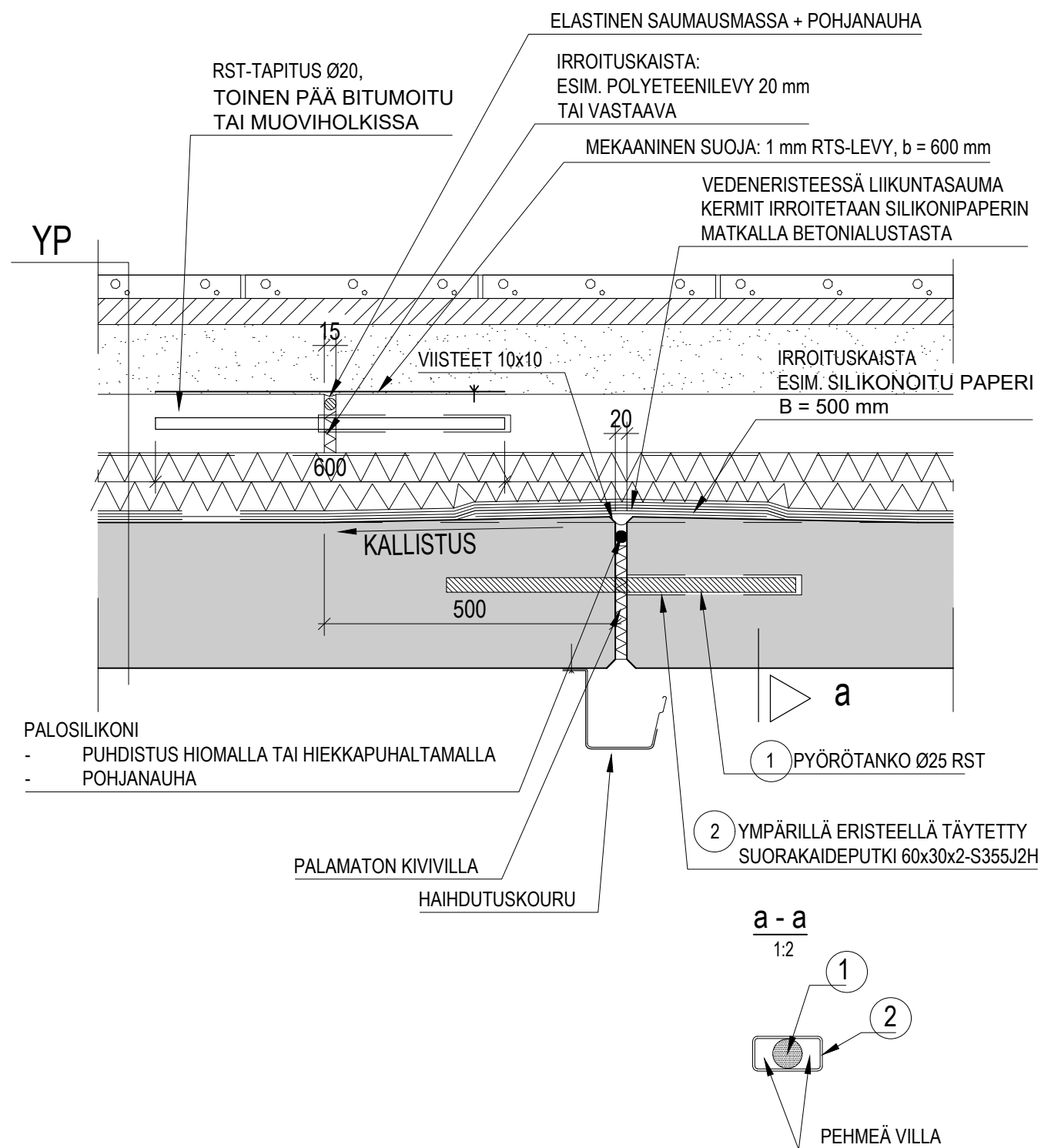
1:10

YLÄPOHJA, PINTALAATAN LIIKUNTASAUMA


A-INSINÖÖRIT

Päiväys

DET LS103



PROJEKTI

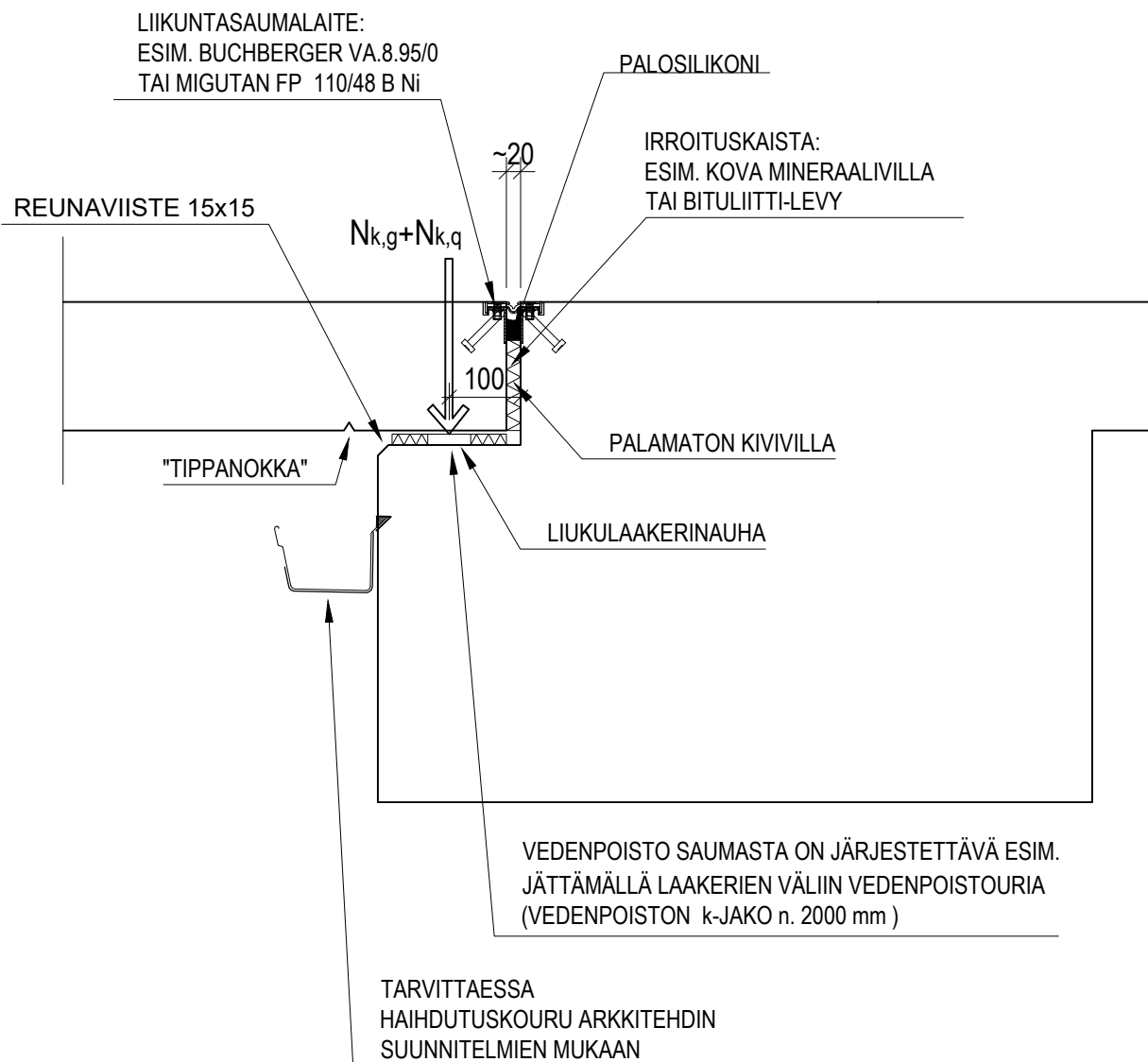
LIIKUNTASAUMA
PYSÄKÖINTITASO, PALKKILAATTA

1:10


A-INSINÖÖRIT

Päiväys

DET LS104



PROJEKTI

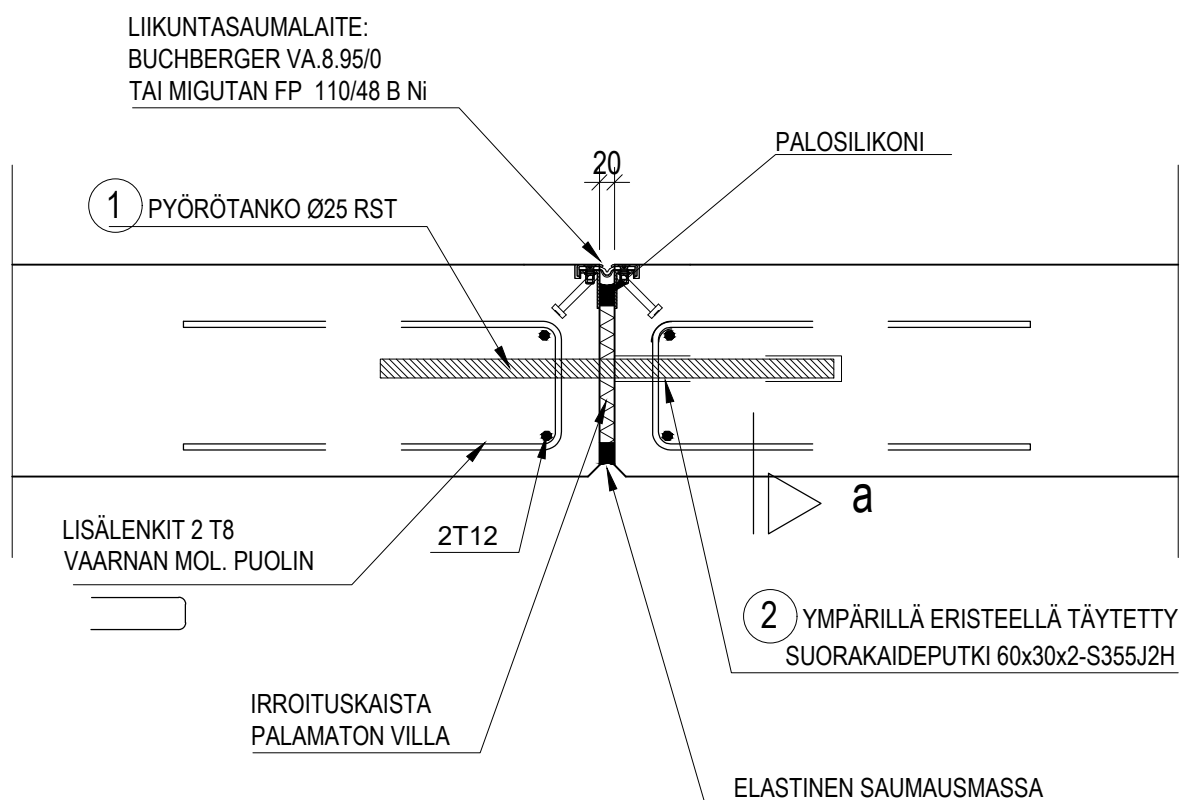
LIIKUNTAUSAUMA
AJORAMPPI

1:10


A-INSINÖÖRIT

Päiväys

DET LS106



a - a
1:2

