

Yleinen seinäelementtien pystyliitosten vaijerilenkkiohje

Aki Kemppainen

Suunnittelupäällikkö, Sweco Finland Oy
aki.kemppainen@sweco.fi

Betonelementtiteollisuus ry:n elementtijaos on laatinut *Yleisen seinäelementtien pystyliitosten vaijerilenkkiohjeen*. Ohjekortin laatimiseen on osallistunut asiantuntijaryhmä, jonka aktiivisia jäseniä ovat olleet *Tonja Tynys* (Peikko), *Antti Lääkkö* (Semtu), *Pasi Salmela* (Parma), *Janne Kihula* (RTT) sekä *Kim Johansson* (BY). Ohjekortin on kirjoittanut *Aki Kemppainen*, ja taustalaskelmia on tehnyt *Tiago Magnus* (Sweco).

Ohjeen tavoitteena on mahdollistaa eri valmistajien samankaltaisten vaijerilenkkituotteiden keskinäinen vaihdettavuus ja ristikkäiskäyttö. Suomessa vallitsevan käytännön mukaan elementtisuunnitelmissa määritellyjä vaijerilenkkituotteita ei saa vaihtaa toisen valmistajan vastaaviin tuotteisiin ilman suunnittelijan hyväksyntää, eikä eri valmistajien tuotteita ole saanut käyttää keskenään ristiin. Suunnittelija mitoittaa lisäksi vaijerilenkkien määrät saumakohtaisesti suunnitelmissa esitetyn valmistajan kestävyysarvojen perusteella. Koska valmistajien välillä esiintyy eroja kestävyysarvoissa, tämä on vaikeuttanut entisestään teknisesti samankaltaisten vaijerilenkkituotteiden keskinäistä vaihdettavuutta.

Nyt julkaistu vaijerilenkkiohje määrittelee samankaltaisten vaijerilenkkituotteiden mitoitusperiaatteet, yhteensopivuusvaatimukset sekä pystysuuntaisen leikkauskestävyyden V_{Rd} eri valmistajien välillä. Tämä mahdollistaa vaijerilenkkituotteiden vaihdettavuuden ja ristikkäiskäytön elementtitehtailla ilman

1 Kuva peltisestä vaijerilenkkikotelosta.

2 Vaijerilenkkiliitos elementissä.



rakennesuunnittelijan erillistä hyväksyntää, edellyttäen että vaijerilenkit on merkitty suunnitelmiin vaijerilenkkiohjeen mukaisesti ja käytettävät vaijerilenkkituotteet täyttävät ohjeessa asetetut vaatimukset.

Vaijerilenkkiohje on saatavilla ja ladattavissa Elementtisuunnittelu.fi-sivustolta.

Mitä vaijerilenkillä ohjeessa tarkoitetaan?

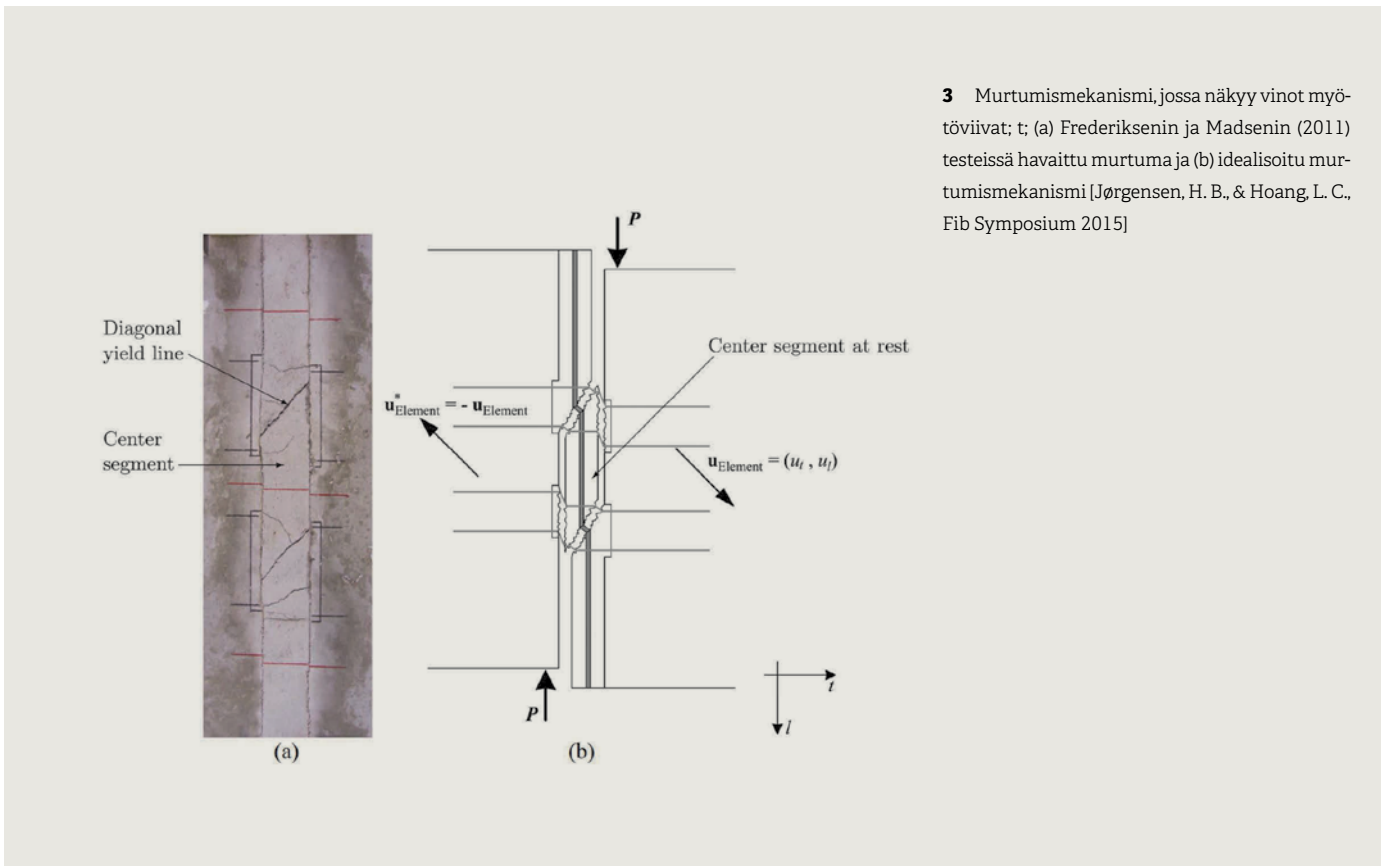
Vaijerilenkeillä tarkoitetaan yksilenkkisiä vaijerilenkkikoteloita, jotka koostuvat vaar-nakotelosta ja sen läpi pujotetusta korkealujuuksisesta teräsvaijerista. Vaijerilenkkejä käytetään betonelementtien pystysuuntaisissa liitoksissa, joissa elementtien välisessä liitoksessa edellytetään leikkausvoiman siirtoa. Ohje käsittelee vaijerilenkkien toimintaa betonelementtien pituussuuntaisen leikkaus-

voiman siirrossa, eikä siinä tarkastella muita liitostyyppisiä tai kuormitustilanteita.

Betonelementtien pystysaumoissa käytettävä elementtiliitostyyppi määritetään saumaan kohdistuvien kuormitusten perusteella. Liitostyyppi on valittava siten, että se kykenee luotettavasti siirtämään liitokseen syntyvät voimat. Elementtiliitoksissa on kuitenkin suositeltavaa suosia standardoituja ja vakioituja liitosratkaisuja, jotta elementtien valmistus säilyy kustannustehokkaana sekä asennusprosessin ennakoitavuus ja elementtiasennuksen sujuvuus voidaan varmistaa.

Käytettävät saumamuodot on esitetty Elementtisuunnittelu.fi-sivustolla julkaistuissa betonelementtien vakioliitospuurustuksissa. Piirustukset ovat saatavilla sekä DWG- että PDF-muodossa.





3 Murtumismekanismi, jossa näkyy vinot myötöviivat; t; (a) Frederiksenin ja Madsenin (2011) testeissä havaittu murtuma ja (b) idealisoitu murtumismekanismi [Jørgensen, H. B., & Hoang, L. C., Fib Symposium 2015]

Vaijerilenkkien mitoitusperiaate

Vaijerilenkkiohjeessa käytetään tanskalaista vaijerilenkkien mitoitusohjetta *BEF Bulletin No. 2*, joka perustuu Jørgensen H.B.:n, Hoang L.C.:n ja Hagsten L.G.:n tekemiin laajoihin tutkimuksiin. Ohjeen on julkaissut tanskalainen betoniyhdistys, ja sen laatimiseen ovat osallistuneet edellä mainitut tutkijat.

Vaijerilenkkiliitoksen kapasiteetti perustuu sauman leikkaukskapasiteettiin, jonka laskentamenetelmä on kehitetty huomioimaan kaksi mahdollista murtomuotoa: suoraleikkauksmurto ja diagonaalinen leikkauksmurto. Vaijerilenkkiliitosten leikkaukskapasiteetti perustuu kokeellisesti havaittuihin murtomekanismeihin. Molemmissa murtotapauksissa vaijerilenkin on oltava liitoksen vahvin osa, jotta liitoksen murtotapa on sitkeä.

Korkealujuusvaijerilenkit ovat erittäin lujia mutta hauraita, eivätkä ne käyttydy plastisesti. Tämän vuoksi ne voivat katketa äkillisesti ilman ennakkovaroitusta. Mitoituksen lähtökohtana on, että murtuminen tapahtuu ensisijaisesti saumalaastissa eikä vaijerilenkeissä. Näin varmistetaan, että liitoksen murtomekanismi on sitkeä, eli saumassa tapahtuu merkittävää muodonmuutosta ennen murtumista.

Liitoksen toimintaperiaate

Pystysaumaliitoksen pituussuuntainen leikkauksvoima jakaantuu sauman kuormitustilanteessa vaarnan vaikutusalueella vinoon

puristuskomponenttiin ja vaakasuoraan vetokomponenttiin.

Leikkauksvoiman vino puristuskomponentti välittyy vaarnojen muodostamien vaarnojen betoni-betoni-liitos- ja tartuntapintojen välityksellä liitettävälle betonielementeille.

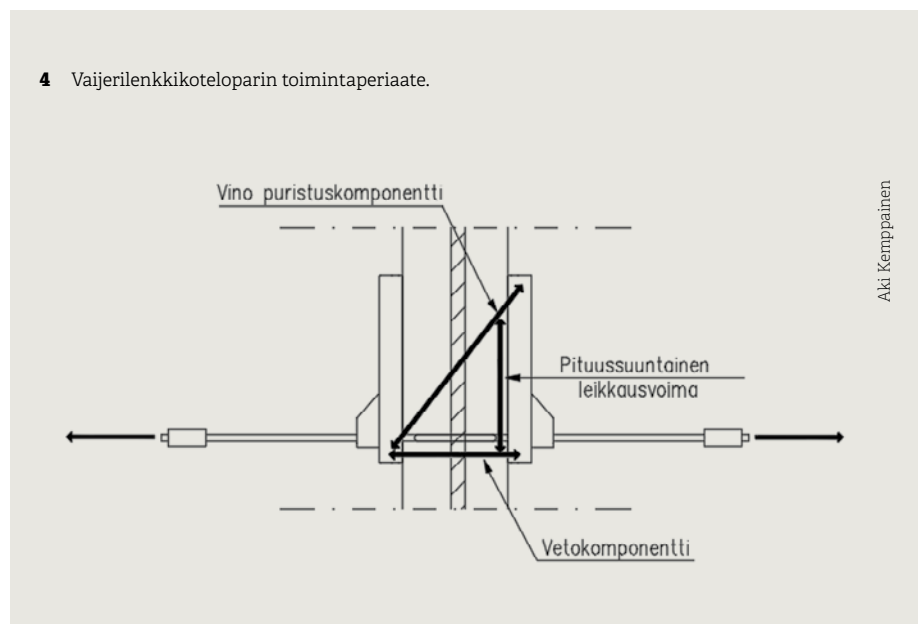
Leikkauksvoiman vaakakomponentti siirtyy elementin saumaan betonin ja vaijerilenkin suoran osuuden ja puristeholkin tartunnan välityksellä. Leikkauksvoiman vaakakomponentti siirtyy elementtien välisessä saumassa

vetoliitoksena, jonka muodostavat vastakkaisen elementtien vaijerilenkit. Lenkkien läpi asennetaan harjaterästanko ja koko elementtisauma täytetään huolellisesti saumabetonilla.

Pystyliitoksien voimien määrittäminen

Elementtisaumoihin vaikuttavien voimien määrittäminen voidaan suorittaa joko käsilaskennan menetelmin tai hyödyntämällä rakennelaskentamallia, joka perustuu elementtimenetelmään (FEM). Kuitenkin ele-

4 Vaijerilenkkikoteloparin toimintaperiaate.



Aki Kempainen

5 Vaijerilenkkejä elementeissä.



Lipa-Betoni Oy

5

menttisaumaan kohdistuva pystysuuntainen leikkausvoima oletetaan jakautuvan kerroksittain yksittäisessä saumassa tasan saumassa olevien vaijerilenkkikoteloparien kesken.

Taulukossa 1 on esitetty yleisesti käytettävän vaijerilenkkikoteloparin pystysuuntainen leikkauskestävyys V_{Rd} .

Ohjeessa on määritelty myös onnettomuus-tilanteen pystysuunnainen leikkauskestävyys.

**Kuormien jakautuminen
rakennelaskentamallissa**

Rakennelaskentamallin on vastattava mahdollisimman hyvin rakenteen todellista käyttäytymistä. Elementtiliitokset tulee mallintaa oikein, ja nivel-liitosten momenttijäykkyys on vapautettava, jotta vältetään epärealististen

voimien siirtyminen muihin rakenteisiin.

Pysty- ja vaakasaumojen leikkausrasitukset voidaan ottaa suoraan rakennelaskentamallista ja mitoittaa Eurokoodin mukaisesti. Linearisessa analyysissä suurimmat leikkausvoimat esiintyvät yleensä noin kolmanneksen korkeudella rakenteen kokonaiskorkeudesta. Saumojen osittainen plastisoituminen voidaan huomioida rasitusten jakautumisessa, mutta täydellistä plastisoitumista ei tule olettaa ilman erillistä analyysiä. Elementtisaumaan kohdistuva pystysuuntainen leikkausvoima oletetaan jakautuvan kerroksittain yksittäisessä saumassa tasan saumassa olevien vaijerilenkkikoteloparien kesken.

Rakennelaskentamallit eivät yleensä huomioi vaiheittaista rakentamista, vaan lisäävät

kuormat kerralla valmiille rakenteelle. Tällöin kuormat jakautuvat jäykkyyden perusteella ja keskittyvät jäykempiin osiin, mikä voi poiketa merkittävästi todellisesta tilanteesta. Kerros kerrallaan etenevässä rakentamisessa kuormitukset ja rakenteiden jäykkyydet muuttuvat työn edetessä, ja tämä tulisi huomioida rakennelaskennassa.

Kun vaiheittainen rakentaminen jätetään huomioimatta, pystykuormat (omapaino ja hyötykuormat) voivat aiheuttaa rakenteisiin ylimäärisiä ja epärealistisia rasituksia. Runkoa käsitellään yhtenä kokonaisuutena, mikä voi johtaa muodonmuutoksiin, joissa ylemmät kerrokset ikään kuin riippuvat alemmista. Tämä voi synnyttää ei-toivottuja leikkausvoimia erityisesti jäykistävässä seinissä.

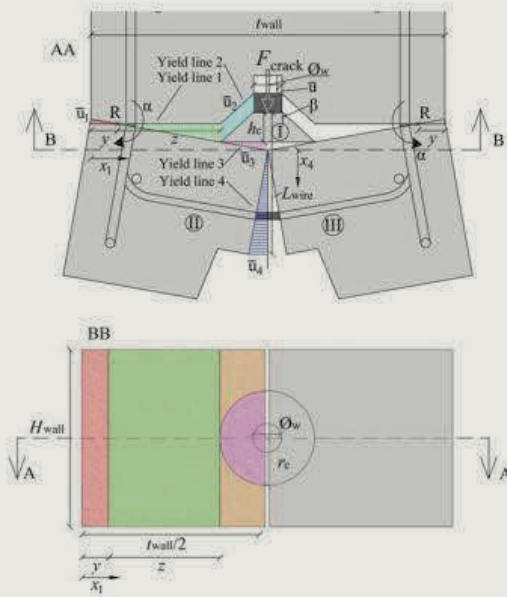
Rakennelaskentamallin tulosten oikea tulkinta edellyttää asiantuntemusta ali ja ylimitoituksen välttämiseksi. Saumatyypeissä tulisi suosia rakenteellisesti selkeitä ja yksinkertaisia ratkaisuja, jotka tukevat tehokasta suunnittelua, valmistusta ja asennusta. Rakennelaskennassa esiintyvät singulariteetit voivat aiheuttaa epärealistisia jännityshuippuja, mutta niiden vaikutuksia voidaan vähentää huolellisella ja tarkoituksenmukaisella mallinnuksella.

Taulukko 1

Pystysuuntainen leikkauskestävyys V_{Rd} (kN/vaijerilenkkikotelopari)

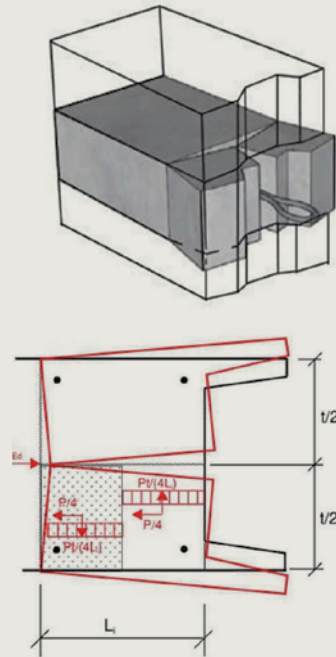
Betoniluokka	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
YVL 80-120	11,5	12,7	13,9	14,8	15,9	16,8

6 Idealisoitu murtumamekanismi ja halkeaman muodostuminen.



BEF Bulletin No. 8

7 Kuvaus paikallisesta lohkoutumismurtumasta ja siirtymästä, johon liittyy vaakasuora halkeama.



BEF Bulletin No. 8

Betonielementtien vaijerilenkkipäiden rauditus

Betonielementtien reuna-alueet, joissa käytetään vaijerilenkkejä, tulee raudittaa. Liitosta mitoitettaessa on kuitenkin huomioitava, että eurokoodien mukaisilla laskentakaavoilla tarkasteltuna betonielementin reunan kapasiteetti voi tietyissä tilanteissa olla riittävä myös ilman reuna-alueen raudoitusta.

Vaijerilenkkiliitoksen mitoitus on kuitenkin haastavaa. Eurokoodien laskentakaavat perustuvat yksinkertaistettuihin malleihin, jotka eivät kaikilta osin kuvaa vaijerilenkkiliitoksen todellista käyttäytymistä eivätkä ota suoraan huomioon väsyttäviä tai syklistä kuormia. Vaijerilenkkiliitokselta edellytetään rakenteellista sitkeyttä sekä kuormien uudelleenjakautumiskykyä, eikä näitä ominaisuuksia voida luotettavasti varmistaa raudoittamattomassa betonirakenteessa.

Vaijerilenkkiohjeeseen ollaan kevään 2026 aikana lisäämässä liite 4, jossa annetaan tarkempi ohjeistus betonielementtien reuna-alueiden eli vaijerilenkkien ankkurointi-alueiden raudoituksesta.

Ohjeistus perustuu Tanskan betonielementtiyhdistyksen keväällä 2026 julkaisemaan ohjeeseen *BEF Bulletin No. 8 Wiresøjfers forankringskapacitet i vægkanter*.

Käyttö ja rajoitteet

Valmistajalla tulee olla kansallinen tuotehyväksyntä, mikäli tuote ei kuulu CE-merkinnän piiriin. Tuotehyväksyntä voidaan osoittaa tyyppihyväksynnällä, varmennustodistuksella tai

rakennuspaikkakohtaisella varmentamisella. Rakennuspaikkakohtaisena varmentamisdokumenttina voidaan käyttää vapaaehtoista tuotesertifikaattia, jonka on myöntänyt kyseisen tuoteryhmän osalta ympäristöministeriön valtuuttama toimielin.

Betonielementtien tuotehyväksyntä edellyttää komponenttien jäljitettävyyttä, mikä korostaa tehtaiden dokumentaation sekä tuotekohtaisten tunnisteiden merkitystä erityisesti tilanteissa, joissa vaijerilenkkituotteiden vaihto ja ristikkäiskäyttö on mahdollista.

Vaijerilenkkejä saa käyttää ainoastaan valmistajien käyttöohjeiden mukaisesti. Yleisesti vaijerilenkkejä ei saa käyttää missään olosuhteissa nosto-osina, kiinnityspisteinä, dynaamisesti kuormitetuissa liitoksissa, momenttijäykissä liitoksissa tukimuurien tai vastaavien maanpainerasitetuissa seinäliitoksissa.

Vaijerilenkkiohje ei mahdollista kahden vierekkäisen vaijerilenkin käyttöä eli yksilenkkisiä vaijerilenkkikoteloita ei saa käyttää ns. tuplavaijerilenkkiliitokseen, koska kyseistä liitosta ei ole kokeellisesti varmennettu ja yksilenkkisen vaijerilenkkikotelon laskentamennelmä perustuu kokeellisesti varmennettuun mitoitusmalliin.

Miten ohjekorttia käytetään

Suunnittelija määrittelee yleisen vaijerilenkin betonielementtisuunnitelmaan. Saumassa käytettävä vaijerilenkkijako määräytyy saumaan kohdistuvan pystysuuntaisen leikkausvoiman perusteella. Vaijerilenkin vakio pituus 80/100/120 määräytyy käytettävän saumaty-

pin mukaan. Yleisestä vaijerilenkistä käytetään lyhennettä YVL.

Yleisen vaijerilenkin määrittely

1. Suunnittelija laskee betonielementtisaumoihin kohdistuvat pystysuuntaiset leikkausvoimat.
2. Suunnittelija määrittää saumassa käytettävän vaijerilenkkijaon. Jako perustuu saumaan kohdistuvaan pystysuuntaiseen leikkausvoimaan sekä yleisen vaijerilenkkikoteloparin pystysuuntaiseen leikkauskestävyyteen. Pystysuuntaisen leikkausvoiman oletetaan jakautuvan kerroksittain yksittäisessä saumassa tasaisesti saumassa olevien vaijerilenkkikoteloparien kesken.
3. Vaijerilenkin pituus määräytyy käytettävän saumatyypin mukaan siten, että vaijerilenkin limititys ja asento ovat ohjeistuksen mukaiset.
4. Suunnittelija merkitsee elementtisuunnitelmaan yleisen vaijerilenkin, vaijerilenkkijaon ja vaijerilenkin pituuden, esimerkiksi YVL80k400. Lisäksi elementtipiirustukseen mitoitetaan vaijerilenkkien sijainnit elementin reunoista sekä vaijerilenkkijako.
5. Elementtivalmistaja voi käyttää saumassa yksilenkkistä vaijerilenkkituotetta, joka täyttää vaijerilenkkiohjeen vaatimukset, kun elementtipiirustukseen on merkitty yleinen vaijerilenkki.
6. Vaijerilenkit asennetaan elementtitehtaalla muotteihin vaijerilenkkivalmistajien ohjeiden mukaisesti.



8

8 Betonielementtien vaijerilenkkisauma.

9 Pystysauman pumppaus.

10 Uuden julkaisun Yleinen seinäelementtien pystyliitosten vaijerilenkkiohjeen kansi. Vaijerilenkkiohje on saatavilla ja ladattavissa [Elementtisuunnittelu.fi](https://www.elementtisuunnittelu.fi)-sivustolta.



Peikko Group Oy

9



10

Toteutus työmaalla

Työturvallisuus on keskeistä betonielementtiliitosten suunnittelussa. Liitokset tulee pyrkiä asentamaan rakennuksen sisältä ilman nostoapuvälineitä ja välttää työskentelyä ulkopuolella tai kuiluissa. Nämä periaatteet on esitettävä selkeästi betonielementtiasennussuunnitelmissa.

Suunnittelussa on huomioitava asennusaikeiset kuormitukset, kuten tuuli, toispuoleiset asennukset ja työnaikaiset jäykistysvoimat, jotka voivat poiketa lopullisista kuormituksista. Liitokset toteutetaan kerros kerrallaan kantavan rungon etenemisen mukaan, eikä useamman kerroksen asentaminen työnaikaisella tuennalla ole sallittua.

Ennen seuraavan kerroksen asennusta on varmistettava betonin ja laastien riittävä lujuus, erityisesti kylmissä olosuhteissa ja

kapeissa saumoissa. Lujuuden kehitystä voidaan seurata lämpötilaloggereilla. Saumojen toteutuksessa noudatetaan BY65-normeja ja toteutuseritelmaa käyttäen olosuhteisiin soveltuvia materiaaleja ja työmenetelmiä.

Saumojen pumppauksen on oltava täysin onnistunut, jotta sauma täyttyy kokonaan betonilla ja toimii rakenteellisesti suunnitellulla tavalla. Tyhjätkohdat heikentävät sauman kestävyyttä. Jos pumppauksen luotettavuudesta on epäilystä, suositellaan vaihtoehtona sauman pystyvalua juotosbetonilla, erityisesti rakenteellisesti haastavissa liitoksissa, kuten T-liitoksissa. •

Lisätietoja: Yleinen seinäelementtien pystyliitosten vaijerilenkkiohje on saatavilla ja ladattavissa [Elementtisuunnittelu.fi](https://www.elementtisuunnittelu.fi)-sivustolta.