

PSB®-lävistysraudoitusjärjestelmän tekniset vaatimukset



Lävistysmurrolta suojaava raudoitus

PSB®-lävistysraudoitusta käytetään pääasiassa pystysuuntaisena raudoituksena, jolla parannetaan betonilaattojen lävistyskestävyyttä. PSB®-lävistysraudoituksen ominaisuudet ja sillä raudoitettujen laattojen kestävyys on sisällytetty eurooppalaiseen tekniseen arviointiin ETA-13/0151.

PSB®-lävistysraudoitus toimitetaan raudoituselementteinä, jotka koostuvat kaksipäisistä tyssäankkureista kiinnitettynä asennuskiskoon. PSB®-lävistysraudoitus on suunniteltu ja valmistettu käytettäväksi joko paikallavalussa tai betonielementeissä. Tyssätyt päät toimivat raudoituksen ankkurointina ja integroituvat yhteen laatan muun raudoituksen kanssa.

Näissä teknisissä vaatimuksissa esitetään PSB lävistysraudoituksella varustettujen paalulaattojen suunnittelulle ja toteutukselle asetetut vaatimukset. Teknisissä vaatimuksissa on määritetty minimivaatimukset normaaleissa ilmasto- ja maaolosuhteissa. Tekniset vaatimukset koskevat PSB-lävistysraudoitettuja paalulaattoja, joiden rasitukset voidaan olettaa olevan staattiset.

Tuote on ETA hyväksytty staattisille ja osin dynaamisille kuormille (ETA 13/0151). PSB®-lävistysraudoituksella raudoitettujen laattojen suorituskyky on todennettu Lausannen teknillisessä korkeakoulussa (Swiss Federal Institute of Technology, EPFL) vuonna 2012 suoritetuissa täyden mittakaavan kokeissa.

Näissä teknisissä vaatimuksissa on otettu huomioon lisäksi Väyläviraston taitorakenneyksikölle tehty asiantuntijalausunto Peikko PSB raudoituksen käyttö paalulaatan lävistysraudoituksena, Anssi Laaksonen, 24.3.2023.

SISÄLLYSLUETTELO

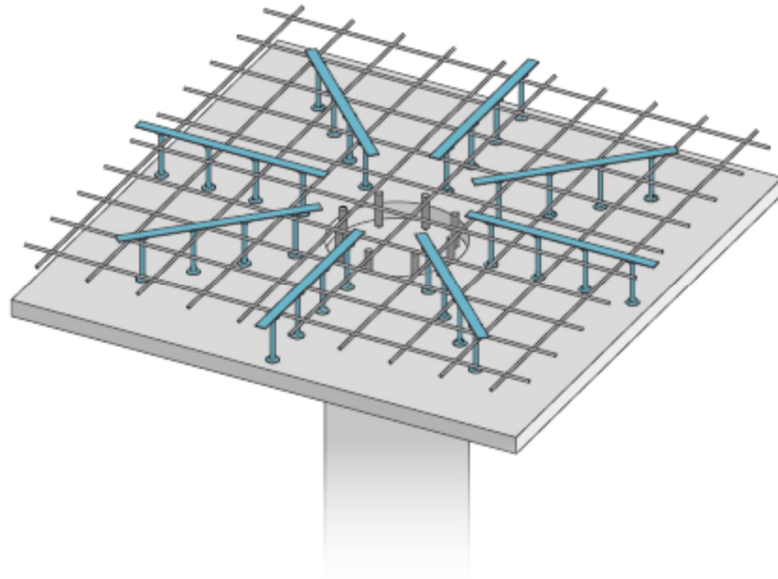
PSB®-lävistysraudoituksen ominaisuudet

1. TUOTTEEN OMINAISUUDET
 - 1.1 Suunnittelussa noudatettavat ohjeet
 - 1.2 Rakenteellinen toiminta
 - 1.3 Käyttöolosuhteet
 - 1.4 Muut olosuhteet
 - 1.5 Lävistysraudoituksen mitat
2. KESTÄVYYDET
3. LÄVISTYSRAUDOITUKSEN ASENNUS
 - 3.1 Paalulaatat
 - 3.2 Asennustoleranssit

PSB®-lävistysraudoituksen asennus

1. TUOTTEEN OMINAISUUDET

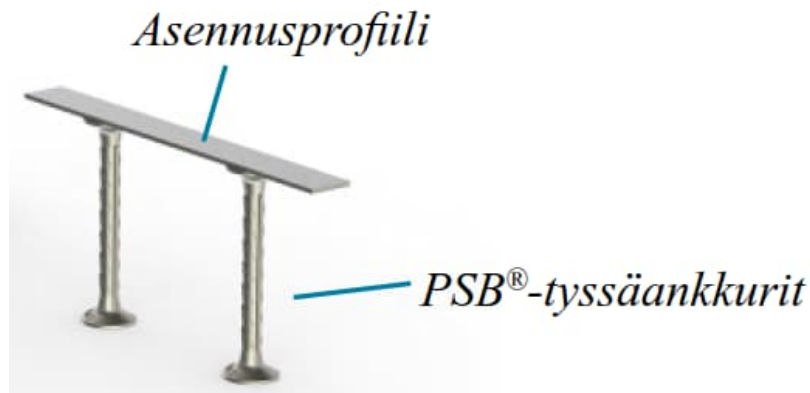
PSB®-elementit koostuvat kaksipäisistä teräksistä tyssäankkureista, jotka on kiinnitetty toisiinsa asennuskiskojen avulla (Kuva 2). Asennuskisko ei kannaa kuormaa; sen tarkoitus on varmistaa tyssäankkurien oikea jako ja sijainti asennuksen aikana.



Kuva 1. Laatta PSB®- lävistysraudoitettuna.

Tukien välissä laatta on yleensä suunniteltu kahteen suuntaan kantavaksi. Tukien kohdalla momenttien aiheuttamaan rasitukseen yhdistyy paalujen tukireaktiot. Tämä aiheuttaa jännitystilaa, joka voi johtaa laatan hajoamiseen lävistysmurroksessa. Lävistyskestävyys on usein betonilaatan paksuuden määräävä tekijä.

Laatalla on hyvin rajoitetusti lävistyskestävyyttä ilman pystysuoraa raudoitusta. Lävistyskestävyyttä voi parantaa asentamalla PSB®-elementit estämään murtokartion muodostuminen pilarin päälle (Kuva 1).



Kuva 2. Saatavilla olevat PSB®-elementit.

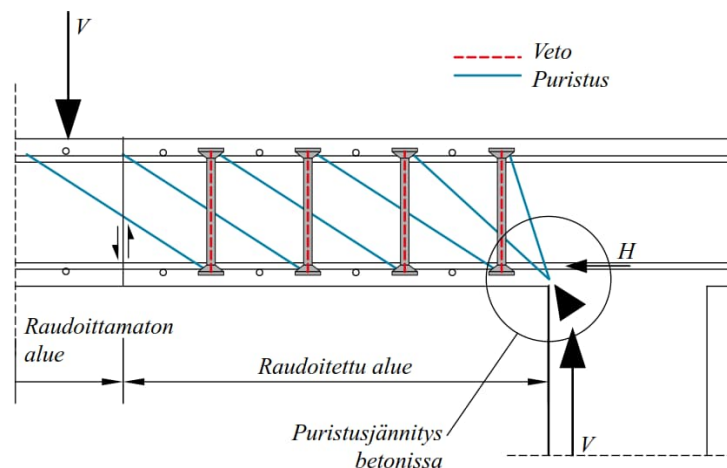
PSB®-lävistysraudoituksen asennus

1.1 Suunnittelussa noudatettavat ohjeet

Paalulaattojen suunnittelussa tulee noudattaa Eurokoodia ja erityisesti osia EN 1991, EN 1992 ja EN 1997. Suunnittelussa tulee edellä mainittujen lisäksi soveltaa Väyläviraston ohjeita (NCCI -sarja) koskien taitorakenteiden kuormituksia, betonirakenteiden suunnittelua ja geoteknistä suunnittelua. Lisäksi suunnittelussa on huomioitava *Asiantuntijalausunto Peikko PSB raudoituksen käyttö paalulaatan lävistysraudoituksena*, Anssi Laaksonen, 24.3.2023. Laatan lävistysmitoitus tehdään ETA 13/0151 ja EOTA TR 060 mukaisia tässä dokumentissa esitettyjä vaatimuksia noudattaen, kun käytetään PSB lävistysraudoitteita. [1] Lävistysraudoittamattoman laatan tapauksessa toimitaan Väyläviraston voimassa olevien ohjeiden mukaan. Lisäksi työn toteutuksessa on noudatettava InfraRYL osan *Sillat* vaatimuksia sekä tässä dokumentissa esitettyjä erityisvaatimuksia.

1.2 Rakenteellinen toiminta

PSB®-lävistysraudoitus on suunniteltu estämään vinojen lävistysmurtojen syntyminen. PSB®-lävistysraudoituksella varustetun laatan rakenteellista käyttäytymistä voi ajatella järjestelmänä, joka koostuu puristus- ja vetosauvoista (Kuva 3). PSB®-lävistysraudoituksen ankkurit toimivat tässä järjestelmässä pystysuorina vetosauvoina. Mekanismin toiminta riippuu muun muassa ankkurien vetokestävyydestä ja ankkurointikapasiteetista betonissa.



Kuva 3. Voimat PSB®-lävistysraudoituksella varustetussa laaatassa.

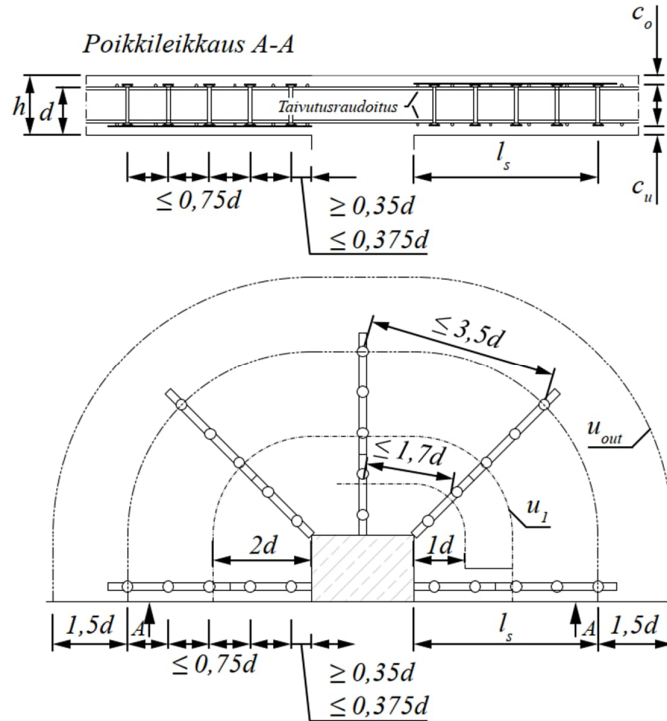
Laatan lävistyskestävyys määritellään seuraavasti:

- Laatan lävistyskestävyys ilman lävistysraudoitusta $V_{Rd,c}$. Mitoitusmenettely Väyläviraston ohjeiden mukaan (NCCI sarja).
- Laatan lävistyskestävyys PSB®-lävistysraudoituksella raidoitettuna $V_{Rd,s}$
- Laatan suurin lävistyskestävyys PSB®-lävistysraudoituksella raidoitettuna $V_{Rd,max}$.

ETA-13/0151-hyväksynnän suositusten mukaisella PSB®-lävistysraudoituksella raidoitettu laatta on esitetty *Kuvassa 4*. Tavallisesti PSB®-elementit sijoitetaan säteittäin pilarin ympärille. Vaihtoehtonen sijoittelu on myös mahdollista, mikäli PSB®-tyssäankkurien suurimman jakovälin rajoituksia noudatetaan.

PSB®-lävistysraudoituksen asennus

[1] Muttoni, A. Bujnak, J. "Performance of slabs reinforced by Peikko PSB studs demonstrated by full scale tests and validated by ETA approval starting April 2013" Concrete connection 01/2013, Customer magazine of Peikko Group. Suomenkielinen käännös: Peikon lehti 01/2013.



Kuva 4. PSB®-tyssäankkureilla raudoitettu paalulaatta.

Laatan kestävyys tarkistuspiirillä u_1 ilman lävistysraudoitusta määrittyy EOTA TR 060 yhtälön 2.10 mukaan:

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \geq (v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp})$$

Leikkausrasitus perustarkistuspiirillä lasketaan EOTA TR 060 yhtälöllä 2.5:

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_1 \cdot d}$$

missä β on pilarin sijainnin määrittelemä (EOTA TR 060 (2.6)) osavarmuuskerroin (Paalulaatoilla keskellä laattaa $\beta = 1,15$, laatan reunassa $\beta = 1,4$ ja laatan nurkassa $\beta = 1,5$. Laatan reunassa ja nurkassa kertoimelle β voidaan antaa päivitetty arvo asiantuntijalausunnan, Anssi Laaksonen, 24.3.2023 periaatteen mukaan:

- Mikäli pilarin keskilinja on etäisyydellä $Lx1/2$ laatan reunasta, niin $\beta = 1,15$
- Mikäli pilarin sivu on laatan reunassa, niin $\beta = 1,4$
- Kertoimen β arvot tällä välillä voidaan lineaarisesti interpoloida

PSB®-lävistysraudoituksen asennus

u_1 on perustarkistuspiirin pituus ja d on laatan tehollinen paksuus (katso Kuva 4). Laatta täytyy raudoittaa PSB®-lävistysraudoituksella, jos:

$$v_{Rd,c} \leq v_{Ed}$$

Vähimmäismäärä PSB®-tyssäankkureiden kehä pilarin ympärillä määritellään laajentamalla tarkistuspiiriä EOTA TR 060 yhtälön 2.21 määrittelemään lisäpiirin arvoon u_{out} :

$$u_{out} = \frac{\beta_{red} \cdot V_{Ed}}{v_{Rd,c} \cdot d}$$

missä $v_{Rd,c}$ lasketaan EOTA TR 060 yhtälön 2.10 mukaan, jossa $C_{Rd,c} = 0,18/\gamma_c$.

PSB®-elementtien kestävyys varmistetaan yhtälöllä 2.20 laattaperustoille.

1.3 Käyttöolosuhteet

PSB®-lävistysraudoituksella raudoitettujen paalulaattojen enimmäispaksuus on 500 mm.

PSB®-lävistysraudoituksella raudoitettujen laatan suurin kestävyys lasketaan EOTA TR 060 yhtälön 2.17 sekä ETA-13/0151 kohdan 3.1 mukaan.

$$v_{Rd,max} = 1,7 \cdot v_{Rd,c} \geq v_{Ed}$$

Laatan maksimilävistyskestävyys tulee tarkistaa 1992-1-1 mukaisesti. Jos eurokoodin mukainen laatan maksimikestävyys ylittyy, riittävää kestävyyttä ei voida saavuttaa pystysuuntaisilla teräsraudoituksilla (perinteinen hakaraudoitus tai PSB).

1.4 Muut ominaisuudet

Tekniset vaatimukset ja ETA-13/0151 hyväksyntä kattavat halkaisijaltaan 10, 12, 14, 16, 20 tai 25 mm PSB®-tyssäankkureiden käytön. Suuremmilla ankkureilla varustettuja elementtejä voidaan myös valmistaa, mutta ne eivät kuulu ETA-13/0151-hyväksynnän piiriin. Kaikkien tyssäankkurien tyssäankkurin halkaisija on kolme kertaa ankkurin tangon halkaisija.

PSB®-lävistysraudoitus on valmistettu seuraavista materiaaleista:

Asennuskisko	S235JR	EN 10025-2
PSB®-tyssäankkurit	B500B	EN 10080

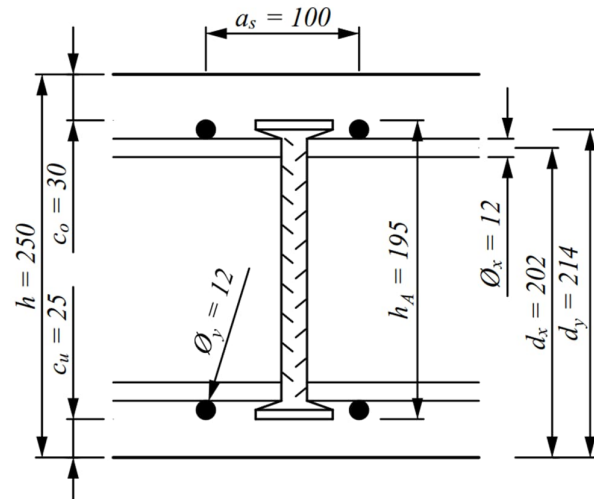
Peikko Groupin tuotantoyksiköt ovat ulkoisen laadunvalvonnan alaisia ja ne auditoidaan määräajoin eri riippumattomien tarkastuslaitosten toimesta tuotanto- ja tuotehyväksyntöjen mukaan.

PSB®-lävistysraudoituksen asennus

1.5 Lävistysraudoituksen mitat

Lävistysraudoituksen mitat määräytyvät laatan paksuuden, taivutusraudoituksen sijainnin ja lävistysmitoituksen kautta. Mitoitus tehdään tässä asiakirjassa esitetyillä menetelmillä. Tyssäankkuri sijoitetaan pääraudoituksen kanssa samaan poikkileikkaukseen viereisen kuvan mukaisesti. Tämän dokumentin liitteenä on tyyppisille paaluille ja laattapaksuuksille valmiiksi suunnitellut lävistysraudoitusratkaisut.

Tyssäankkurin mitat (EOTA TR 060)



2. KESTÄVYYDET

Teknisissä vaatimuksissa käsitellään vain laatan mitoitusta lävistysraudoitettuna. Lävistysraudoittamattoman laatan mitoitus toteutetaan Väyläviraston voimassa olevaa ohjeistusta (NCCI -sarja) noudattaen. ETA-13/0151-hyväksynnän mukaiset yksittäisten PSB®-tyssäankkureiden kestävyysominaisarvot on esitetty *Taulukossa* Taulukko 1.

Taulukko 1. PSB®-tyssäankkureiden vetokestävyysominaisarvot.

Halkaisija	mm	10	12	14	16	20	25
Kestävyys	kN	39,3	56,5	77,0	100,5	157,1	245,4

PSB®-lävistysraudoituksella raudoitettujen betoniosien kestävyys täytyy varmistaa tapauskohtaisesti. Peikko Designer®-suunnitteluohjelmaa voidaan käyttää PSB®-lävistysraudoituksella raudoitettujen betoniosien suunnitteluun ja kestävyysominaisuuksien määrittämiseen ETA-13/0151 vaatimusten mukaisesti.

On suositeltavaa valita PSB®-lävistysraudoitus käyttöohjeessa esitetyistä esilasketuista lävistysraudotteista. Jos esilasketuista raudotteista ei löydy kohteeseen soveltuvaa ratkaisua voi Peikko laskea lävistysraudoitteet kohteeseen tämän suunnitteluperusteet-dokumentin mukaisesti.

PSB®-lävistysraudoituksen kokonaiskestävyys
(EOTA TR 060)

$$V_{Rd,sy} = m_c \cdot n_c \cdot \frac{d_A^2 \cdot \pi \cdot f_{yk}}{4 \cdot \gamma_s \cdot \eta}$$

$$\beta \cdot V_{Ed} \leq V_{Rd,sy}$$

$$V_{Rd,sy} = m_c \cdot n_c \cdot \frac{d_A^2 \cdot \pi \cdot f_{yk}}{4 \cdot \gamma_s \cdot \eta}$$

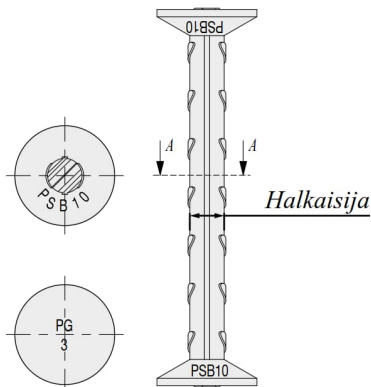
m_c = elementtien määrä

d_A = PSB®-tyssäankkurien varsien halkaisija

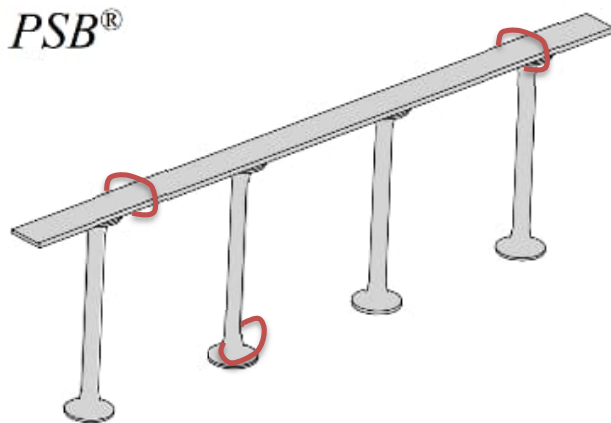
Pilarilaattojen rauditus PSB®-lävistysraudoituksella voidaan toteuttaa joko kahden ja kolmen ankkurin elementtien yhdistelmänä tai kokonaisina elementteinä, joissa kaikki ankkurit on hitsattu yhteen asennuskiskoon. *Kuvassa* on esitetty toisiaan vastaavat yhtenäisen ja kahdesta elementistä kootun lävistysraudoituksen esimerkit.

3. LÄVISTYSRAUDOITUKSEN ASENNUS

PSB®-lävistysraudoitus asennetaan valumuottiin suunnitelmien mukaisesti. PSB®-lävistysraudoitus kiinnitetään rakenteen pääraudoitteeseen niin, että se ei pääse liikkumaan valunaikaisesti. Kiinnitys laatan yläpinnan pääraudoitukseen tehdään sidelangalla asennuslatan molemmista päistä tyssäankkureiden välistä. Kiinnitys alapinnan raudoitukseen tehdään sidelangalla vähintään yhdestä kohdasta jokaisesta kiskosta, jotta asennuskiskon kääntyminen valussa saadaan estettyä. Jokaisen PSB®-elementin voi tunnistaa asennuskiskoon merkityn koodin perusteella. Kaksipäiset PSB®-tyssäankkurit on merkitty joko kirjaimilla "PG" tai sanalla "PEIKKO"; kirjaimet "PSB" ja ankkurin halkaisija on merkitty pään toiselle puolelle.



Tyypillisen PSB®-tyssäankkurin muoto.



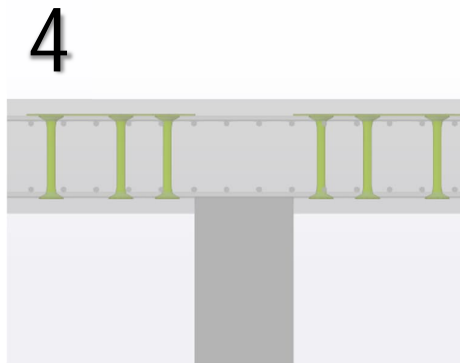
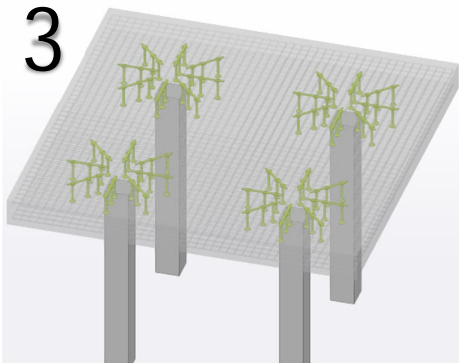
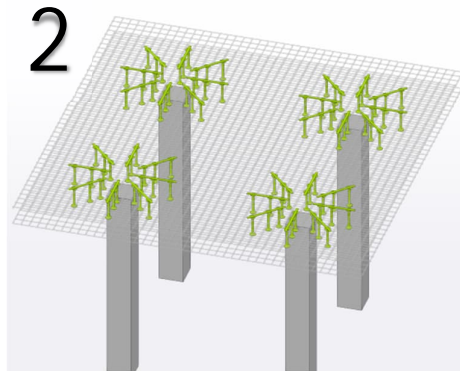
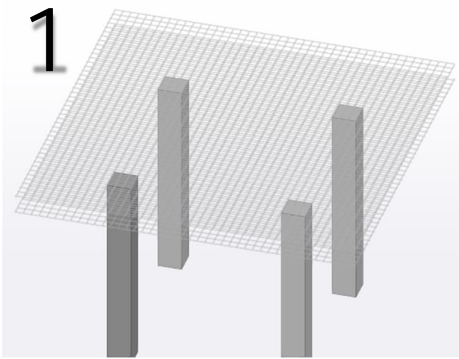
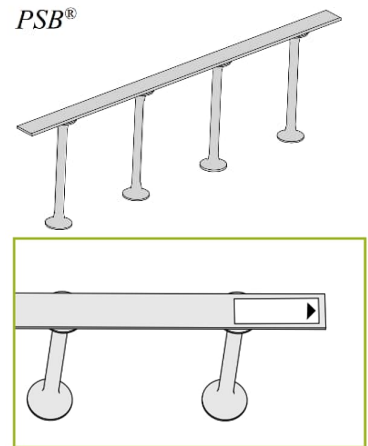
Kiinnitys pääraudoitukseen latan molemmista päistä tyssien välistä sekä yhdestä tyssästä.

PSB®-lävistysraudoituksen asennus

3.1 Paalulaatat

PSB®-elementit asennetaan paalulaattaan yläkautta:

- Asennus yläkautta: PSB®-elementit ripustetaan laatan raudoitukseen. Taivutusraudoitus asennetaan muottiin kokonaisuudessaan ennen PSB®-lävistysraudoitusta. Lävistysraudoituskiskon nuolella merkitty pää asennetaan vaakasuunnassa paalun kylkilinjaan.



1. pääraudoitus asennetaan
2. lävistysraudoitus asennetaan
3. laatta valetaan
4. lävistysraudoitteiden esimerkkisijainti poikkileikkauksessa

Laatan rakentamisessa noudatetaan InfraRYL mukaisia toteutusvaatimuksia. Lävistysraudoitteen yhteistoiminta paalulaattaan kanssa edellyttää lisävaatimuksia, jotka on esitetty kappaleen 3.2 taulukossa 2.

PSB®-lävistysraudoituksen asennus

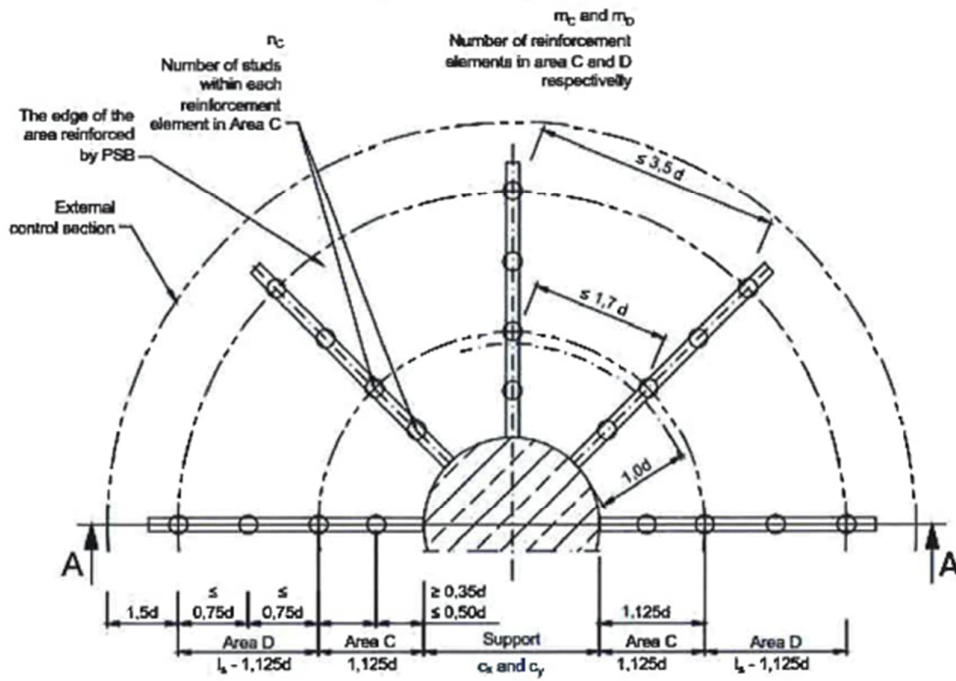
3.2 Asennustoleranssit

Normaaleja paalulaatoilla sovellettavia asennustoleransseja täydennetään taulukossa esitettyjä vaatimuksia noudattaen. Kohteen suunnittelijalta edellytetään kohdekohtaisten laatuvaatimusten määrittämistä lävistysraudoituksen osalta.

Taulukko 2: Sallitut poikkeamat ja asennustoleranssit

RAKENNEOSA		SALLITTU POIKKEAMA
LÄVISTYSRAUDOITUS	Lävistysraudoituskiskon pään sijainti vaakasuunnassa paalun kylkilinjasta	$\pm 0.1 \times h$ (h = laatan paksuus) Esim. 400 mm:ä paksulla laatalle sallittu poikkeama ± 40 mm
	Yksittäisten tyssäankkureiden väliset etäisyydet alla olevan kuvan mukaan	$\pm 0.1 \times h$ (h = laatan paksuus) Esim. 400 mm:ä paksulla laatalle sallittu poikkeama ± 40 mm
LAATAN PÄÄRAUDOITUS	Ylä- ja alapinnan raudoitteiden välinen etäisyys	-30...+10 mm (Lävistysraudoitteen tulee olla taivutusraudoituksen ulkopintojen ulkopuolella. Laatasta jossa on paksunnokset paalun kohdilla ei PSB:n vuoksi tarvita lisäraudoitusta vahvistukseen, vaan PSB:n toimintaan riittää kentässä olevan laatan paksuudella olevat ylä- ja alapinnan pääraudoitteet)
PAALUT	Maksimikaltevuus	4:1
	Ankkurointi laataan	Sallitaan (suunnittelussa huomioitava ankkuroinnin vaikutukset mm. leikkausjännitysten jakaumaan)

Placing the punching shear reinforcement using complete elements in slab

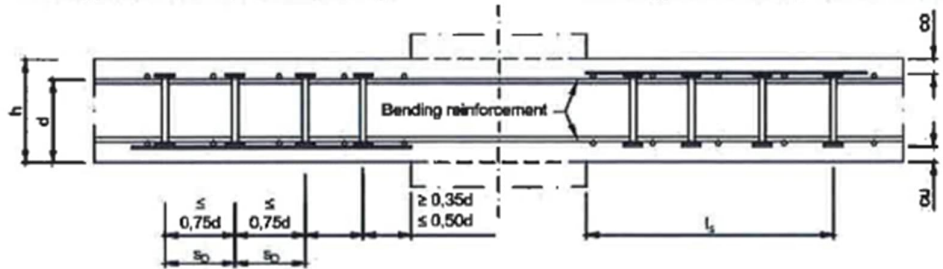


Cross section A-A
"Bottom installation"

Assembly profile below the lower reinforcement layer

Cross section A-A
"Top installation"

Assembly profile above the upper reinforcement layer



Concrete cover c_x and c_y according to EN 1992-1-1:2004, Section 4

PEIKKO PSB Punching Reinforcement

Intended use
Arrangements for PSB complete elements

Annex B5