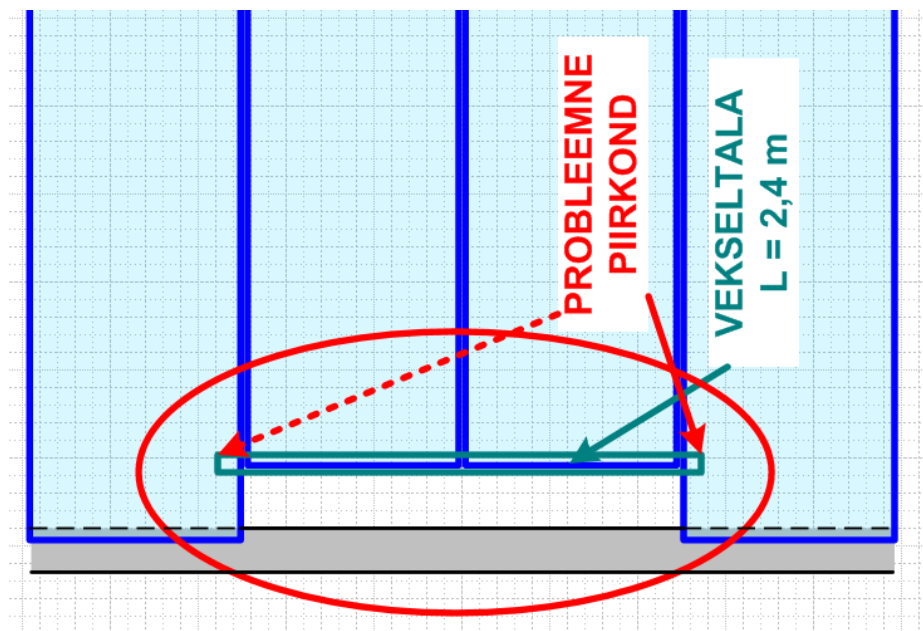


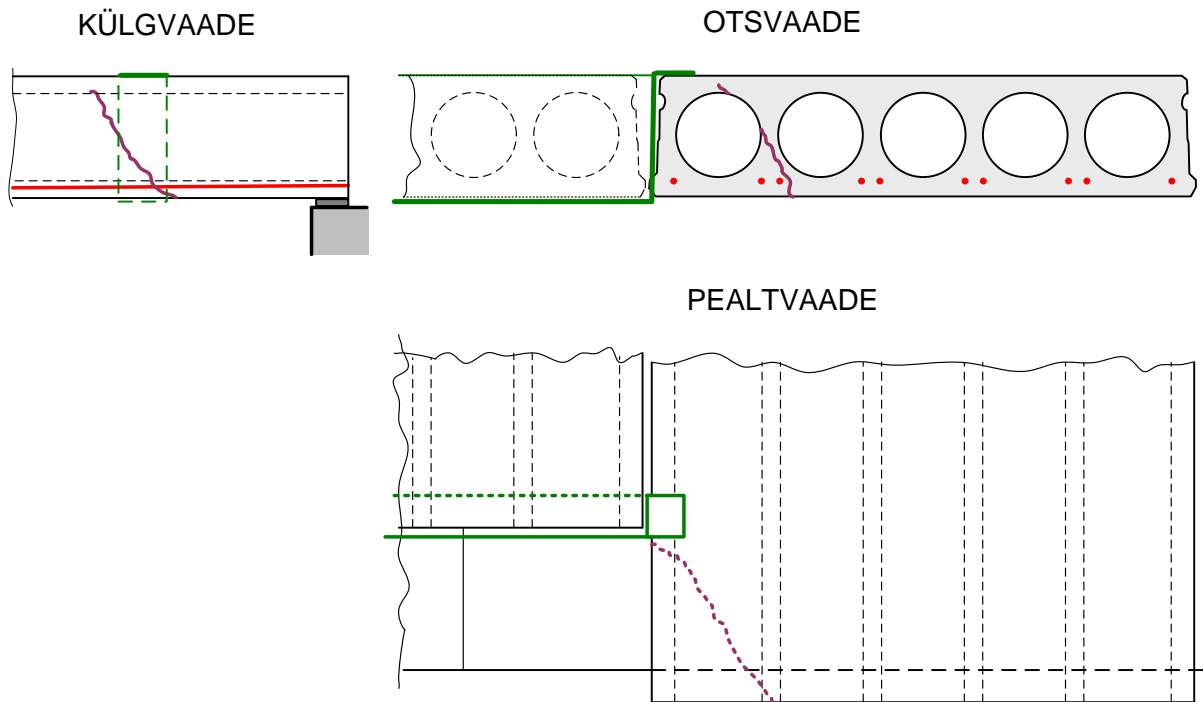
## Ehitusvea kaart nr 14

Ehitusvea nimetus:**Pingebetoonist õõnespaneeli toepiirkonna purunemine punktkoormuse rakendamisel****1. Vea kirjeldus**

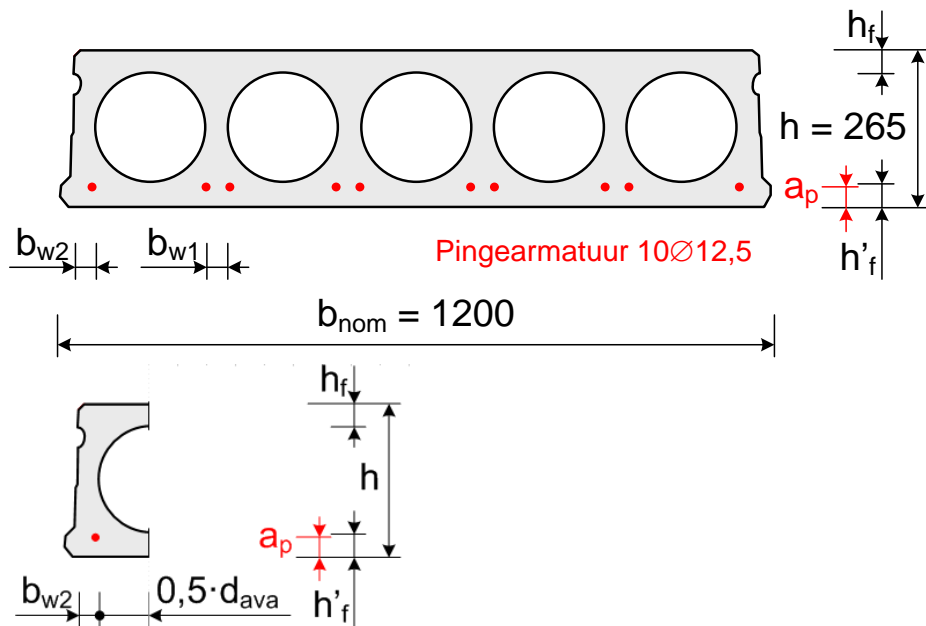
Mitmekorruselise hoone vertikaalsete tehnošachtide ehitamiseks oli osa pingebetoonist õõnespaneeli toetatud vekseltala abil naaberpaneelidele (joonis 1). Vekseltala nominaalpikkus oli 2,4 m ja see paiknes regulaarseid laepaneele toetava seina sisepinnast kaugusel  $a_1 = 0,30$  m. Vekseltala ühes otsas kõikidel korrustel oli märgata vekseltala toetava paneeli, mille arvutuslik ava oli 9,30 m, nurgas pragu. Pragu oli vaadeldav lae alapinnas, (katkendjoon joonise 2 pealtvaatel). Joonisel 2 on kujutatud selle prao, mis eraldab mahulise nurgatüki tervikpaneelist, tõenäoline kulgemine paneelis. Sarnases olukorras olevas vekseltala teist otsa toetavas paneelis mitte ühelgi korrusel visuaalsel vaatlusel pragu ei tuvastatud, kuid see võib seal olla märkamatu mikropraona.

**Joonis 1.** Probleemse piirkonna laepaneelide plaan

Ehitusvigade andmebaas



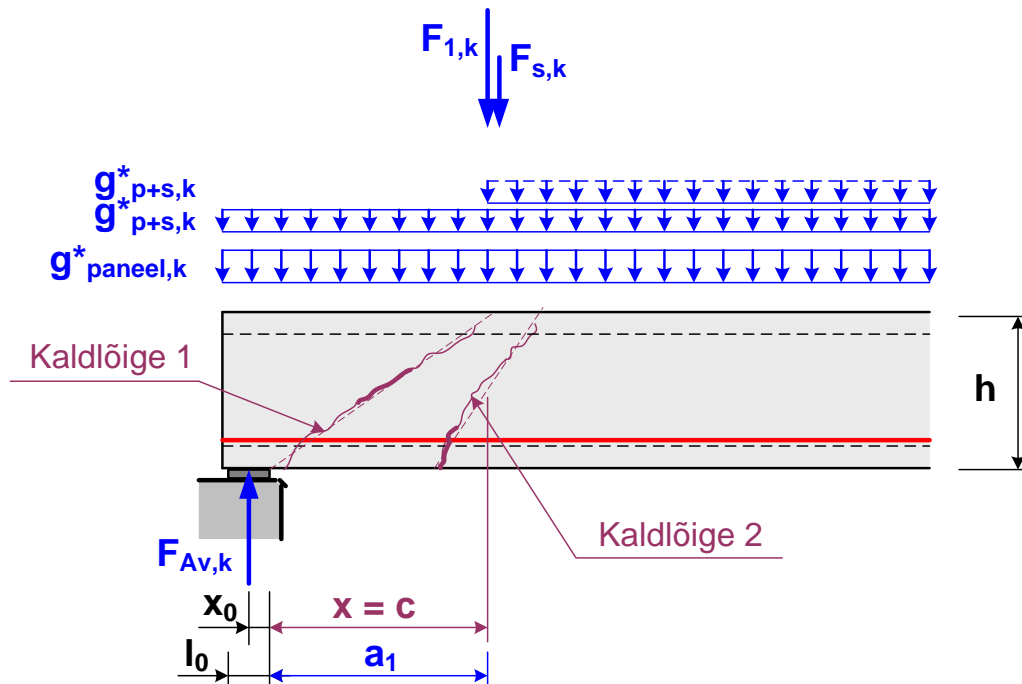
Joonis 2. Pingebetoonist õõnespaneeli pragunemine.



Joonis 3. Pingebetoonist õõnespaneeli ja selle äärmise ribi ristlõige

## 2. Vea tekkimise põhjus

Eelmises jaotises esitatud vea kirjeldus osutab, et tegemist on paneeli purunemisega põikjõu mõjul. Põikjõupurunemine toimub paneelis esineva suurima põikjõu esinemise piirkonnas ja on alati seotud kaldprao tekkimise ja arenemisega. Põikjõupurunemisel eristatakse kahte purunemise tüüpi: 1) põikjõu-tõmbepurunemine (kaldlõige 1 joonisel 4); 2) põikjõu-paindepurunemine (kaldlõige 2 joonisel 4).



**Joonis 4.** Äärmise ribi tugevuskontrolli arvutuskeem montaažiolukorras

Ülevaatusel tuvastatud prao kuju ja ka kontrollarvutused osutasid, et antud juhul oli tegemist põikjõu-paindepurunemisega. See leiab aset piirkonnas, kus arvutusliku paindemomendi ja eelpingestusjõu koostoimel on paindepragu (paindepraod) juba tekkinud. Põikjõupurunemine saab alguse ühest juba olemasolevast paindepraost.

Kontrollarvutustel opereeriti normatiivsete omakaalukoormustega ja arvutustugevustega ning vaadeldi kahte koormusolukorda – esmalt seda, kus paneelid on paigaldatud tugevdat ja paneelidevaheliste vuukide kaudu koormust ümber ei jaotata (sellest olukorrast rakenduv koondatud koormus vekseltala kandva paneeli äärmisele ribile jääb igal juhul mõjuma ka hiljem) ning olukorda, kus paneelidele lisandub ka põrandakonstruktsiooni kaal ja šahti seina kaal, kuid samal ajal on võimalik koormuse ümberjaotus paneelidevaheliste vuukide kaudu.

Arvutused näitasid, et paneeli äärmises ribis võis paindepragu toeks oleva seina ja vekseltalalt ülekantava koondatud jõu vahel tekkida juba esimesel koormusolukorral, kuid kindlasti tekkis see teise koormusolukorra juures.

Olulised on antud juhul järgmised asjaolud:

1. koondatud jõud ei jagune toe läheduse tõttu naaberribidele;
2. koondatud jõud põhjustab sama toereaktsiooni korral vekseltala toetavas paneeli ribis toe ja tala vahelises lõigus suurema paindemomendi kui see oleks ühtlaselt jaotatud koormuse puhul;
3. survepinged eelpingest, mis vähendaks paindeprao tekkimise võimalust, pole suured, kuna koondatud jõud vekseltalalt mõjub eelpingestusjõu ülekande tsoonis.

Äärmisele ribile mõjuv põikjõud normkoormusest ehitusolukorras  $V_{EKc} = 21$  kN.

Äärmise ribi põikjõukandevõime paindepragudeta piirkonnas  $V_{Rdc} = 22$  kN.

Äärmise ribi põikjõukandevõime paindepragudega piirkonnas  $V_{Rd,c} = 12$  kN

Õõnespaneeli tugevusarvutustes pole arvestatud vekseltala reaalse koormuse ülekandmise tingimustega. Seetõttu on vekseltala toetava õõnespaneeli äärmise ribi põikjõukandevõime ületatud ning see on purunenud.

### 3. Vea kõrvaldamine

Vahelae kandevõime tavaolukorras, arvestades koormuste ümberjaotumisega paneelidevaheliste vuukide kaudu, oli tagatud. Samas, roomedeformatsioonid betoonis kulgevad ajas edasi ja teoreetiliselt võib eelpingestustross kaotada eraldunud osas ankurduse ja eraldunud osa siduv tapp lakkab tulevikus toimimast. Tekkinud olukord ei taganud vahelae püsivust erakorraliste mõjude korral.

Probleemsetele vekseltaladele nähti ette lisatoetus hiljem laotud ja täiendavalt vundeeritud tehnošahti esiseinale.

### 4. Hea ehitustava kohane lahendus

Esimeseks soovitusena on pikkade vekseltalade toetamist õõnespaneeli toelähedases piirkonnas arhitektuur-ehitusliku lahendusega üldse vältida. Teiseks, kui vekseldust toelähedases piirkonnas ei õnnestu vältida, siis olukorda saab kergendada, kasutades vekseldatava ala monteerimisel ajutisi tugesid kuni paneelide vuukide betooni kivistumiseni ka kõrgematel korrustel. See võimaldab vekseltalale toetumatelt paneelidelt ülekantava koormuse jaotumist laiemale alale ning vähendab vekseltalalt kandva paneeli servale ülekantavat punktkoormust paneelide montaažil. Ajutise toetuse lahendus koos tugevate mõjuvate jõudude äranäitamisega peab kajastuma projektlahenduses.

Paneeli tugevust tuleb kontrollida nii kasutusolukorras kui ka ehitamise ajal esinevas koormusolukorras. Tugevusarvutuste osas on kirjeldatud olukordades kaks lähenemisviisi. Esimene on vaadelda äärmist paneeliribi, millele vekseltala toetub, eraldi ja kontrollida selle põikjõukindlust standardi „EVS-EN 1992-1-1:2005 +A1:2015/NA:2015/AC:2021“ alajaotises 6.2.2 esitatud reeglite järgi. Teine võimalus on kasutada õõnespaneelide projekteerimise tarkvara. Selle kasutamisel tuleb tagada, et lahendatav ülesanne vastab reaalsele olukorrale - paneeli serval mõjuvale kohtkoormusele töötab kaasa ainult osa ristlõikest. Kui kasutatav tarkvara ei arvesta koormuse põiksuunalise ebasümmeetrilise paiknemisega, siis tuleb arvutuslikku kandevõimet vähendada põikjõu väärtuse võrra, mis võtab arvesse väände mõju

*Ehitusvigade andmebaas*

vastavalt standardi „EVS-EN 1168:2006+A3:2011. Betoonvalmistooted. Õõnespaneelid“ punktile 4.3.3.2.2. Tuleb märkida, et selline lähenemine annab tulemuse, mis on reeglina suurema tagavaraga.

**Muud märkused**

Antud veakaardis kirjeldatud probleeme on esinenud paljudes riikides. See tähendab, et tegemist on laiaulatusliku probleemiga ning käesoleval ajal on käivitatud projekteerimisjuhendite täpsustamine.