Tallinna Tehnikakõrgkool

Raudbetoonkonstruktsioonid

Lisamaterjal Kaugõppe tudengitele

28.04.2022

Dea Kuldorg

SISUKORD

SISUKORD 2
SISSEJUHATUS 4
Mis on raudbetoonkonstruktsioon 4
Kahe materjali koostööst 4
Konstruktsioonide valmistamisest tulenevalt liigitatakse raudbetoon 4
Raudbetooni eelised 5
Raudbetooni puudused 5
Kasutusalad 5
BETOON 7
Betooni liigitus 7
Betooni struktuurist /1/ 8
Betooni tugevusomadused 8
Tugevuse muutumine ajaga 9
Betooni tugevuse kasvu ja tugevust mõjutavad tegurid 10
Betooni klassid ja margid /1/ 10
Betooni keskkonnaklassid 11
Betooni veetihedus 16
Betooni mahukahanemine /1/ 16
Betooni roome /1/ 17
Betooni deformatsioon ühekordsel koormamisel /1/ 18
Betooni deformatsioon paljukordsel koormamisel /1/ 19
ARMATUURTERAS 21
Armatuuri liigitus /3/ 21
Armatuurina kasutatakse 22
Armatuuri füüsikalised omadused 23
Armatuuri nomenklatuur 24
Nomenklatuur EVS-EN 10080 järgi 24
Armatuurterase nomenklatuur Vene Föderatsiooni standardite ГОСТ järgi 25
Armatuurterase nomenklatuur Soome standardite SFS järgi 26
Armatuurterase nomenklatuur Saksamaa Liitvabariigi standardite DIN järgi 26
Armatuuri jätkamine 27
RAUDBETOON 29
Armatuuri funktsionaalne liigitus 29
Armatuuri nake 29

Armatuuri ankurdus ... 30
Lubatav minimaalne painutusdiameeter ... 30
Armatuurvarraste vahekaugused ... 31
Betoonikaitsekiht ... 31
Raudbetoonelementide liigitus deformatsiooniliigi järgi, purunemislõiked ... 32
MONOLIITNE RAUDBETOON ... 34
Peamised märksõnad ... 34
Vundamendid ... 35
Madalvundamendid ... 35
Raketised ... 37
Armeerimisnäited ... 40
Postide armeerimine ... 40
Seinte armeerimine ... 41
Talade armeerimine ... 42
Vahelagede armeerimine ... 43
MONTEERITAVAD RAUDBETOONKONSTRUKTSIOONID ... 48
Monteeritava karkassi jäikus /15/ ... 51
Väljavõtteid karkasshoone lahendustest ... 53
Betoonkonstruktsioonide ehitmaine ja tolerantsid ... 64
Juhendmaterjale ... 64
Kasutatud materjalid ... 70
LISA – Neid teemasid loengu raames ei käsitletud, need ei ole kursus mahus sees ... 71
Pingebetoonkonstruktsioonid ... 71
Tugiseinad, silohoidlad, salved ... 77
Vaivundamendid ... 79
Mahutid ... 79

SISSEJUHATUS

Mis on raudbetoonkonstruktsioon

Raudbetoonkonstruktsioon – liitmaterjal kus betoon töötab survele ja teras tõmbele

Fiiberbetoon – betooni sisse on lisatud terasest või plastikust kiud

Pingebetoonkonstruktsioon – tõmbele töötav teras on eelpingestatud

Armeerimata betoonkonstruktsioon – betoonkehas ei ole armeeringut

Kahe materjali koostööst

- betoon kaitseb armatuuri korrosiooni eest;
- terase ja betooni soojuspaisumise tegurid on ligikaudu võrdsed, mistõttu keskkonna temperatuuri muutumine ei kutsu konstruktsioonis esile olulisi temperatuuripingeid. terasel $1{,}2\times10^{-5}$, betoonil $(1{,}0 \div 1{,}4)\times10^{-5}$;
- kivistumisel betoon nakkub armatuuriga, mistõttu konstruktsioonis on mõlema materjali suhtelised deformatsioonid võrdsed.

Konstruktsioonide valmistamisest tulenevalt liigitatakse raudbetoon

- monoliitne raudbetoon – konstruktsioon rajatakse koha peal;
- monteeritav raudbetoon – konstruktsioonielemendid rajatakse tehases või platsil valmis ja monteeritakse ehitusplatsil;
- monteeritav-monoliitne ehk kombineeritud konstruktsioon – monteeritavad elemendid ja monoliitne betoon pannakse koos tööle.

Raudbetooni eelised

- Heas tulekindlus võrreldes teras- ja puitkonstruktsioonidega;
- Konstruktsiooni pikaealisus ja väikesed hoolduskulud;
- Monoliitse raudbetooni hea vastupanuvõime dünaamilistele koormustele, monteeritava raudbetooni korral vähendab seda eelist jätkude järeleandlikkus;
- Vormitavus, mis annab suured võimalused konstruktsiooni arhitektuursel kujundamisel;
- Ökonoomsus.

Raudbetooni puudused

- Suhteliselt suur omakaal võrreldes puit- ja teraskonstruktsioonidega;
- Pragude tekkimise oht;
- Pikk ettevalmistus- ja ehitusperiood monoliitsete konstruktsioonide puhul;
- Talvetingimustes lisanduvad kütte ja lisandite kulud;
- Suvel peab kaitsma kiire kuivamise eest.

Kasutusalad

- Hooned – elamud, ühiskondlikud- ja tööstushooned;
    - Vundamendid;
    - Postid;
    - Seinad;
    - Talad;
    - Vahe- ja katuslaed.
- Insenerrajatised – korstnad, mastid, estakaadid, punkrid, silod, gradiirid ehk jahutuskorstnad;
- Hüdroehitised – tammid, sadamaehitised;
- Taristu ehitised – sillad, viaduktid, lennuvälja teekatted, sõidu- ja kõnniteed;
- Seadmete vundamendid – katlamajades, elektrijaamades, tööstuses;

- Tarbedisain – pastapliiatsid, kellad, küünlaalused, inter- ja eksterjööri detailid – lillekastid, prügikastid, mööbel;
- Skulptuur;
- Rulapargid;
- Betoonkivid:
    - Õõnesplokid - Columbia kivi, Betooneks õõnesplokk, Rae kivitehase Rae sari;
    - Betoonist sillutise kivid, katusekivid, äärekivid.

BETOON

Betooni liigitus

- Sideaine järgi – tsement-, silikaat-, kips-, polümeerbetoon jms.
- Täitematerjali järgi – tiheda või poorse täitematerjaliga, eritäitematerjaliga (nt EPS plastkuulid kerge betoonimassi saamiseks, šamott täitematerjaliga tulekindla betooni puhul).
- Terastikulise koostise järgi – jämeda ja peeneteralise täitematerjaliga betoon, peeneteralise täitematerjaliga betoon.
- Tiheduse järgi
    - Kergbetoon, tihedusega <2000 kg/m^3. Betooni sees on kunstlikult tekitatud poorid – Aeroc poorbetoon plokid, fibo plokid kergkruusast täiteainega, Palivere plokk (gaassilikaltsiid) ja Narva plokk (põlevkivituhk-gaasbetoon ehk gaaskukeroon)
    - Tavabetoon ehk normaalbetoon, tihedusega 2000-2600 kg/m^3;
    - Raskebetoon, tihedusega > 2600kg/m^3. Täiteaineks on tinakuulid, teras, magnetiit ehk must rauamaak, baariumsulfaat vms, kasutatakse radiatsiooni tõkestamiseks või ballastina.
- Struktuuri järgi
    - tihebetoon, kus täiteaine terade vahe on täidetud kivistunud sideainega;
    - poorne betoon, kus täiteaine terade vahe on täidetud kivistunud sideainega ja kunstlikult tekitatud pooridega;
    - mullbetoon, betoon peeneteralise täiteaine ja kunstlikult tekitatud suletud pooridega;
    - korebetoon, betoon, kus jämedateralise täitematerjali vahele jääv ruum ei ole täielikult täidetud peene täitematerjali ja kivistunud sideainega.
- Kivistumistingimuste järgi
    - normaalkivinemisega betoon;
    - atmosfääri rõhul termiliselt töödeldud betoon (aurutatud betoon);
    - autoklaavbetoon.

- Kasutusala järgi
    - konstruktsioonibetoonid, mida kasutatakse ehitiste kandekonstruktsioonides;
    - eribetoonid (näiteks isolatsioonimaterjalina kasutatav betoon, dekoratiivbetoon jne).

Betooni struktuurist /1/

Betooni struktuur on heterogeenne. See moodustub tsementkivist koosnevast ruumilisest karkassist, mille vahelist ruumi täidavad erineva suuruse ja kujuga täitematerjali (liiv, killustik, kruus) osad. Tsementkivis paikneb hulgaliselt kaootiliselt orienteeritud mikropoore ja kapillaare, mis sisaldavad vaba vett, veeauru ja õhku. Tsementkivi ise on samuti ebaühtlase struktuuriga, koosnedes elastsest kristallvõrest ja seda täitvast viskoossest geelist. Tsementkivis toimuvad pikaajalised protsessid, mille lõplik kustumine võib nõuda aastaid. Väheneb vaba vee hulk, geel tiheneb ja väheneb oma mahult, kristallvõre kasvab ja tugevneb. Need struktuurimuutused põhjustavad betooni mahu muutumist (mahukahanemist) ja tugevuse kasvu. Seosed betooni struktuuri, deformeeritavuse ja tugevusomaduste vahel on keerulised ja teoreetiliselt korrektsel kirjeldamata.

Betooni tugevusomadused

Betooni tugevuseks on kokkuleppeliselt normaaltingimustes kivistunud betooni survetugevus 28 päeva vanuses.
Teisalt sõltub betooni tugevus deformatsiooniliigist - surve, tõmme või nihe ja tugevuse määramise metoodikast. Erineva metoodikaga ja erinevate katsekehadega määratud tugevused võivad oluliselt erineda teineteisest ja samuti betooni tugevusest reaalses konstruktsioonis.

Survetugevust mõõdetakse:

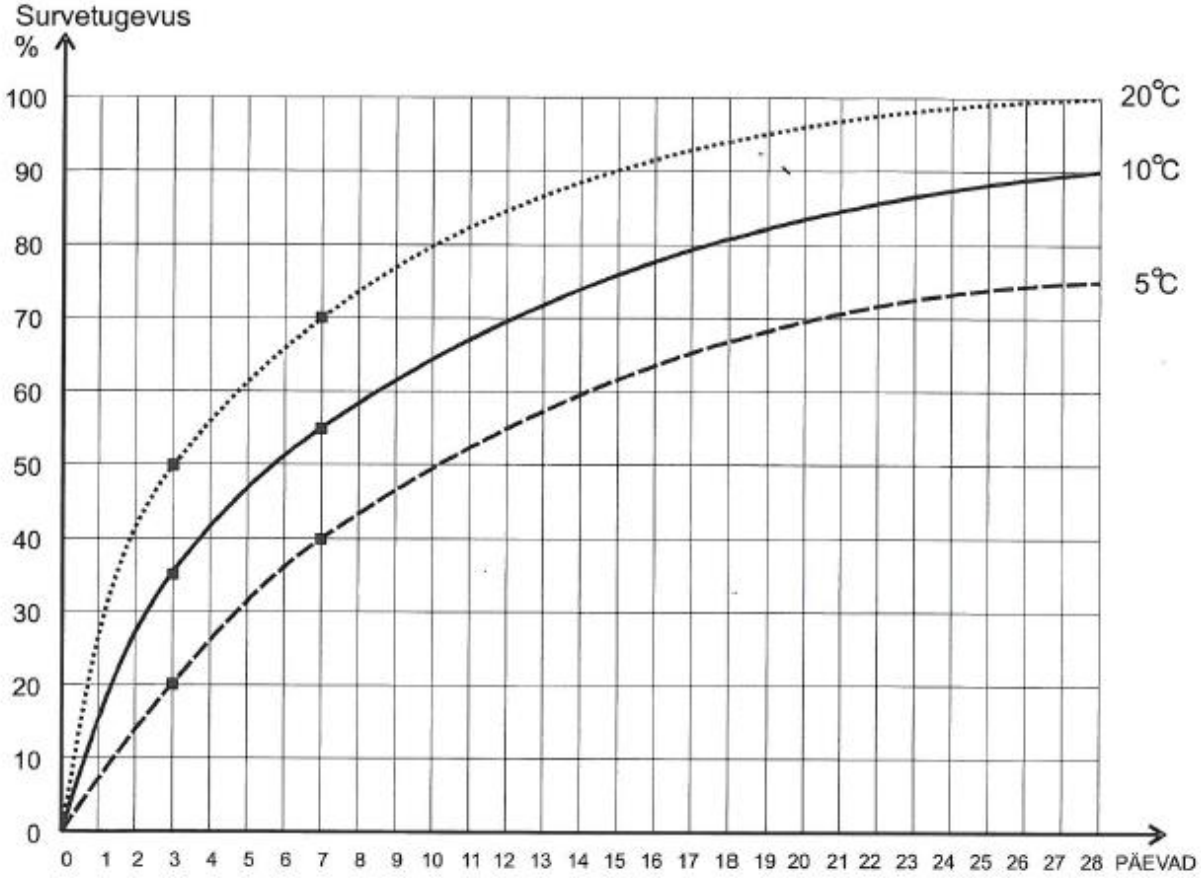
- Kuubikulise katsekehaga $f_{c,cube}$ – põhiliseks tugevusnäitajaks Euroopa riikides, kuubiku küljemõõdud a=150mm;
- Silindrilise katsekehaga f_c – USA-s, Inglismaal ja Eurokoodeks 2-s, silindri mõõdud D=150mm, h=300mm;
- Prismaline survetugevus R_b – kasutuses СНиП-s, ruudukujuline prisma, mille kõrgus on neljakordne ristlõike küljepikkus.

Tõmbetugevus määratakse katseliselt f_{ct}

- Tsentrilise tõmbekatsega;
- Lõhestuskatsega;
- Paindekatsega.

Tugevuse muutumine ajaga

Betooni ligikaudse survetugevuse kujunemine protsentides vastavalt ööpäevastele keskmistele temperatuuridele 5°, 10°, 20°.



MÄRKUS: Betooni kivistumist kiirendavate või aeglustavate lisandite kasutamisel betoonisegus, ei ole graafik kasutatav.

BÜ | eesti betooniühing

Betooni tugevuse kasvu ja tugevust mõjutavad tegurid

- Keskkond – tugevuse kasvu soodustab niiske keskkond. Kuivas keskkonnas võib tugevuse kasv aeglustuda umbes 1,5 korda;
- Termiline töötlemine – kivistumise kiirendamiseks kasutatakse:
  - eelsoojendatud täitematerjali ja vee kasutamist;
  - termilist töötlemist atmosfääri rõhul (temperatuuril ligikaudu 80°C ja suhtelisel niiskusel 90 ÷ 100%);
  - autoklaavimist;
- Kiirelt kivinevate tsementide kasutamine tavalise portlandtsemendi asemel;
- Kivinemist kiirendavate lisandite kasutamine;
- Betooni läbi külmumine
  Kui külmumise ajaks betoon on saavutanud survetugevuse vähemalt 5 MPa, siis pärast ülessulamist tugevuse kasv jätkub ning vahepealne külmumine lõpptugevust oluliselt ei mõjuta. Seda minimaalselt vajalikku survetugevust nimetatakse kriitiliseke külmumistugevuseks.
  Kui betooni survetugevus enne külmumist on vähem kui 5 MPa, siis saavutatav lõpptugevus väheneb 50…80%.
- Paljutsükliline dünaamiline koormamine vähendab betooni tugevust kuni kaks korda;
- Korduv läbikülmumine ja sulamine vähendab betooni tugevust kuni 30%, sõltub temperatuurist ja betooni veesisaldusest.

Betooni klassid ja margid /1/

Projekteerimisel etteantavaid betooni kvaliteedi põhilisi näitajaid nimetatakse betooni klassideks või markideks. Klass või mark on betooni antud kvaliteedinäitaja üks normeeritud väärtustest.

Klass määratakse selle näitaja teatud tõenäosusega (tavaliselt 95%) garanteeritud suuruse järgi, mark selle näitaja keskmise suuruse järgi.

Betoon- ja raudbetoonkonstruktsioonide korral on peamiseks betooni kvaliteedi näitajaks betooni tugevusklass (ehk lihtsalt betooni klass), mis väljendatakse betooni 95% tõenäosusega garanteeritud silindrilise või kuubikulise survetugevuse (s.o. vastava normsurvetugevuse) kaudu. Eurokoodeks 2-s tähistatakse klassi tähega C, näiteks klassi C25/30 korral betooni 95% tõenäosusega garanteeritud silindriline survetugevus fck = 25 MPa või kuubikuline survetugevus fcube,k =30 MPa, s.t., et 95%-l katsetatud silindritest või kuupidest ei või tugevus olla väiksem kui 25 või 30 MPa. Soome normides tähistatakse betooni klassi tähega K ja СНиП-is tähega B, mõlemad väljendatakse kuubikulise survetugevuse kaudu (MPa).

Eurokoodeks 2-s on kehtestatud järgmised betooni tugevusklassid:

C12/15, C16/20, C20/25, C25/30, C30/37, C35/45, C40/50, C45/55, C50/60, C55/67, C60/75, C70/85, C80/95, C90/105

СНиП käsitles peale betooni klassi veel järgmisi betooni marke:
a) külmakindluse mark F (F10 ÷ 500). kus arv näitab külmutus- ja sulamistsüklite arvu kuni normikohase katsekeha purunemiseni (see on 3% massikadu või 5% survetugevuse langus);

b) veetiheduse mark W (W2 ÷ 12), kus arv näitab vee rõhku atm, millele betoon suudab normikohasel katsel vastu panna.

Betooni keskkonnaklassid

Konstruktsiooni kestvus oleneb konstruktsiooni ümbritsevatest keskkonnatingimustest, mis võivad esile kutsuda armatuuri korrosiooni ja kahjustada betooni. Projekteerimisel liigitatakse keskkonnatingimused standardiga EVS-EN 206-1 määratletud keskkonnaklassidesse. Konstruktsioonidele võib üheaegselt mõjuda mitu mõjurit.

Klassi tähis	Keskkonna kirjeldus	Näited keskkonnaklasside rakendamise kohta
1 Korrosioonioht puudub		
X0	Kui betoon ei sisalda sarrust ega tariraudu: kõik tingimused, välja arvatud need, mille puhul esineb külmumine/sulamine, kulumine või keemilised mõjurid. Kui betoon sisaldab sarrust või tariraudu: väga kuiv	Betoon väga kuiva õhuga siseruumides

2 Karboniseerumisest põhjustatud korrosioon		
Kui sarrust või tariraudu sisaldav betoon puutub kokku õhu ja niiskusega, siis liigitatakse keskkonnatingimusi järgnevalt: Märkus. Niiskustingimus seondub sarruse või tariraudade kaitsekihi seisundiga, kuid paljudel juhtudel võib pidada tingimusi kaitsekihis ja ümbritsevas keskkonnas samadeks. Neil juhtudel võib kasutada ümbritseva keskkonna liigitust. Kui betoon ja keskkond on teineteisest mingi tõkestava kihiga eraldatud, on olukord teine.		
XC1	Kuiv või püsivalt märg	Betoon madala õhuniiskusega siseruumides. Pidevalt vee all olev betoon
XC2	Märg, harva kuiv	Kaua veega kontaktis olevad betooni pinnad. Paljud vundamendid
XC3	Mõõdukalt niiske	Betoon mõõduka või kõrge õhuniiskusega siseruumides. Välisõhus olev, vihma eest kaitstud betoon
XC4	Vaheldumisi märg ja kuiv	Veega kokkupuutuvad pinnad, mis ei kuulu klassi XC2

3 Kloriidist (välja arvatud merevee kloriidid) põhjustatud korrosioon		
Kui sarrust või tariraudu sisaldav betoon on kokkupuutes kloriidi, sealhulgas jäitevastaseid sooli sisaldava veega, mis ei pärine mereveest, on keskkonnaklassid järgmised: Märkus. Niiskustingimuste kohta vt ka käesoleva tabeli jaotus 2.		
XD1	Mõõdukalt niiske	Betoonpinnad, millele langevad kloriide sisaldavad piisad
XD2	Märg, harva kuiv	Ujumisbasseinid. Betoon, mis on kokkupuutes kloriide sisaldava tootmisveega
XD3	Vaheldumisi märg ja kuiv	Silla osad, millele langevad kloriide sisaldavad piisad. Sillutised. Autoparklate paneelid

4 Merevee kloriidist põhjustatud korrosioon		
Kui sarrust või tariraudu sisaldav betoon on kokkupuutes mereveega või sooli sisaldava mereõhuga, on keskkonnaklassid järgmised:		
XS1	Sooli sisaldav õhk, kuid mitte otsene kontakt mereveega	Kaldal või selle lähedal asuvad konstruktsioonid
XS2	Vee all	Mereehitiste osad
XS3	Loodete-, piisk- ja uduveevööndid	Mereehitiste osad

5 Külmumise/sulamise mõju koos või ilma jäitevastaste ainetega
Kui märjale betoonile mõjub nimetamisväärsel arvul külmumis/sulamistsükleid, on keskkonnaklassid järgmised:

Kesk-konna klass	**Keskkonna kirjeldus**	**Näited keskkonnaklasside rakendamise kohta**
XF1	Mõõdukalt veega küllastunud, ilma jäitevastase aineta	Vihma ja külma eest kaitsmata püstsed betoonpinnad: • teest eemalasuvate hoonete fassaadid • samade hoonete soklid samuti: • kütmata hoonete sisemised betoontarindid • käigutunnelid ja teised analoogsed konstruktsioonid
XF2	Mõõdukalt veega küllastunud, jäitevastase ainega	Teekonstruktsioonide püstsed betoonpinnad, mis on külmumise ja jäitevastast ainet sisaldavate udupiiskade eest kaitsmata: • sillapostid, viaduktide sambad • maanteede müratõkkeseinad samuti: • teeäärsete hoonete soklid ja teised analoogsed konstruktsioonid
XF3	Tugevasti veega küllastunud, ilma jäitevastase aineta	Vihma ja külma eest kaitsmata betoonpinnad: • välisbasseinid, veehoidlad, tiigid • hoonete rõdud, terrassid samuti: • külmhooned ja teised analoogsed konstruktsioonid
XF4	Tugevasti veega küllastunud, jäitevastase ainega või mereveega	Betoonpinnad, mis on avatud jäitevastaseid aineid sisaldavatele pritsmetele ja külma mõjule. Jäitevastaste ainete mõjule avatud tee- ja sillakatted. Pritsmete tsoonis asuvad külma mõjule avatud mererajatised, lisaks: • parkimisplatsid • garaažide sissesõidu kaldteed • välistrepid ja teised analoogsed konstruktsioonid

6 Keemilised mõjurid		
Kui betoonile toimivad tabelis 2 esitatud looduslikus pinnases ja pinnasevees esinevad keemilised mõjurid, siis vastavad keskkonnaklassid allpool toodutele. Merevee liigitamisel rakendatakse betooni kasutuskohas kehtivat liigitust, kuna merevee omadused sõltuvad geograafilisest asendist. Märkus. Selliste keskkondade puhul - mis jäävad väljapoole tabelis 2 esitatud piire, - kus esineb teisi agressiivseid kemikaale, - kus pinnas on keemiliselt saastatud, - kus esineb vee suur voolukiirus koos tabelis 2 toodud kemikaalidega, võivad betoonile esitatavate nõuete kindlaksmääramiseks olla vajalikud eriuuringud.		
XA1	Madala keemilise agressiivsusega keskkond vastavalt tabelile 2	
XA2	Mõõduka keemilise agressiivsusega keskkond vastavalt tabelile 2	
XA3	Kõrge keemilise agressiivsusega keskkond vastavalt tabelile 2	

(EVS-EN 206-1 Tabel 1 ja EVS 814:2003 Tabel 1. Ülal viidatud tabel 2 on EVS-EN 206-1:2002 Tabel 2)

Järgnevalt on toodud EVS 814:2003 nõuded Eestis kasutatava betooni külmakindlusele sõltuvalt konstruktsiooni keskkonnaklassist.

Tabel 2 – Betooni külmakindluse normväärtused

Kesk-konna klass	Külma-kindluse klass	Külmakindluse vastavuskriteeriumid, kui külmutuskeskkonnaks(külmutusaineks) on	
		vesi	3 % NaCl vesilahus
XF1	KK1	$S_{56} \leq 0{,}50$ – koorunud(murenenud) materjali mass pärast 56 tsüklit on väiksem kui 0,50 kg/m^2 või $S_{56} \leq 1{,}00$ – koorunud(murenenud) materjali mass pärast 56 tsüklit on väiksem kui 1,00 kg/m^2, kui S_{56}/S_{28} on väiksem kui 2	-
XF2	KK2	-	$S_{56} \leq 0{,}50$ – koorunud(murenenud) materjali mass pärast 56 tsüklit on väiksem kui 0,50 kg/m^2 või $S_{56} \leq 1{,}00$ – koorunud(murenenud) materjali mass pärast 56 tsüklit on väiksem kui 1,00 kg/m^2, kui S_{56}/S_{28} on väiksem kui 2
XF3	KK3	$S_{56} \leq 0{,}20$ – koorunud(murenenud) materjali mass pärast 56 tsüklit on väiksem kui 0,20 kg/m^2 või $S_{56} \leq 0{,}50$ – koorunud(murenenud) materjali mass pärast 56 tsüklit on väiksem kui 0,50 kg/m2, kui S_{56}/S_{28} on väiksem kui 2	-
XF4	KK4	-	$S_{56} \leq 0{,}20$ – koorunud(murenenud) materjali mass pärast 56 tsüklit on väiksem kui 0,20 kg/m^2 või $S_{56} \leq 0{,}50$ – koorunud(murenenud) materjali mass pärast 56 tsüklit on väiksem kui 0,50 kg/m^2, kui S_{56}/S_{28} on väiksem kui 2

(EVS 814:2003 Tabel 2)

Betooni koostis mõjutab vastupanuvõimet nii armatuuri kui ka betooni kahjustustele. Järgnev tabel annab erinevate keskkonnatingimuste jaoks betooni orienteeruvad tugevusklassid.
Viimased võivad kujuneda kõrgemaks konstruktsiooniarvutusest tulenevast betooni klassist. Sellisel juhul tuleks minimaalse armatuuripinna ja prao laiuse arvutamisel lähtuda kõrgema tugevusklassiga betooni keskmisest tugevusest f_{ctm}.

Tabel 3.3 - Orienteeruvad tugevusklassid

	Keskkonnaklass tabeli 3.1 järgi									
Korrosioon										
	Korrosioon karboniseerumisest				Korrosioon kloriididest			Korrosioon merevee kloriididest		
	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3
Orienteeruv tugevusklass	C20/25	C25/30	C30/37		C30/37		C35/45	C30/37	C35/45	
Betooni kahjustus										
	Oht puudub	Külmumise/sulamise toime			Keemilised mõjurid					
	X0	XF1	XF2	XF3	XA1	XA2	XA3			
Orienteeruv tugevusklass	C12/15	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37		C35/45			

Betooni veetihedus

СНиП-is tähistati veetihedust tähega W (W2 ÷ 12), kus arv näitab vee rõhku atm, millele betoon suudab normikohasel katsel vastu panna.

Eurokoodeks 2 kohaselt loetakse betoon veepidavaks, kui standardi EVS-EN 12390-8 kohaselt määratud vee sissetungimise sügavus on maksimaalselt 100mm. Standardis EVS-EN 12390-8 on kirjeldatud veekatse tegemine. /2/

Betooni mahukahanemine /1/

Mahukahanemine on betooni omadus õhukeskkonnas kivistumisel oma mahus väheneda. Mahukahanemise arenemine on seotud betooni struktuuri ajaliste muutustega (kapilaarnähtused, tsementkivi väljakuivamine, geeli tihenemine ja kristallvõre tugevnemine).

Mahukahanemist soodustavad:

- suur tsemendi hulk betoonis;
- suur vesitsementtegur;
- peene täitematerjali suhteliselt suur osakaal;
- kuiv kasutuskeskkond.

Mahukahanemine toimub eriti intensiivselt kivistumise algperioodil ja esimese aasta jooksul, mõne aasta pärast mahukahanemise juurdekasv kustub. Tavalise betooni mahukahanemise

lõppdeformatsioon on kuivas keskkonnas (relatiivne niiskus 50%) 0,5 ÷ 0,6 mm/m (s.o. 0,05÷ 0,06%), niiskes keskkonnas 0,25 ÷ 0,35 mm/m. Raudbetoon-konstruktsioonis võib mahukahanemine olla üle kahe korra väiksem (armatuur tõkestab deformatsiooni arenemist).

Mahukahanemine on konstruktsioonile üldiselt kahjulik, põhjustades (eriti suuremõõtmelistes konstruktsioonides) algpingeid ja -pragusid. Viimaste vältimiseks (piiramiseks) tuleb konstruktsiooni kivistumise algperioodil kaitsta ebaühtlase väljakuivamise eest. Mahukahanemispragude tekkimist soodustab ka ebaühtlane temperatuurijaotus konstruktsiooni piires betooni termilisel töötlemisel (valmistamise ajal kuumutatud konstruktsiooni ei või kiiresti maha jahutada).

Mahukahanemine suurendab täiendava hõõrdejõu arvel mõnevõrra betooni ja armatuurterase vahelist naket (ainus positiivne külg).
Mahukahanemist saab vältida spetsiaalsete mahuspaisuvate tsementide kasutamisega. Viimaste abil on võimalik saada ka mahuspaisuvaid betoone (kasutatakse veetiheduse tagamiseks ja mõningate pingbetoonkonstruktsioonide valmistamiseks).

Betooni roome /1/

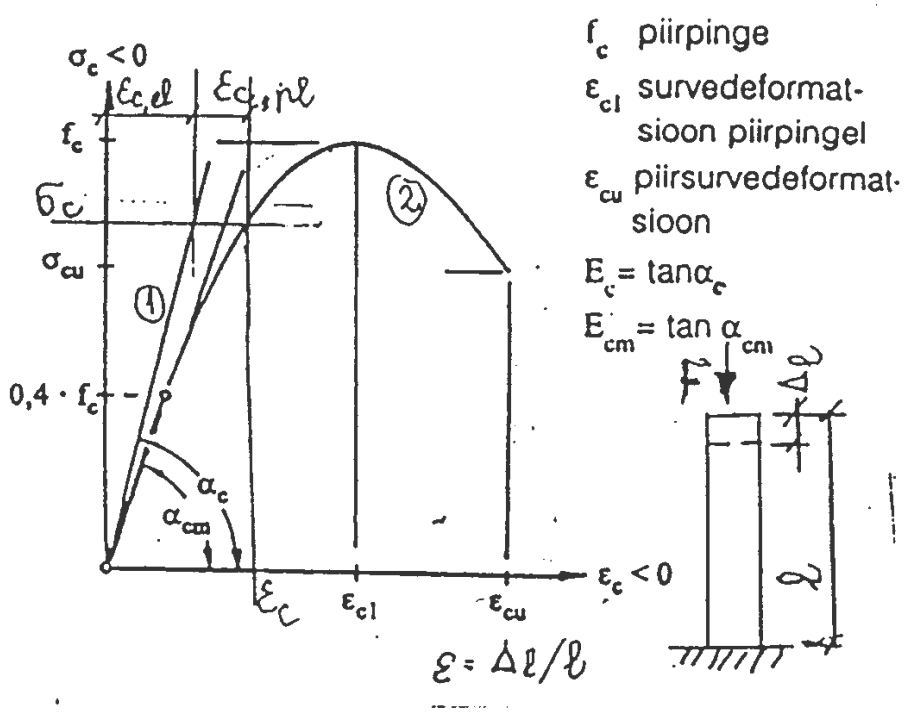
Roome on betooni omadus järeldeformeeruda kestva koormuse toimel pikema aja kestel. Roome sõltuvus betooni struktuurist, koostisest ja keskkonnatingimustest on analoogiline mahukahanemisega. Roomedeformatsioonid võivad mitmekordselt ületada betooni elastseid deformatsioone, suurendades nii konstruktsioonide paigutisi ja muutes isegi esialgset sisejõudude jaotust.
Lõpliku roomedeformatsiooni vähendamiseks on võimaluse korral mõistlik vältida konstruktsiooni liig varajast koormamist.

Betooni deformatsioon ühekordsel koormamisel /1/

Betoon on tüüpiline elasto-plastne materjal, milles esinevad samaaegselt nii elastsed kui ka plastsed deformatsioonid ja milles seetõttu pingete ja deformatsioonide seos pole lineaarne.

Betooni käitumist koormamisel iseloomustab pinge-deformatsiooni-diagramm (vt. joonis 1.3). Mingile betooni pingele σc vastav kogudeformatsioon koosneb elastsest ja plastsest deformatsioonist:

$\varepsilon_c = \varepsilon_{c,el} + \varepsilon_{c,pl}$



Joonisel 1.3:

Joon 1 - σ-ε diagramm hetkelisel koormamisel ($\varepsilon_{c,pl} = 0$);

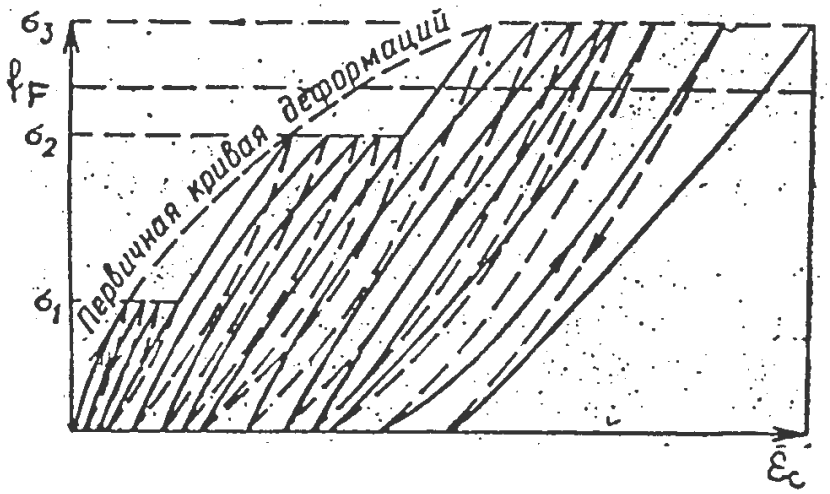
Joon 2 - σ-ε diagramm koormamisel mingi antud kiirusega;

E_{cm} - keskmine deformatsioonimoodul (määratakse pingel $0{,}4f_c$) ;

E_c - algelastsusmoodul.

Betooni deformatsioon paljukordsel koormamisel /1/

Paljutsüklilisel koormamisel (tsüklite arv suurusjärgus 105 või 106) betooni survetugevus väheneb kuni 2 korda, sõltuvalt suhtest $\sigma_{max}/\sigma_{min}$ (halvim olukord suhte –1 korral).
Kui pinge jääb väiksemaks väsimustugevusest f_F (joonisel 1.6 pinged σ_1 ja σ_2 ,siis tsüklite arvu kasvades plastsete deformatsioonide juurdekasv sumbub ja betoon ei purune, vastasel korral (pinge σ_3 joonisel) deformatsioonide juurdekasv ei sumbu, mis viib betooni purunemisele.



Tabel 3.1 – Betooni pinge- ja deformatsioonikarakteristikud

	Betooni tugevusklassid														Analüütiline seos /selgitus
f_{ck} (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	
$f_{ck,cube}$ (MPa)	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105	
f_{cm} (MPa)	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98	$f_{cm} = f_{ck} + 8$ (MPa)
f_{ctm} (MPa)	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	$f_{ctm} = 0{,}30\, f_{ck}^{(2/3)}$ $\leq$ C50/60 $f_{ctm} = 2{,}12 \ln(1 + f_{cm}/10)$ > C50/60
$f_{ctk,0,05}$ (MPa)	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5	$f_{ctk,0,05} = 0{,}7 f_{ctm}$ 5 % fraktiil
$f_{ctk,0,95}$ (MPa)	2,0	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7	6,0	6,3	6,6	$f_{ctk,0,95} = 1{,}3 f_{ctm}$ 95 % fraktiil
E_{cm} (GPa)	27	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	41	42	44	$E_{cm} = 22(f_{cm}/10)^{0,3}$ (f_{cm} on MPa)
ε_{c1} (‰)	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,25	2,3	2,4	2,45	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8	vt joonis 3.2 ε_{c1} (‰) $= 0{,}7\, f_{cm}^{0,31} \leq 2{,}8$
ε_{cu1} (‰)	3,5									3,2	3,0	2,8	2,8	2,8	vt joonis 3.2, kui $f_{ck} \geq 50$ MPa ε_{cu1} (‰) $= 2{,}8 + 27[(98 - f_{cm})/100]^4$
ε_{c2} (‰)	2,0									2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	vt joonis 3.3, kui $f_{ck} \geq 50$ MPa ε_{c2} (‰) $= 2{,}0 + 0{,}085(f_{ck} - 50)^{0,53}$
ε_{cu2} (‰)	3,5									3,1	2,9	2,7	2,6	2,6	vt joonis 3.3, kui $f_{ck} \geq 50$ MPa ε_{cu2} (‰) $= 2{,}6 + 35[(90 - f_{ck})/100]^4$
n	2,0									1,75	1,6	1,45	1,4	1,4	kui $f_{ck} \geq 50$ MPa $n = 1{,}4 + 23{,}4[(90 - f_{ck})/100]^4$
ε_{c3} (‰)	1,75									1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	vt joonis 3.4, kui $f_{ck} \geq 50$ MPa ε_{c3} (‰) $= 1{,}75 + 0{,}55[(f_{ck} - 50)/40]$
ε_{cu3} (‰)	3,5									3,1	2,9	2,7	2,6	2,6	v. joonis 3.4, kui $f_{ck} \geq 50$ MPa ε_{cu3} (‰) $= 2{,}6 + 35[(90 - f_{ck})/100]^4$

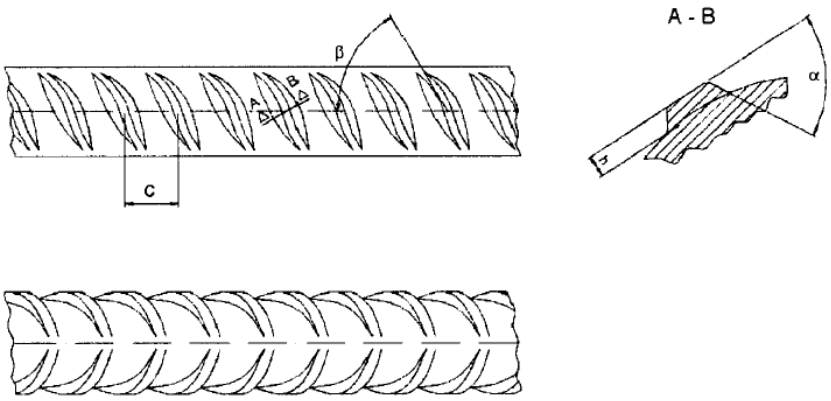
(EVS-EN 1992-1-1 Tabel 3.1)

ARMATUURTERAS

Armatuuri liigitus /3/

- Valmistamise tehnoloogia järgi
  - Armatuurteras – vardad, valtstraat;
  - Kuumvaltsitud külmtõmmatud traat.
- Kuju järgi
  - Varras – kuumvaltsimise või valtstraadi sirgestamise teel saadud sirge toode;
  - Valtstraat – vihtides tarnitav kuumvaltsitud toode, kasutatakse traadi tõmbamiseks;
  - Traat – sobivast valtstraadist külmtöötlusega valmistatud toode;
  - Keevisvõrk – piki- ja põikvarrastest (-traatidest) koostatud toode;
  - Karkass – kahe- või kolmemõõtmeline metalltarind, mis koosneb pikielementidest ning neid ühendavatest diagonaalidest;
  - Viht – kontsentrilisteks ringideks keritud ühes tükis armatuurteras (tavaliselt traat või valtstraat).
- Välispinna iseloomu järgi
  - Ribiteras – ribivardad ja –traadid, millel on vähemalt kaks rida kogu pikkuses ühtlaselt jaotatud põikribisid;
  - Profiilteras – profiilvardad ja –traadid ühtlaselt kogu pikkuses jaotatud kindlakujuliste muljutistega;
  - Sileteras – silevardad ja –traadid.
- Tugevus- ja deformatsiooniomadused.

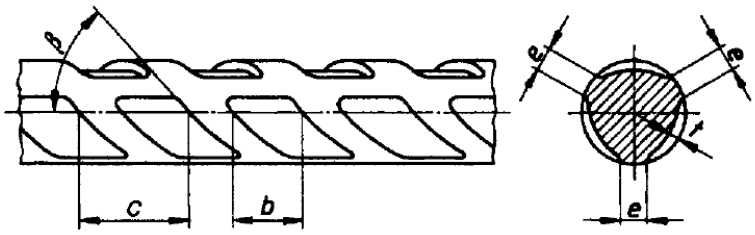
Eurokoodeks näeb ette kasutada raudbetoonkonstruktsioonides keevitatavat ribi- või profiilterasest varrasarmatuuri ja traati. Järgnevad joonised on standardist EVS-EN 10080.



Märkus. Joonis illustreerib põikiribide kaherealist paigutust

Joonis 3 – Ribide geomeetria

Profileeritud terase näide on antud joonisel 4.



Märkus. Joonis illustreerib muljutiste kolmerealist paigutust

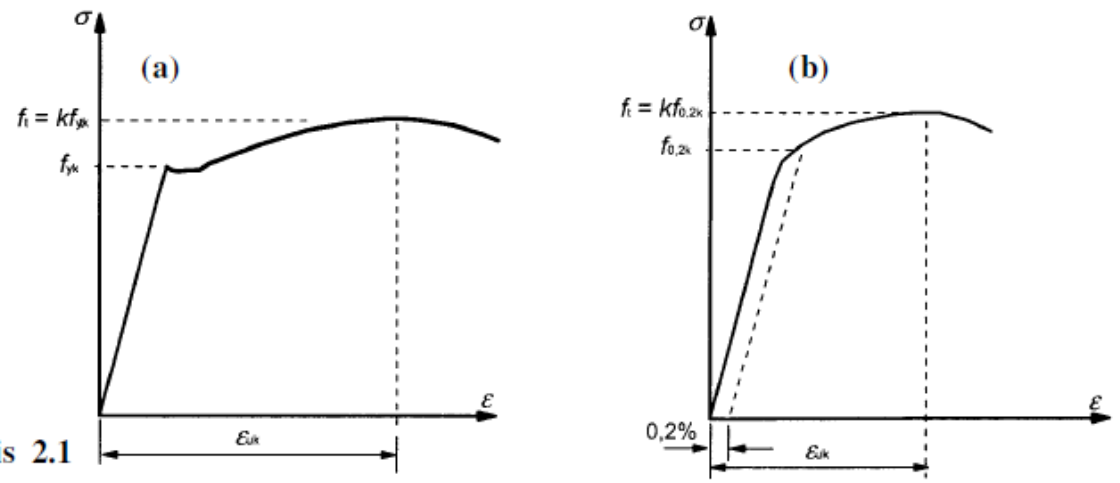
Joonis 4 – Muljutiste geomeetria

Pingbetoonkonstruktsioonides näeb Eurokoodeks pingearmatuurina ette kasutada traate, vardaid ja trosse. Tross on traatidest punutud toode.

Armatuurterase käitumine on spetsifitseeritud järgmiste omadustega:
* voolavustugevus f_{yk} või $f_{0,2k}$;
* maksimaalne tegelik voolavustugevus $f_{y,max}$;
* tõmbetugevus f_t;
* venivus ε_{uk} ja f_t/f_{yk};
* painutatavus;
* nakkekarakteristikud f_R;
* ristlõike mõõtmed ja tolerantsid;
* väsimustugevus;
* keevitatavus;
* keevisvõrkude ja -karkasside nihke- ja keevitustugevus.

Armatuurina kasutatakse

- füüsikalist voolavuspiiri omavaid väikese süsinikusisaldusega teraseid ja legeeritud teraseid (“pehme” teras) varrasarmatuuriks;
- füüsikalist voolavuspiiri mitteomavaid teraseid (“kõva” teras:) kõrge süsinikusisaldusega terast traatarmatuuriks, termiliselt või mehaanilise ettetõmbega tugevdatud terast varrasarmatuuriks.



Joonis 2.1

Füüsikalist voolavuspiiri omava armatuurterase σ-ε diagramm on näidatud joonisel 2.1(a). Seda iseloomustavad voolavuspiir fy, tõmbetugevus ft ja tõmbetugevusele vastav suhteline pikenemine εu.
Füüsikalist voolavuspiiri mitteomaval terasel [joonis 2.1(b)] käsitletakse voolavuspiirina terase 0,2% kontrollpinget f0,2, millele vastav terase plastne deformatsioon on 0,2%.

Terase kasutatavuspiiri raudbetoonkonstruktsioonis määrab ära tema voolavuspiir (voolavustugevus), sellest suurema pingega kaasneb konstruktsiooni purunemisele (või kasutuskõlbmatuks muutumisele) viiv pragude arenemine.
Armatuur peab enne purunemist olema suuteline arendama küllalt suurt plastset deformatsiooni (olema küllalt veniv). See tagab armatuuri ja betooni koostöö kandepiirseisundis ja väldib konstruktsiooni hapra purunemise (malmarmatuur puruneks niipea, kui selle pinge saavutab tõmbetugevuse, betooni survetugevus jääks seejuures lõpuni kasutamata).
Venivusomadustelt eristatakse klass A (εu > 2,5%), klass B (εu > 5%,), ja klass C (εu > 7,5%)armatuuri.

Terase elastsusmoodul Es muutub piirides (1,8 ÷ 2,1) 10^5 MPa, Eurokoodeks 2 lubab kasutada suurust Es = 200000 MPa.

Armatuuri füüsikalised omadused

Tihedus 7850kg/m^3;
Elastsusmoodul keskmiselt 200000 MPa;
Soojapaisumistegur 10^{-5} 1/K

Armatuuri nomenklatuur

Nomenklatuur EVS-EN 10080 järgi

Standardid EVS-EN 1992-1-1 ja EVS-EN 10080 ei määratle armatuurterase klassifikatsiooni, projektis tuleb armatuur määratleda kas:

- Voolavustugevusega f_{yk}, venivusklassiga (A. B, C) ja nimiläbimõõduga, vajadusel täpsustatakse kuju (varras, traat, keevisvõrk, karkass) ja pinna iseloom (ribiline, profiiliga) või
- Armatuurterase tootjamaal kasutatava ja standardi EVS-EN 10080 nõuetele vastava klassiga.

Eurokoodeks näeb ette kasutada raudbetoonkonstruktsioonides armatuurterast voolavustugevuse normväärtusega 400 kuni 600 MPa.

Kogu kasutatav armatuur peab olema keevitatav ja ribilise pinnaga.

Tabel 2.5. *Soovitatavad nimiläbimõõdud, -ristlõikepinnad ja -meetrimassid*

Nimiläbimõõt mm	Vardad	Vihid ja sirgestatud tooted	Keevisvõrgud	Armatuurkarkassid	Nimi-ristlõikepindala mm²	Meetri nimimass kg/m
4,0		×		×	12,6	0,099
4,5		×		×	15,9	0,125
5,0		×	×	×	19,6	0,154
5,5		×	×	×	23,8	0,187
6,0	×	×	×	×	28,3	0,222
6,5		×	×	×	33,2	0,260
7,0		×	×	×	38,5	0,302
7,5		×	×	×	44,2	0,347
8,0	×	×	×	×	50,3	0,395
8,5		×	×	×	56,7	0,445
9,0		×	×	×	63,6	0,499
9,5		×	×	×	70,9	0,556
10,0	×	×	×	×	78,5	0,617
11,0		×	×	×	95,0	0,746
12,0	×	×	×	×	113	0,888
14,0	×	×	×	×	154	1,21
16,0	×	×	×	×	201	1,58
20,0	×				314	2,47
25,0	×				491	3,85
28,0	×				616	4,83
32,0	×				804	6,31
40,0	×				1257	9,86
50,0	×				1963	15,4

Armatuurterase nomenklatuur Vene Föderatsiooni standardite ГОСТ järgi

Tähised:

A – kuumalt valtsitud või termomehaaniliselt tugevdatud ribilise pinnaga armatuurteras;

B – külmalt deformeeritud profiilpinnaga armatuurteras (traat);

C – keevitatav teras

Armatuuri nomenklatuur ja kasutusvaldkonnad on antud normides ja nende juurde kuuluvas juhendis.

Tabel 2.6 Armatuuri nomenklatuur ГОСТ järgi

Armatuuri klass	Standard	Normvoola-vustugevus f_{yk} MPa	Nimiläbimõõt mm	Venivu sklass	Armatuurterase liik
A400 (A-III)[1)]	ГОСТ 5781-82	390	6 … 40	B	Kuumalt valtsitud ribilise pinnaga keevitatav armatuurteras
A500C	ГОСТ Р 52544-2006	500	6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40	B	Kuumalt valtsitud või termomehaaniliselt tugevdatud ribilise pinnaga keevitatav armatuurteras
B500C		500	4, 5, 6, 8, 10, 12	A[2)]	Külmalt deformeeritud profiilpinnaga keevitatav armatuurteras (traat)

[1)] Varem kasutati sulgudes toodud tähistust

[2)] Üldine suhteline pikenemine enne purunemist $\delta_{max} \geq 2{,}5\%$, ühtlane suhteline pikenemine $\delta_p \geq 2\%$, vt standard ГОСТ Р 52544-2006

Armatuurterase nomenklatuur Soome standardite SFS järgi

SFS 1268 tähised: esimene B ribilise pinnaga keevitatav armatuurteras, teine B venivusklass

SFS 1215 ja SFS 1257 tähised:

A kuumalt valtsitud armatuurteras;
B külmalt tõmmatud armatuurteras;
H ribilise pinnaga;
W keevitatav;
K profiilpinnaga traat.

Tabel 2.7 Armatuuri nomenklatuur SFS järgi

Armatuuri klass	Standard	Normvoola-vustugevus f_{yk} MPa	Nimiläbimõõt mm	Venivus-klass	Armatuurterase liik
B500B	SFS 1268:2010	500	6, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 25, 28, 32, 40	B	Ribilise pinnaga keevitatav armatuurteras
A500HW	SFS 1215:1996	500	6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32	B	Kuumalt valtsitud ribilise pinnaga keevitatav armatuurteras
B500K	SFS 1257:1996	500	5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12	A	Külmalt tõmmatud profiilpinnaga traat[1)]

[1)] Keevitamise korral vt standardis toodud juhiseid

Armatuurterase nomenklatuur Saksamaa Liitvabariigi standardite DIN järgi

DIN 488 tähised: esimene B ribilise pinnaga keevitatav armatuurteras, teine B venivusklass B, A – venivusklass A

Tabel 2.7 Armatuuri nomenklatuur DIN 488-1:2009 järgi

Armatuuri klass	Normvoola-vustugevus f_{yk} MPa	Nimiläbimõõt mm	Venivus-klass	Armatuurterase liik
B500B	500	6, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 25, 28, 32, 40	B	Ribilise pinnaga keevitatav armatuurteras
B500A	500	6, 6.5, 7, 7.5, 8, 8.5, 9, 9.5, 10, 11, 12	A	

Armatuuri jätkamine

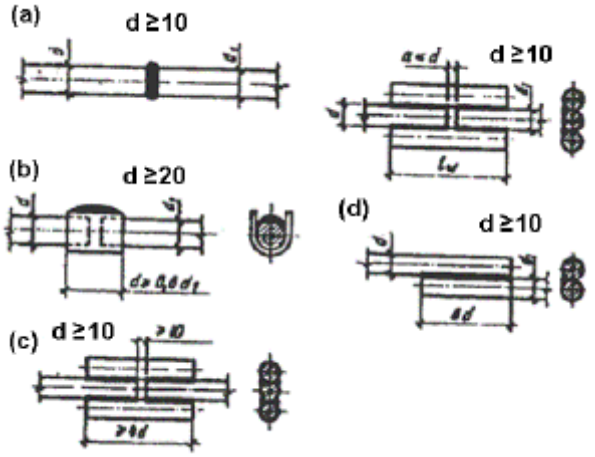
Võimaluse korral
- tuleks ülekattejätkud teineteise suhtes nihutada;
- ei tuleks paigutada piirkonda, kus kogu armatuur on täielikult ära kasutatud sisejõudude vastuvõtmiseks;
- peaksid ülekattejätkud mingis lõikes paiknema sümmeetriliselt.

Ülekattepikkus l_0 on arvutatav väärtus, mis sõltub varda kujust, kaitsekihist, armatuuri tõkestatust, ühes lõikes jätkatavate raudade protsendist. Selle väärtuse peab andma projekteerija.

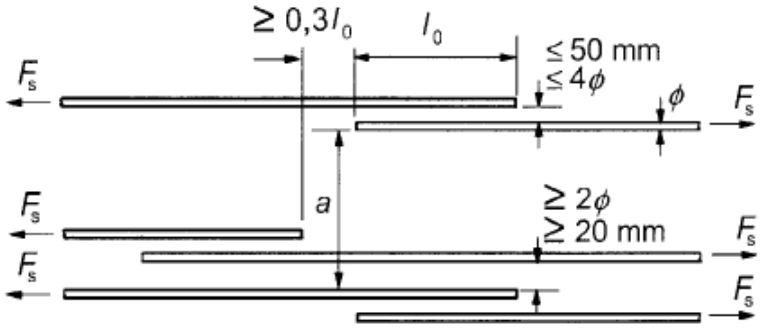
Armatuuri jätkamiseks kasutatakse keevis- või ülekattejätku.

Keevisjätku korral kasutatakse järgmisi elektroodkeevituse liike:

a põkkkeevitust;
b vannkeevitust;
c elektroodkeevitust sidevarraste kasutamisega;
d elektroodkeevitust varraste ülekattega.



Ülekattejätku korral paiknevad jätkatavad vardad kas vahetult teineteise kõrval (ja on fikseeritud sidumistraadiga) või kaugusel kuni 4Ø või 50 mm teineteisest.

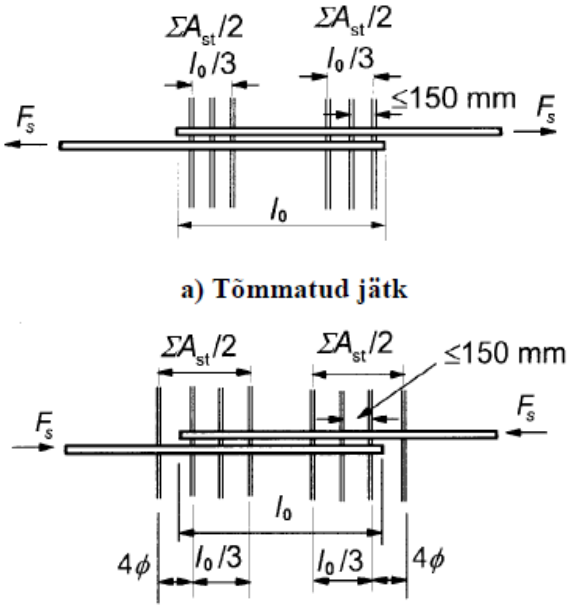


Joonis 8.7 – Külgnevad ülekattejätkud

Jõu ülekandmine ühelt armatuurilt teisele toimub läbi betooni nihkepingete abil. Ülekattejätku pikkus l_0 sõltub armatuuri vajalikust ankurduspikkusest ja on võrdne (20 ÷

50)Ø olenevalt armatuuri ja betooni tugevusest, jätkude paiknemisest ristlõikes ja sellest, kas jätk on tõmmatud või surutud.

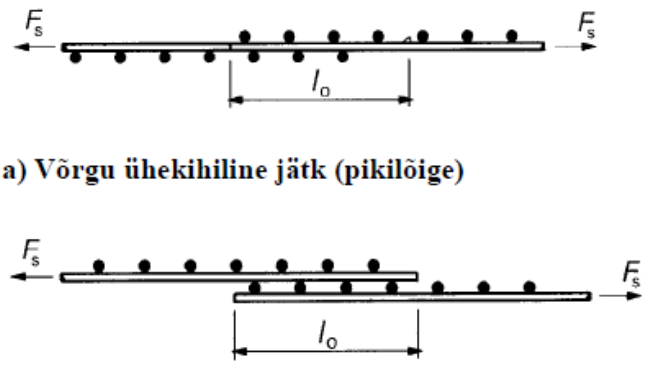
Kui armatuuri Ø ≥20 mm ja ühes lõikes jätkatakse üle 25% armatuurist, siis tuleb jätku ulatuses ette näha täiendav põikiarmatuur (EVS-EN1992-1-1 jaotis 8.7.4).



Joonis 8.9 – Ülekattejätku põikiarmatuur

Surutud armatuuri ja konstruktiivse armatuuri (jaotusarmatuuri) kõik vardad võib jätkata ühes lõikes.

Keevisvõrgud jätkatakse samuti ülekattega (EVS-EN1992-1-1 jaotis 8.7.5).



Joonis 8.10 – Keevisvõrgu ülekattejätkud

Tabel 8.4 – Võrgu mittetöötavate traatide ülekatte nõutav pikkus

Mittetöötava traadi läbimõõt (mm)	Ülekatte pikkus
$\phi \leq 6$	≥ 150 mm, vähemalt 1 traadi samm jätku pikkuses
$6 < \phi \leq 8{,}5$	≥ 250 mm, vähemalt 2 traadi sammu
$8{,}5 < \phi \leq 12$	≥ 350 mm, vähemalt 2 traadi sammu

RAUDBETOON

Armatuuri funktsionaalne liigitus

- Otstarbe järgi:
  - töötav (arvutuslik) armatuur – vajalik elemendis toimivate sisejõudude vastuvõtmiseks, määratakse arvutusega;
  - mittetöötav (konstruktiivne) armatuur, vajalik töötava armatuuri fikseerimiseks (karkassi moodustamiseks), kohalikuks tugevdamiseks, pragude arenemise piiramiseks või vältimiseks jne.
- Suuna järgi:
  - pikiarmatuur;
  - põikiarmatuur - rangid, põikivardad;
  - kaldarmatuur.
- Armatuuri töötamise järgi:
  - tõmbearmatuur – armatuur painde või normaaljõu põhjustatud tõmbe vastuvõtmiseks;
  - survearmatuur – armatuur painde või normaaljõu põhjustatud surve vastuvõtmiseks (kui nad arvutuse järgi on vajalikud);
  - põikarmatuur – armatuur põikjõu vastuvõtmiseks (kui nad arvutuse järgi on vajalikud).

Armatuuri nake

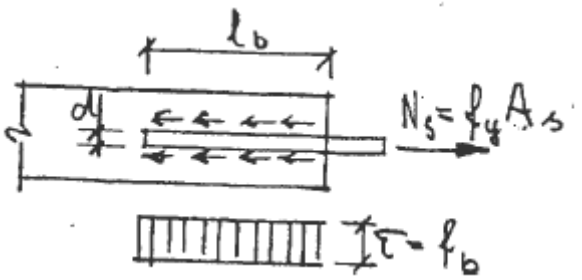
Armatuuri ja betooni koostöö tagab nendevaheline nake. Nakke loob

- betooni ankurdumine armatuuri pinna ebatasasuste taha (joonis 3.2) (peamine faktor);
- betooni mahukahanemise põhjustatud hõõre;
- tsementkivi liimiv toime (alla 10 %).

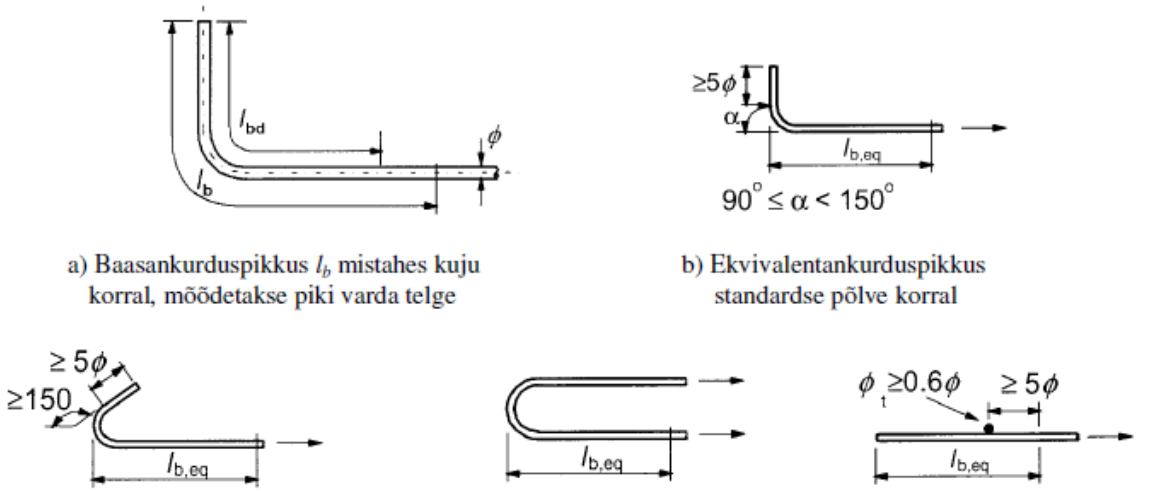
Nake sõltub betooni tugevusest, armatuuri pinna profiilist ja nakketingimustest (armatuuri asendist betoneerimise ajal). Nakketugevuseks loetakse suurimat nakkepinget, mille puhul armatuuri ja betooni vahel ei toimu veel olulist nihkumist.

Armatuuri ankurdus

Tagamaks varda ankurdamist betoonkeha sees, on vardal vaja sisejõu ülekandmiseks arvutuslikku lisapikkust. Arvutuslik ankurduspikkus l_b sõltub baasankurduspikkusest, varda kujust, kaitsekihist, armatuuri tõkestatust. Selle väärtuse peab andma projekteerija.



Konstruktsiooni geomeetriast sõltuvalt ei ole alati võimalik töötavaid raudu sirgelt ankurdada. Armatuurvarda ankurdamiseks on lubatud vardale teha ülespöördeid ja keevitada põikvardaid. Vajaliku lahenduse peab andma projekteerija.



a) Baasankurduspikkus l_b mistahes kuju korral, mõõdetakse piki varda telge

b) Ekvivalentankurduspikkus standardse põlve korral

c) Ekvivalentankurduspikkus standardse konksu korral

d) Ekvivalentankurduspikkus standardse aasa korral

e) Ekvivalentankurduspikkus keevitatud põikivarda korral

Lubatav minimaalne painutusdiameeter

Vältimaks betooni purunemist tagasipöörde raadiuse sees on armatuurvarda painutusdiameetri mõõdud ette määratud:

- vältimaks paindepragude tekkimise armatuuri põlves, konksus või aasas: $\varnothing_{m,min} = 4\varnothing$ kui $\varnothing \leq 16$ mm ja $\varnothing_{m,min} = 7\varnothing$ kui $\varnothing > 16$ mm;
- tagama betooni muljumisvastupanu kõveruse sees:

$$\phi_{m,min} \geq \frac{F_{bt}}{f_{cd}}\left(\frac{1}{a_b} + \frac{1}{2\phi}\right)$$

, kus

F_{bt} on arvutuskoormuse põhjustatud varda või ühendatud varraste grupi tõmbejõud painutuse alguses;

a_b on antud varda (või ühendatud varraste grupi) korral pool painutuse tasapinnaga risti mõõdetud varraste (või vardagruppide) tsentrite vahekaugusest. Elemendi välispinna juures paiknevale vardale või vardagrupile tuleks a_b võtta võrdseks betoonkaitsekihile pluss ∅/2.

f_{cd} betooni arvutuslik survetugevus (mitte suurem, kui betoonil klass C55/67).

Armatuurvarraste vahekaugused

Varraste vahekaugus peab võimaldama rahuldavat betooni paigaldamist ning tihendamist ja kindlustama küllaldase nakke betooni ja terase vahel.

Varraste vertikaalne ja horisontaalne puhasvahe:
$c_0 \geq$ 20mm
$c_0 \geq$ ∅
$c_0 \geq$ 5mm+täitematerjali suurim terasuuruse nimimõõt

Ülekattejätku kohal võivad vardad jätku ulatuses kokku puutuda.

Betoonikaitsekiht

Betoonkaitsekiht on kaugus armatuuri pinnast kuni betooni lähima pinnani.

Joonisel peab olema antud kaitsekihi projektnimiväärtus - nimikaitsekiht. Nimikaitsekiht on minimaalse kaitsekihi c_{min} ja kaitsekihi lubatava hälbe Δc_{dev} summana

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} .$$

Nimikaitsekihi määramiseks tuleb nõutavat minimaalset kaitsekihti suurendada lubatud negatiivse hälbe absoluutväärtuse võrra. Soovitatav Δc_{dev} väärtus on 10 mm.

Betoneerimisel vastu ebatasast pinda tuleks üldiselt nimikaitsekihti suurendada, võttes projekteerimisel arvesse suuremat hälvet. Hälbe suurenemine peaks vastama ebatasasuse määrale. Betoneerimisel ettevalmistatud pinnasele (näiteks killustikalusele) peaks kaitsekiht olema vähemalt 40 mm ja betoneerimisel otse pinnasele 75 mm. Mingi spetsiifilise pinna korral tuleks vajaduse korral pinna ebatasasuse arvesse võtmiseks suurendada armatuuri kaitsekihti (näiteks ribilise viimistluse või avatud täitematerjali korral).

Minimaalne kaitsekiht peab tagama
- nakkejõudude ülekandmise;
- terase küllaldase korrosioonikaitse ja
- piisava tulekindluse.

Nakkejõudude ohutuks ülekandmiseks ja betooni vajaliku tihendamise tagamiseks peaks minimaalne kaitsekiht olema vähemalt võrdne kaetava varda läbimõõduga ja vähemalt 10mm.
Armatuuri korrosioonikaitse sõltub armatuuri ümbritseva püsiva leeliskeskkonna olemasolust, mis saadakse kvaliteetse betoonikihi küllaldase paksusega. Kaitsekihi vajalik paksus sõltub

keskkonnatingimustest (niiskus, läbikülmumise võimalus, agressiivne keskkond, s.h. kokkupuude mereveega) ja konstruktsiooni valmistamise kvaliteedist.

Armatuurterase kestvusest tulenev minimaalne kaitsekiht sõltub ehitise konstruktsiooniklassist (arvestuslik kasutusiga) ja keskkonnaklassist (konstruktsioonile mõjuv keskkond).

Kui ehitise kohta pole erinõudeid, on soovitatav konstruktsiooniklass S4 – arvestuslik kasutusiga 50 aastat.

Tabel 3.1 - Armatuurterase kestvusest tulenevad minimaalse kaitsekihi $c_{min,dur}$ väärtused vastavalt standardile EN 10080

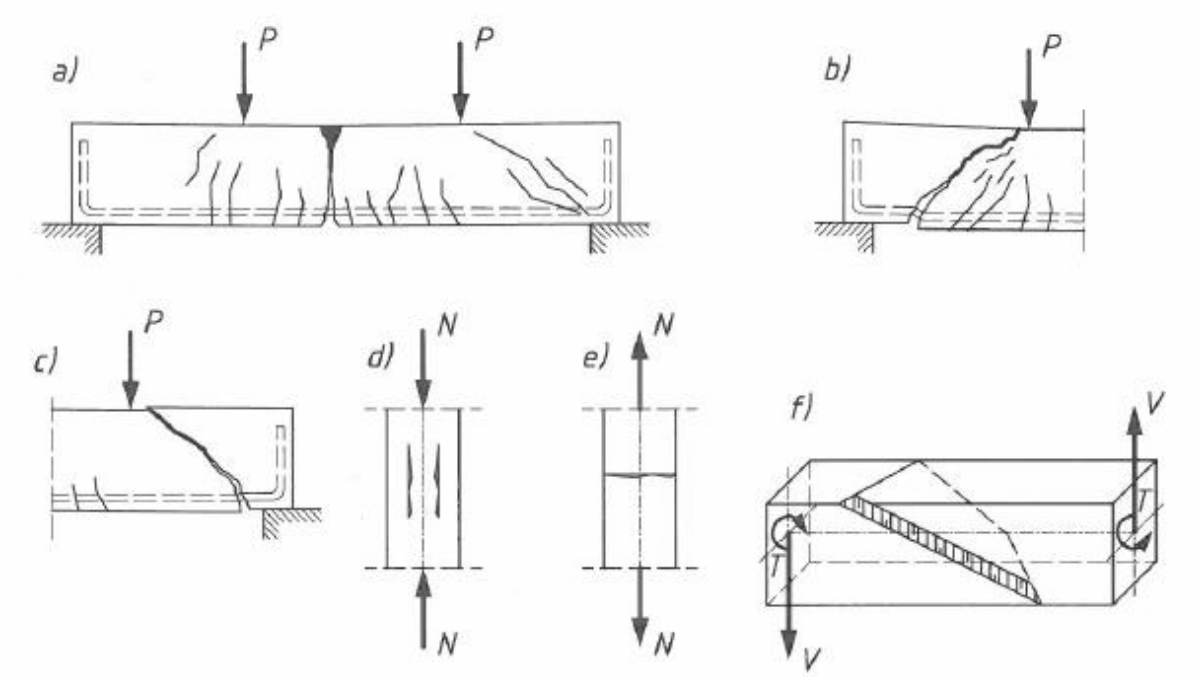
Keskkonnanõuded kaitsekihile $c_{min,dur}$ (mm)							
Konstruktsiooniklass	Keskkonnaklass vastavalt tabelile 3.1						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

Raudbetoonelementide liigitus deformatsiooniliigi järgi, purunemislõiked

Sõltuvalt domineerivast deformatsiooniliigist võib raudbetoonelemente liigitada järgnevalt:

- painutatud element, kus domineerib paindemoment M, tavaliselt esineb ka põikjõud V;
- surutud element, kus domineerib normaaljõud N, ekstsentriliselt surutud elemendis esineb ka M. Küllalt sageli võib esineda ka V, mille mõju harilikult ei ole eriti oluline;
- tõmmatud element, domineerib normaaljõud N, ekstsentriliselt tõmmatud elemendis esineb ka M.
- väänatud elemendis esineb kas puhas vääne (mõjub vaid väändemoment T), või vääne koos paindemomendi ja põikjõuga.

Raudbetoonelemendi purunemisele eelneb pragude tekkimine. Tavaliselt üks neist määrab ära ka purunemislõike.
Painutatud elemendit puruneb kas normaallõikes (M-i toimel) [joonis (a)] või kaldlõikes (V või M toimel) [joonis (b)], surutud elemendi purunemine toimub normaallõikes (purunemisega kaasnevad pikipraod) [joonis (d)], tõmmatud element puruneb normaallõikes [joonis (e)]. Väänatud elemendi purunemine leiab aset mingis ruumilises lõikes [joonis (f)].



Joonis 1.1. *a) paindepurunemine normaallõikes; b) põikjõu-paindepurunemine; c) põikjõu-tõmbepurunemine; d) purunemine tsentrilisel survel; e) purunemine tsentrilisel tõmbel; f) purunemine väändemomendi ja põikjõu koostoimel*

MONOLIITNE RAUDBETOON

Peamised märksõnad

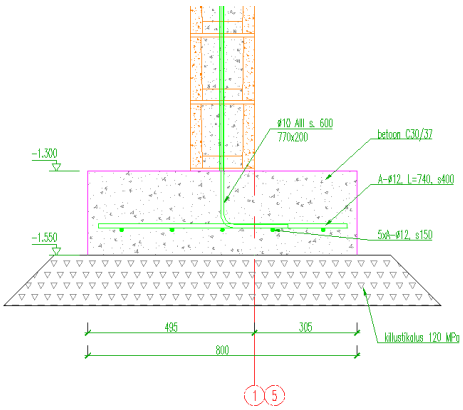
- Meelevaldne kuju;
- Raketis;
- Platsil armeerimine;
- Armatuuri tõstmine ja ladustamine;
- Järeltoestamine;
- Lihvimine;
- Tihendamine;
- Kastmine;
- Kütmine;
- Betooni tantsport – kaugus objektilt, välistemperatuurid;
- Betoonipumba ja betooniautode ligipääsetavus töömaale ja valuplatsile;
- Liikluskorraldus;
- Armeerimisjoonised;
- …

Tänapäeval kasutatakse monoliitset betoonkonstruktsiooni väga erinevates konstruktsioonides

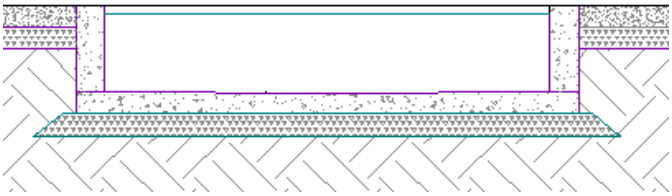
Vundamendid

Madalvundamendid

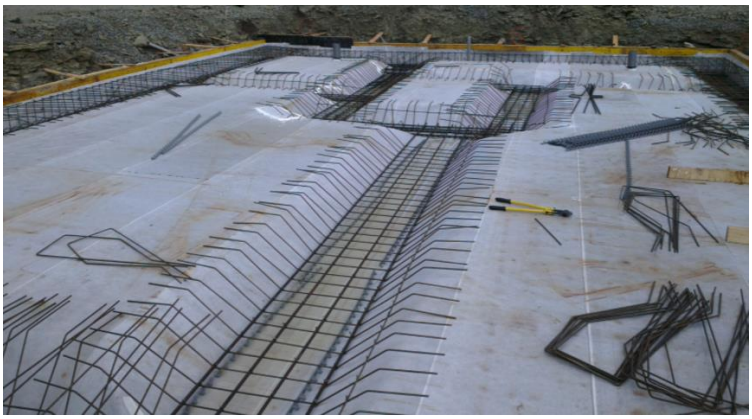
- Monoliitsed vundamendi taldmikud – vundamendilt tuleva koormuse ühtlasemaks jaotamiseks pinnasel. Peamiselt konstruktiivse armatuuriga.



- Monoliitsed vundamendid – seadmete vundamendid, hoone vundamendid;

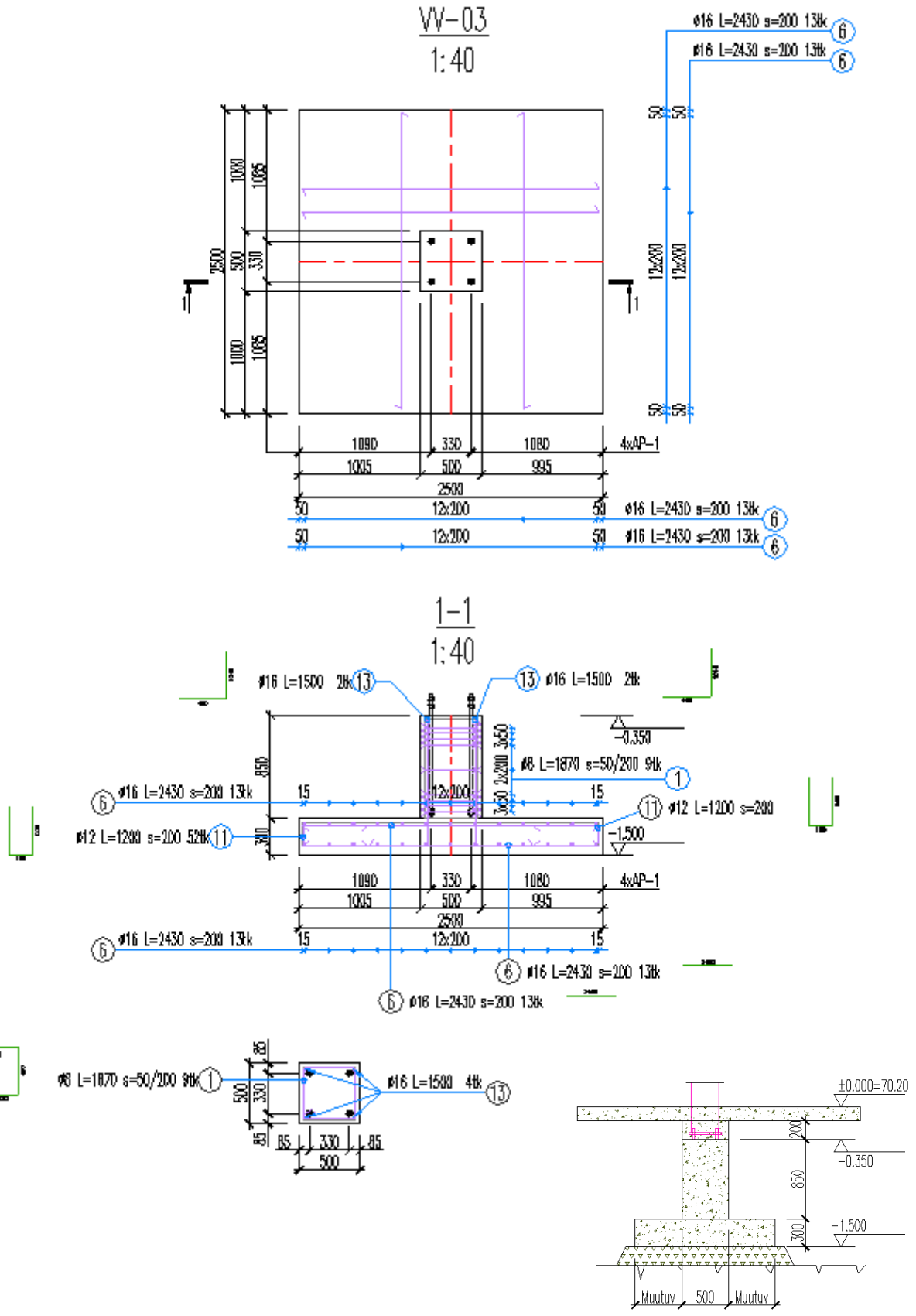


- Plaatvundamendid – laialdaselt kasutatud eramajade vundamendina



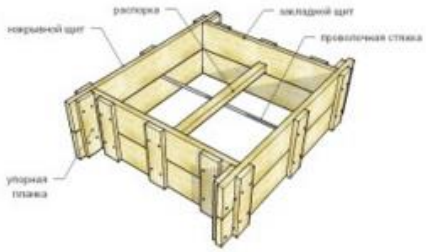
Injekteerimine.eu

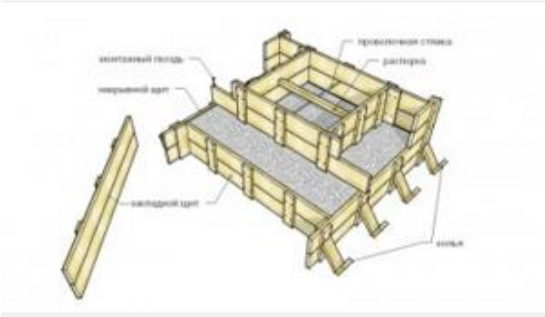
- Kohtvundamend posti all



Raketised

- Puidust





- Kilpidest

Peri.ee

- Roniv raketis

Peri.ee

- Posti raketis

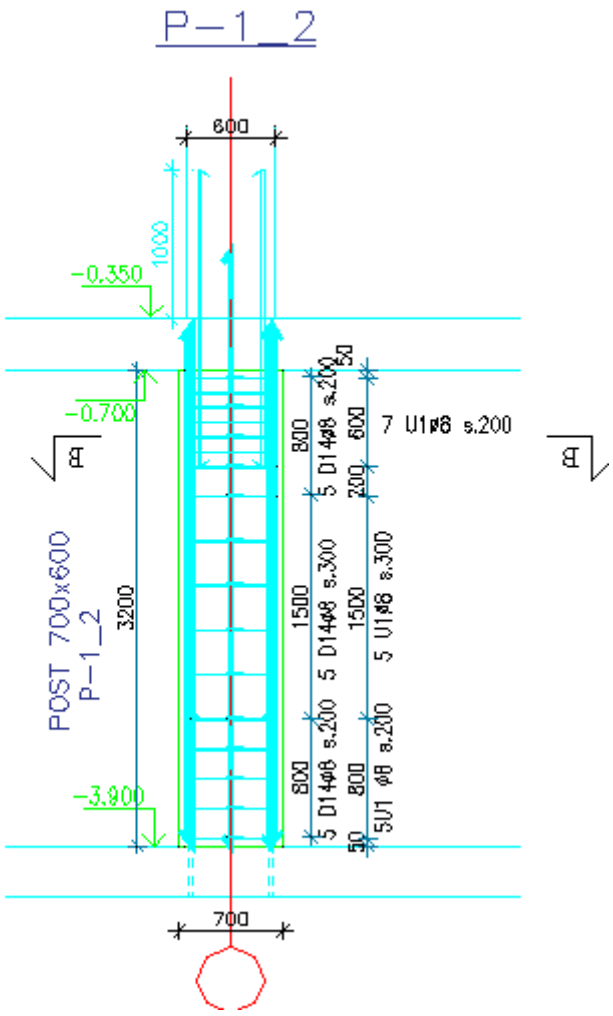
Peri.ee

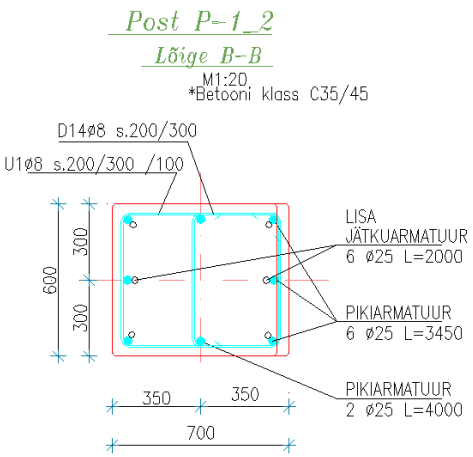
- Lae raketis

Peri.ee

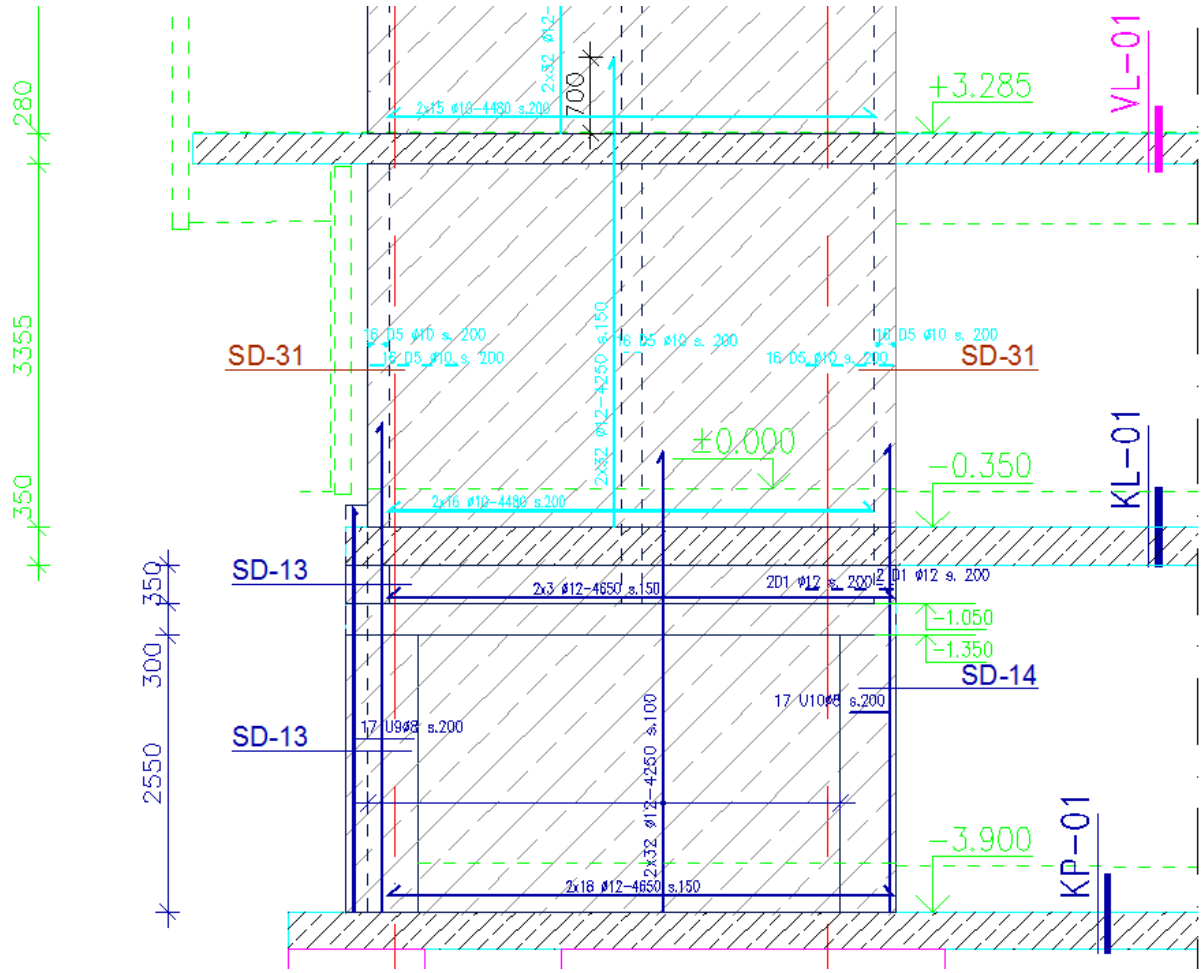
Armeerimisnäited

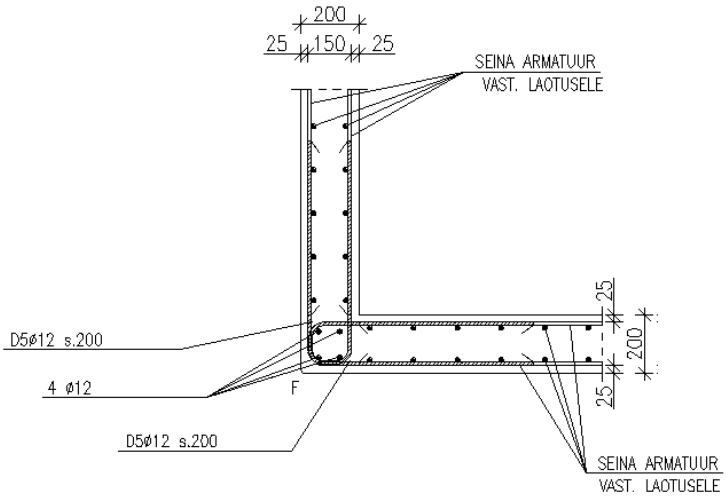
Postide armeerimine

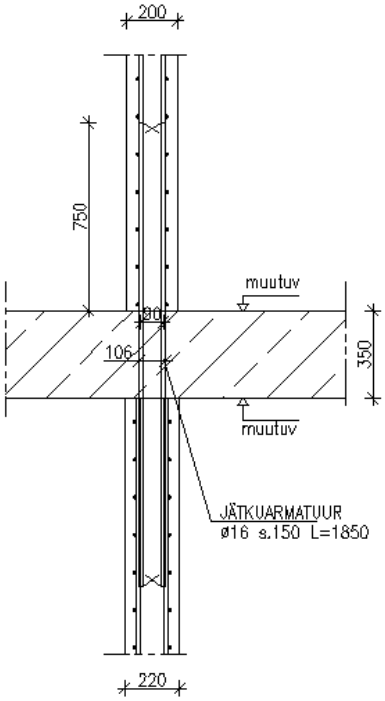




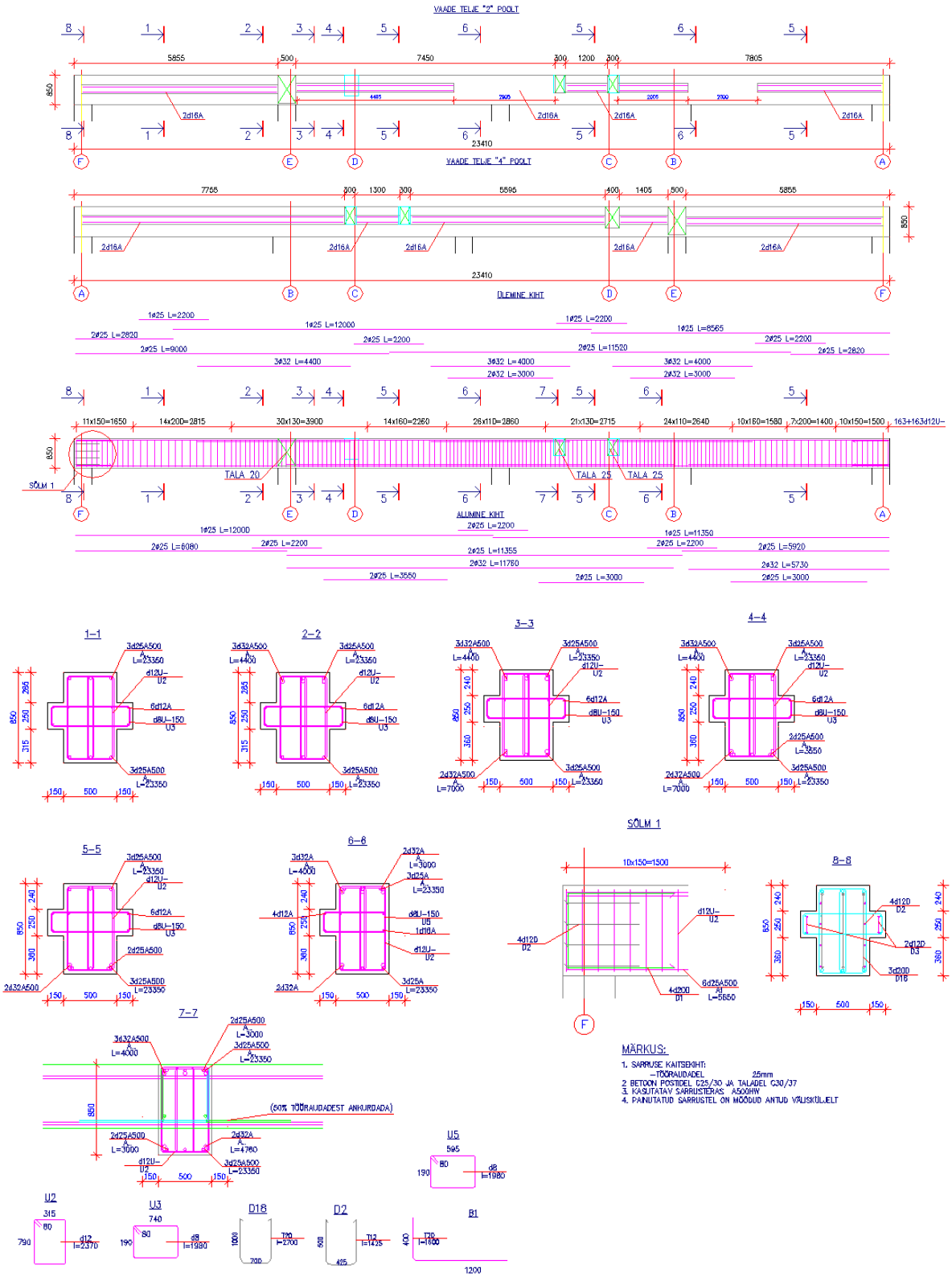
Seinte armeerimine



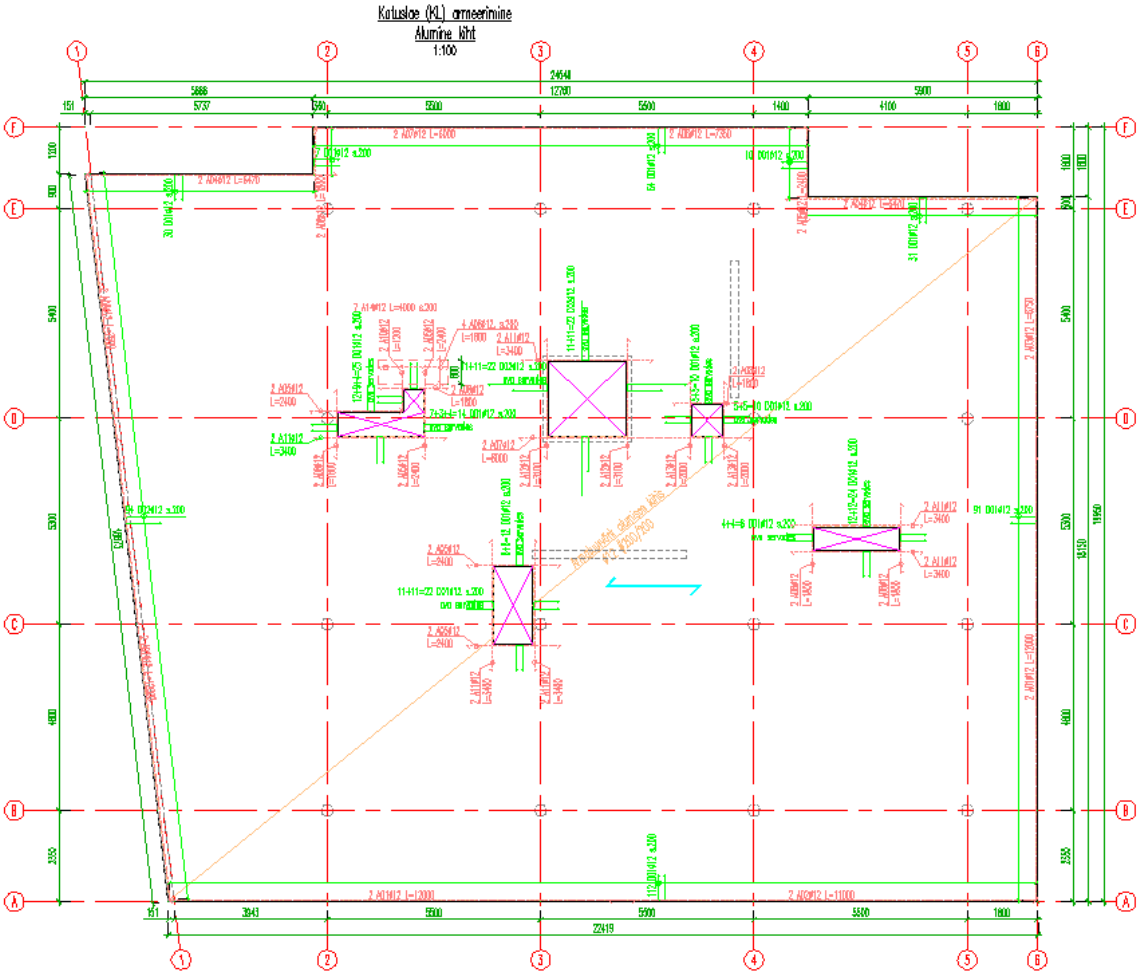




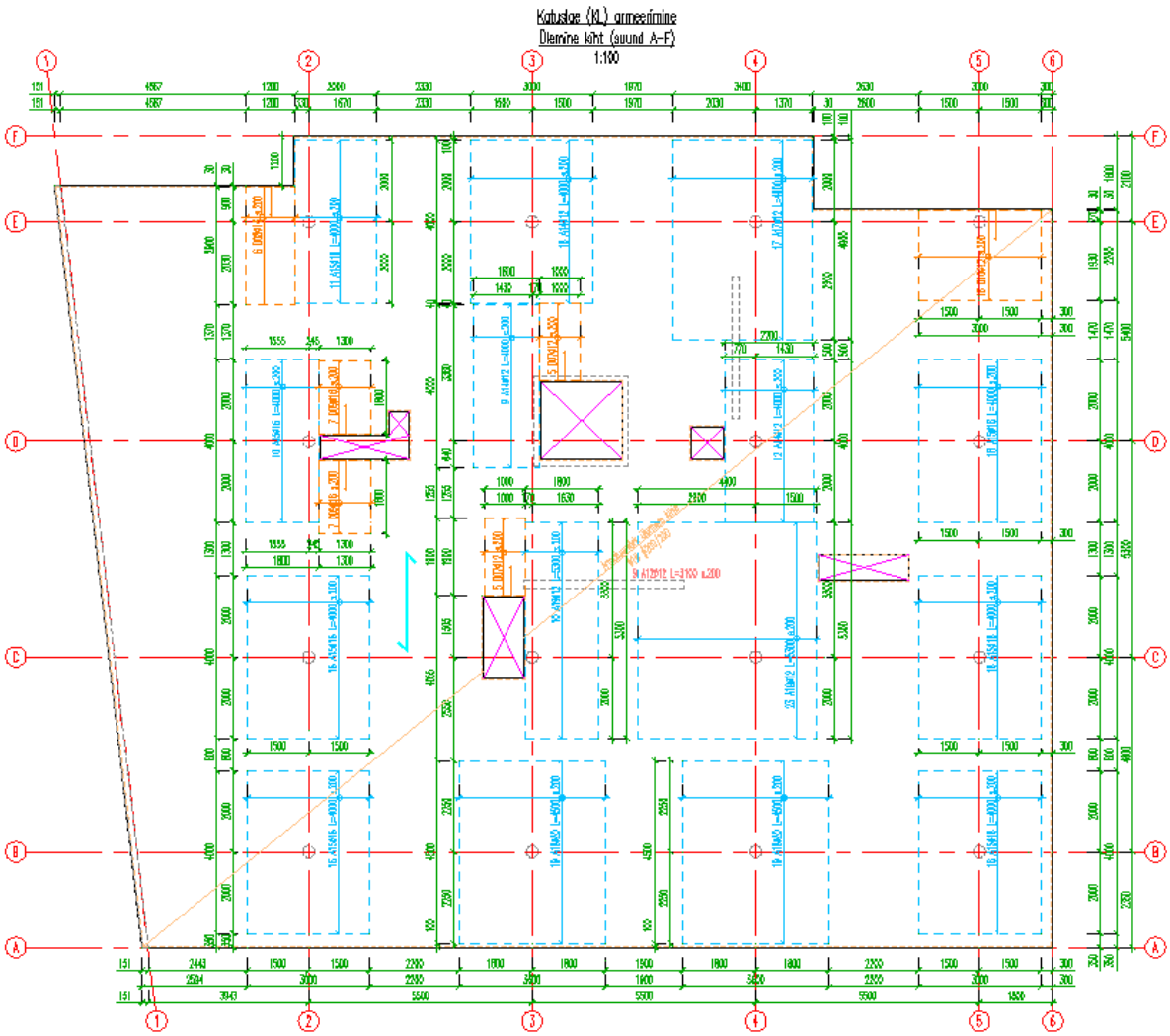
Talade armeerimine



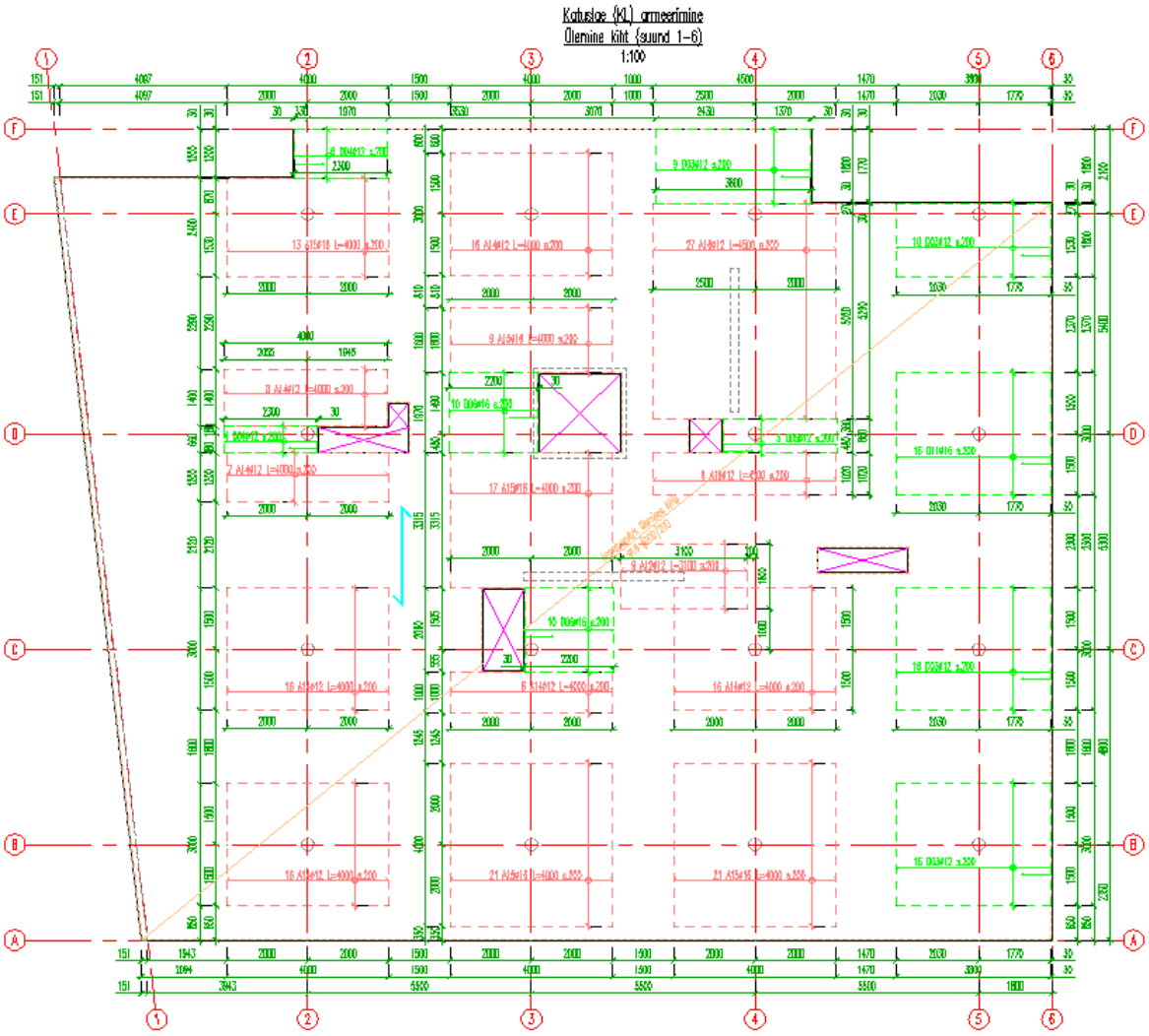
Vahelagede armeerimine



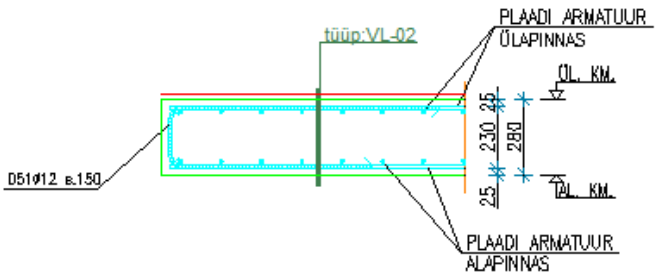
Vahelae põhiarmeering



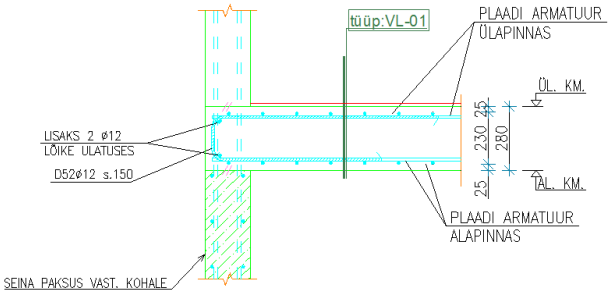
Vahelae lisaarmeering – alumises kihis



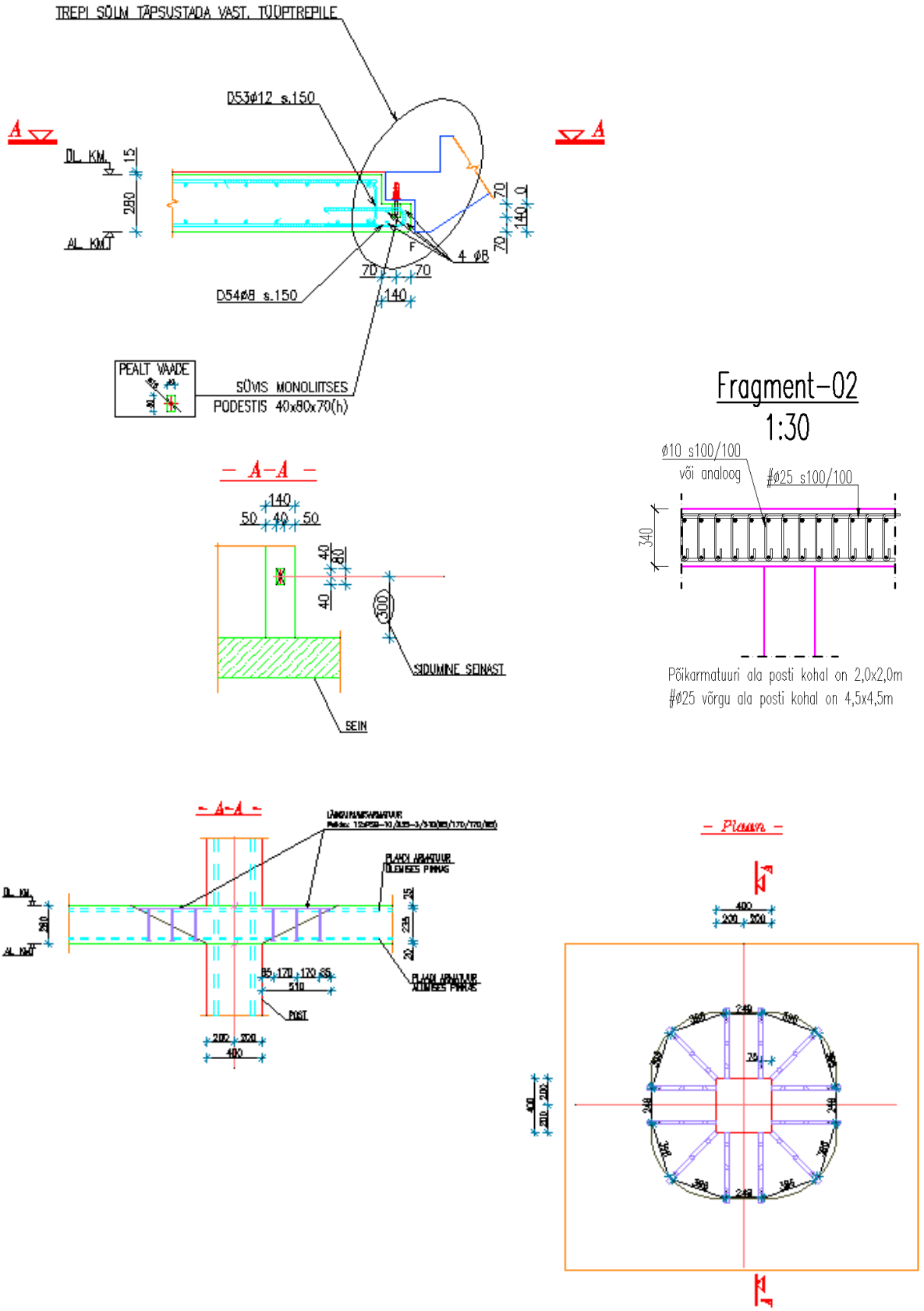
Vahelae lisaarmeering – ülemises kihis



Vaba serva armeering



Armeering seina kohal

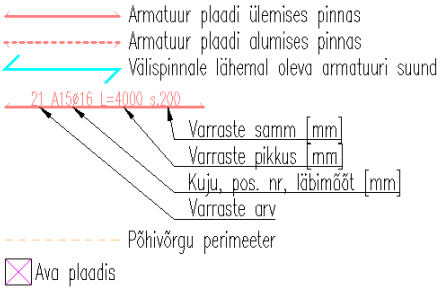


Monoliitse vahelae konsool monteeritavale trepile, vahelae põikarmeering posti kohal

MÄRKUSED:

1. Kõrgusmärgid joonisel antud suhtelises süsteemis: ±0.00=+2.485 abs.
2. Vahelae betooniklass C30/37 ja keskkonnaklass XC1 (EVS-EN 206-1).
   Järgida BÜ2 juhised
   Järelevalve klass 2 (EVS-EN 13670:2010)
   Tolerantsiklass 1 (EVS-EN 13670:2010)
3. Armatuurterase klass: B500B (EN 10080), f_{yk}=500MPa, venivusklass B (EVS-EN 1992-1-1:2007 Lisa C). Armatuuri ülekate jätkamisel 37*ø, kui ühes ristlõikes jätkatakse kuni 25% armatuurist, kogu armatuuri jätkamisel ühes ristlõikes ülekate jätkamisel 54*ø.
4. Armatuuri nimikaitsekiht C_{nom}: 25 mm
5. Armatuuri painutustabelis on näidatud mõõdud välispinda.
6. Tulepüsivus R60
7. Käesolevat joonist ja armeerimisskeeme vaadata koos külgnevate konstruktsioonide (seinad, trepid, vahelaed) joonistega.
8. Kõik välisnurgad faasida 10x10 mm.
9. Joonistel näitamata töövuukide asukohad kooskõlastada projekteerijaga.
10. Tööde teostamisel jälgida Tarindi-RYL 2010 nõudeid.
11. Täiendavate avade tegemine konstruktsioonidesse kooskõlastada eelnevalt projekteerijaga.
12. Elektriinstalatsiooni ja muud torud paigaldada vastavalt eriosade joonistele.
13. Joonisel näidatud koormused normatiivsed.
14. Vahelaeplaat armeeritakse üksikvarrastest võrguna ülemises ja alumises pinnas (põhiarmatuur). Plaanil on näidatud lisaarmatuurvardad, mis paigutatakse põhiarmatuuri vahele.

TINGMÄRGID:

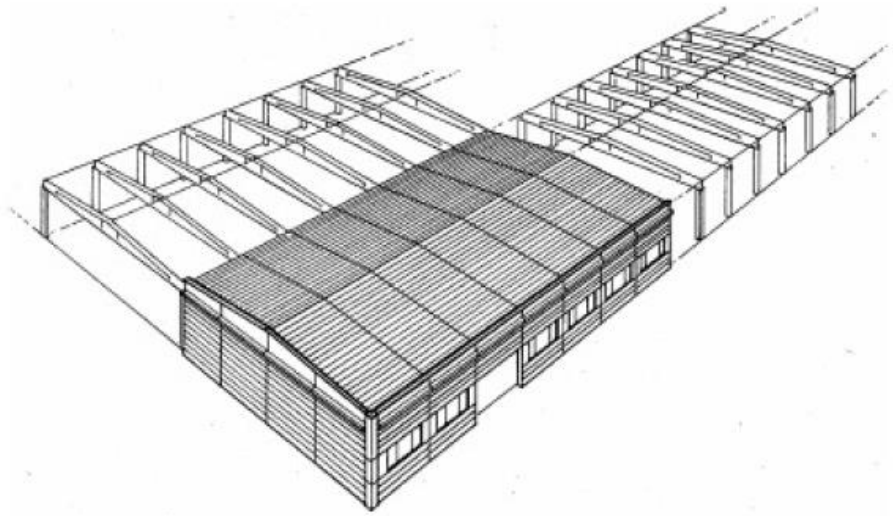


Märkused vahelae jooniselt

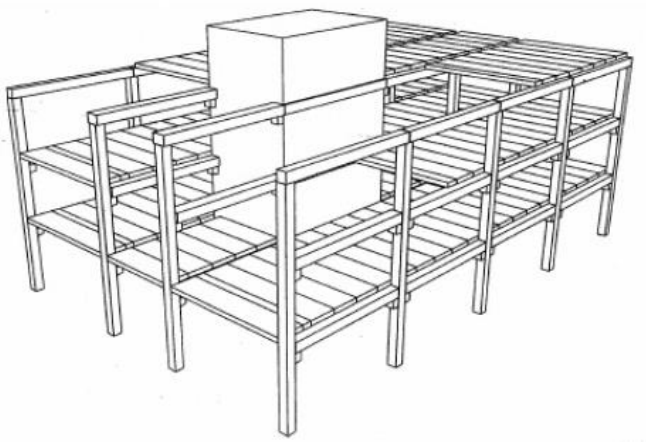
MONTEERITAVAD RAUDBETOONKONSTRUKTSIOONID

Monteritavatest elementidest rajatakse erineva skeemiga hooneid /15/:

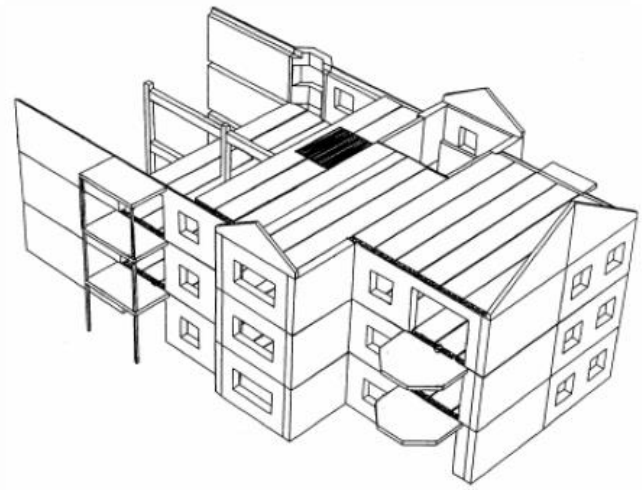
- Põikraamidega karkasshoone, mis koosneb postidest ja katusetaladest ning kasutatakse tootmis-, lao- , ja ärihoonetele jne.



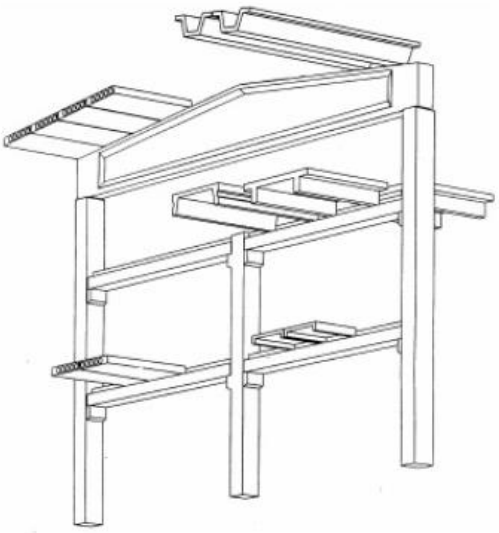
- Karkasshoone, mis koosneb postidest, taladest ja paneelidest madala kuni keskmise kõrgusega hoonetele ja vähese arvu seintega kõrgemate hoonete puhul. Karkasshoonet kasutatakse peamiselt kontoritele, koolidele, haiglatele, parkimismajadele jne.



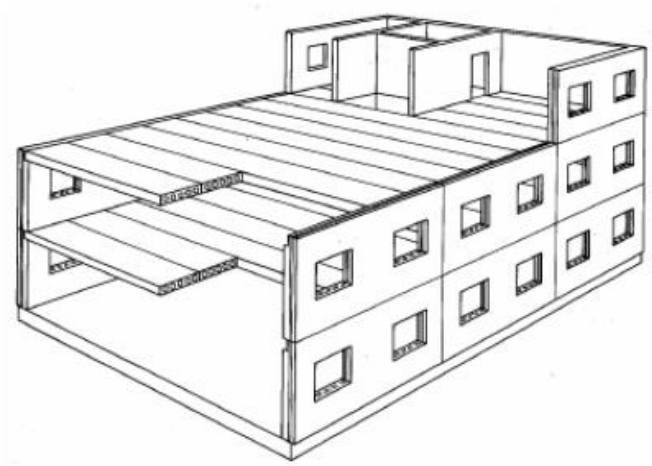
- Kandvate seintega hoone koosneb jäikadest vertikaalsetest kandvatest seintest ja horisontaalsetest paneelidest ning kasutatakse laialdaselt elumajade, hotellide, koolide jne ehitamisel.



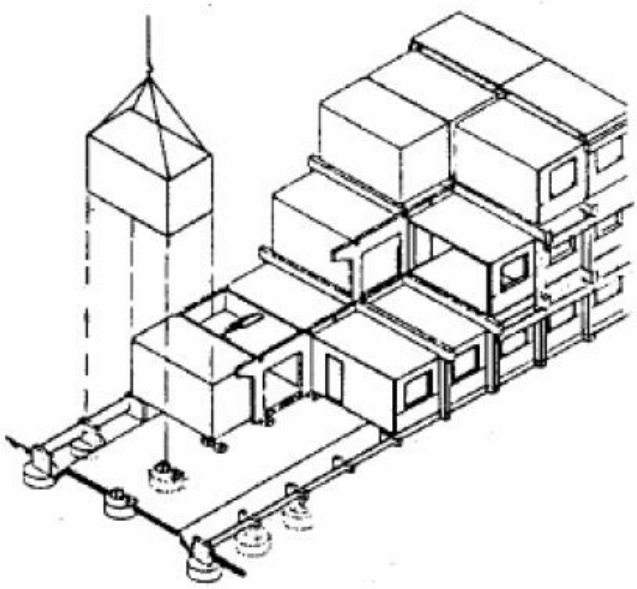
- Vahelaekonstruktsioonid koosnevad erinevat tüüpi vahelaeelementidest, mis paigaldatakse vahelaekonstruktsiooniks, mis suudab jagada kontsentreeritud koormust ja kanda üle horisontaaljõude stabiliseerivatele komponentidele. Monteeritavaid vahelagesid kasutatakse laialdaselt igasugust tüüpi ehitistel ja erinevate karkassimaterjalidega.



- Fassaadisüsteemid koosnevad ühe või kahekihilisest betoonelementidest, kas kandva funktsiooniga või mitte. Neid on kõikvõimaliku kuju ja teostusega lihtsast viimistluskihist kuni arhitektuurilise betooni kõige luksuslikumate rakendusteni kontoritele ja esinduslikele fassaadidele.



- Ruumilised elemendid, mis koosnevad monteeritavatest betoonmoodulitest ja neid kasutatakse vannitoamoodulitena, köögiplokkidena, garaažiboksides jne.



Ühel monteeritud betoonelementidest ehitisel võib olla kombineeritud mitu erinevat süsteemi.

Monteeritava karkassi jäikus /15/

Monteeritavate betoonelementide stabiilsus tuleb tagada asjakohaste süsteemidega, mida on lihtne teostada ehitusplatsil: postide jäik kinnitamine vundamendile, jäikusseinte tasapinnaline jäikus, diagonaalne jäigastamine, vahelae ja katuse diafragmad ja eelmainitud süsteemide kombinatsioonid.
Ehitussüsteemide stabiilsuse tagamiseks kasutatakse järgmiseid kontseptsioone:

- Jäigastamata (sidemeteta) süsteemid, kus stabiilsus saadakse postide toimimisel konsoolina karkasshoones, võimalikult kombineerituna diagonaalse jäigastusega või mõnikord 2-D karkassi toimimisega.
- Jäigastatud (sidemetega) süsteemid, kus vastupanu horisontaalsele liikumisele annavad jäikusseinad, liftišahtid ja jäigastavad südamikud. Ehitussüsteemi teisi osasid toetavad horisontaalsuunas stabiliseerivad komponendid. Horisontaalse stabiilsuse kogukontseptsioon tagab selle, et horisontaalne koormus töötab igas kohas ja kantakse üle stabiliseerivatele komponentidele ja edasi vundamentidele.

Post, mis on kinnitatud vundamendile momendijäiga ühendusega toimib konsoolina, kui talle mõjub horisontaalne koormus. Jäiga kinnitusega postide töötamist konsoolina võib kasutada madalate betoonelementidest ehitiste stabiliseerimisel. Konsoolset toimet võib samuti saavutada trepišahtides ja kandvate seintega hoonetes.

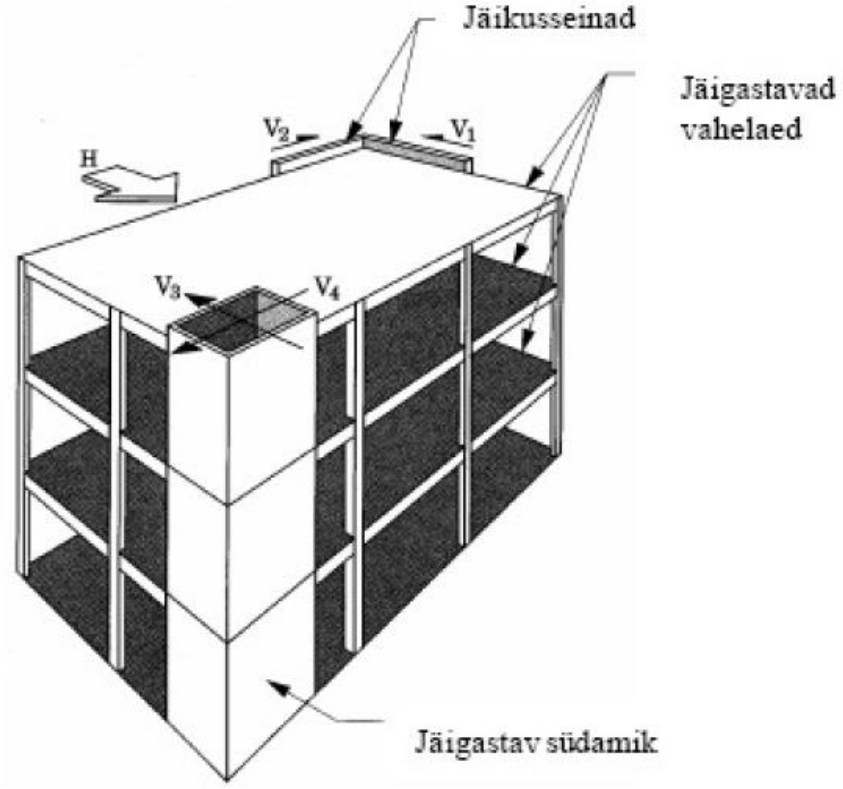
Raamina töötamisel saavutatakse stabiilsus painde- ja nihkepidevusega liidetega postide ja talade vahel. Süsteemi kasutatakse tavaliselt ainult kahesuunalisel karkassil, et anda täiendavat paindejäikust jäigastamata põikraamidega karkasshoonele või olulistele horisontaalliikumistele, nagu näiteks maavärina olukorras.

Seintele on lihtne saavutada tasapinnalist painde-ja nihkekindlust vuukides ja vundamendil.
Sageli on tasapinnalise jäikus saavutatav jäikusseintega.

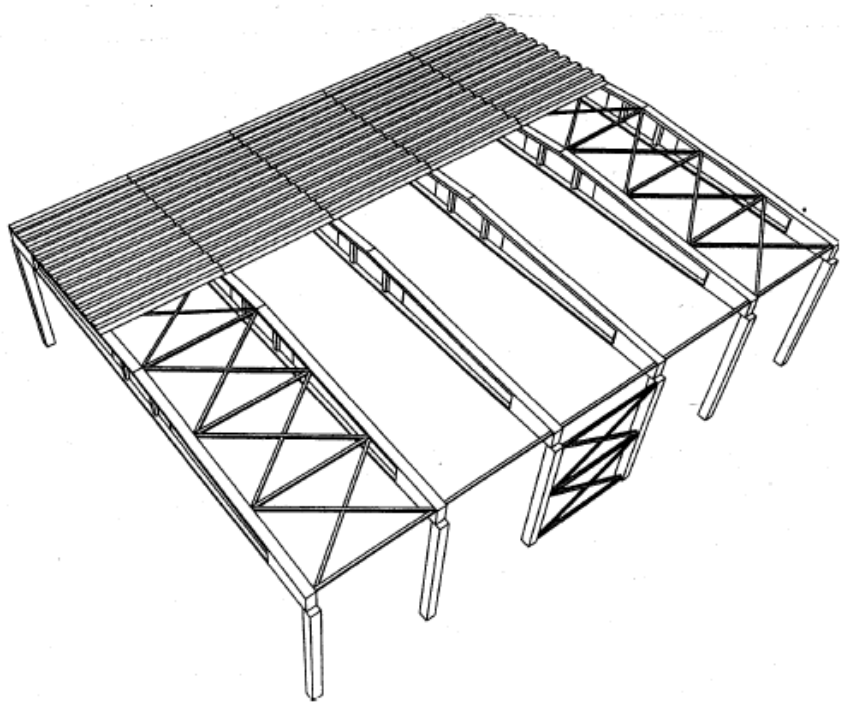
Horisontaalsete jõudude ülekandmiseks fassaadidelt stabiliseerivatele komponentidele kasutatakse vahelagede ja katuste tasapinnalist jäikust, mis moodustavad horisontaalsed diafragmad.

Diafragma abil jagatakse horisontaaljõud nende stabiliseerivate komponentide vahel, millega diafragma on ühendatud.

Kui stabiliseeriv komponent nagu sein, karkass või vahelagi koosneb mitmetest monteeritavatest betoonelementidest, siis nendevaheline vastastikune mõju tuleb tagada vaheühenduste asjakohase projekteerimisega.

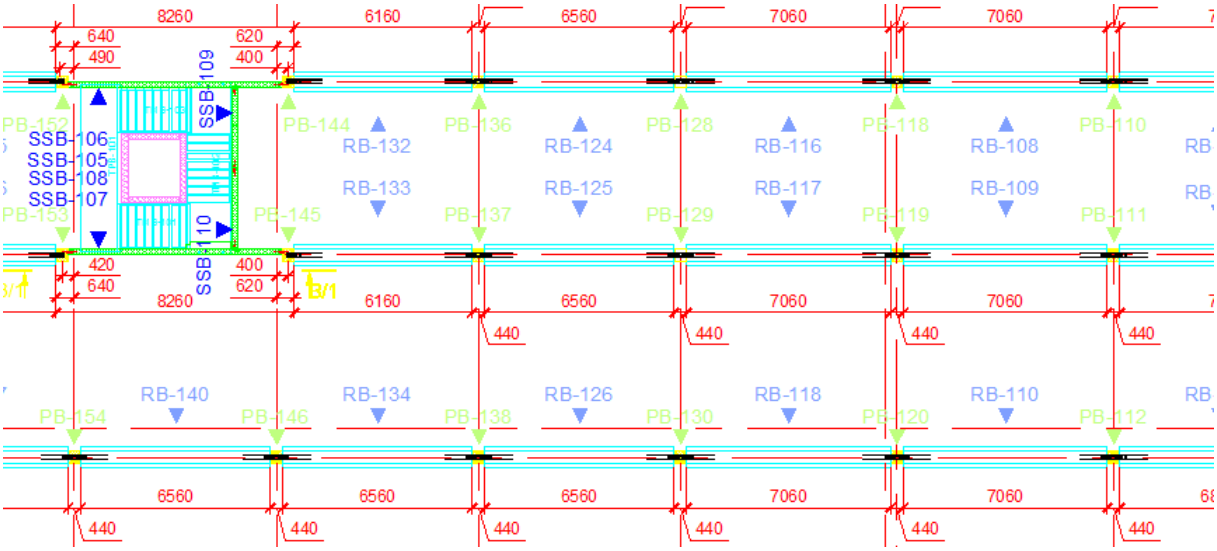


Karkass jäigastava trepikoja plokiga

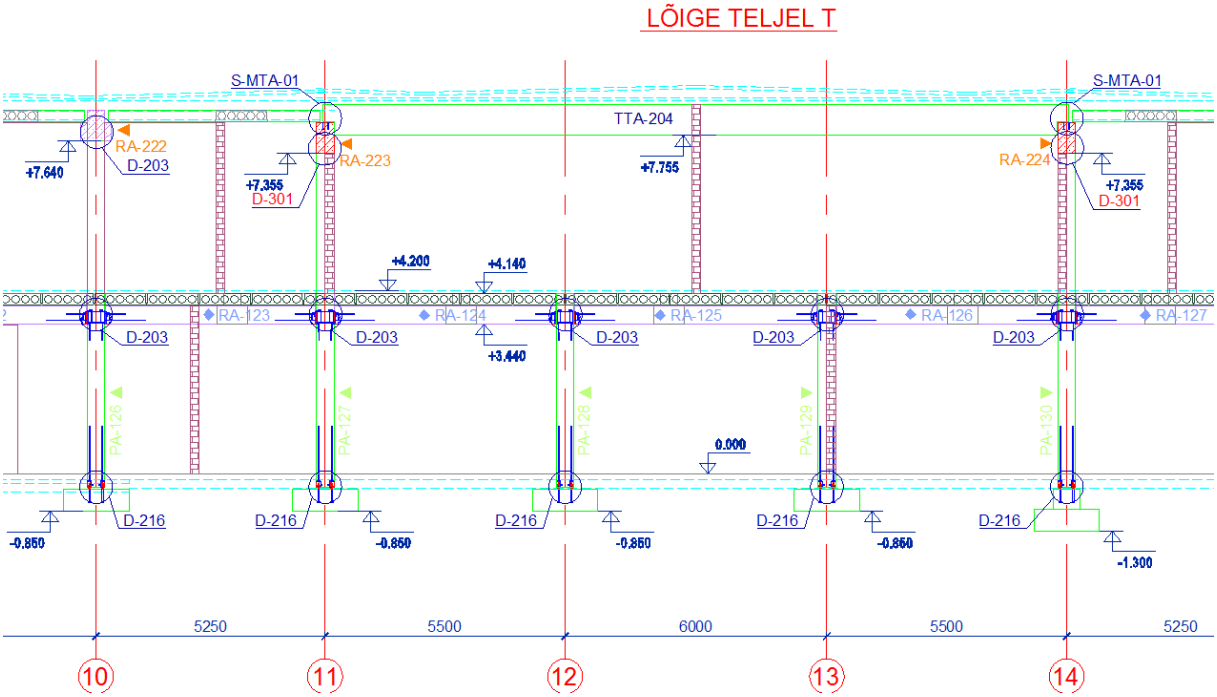


Karkass jäigastavate sidemete süsteemiga

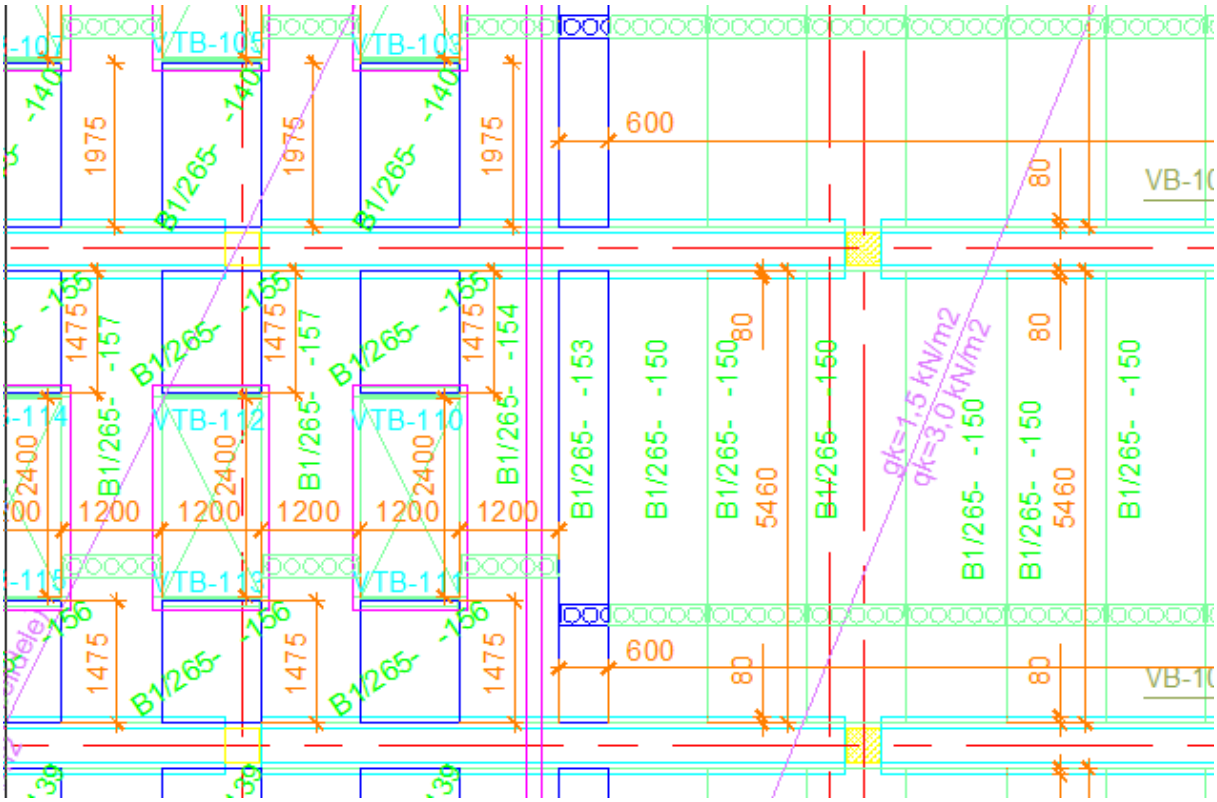
Väljavõtteid karkasshoone lahendustest



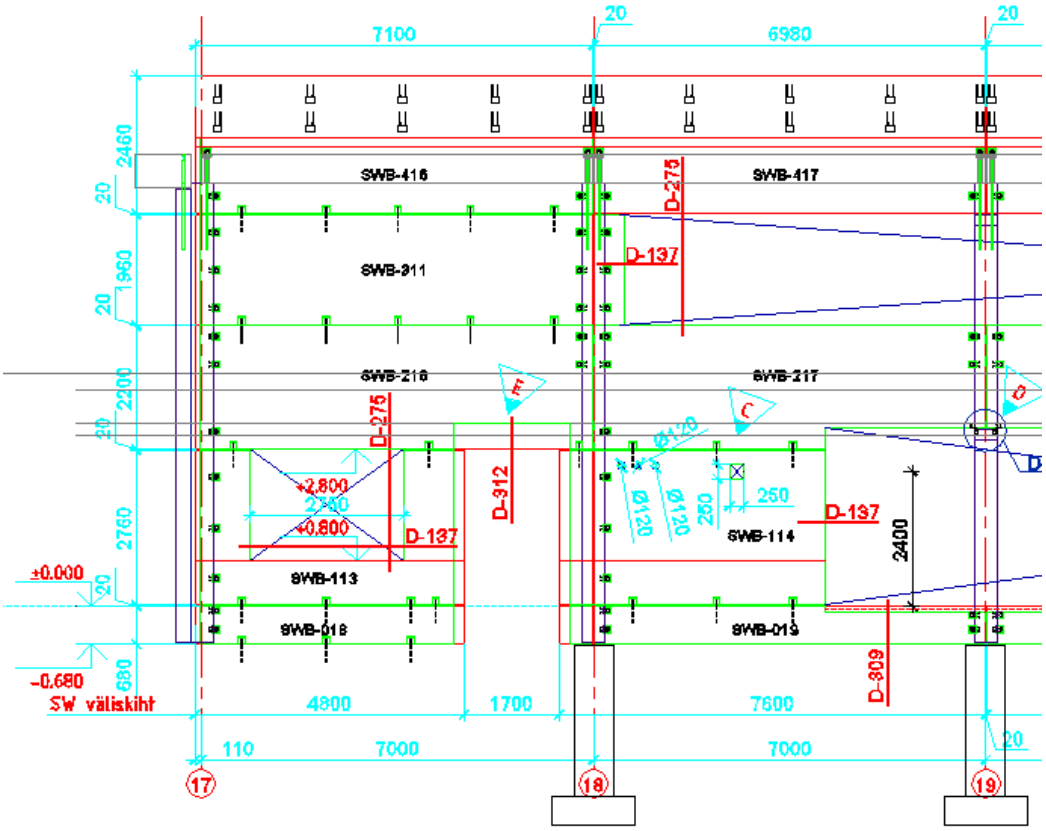
Fragment lae talade ja postide plaanist



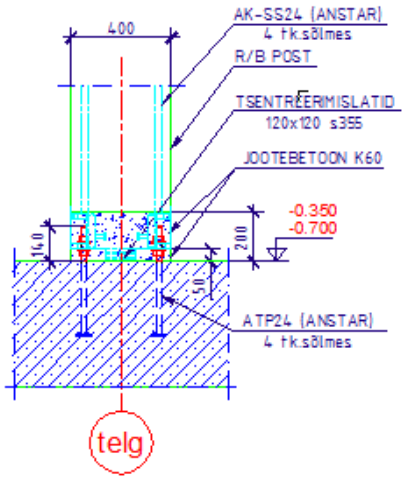
Fragment karkassivaatest

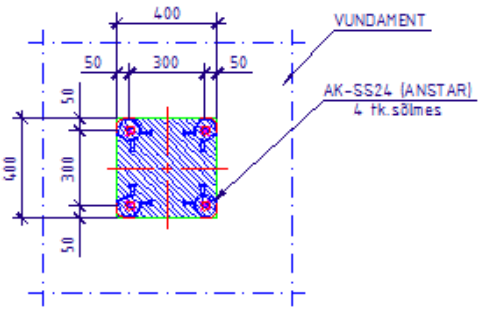


Fragment õõnespaneelide plaanist

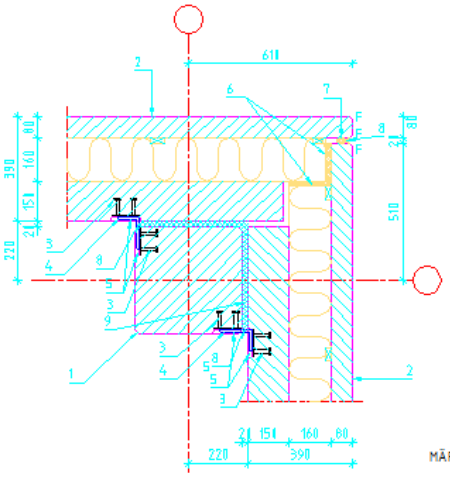


Frgament seinapaneelide laotisest





Posti alumine sõlm

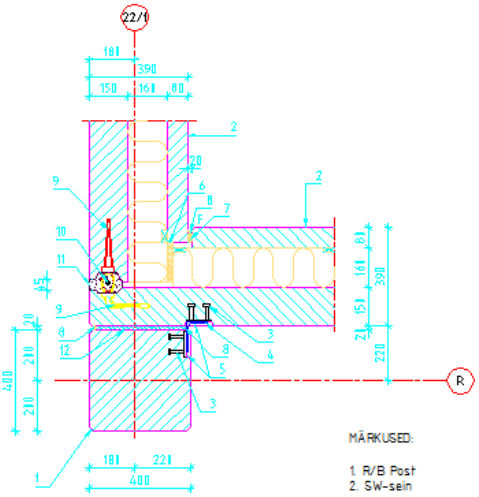


MÄRKUSED:

1. R/B Post
2. SW-sein
3. SBKL100/100
4. Nurkraud -8x80x120
5. Tsement mört M15
6. Vuugitihend t=20mm
7. Vuugilint
8. Elastne vuugimastiks
9. Tulekindel montaaživaht

Kõik keevised detailide kogu kokkupuutepinna ulatuses a=5mm, kui pole teisiti märgitud.

NB! Tuulutussooni ei tohi sulgeda vuugivillaga



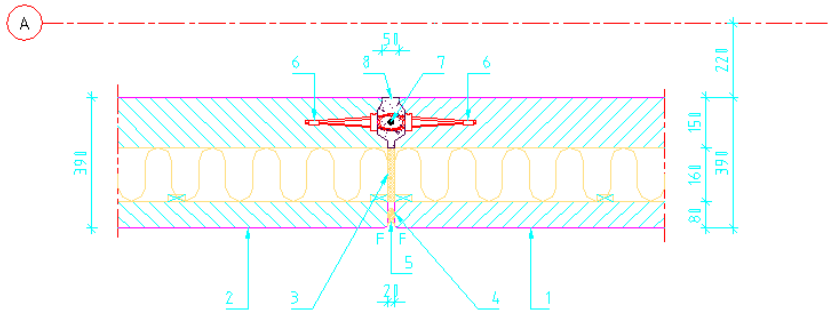
MÄRKUSED:

1. R/B Post
2. SW-sein
3. SBKL100/100
4. Nurkraud -8x80x120
5. Tsement mört M15
6. Vuugitihend t=20mm
7. Vuugilint
8. Elastne vuugimastiks
9. VS-80
10. Armvarras Ø16 A500HW
11. Peenbetoon C25/30
12. Tulekindel montaaživaht

Kõik keevised detailide kogu kokkupuutepinna ulatuses a=5mm, kui pole teisiti märgitud.

NB! Tuulutussooni ei tohi sulgeda vuugivillaga

Seinapaneelide kinnitamine posti külge

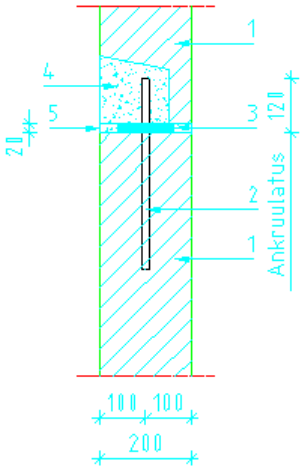


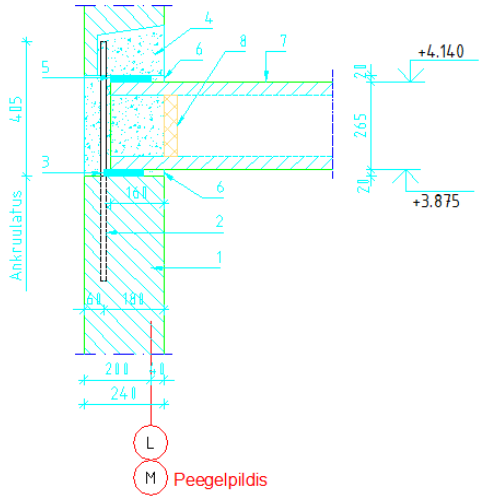
MÄRKUSED:

1. SW-sein
2. SW-sein
3. Vuugitihend t=20mm
4. Vuugilint
5. Elastne vuugimastiks
6. VS-80
7. Arm.varras Ø16 A500HW
8. Peenbetoon C25/30

NB! Tuulutussooni ei tohi sulgeda vuugivillaga

Kahe seinapaneeli ühendussõlm





MÄRKUSED:

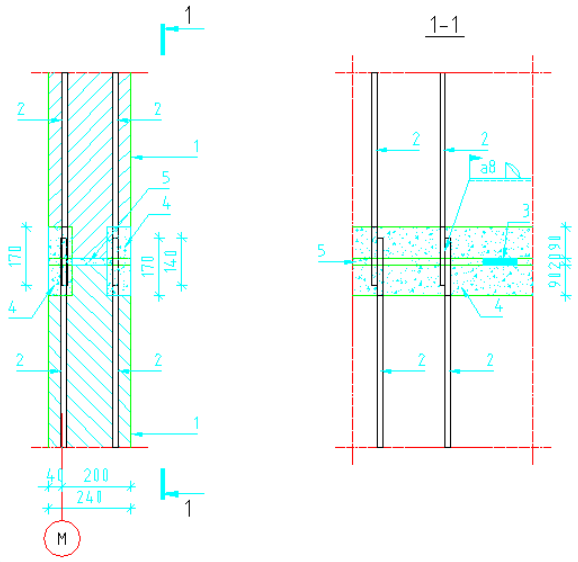
1. SS-monteeritav seinapaneel
2. Arm.varras Ø16 A500HW r/b tarindis
3. Terasest rihtimislapid 120x120
4. Paigalvalu betoon C20/25
5. Montaažibetoon C25/30

MÄRKUSED:

1. SS-monteeritav seinapaneel
2. Arm.varras Ø16 A500HW r/b tarindis
3. Rihtimislapid
4. Paigalvalu betoon C20/25
5. Terasest rihtimislapid 120x120, S235
6. Montaažibetoon C25/30
7. Õõnespaneel h=265mm
8. Kork paneeli õõnes

Seinapaneeli jätkusõlm

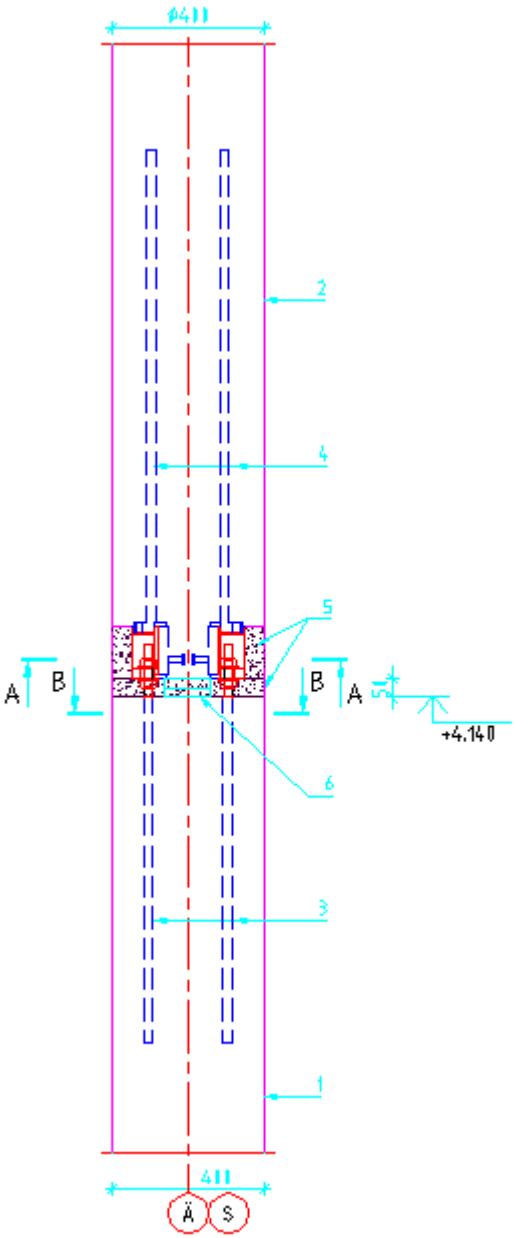
Õõnespaneeli toetussõlm seinapaneelile

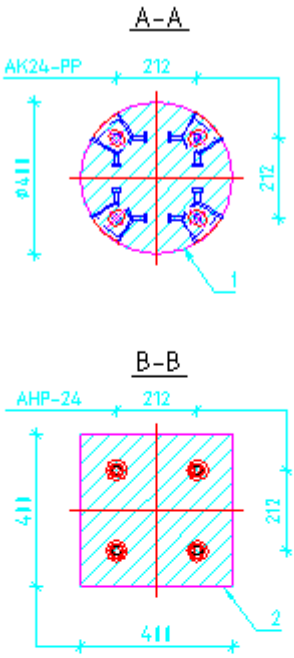


MÄRKUSED:

1. SS-monteeritav seinapaneel
2. Arm.varras Ø12 A500HW r/b tarindis, ankurduspikkus 50Ø, s=200mm
3. Terasest rihtimislapid 100x100, S235
4. Paigalvalu betoon C20/25
5. Montaažibetoon C25/30

Seinapaneeli jätkusõlm

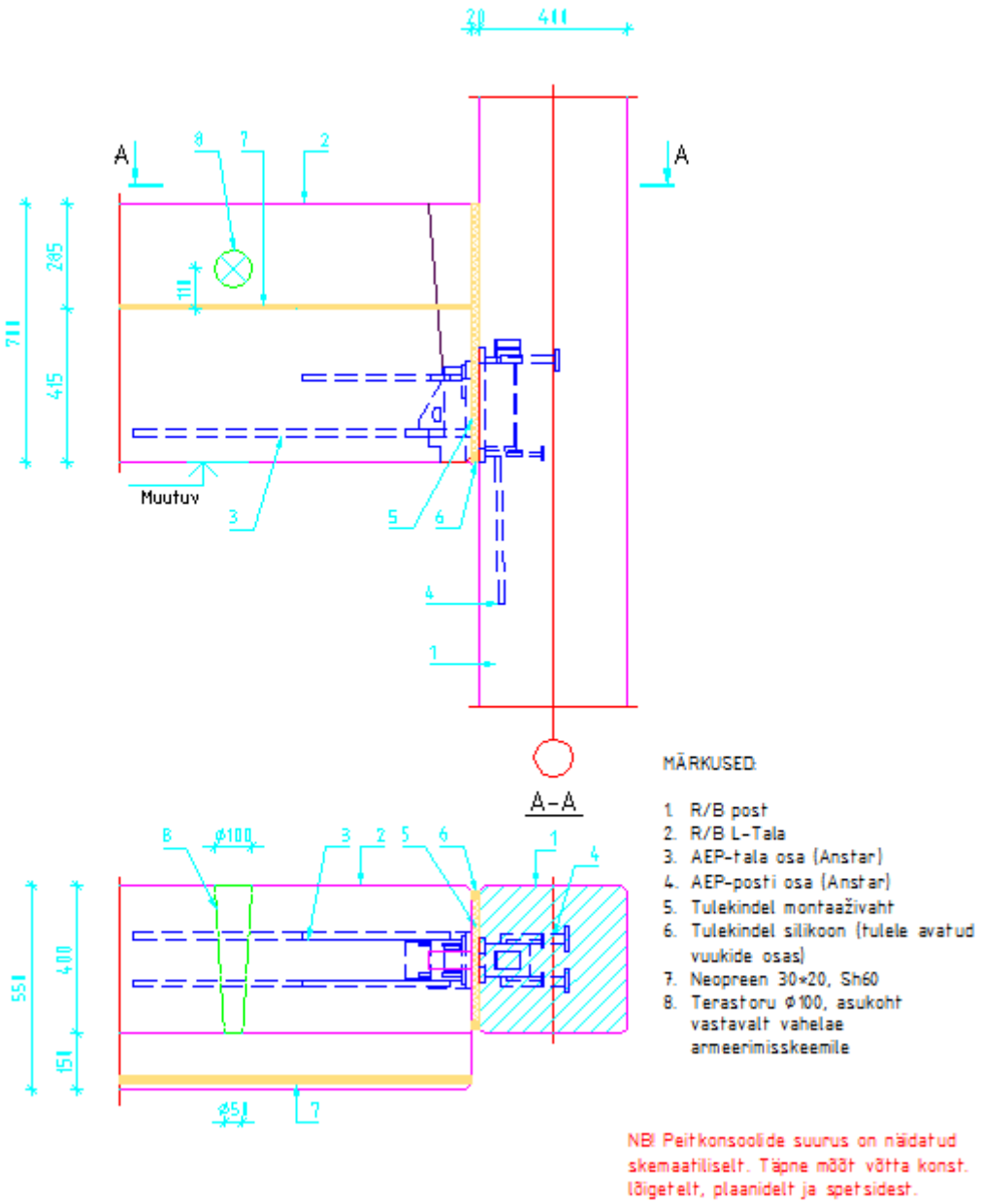




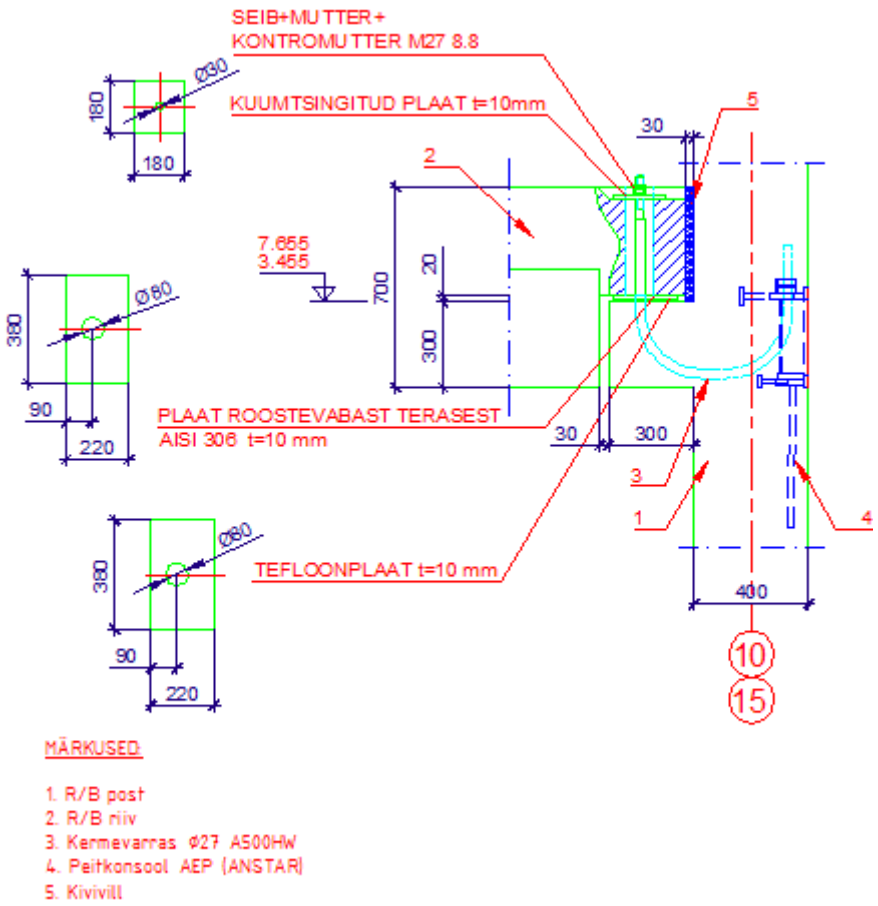
MÄRKUSED:

1. R/B Post ruuduline
2. R/B Post ümargune
3. Ankrupolt AHP24 (Anstar)
4. Postiking AK-24PP (Anstar)
5. Jootebetoon K60
6. Tsentreerimislatid 120*120 S355

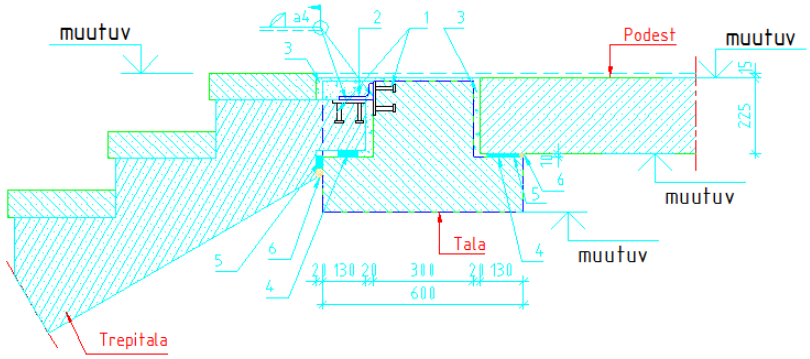
Posti jätkusõlm



Tala ja posti peitkonsooli sõlm



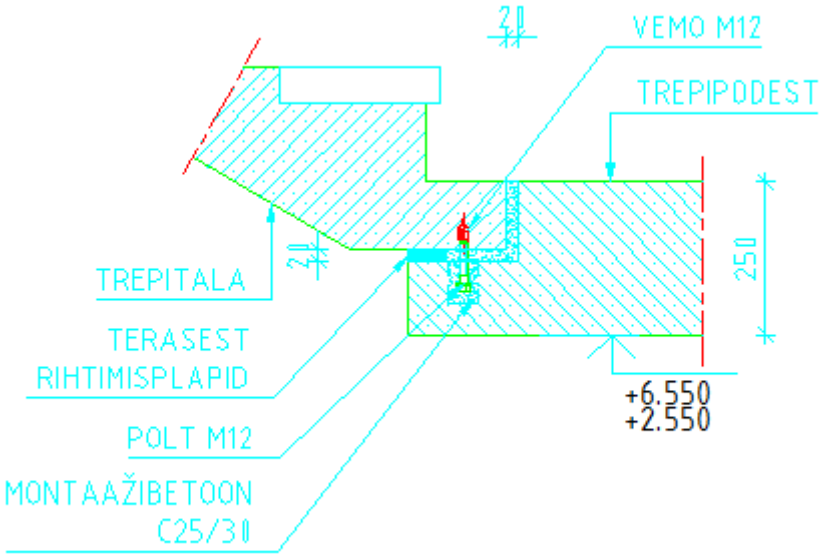
Tala ja posti konsooliga sõlm



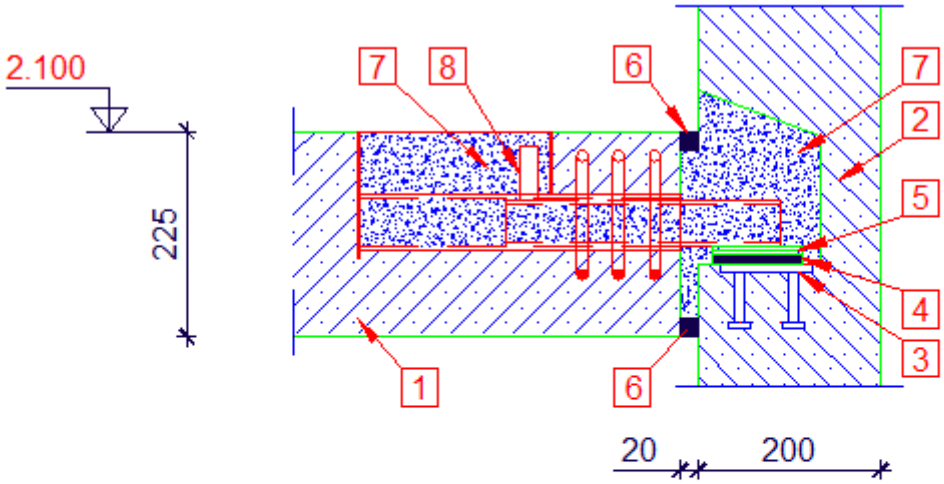
MÄRKUSED:

1. Taridetail SBKL100/100
2. Nurkraud 100x50x10
3. Montaažibetoon C25/30
4. Terasest rihtimislapid -10x60x60
5. Montaaživaht
6. Elastne mastiks

Trepimarsi toesõlm lõugtalale

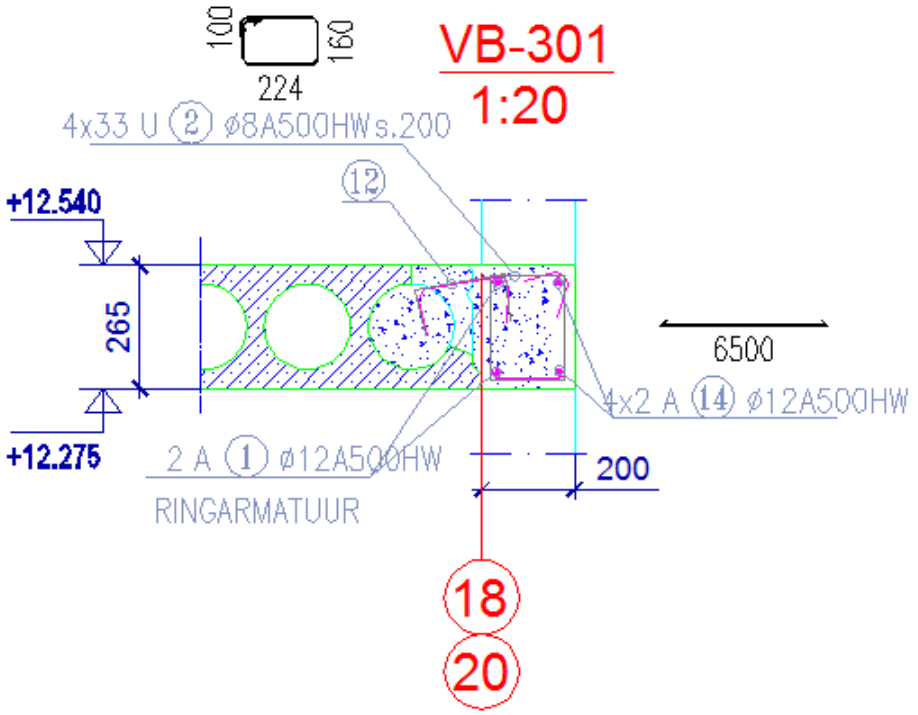


Trepimarsi toesõlm trepipodestile

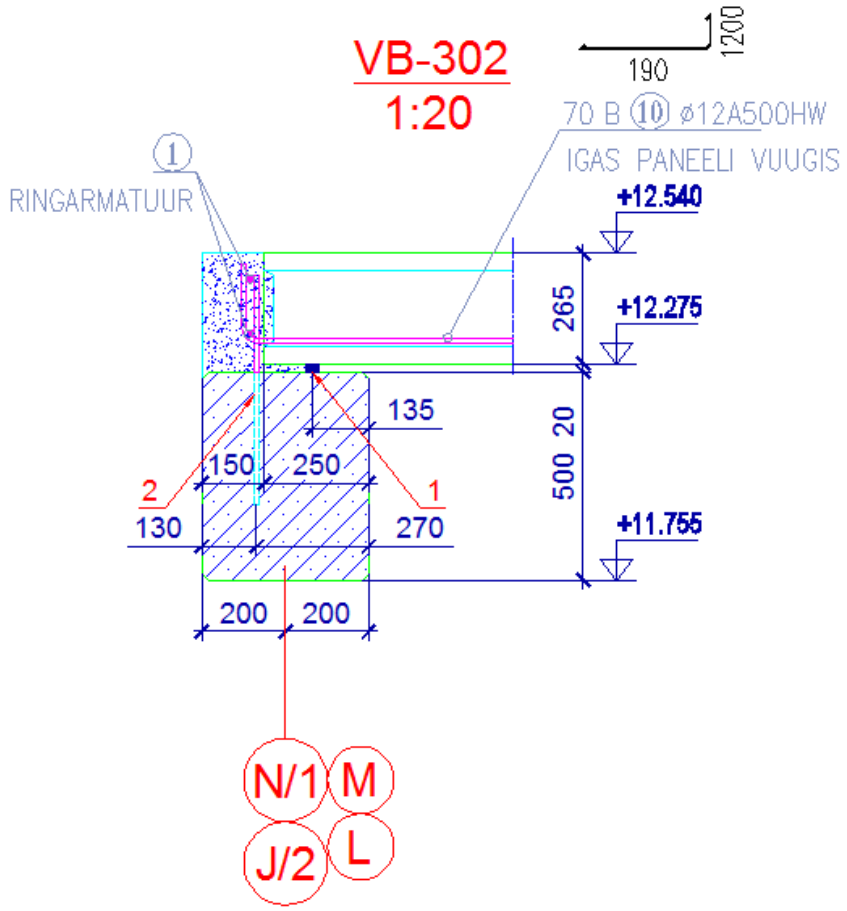


1. PODESTID
2. MONTEERITAV SEINAPANEEL
3. TARIDETAIL SBKL 100/150
4. NEOPREEN 100x100x10
5. TERASEST RIHTIMISLAPID -10x100x100, S235
6. ELASTNE VUUGIMASTIKS
7. PAIGALVALU BETOON C25/30
8. TARIDETAIL RVK-100

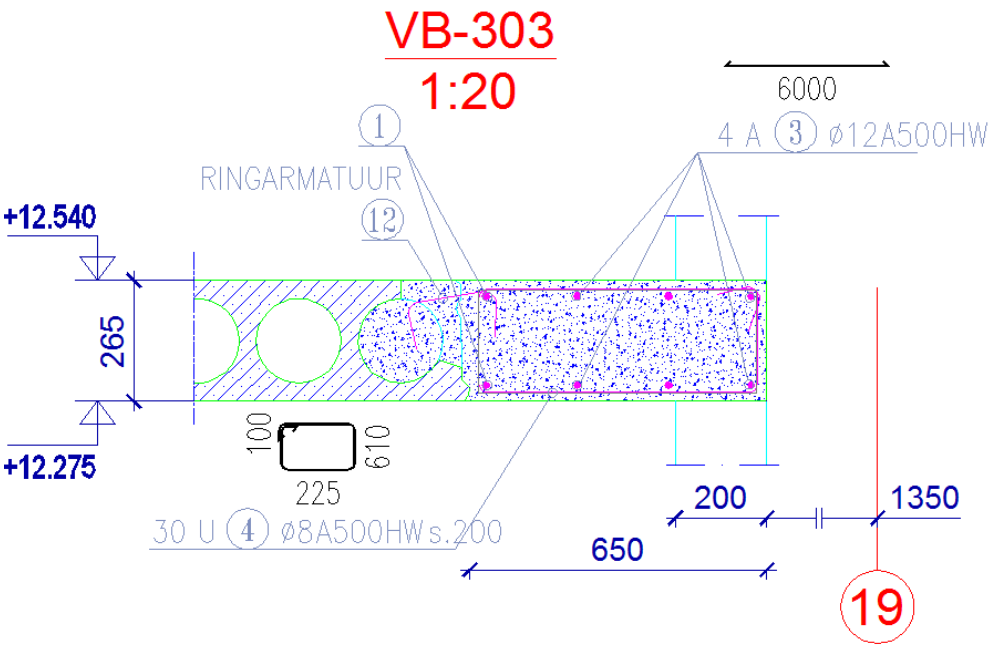
Trepimarsi peitkonsooliga toesõlm



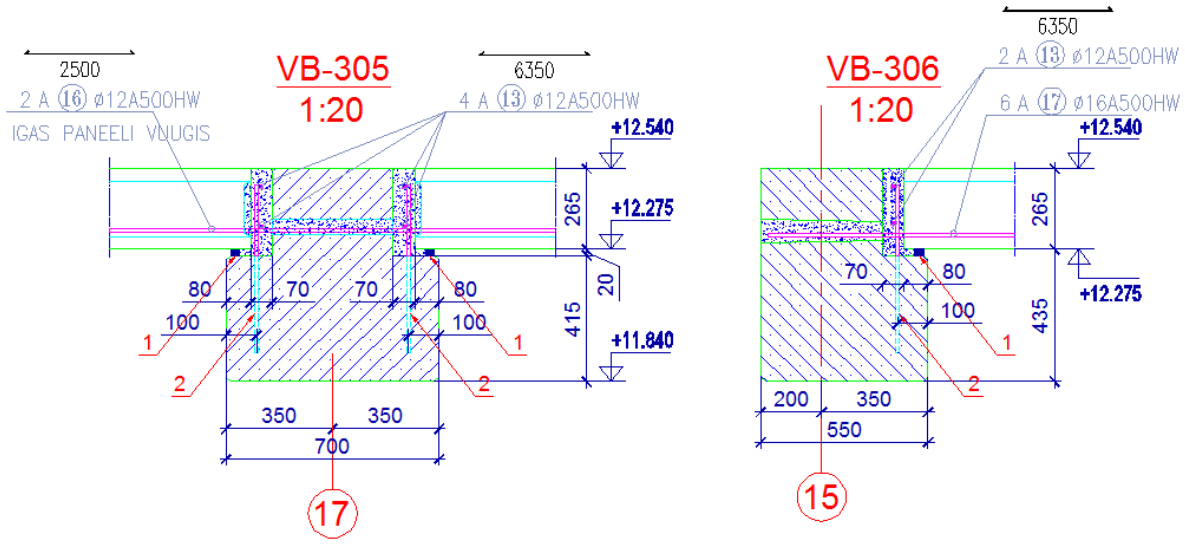
Õõnespaneeli külje sõlm



Õõnespaneeli toesõlm seinale



Vahelae monoliitse osa sidumine õõnespaneeliga



Õõnespaneeli toetumine lõugtalale

Betoonkonstruktsioonide ehitmaine ja tolerantsid

Standardis EVS-EN 13670:2010 Betoonkonstruktsioonide ehitamine on käsitletud betoonkonstruktsioonide ehitamine, siin on esitatud konstruktsioonide tolerantsid, ehitusjärelevalve klasside vajadus, nõuded raketistele, sarruse paigaldamisele, juhised dokumentide koostamiseks, kvaliteedi juhtimiseks, eelpingestamiseks, betoonimiseks jms.

Juhendmaterjale

Eesti betooniühing on välja andnud viis betoonijuhendit, vt ka www.betoon.org:

BÜ1: EHITISTESSE PAIGALDATAVA BETOONISEGU VASTAVUS NÕUETELE

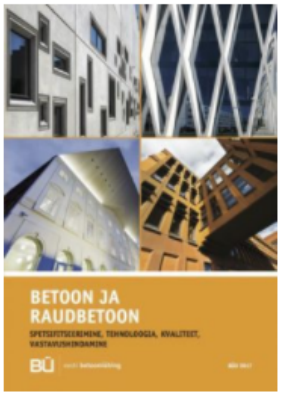
Juhend kirjeldab, millistele nõuetele peab vastama betoonisegu, esitades betoonisegu vastavusdeklaratsiooni ja saatekirja näidise. Betoonisegu vastab standardi EN 206 nõuetele. Betoonisegu valmistaja tootmisohje peab olema sertifitseeritud.

Seoses standardi EN 206 uusversiooni ilmumisega 2014. aastal on asjakohased muudatused viidud sisse nii juhendisse kui ka vastavusdeklaratsiooni ja saatekirja näidisesse ning välja antud juhendi uusversioon (2015).

BÜ 1/2015 : Ehitistesse paigaldatavad betoonsegud
BÜ 1 Lisa 1 : Vastavusdeklaratsiooni näidis
BÜ 1 Lisa 2 : Saatekirja näidis

Ilmumisaasta: 2015
(Juhendi 1. versioon pärineb 2006. aastast)

BÜ2-2017: BETOON JA RAUDBETOON
Spetsifitseerimine, tehnoloogia, kvaliteet, vastavushindamine



Raamatu „BÜ2-2017: Betoon ja raudbetoon. Spetsifitseerimine, tehnoloogia, kvaliteet, vastavushindamine" koostajad on Tallinna Tehnikaülikooli inseneriteaduskonna ehituse ja arhitektuuri instituudi emeriitdotsent Toomas Laur ja professor Irene Lill.
Tegemist on 2006. aastal avaldatud Betooniühingu juhendi uue, täiendatud trükiga. BÜ2 on koostatud eesmärgiga olla abiks ehitiste tellijatele, projekteerijatele ja ehitajatele. Lepingutes viidatuna võiks juhend olla siduv betoon- ja raudbetoonkonstruktsioonide kvaliteedi hindamisel. Samuti on see mõeldud käsiraamatuks tootjatele ja teistele betoon- ja raudbetoonkonstruktsioonidega kokkupuutujatele, sh kõrgkoolidele ja kutsehariduskeskustele.Raamatu ilmumisandmed:
Koostajad: Toomas Laur, Irene Lill; 119 lk;
Kujundaja: Eneken Moorlat;
Trükitud AS-is Pakett 500 eksemplaris.
ISBN 978-9949-9993-0-9.
Ilmumisaasta: 2017

BÜ3: BETOON JA RAUDBETOON

Projekti ehituskirjeldus ja joonised

Koostajad: Andres Hirve Inseneribüroo – Pike OÜ, Heiki Meos – EstKonsult OÜ, Marti Sein – Neoprojekt OÜ ja Priit Põldre – Sweco Eesti AS.

Betoonkonstruktsioonide projekti ehituskirjeldus on koostatud abistamaks projekteerijaid projekti ehituskirjelduse koostamisel ja ühtlustamaks projektdokumentatsiooni ülesehitust, hõlbustades tööde teostaja esitatavatest nõuetest arusaamist ja aidates seega kaasa parema lõpptulemuse saavutamisel.

Ilmumisaasta: 2006

BÜ4: BETOON JA RAUDBETOON

Betooni pinnad

Juhend BÜ4 ei ole pelgalt väljaande BY40 tõlge soome keelest eesti keelde. Viited Soome standarditele on võimalusel asendatud viidetega Euroopa ja Eesti standarditele, arvesse on võetud ka kohalikke olusid ning keelisi iseärasusi. Sellisena on BÜ4 üks esimesi eestikeelseid üllitisi, mis nii põhjalikult tutvustab betooni pindade omadusi ja kasutamist, andes selgeid juhiseid nende klassifitseerimiseks ning kvaliteedi hindamiseks.

Juhendi koostamisel lähtuti Suomen Betoniyhdistuse poolt välja antud betooni pindade klassifitseerimis-juhisest BY40 Betonirakenteiden pinnat / luokitusohjeet, 2003.

Raamatu valmimisse on andnud oma panuse Eesti betooniala tunnustatud eksperdid Mart Arro – E-betoonelement AS, Toomas Laur ja Tanel Tuisk – Tallinna Tehnikaülikool, Mati Laurson – Savekate OÜ, Heiki Meos – EstKonsult OÜ, Viktor Mõisja – Merko Ehitus AS, Riho Oras – Conviso OP, Kaspar Parkja – Tartu Maja Betoontooted AS, Kalev Ramjalg – Roxor Ehitus OÜ, Enno Rebane – Eesti Ehitusmaterjalid Tootjate Liit.

Ilmumisaasta: 2010

BÜ6: TALVISED BETOONITÖÖD

Koostajad: Toomas Laur (Tallinna Tehnikaülikool), Mati Laurson (Savekate OÜ), Viktor Mõisja (Merko Ehitus Eesti AS), Riho Oras (Conviso OÜ), Kalev Ramjalg (Roxor Ehitus OÜ).

Juhend Talvised betoonitööd kirjeldab meetmeid, millega betoonitöödel külmades tingimustes arvestada tuleb, selgitab talviste betoonitöödega seotud riske ja tutvustab lahendusi nende vähendamiseks. Keskseteks teemadeks on betooni tugevuse arenguga ja betoonitööde tehnoloogiaga seotud mõistete ja põhitõdede selgitamine, külmades oludes betoonisegu käitumise ja betooni tugevusomaduste kirjeldamine ning praktiliste ehitustehnoloogiliste võtete tutvustamine.

Ilmumisaasta: 2014

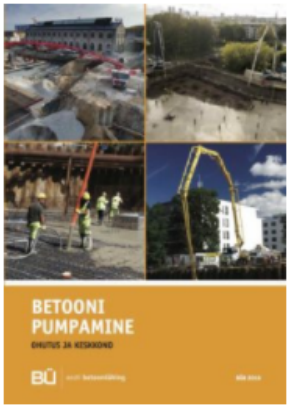
BÜ7: BETOONPÕRANDAD

Juhendi BÜ7 koostamisel on lähtutud Soome Betooniühingu poolt välja antud betoonpõrandate juhendist BY 45/BLY 7 „Betonilattiat 2014", kuhu Soome Betooniühing ja Soome Betoonpõrandate Ühing on 40 aasta jooksul kogunud pidevalt täiendatud materjali ning sinna on talletatud Soome parimate ekspertide teadmised ja pikaajalised kogemused. Samas on raamatus olulisi eestipoolseid täiendusi, viited Euroopa ja Eesti standarditele, fotosid Eesti objektidest jne. Raamat sisaldab hulgaliselt jooniseid, tabeleid ja fotosid.

Eestikeelse juhendi töörühm: Mati Laurson (Savekate OÜ), Ain Lember (Primekss Põrandad OÜ), Sven Luuk (Nordecon Betoon OÜ), Riho Oras (Conviso OÜ) ja Johannes Pello (Tallinna Tehnikaülikool).

Ilmumisaasta: 2018

BÜ8: BETOONI PUMPAMINE
Ohutus ja keskkonnakaitse



Juhendi BÜ8 koostamisel on alusmaterjalidena kasutatud rootsi- ja soomekeelseid vastavaid väljaandeid.
Eestikeelse juhendi töörühm: Kaido Kivistik, Indrek Rahu, Kalle Suitslepp, Toomas Vainola.Esmakordselt on eesti keeles ühtede kaante vahele koondatud betooni pumpamisega seotud ohutus- ja keskkonnanõuded, mis puudutavad nii betooniautode ja betoonipumbajuhtide tööd kui ka nende tegevust, kes töötavad ehitusplatsil.Ilmumisaasta: 2018

BÜ9: BETOONELEMENTIDE TOLERANTSID

Juhend „BÜ9: Betoonelementide tolerantsid" on valminud Eesti suuremate betoonvalmistoodete valmistajate ja teiste ehitusala asjatundjate koostöös. Juhendi koostamise käigus ammutati lisateavet mitmetest materjalidest, olulise teabeallikana kasutati Rootsis ja Soomes välja antud juhendmaterjale.Esmakordselt eesti keeles ilmuv juhendmaterjal annab kommenteeritud ülevaate betoonelementide valmistamise ja ehitamise standardite ja juhiste kohastest tolerantsinõuetest.

Juhendi „BÜ9: Betoonelementide tolerantsid" töörühma kuulusid: Vaido Leosk (E-Betoonelement AS), töörühma juht, Kirsti Aeg (Framm AS), Andres Hirve (Inseneribüroo PIKE OÜ), Aare Lessuk (E-Betoonelement AS), Urmas Paas (TMB Element OÜ), Jürgen Paat (Muuga Betoonelement AS), Tanel Tuisk (Tallinna Tehnikaülikool), Ahto Tuuling (Lasbet Tootmine AS), Toomas Vainola (Eesti Betooniühing) ja Enno Rebane (Eesti Ehitusmaterjalide Tootjate Liit).

Ilmumisaasta: 2019

BÜ10: BETOONELEMENTIDE TRANSPORT

Juhendid on mõeldud betoonelementide transportijatele ja teistele ehitusplatsil töötajatele.

Samuti ehitusala koolidele õppematerjaliks.

BÜ10 on valminud koostöös Eesti suuremate betoonvalmistoodete valmistajate ja teiste ehitusala asjatundjatega.

Juhendite koostamise töörühma kuulusid: Sven Viin (OÜ PVM Ehitus, töörühma juht), Kirsti Aeg (AS Framm), Kristo Help (AS Muuga Betoonelement), Alger Kivisaar (OÜ Scaleter), Toomas Lepp (AS Betoneks), Urmas Paas (OÜ TMB Element), Rauno Pikkor (OÜ E-Betoonelement), Ergi Väljako (AS Lasbet Tootmine), Toomas Vainola (Eesti Betooniühing) ja Enno Rebane (Eesti Ehitusmaterjalide Tootjate Liit).

Esmakordselt eesti keeles.

„BÜ10: Betoonelementide transport", 24 lk, 2020.

ISBN 978-9949-9993-5-4.

BÜ13: BETOONELEMENTIDE PAIGALDAMINE

Juhend on mõeldud betoonelementide paigaldajatele ja teistele ehitusplatsil töötajatele ning on vajalikuks infomaterjaliks ka betoonelementide projekteerijatele, tootjatele, ehituse peatöövõtjatele ja järelevalvele. Kõik nad peavad tundma ehitusplatsi tingimusi, turvalisusriske ja elementide ohutu paigaldamise põhimõtteid.

Juhend on samuti ehitusala koolidele õppematerjaliks.

BÜ13 on valminud koostöös Eesti suuremate betoonvalmistoodete valmistajate ja teiste ehitusala asjatundjatega.

Juhendite koostamise käigus kasutasid koostajad mitmeid lisamaterjale. Eriti olulise teabeallikana kasutati Soome Betooniühingu poolt välja antud juhendeid – „Betonielementtien kuljetus" ja „Betonielementtien turvallinen asennus".

Juhendite koostamise töörühma kuulusid: Sven Viin (OÜ PVM Ehitus, töörühma juht), Kirsti Aeg (AS Framm), Kristo Help (AS Muuga Betoonelement), Alger Kivisaar (OÜ Scaleter), Toomas Lepp (AS Betoneks), Urmas Paas (OÜ TMB Element), Rauno Pikkor (OÜ E-Betoonelement), Ergi Väljako (AS Lasbet Tootmine), Toomas Vainola (Eesti Betooniühing) ja Enno Rebane (Eesti Ehitusmaterjalide Tootjate Liit).

Esmakordselt eesti keeles.

„BÜ13: Betoonelementide paigaldamine", 56 lk, 2020.

ISBN 978-9949-9993-4-7.

2014 aastal anti välja mahukas betooniõpik:

Vello Otsmaa "Betoonkonstruktsioonide arvutamine"

Raamatu kaasautorid: Johannes Pello ja Kaido Sooru
Toimetanud Tiit Masso ja kirjastus "Ehitame".
Fotod: Tiit Veemäe ja Raivo Tiikmaa.

Raamatus on esitatud betoonkonstruktsioonide arvutuseeskirjad ja peamised konstrueerimisnõuded ning nendele vastavad arvutusnäited. Esitatud materjal on kasutatav ka ehitusalasel täiendõppel ja ekspertiiside koostamisel.

Üliõpilastel aitab raamatus esitatud materjal kaasa betoonkonstruktsioonide kursuse süvendatud omandamisele. Praktilises projekteerimistöös on raamat insenerile abiks raud- ja pingebetoonkonstruktsioonide ning nende elementide sisumõistval arvutamisel.

Raamatuga kaasas on CD-ketas arvutusprogrammiga "Normaallõike kandevõime diagrammid", koostanud Vello Otsmaa ja Kaido Sooru.

Ilmumisaasta: 2014

2015 – 2. parandatud trükk.

Raamat valiti 2014. aasta parimaks Eesti kõrgkooliõpikuks.

Suuremate betoonelementide tootjate koduleheküljed:

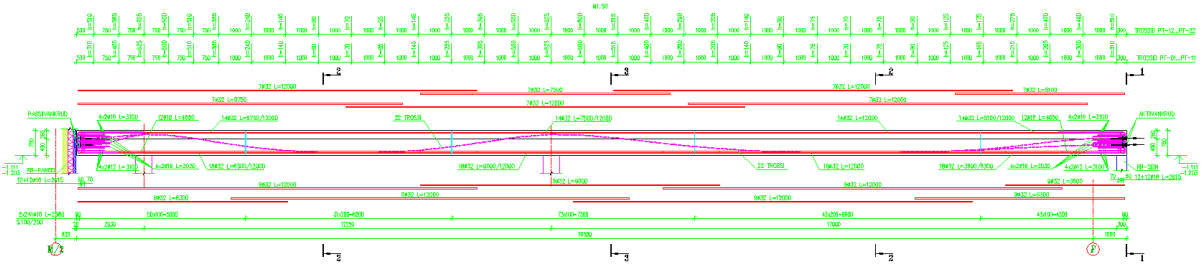
E-betoonelement	betoonelement.ee/tooted
TMB element	www.tmbelemenet.ee/tooted

Kasutatud materjalid

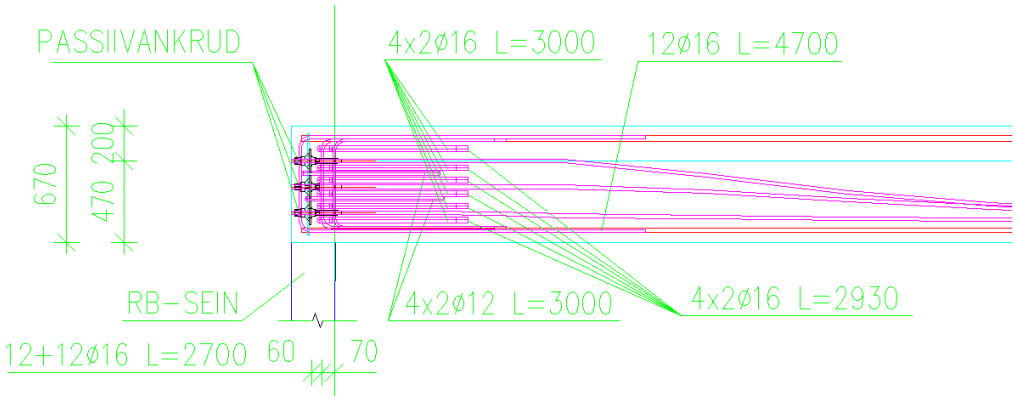
1. (Raud)betoonkonstruktsioonide üldkursus I, Vello Otsmaa, Johannes Pello 2016, TTÜ ehituskonstruktsioonide õppetool
2. Ehitisse paigaldatavad betoonisegud, Juhendmaterjal BÜ1/2006, Eesti Betooniühing
3. Betoonkonstruktsioonide arvutamine, Vello Otsmaa, 2014
4. www.valgur.ee/loengud/
5. EVS-EN 10080:2006 Betooni sarrusteras. Keevitatav sarrusteras. Üldsätted
6. EVS-EN 814:2003 Normaalbetooni külmakindlus. Määratlused, spetsifikatsioonid ja katsemeetodid
7. EVS-EN 2016-1:2002 Betoon. Osa 1: Spetsifitseerimine, toimivus, tootmine ja vastavus
8. EVS-EN 1992-1-1:2007 Eurokoodeks 2: Betoonkonstruktsioonide projekteerimine. Osa 1-1: Üldreeglid ja reeglid hoonetele
9. Ehituskonstruktori käsiraamat, Tiit Masso, Tallinn 2010
10. Raudbetoon I, H. Laul, Tallinn 1960
11. Raudbetoon II, H. Laul, Tallinn 1962
12. Heirich Laul 100, Tallinna Tehnikaülikooli Raamatukogu 2010
13. EVS-EN 1992-3:2006 Eurokoodeks 2: Raudbetoonkonstruktsioonide projekteerimine. Osa 3 Tammid ja mahutid
14. EVS-EN 13670:2010 Betoonkonstruktsioonide ehitamine
15. Raudbetoonkonsruktsioonid II. IV Monteeritavad hoonekonstruktsioonid. Loengu-konspekt, J. Valgur, Taru 2014

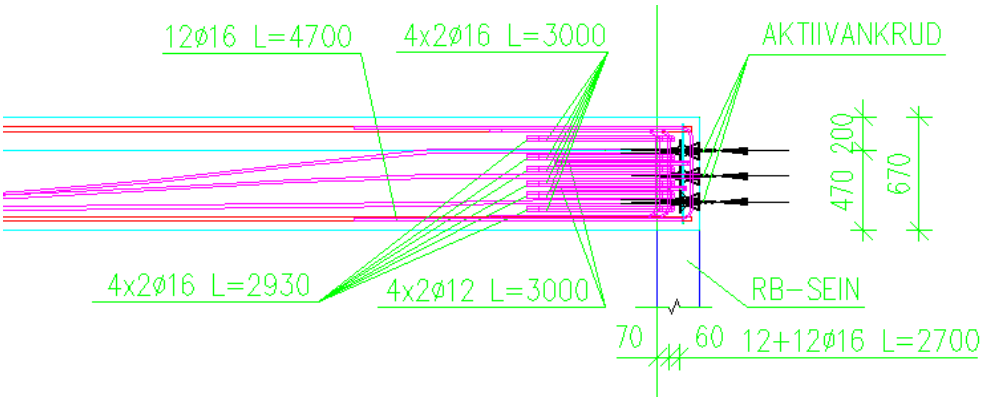
LISA – Neid teemasid loengu raames ei käsitletud, need ei ole kursus mahus sees

Pingebetoonkonstruktsioonid



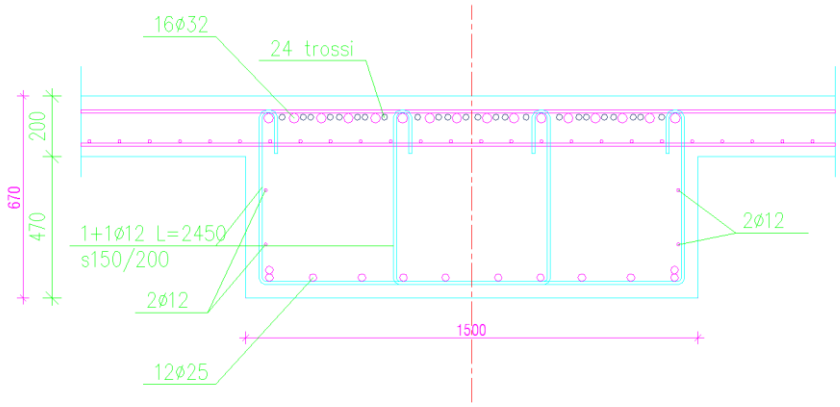
Tala küljevaade



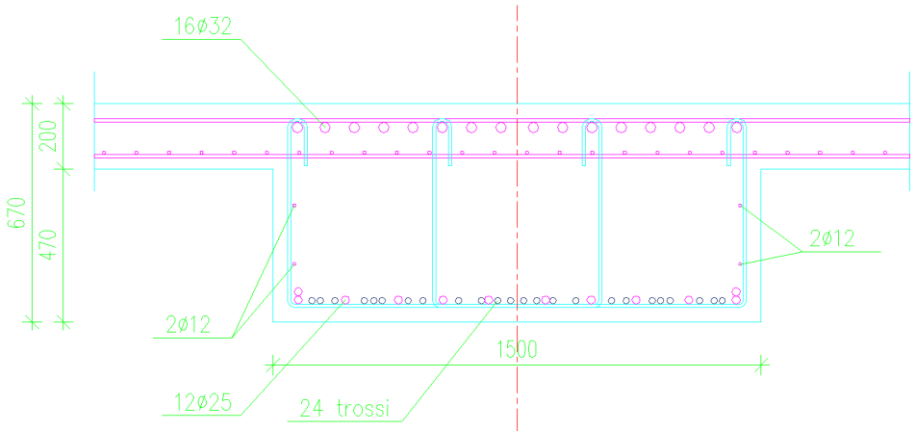


Tala otsasõlmed

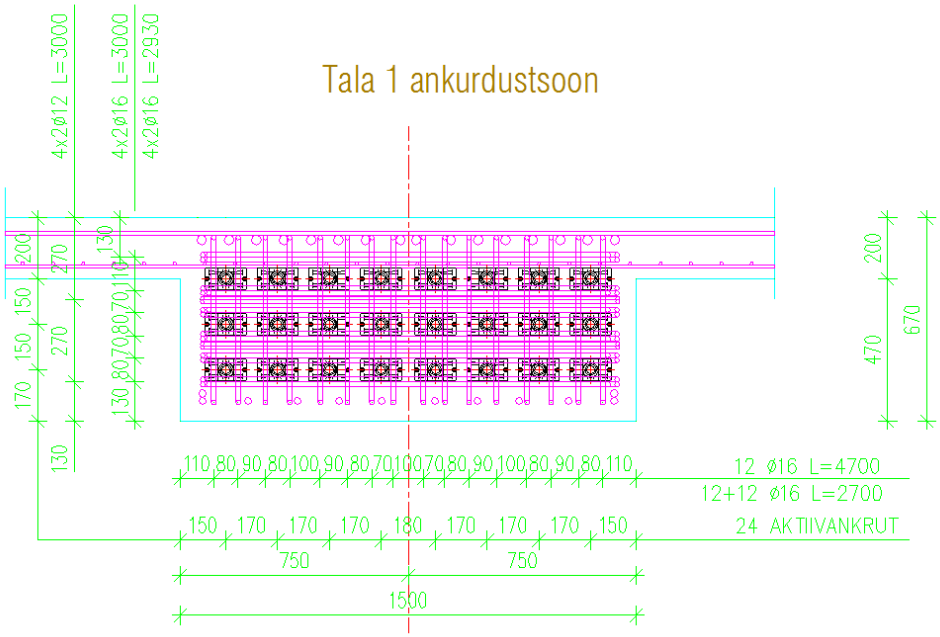
Tala 1 toel



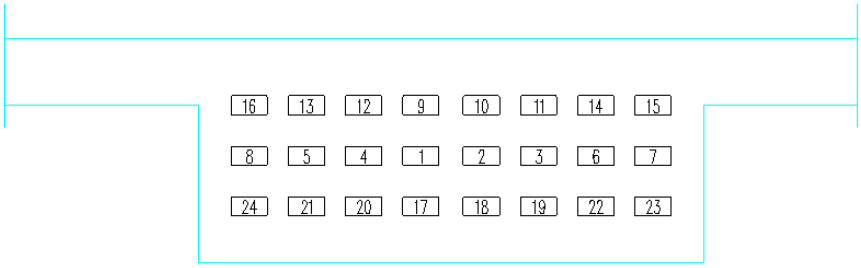
Tala 1 avas



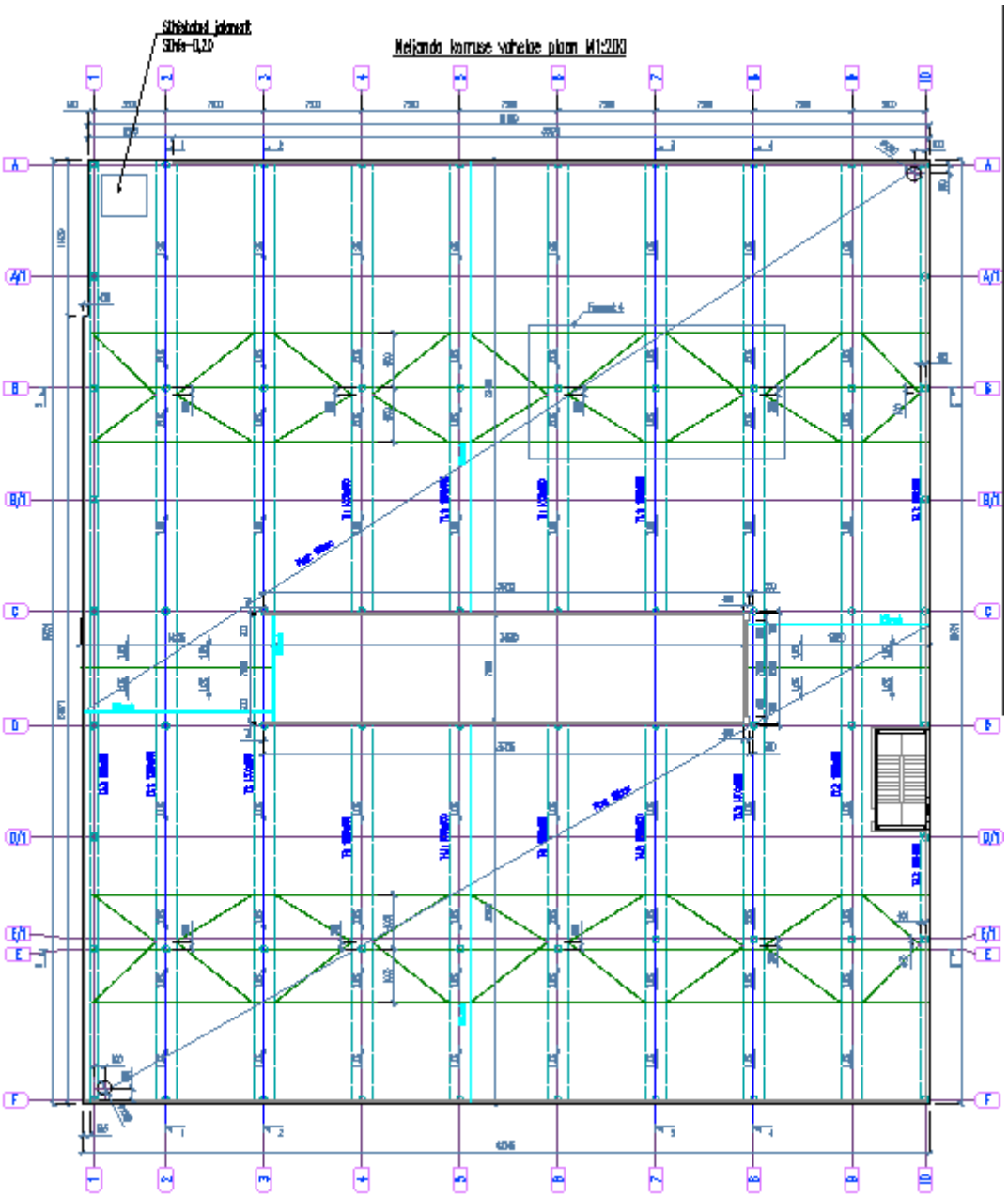
Tala 1 ankurdustsoon



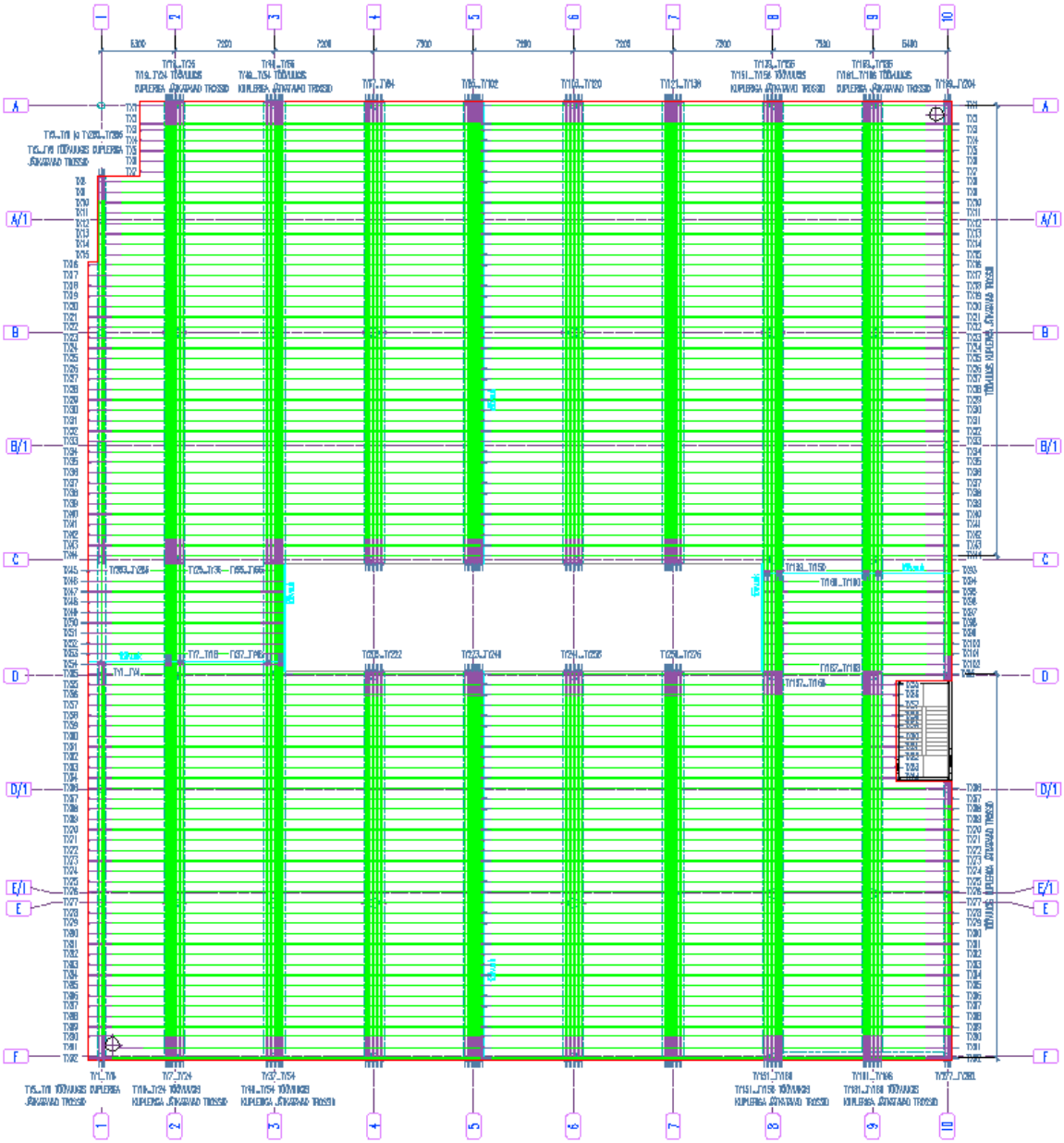
Pingestamise järjekord



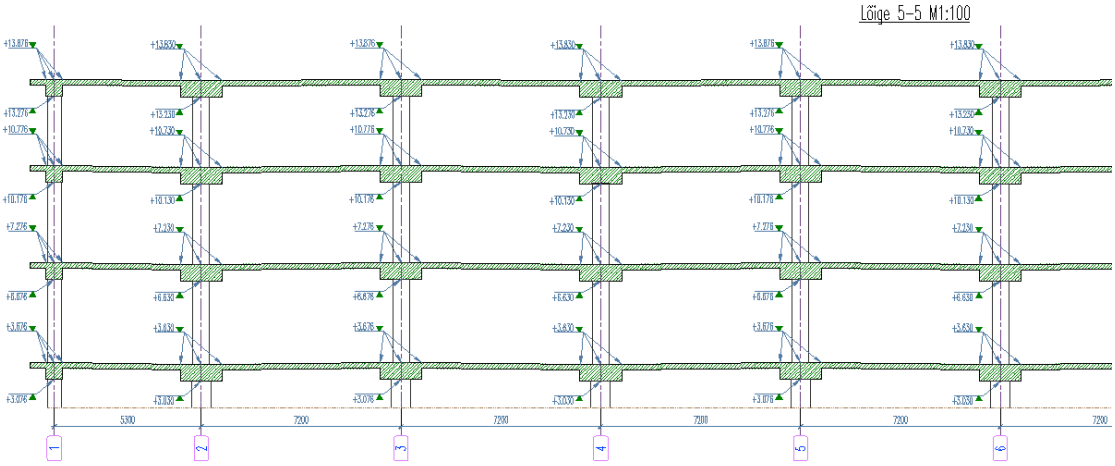
Tala lõiked



Järelpingestatud vahelae üldplaan



Järelpingestatud vahelae trosside plaan

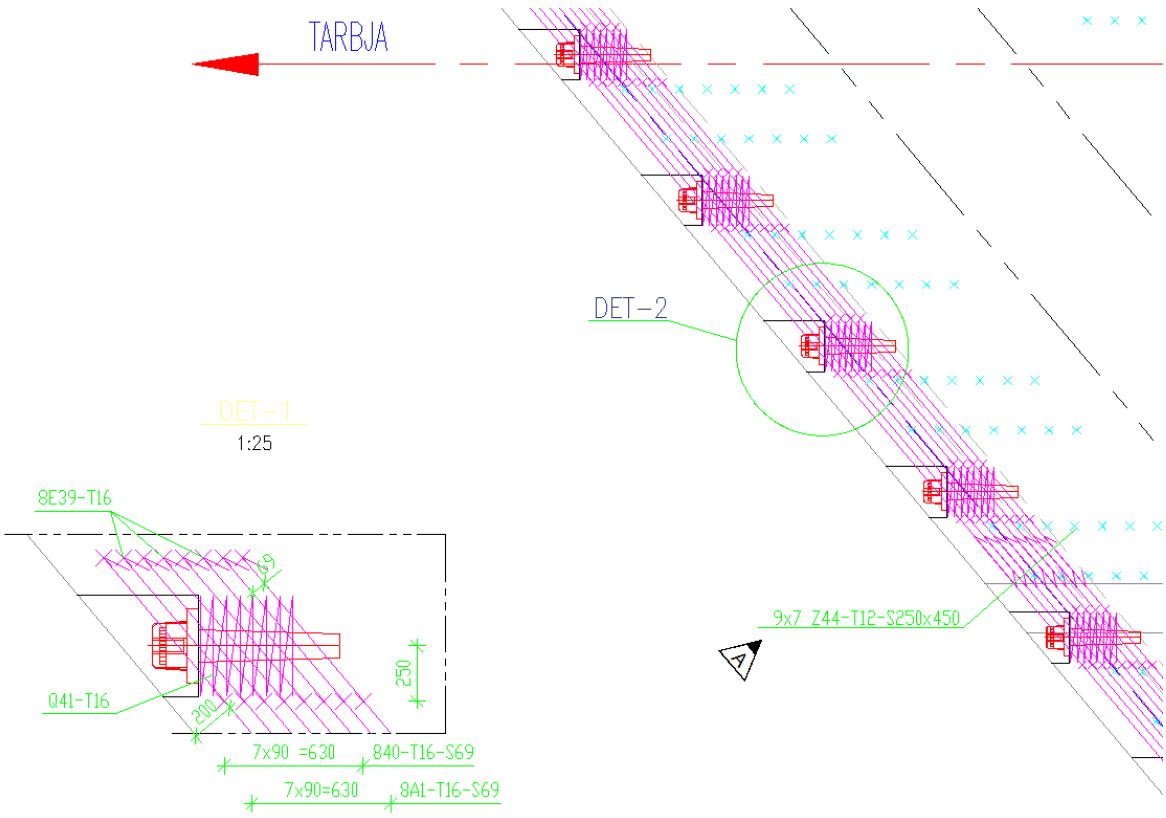


Parkimismaja karkassi lõike fragment

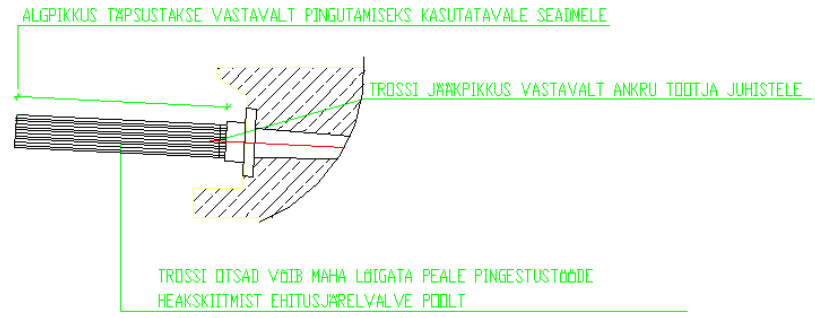
MÄRKUSED:

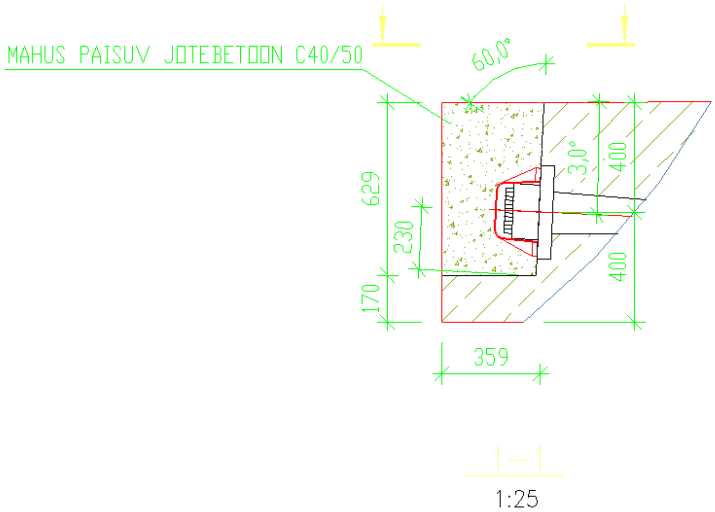
1. Järelpinge süsteem:
   - Nakketa plaskattega tross: Ø15,2 mm; f_{pk}=1860 MPa;
   - Aktiiv ankur: VSL SH S6N; 555 tk.
   - Pasiiv ankur: VSL SH S6N; 221 tk.
   - Jätkumutter: VSL SH 1/0,6"; 108 tk.
   - Trossi algeelpingestusjõud: 200 kN
   - Pingestamist on lubatud alustada peale betooni 75% survetugevuse saavutamist
   - Trosside paiknemine on lubatud modifitseerida kooskõlastades muudatused projekteerijaga
   - Raketise võib eemaldada pärast pingutustööde heakskiitu projekteerija poolt
2. Plaadi trossid on horisontaalsed ja paiknevad plaadi keskteljel.
3. Betoon:
   - C35/45, XD3+XF4/KK4 (EVS-EN 206:2014)
   - Järgida BÜ2 juhised
   - Järelevalve klass 2 (EVS-EN 13670:2010)
   - Tolerantsiklass 1 (EVS-EN 13670:2010)
   - Betoonpinna viimistlusklass: alumine pind – B, ülemine pind – B
4. Armatuur:
   - Klass; A500H või analoog (f_y=500 MPa)
   - Min kaitsekiht: 45 mm
   - Armatuurvarraste jätkamisel varraste ülekate vähemalt 32Ø
   - Ühes lõikes jätkata kuni 25% varrastest;
   - jätkamisel kuni 50% varrastest suurendada ülekatet 1,4 korda;
   - jätkamisel üle 50% varrastest suurendada ülekatet 1,5 korda.
   - Armatuuri jätkudega ei ole spetsifikatsioni koostamisel arvestatud.
5. Trosside skeem ja spetsifikatsioon vt K-2.0.4.
6. Vahelae armeerimine – vaata joonised RB-2.0.3...2.0.4

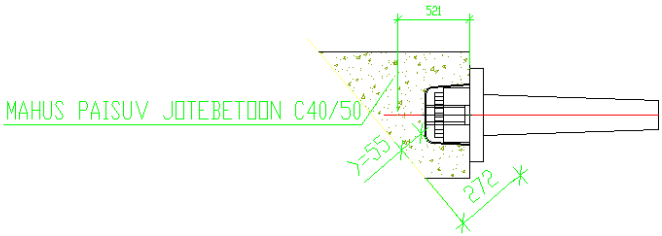
Märkused järelpinge jooniselt



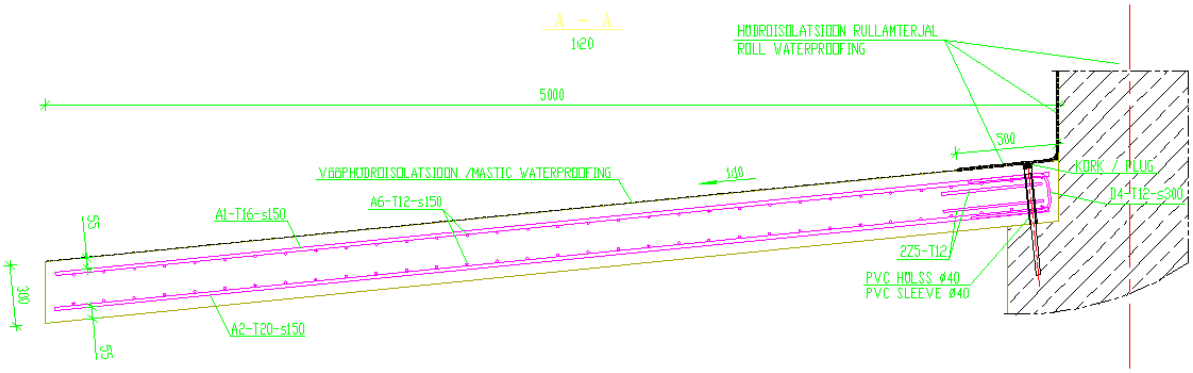
Silla järelpingetrossi ankrute plaan





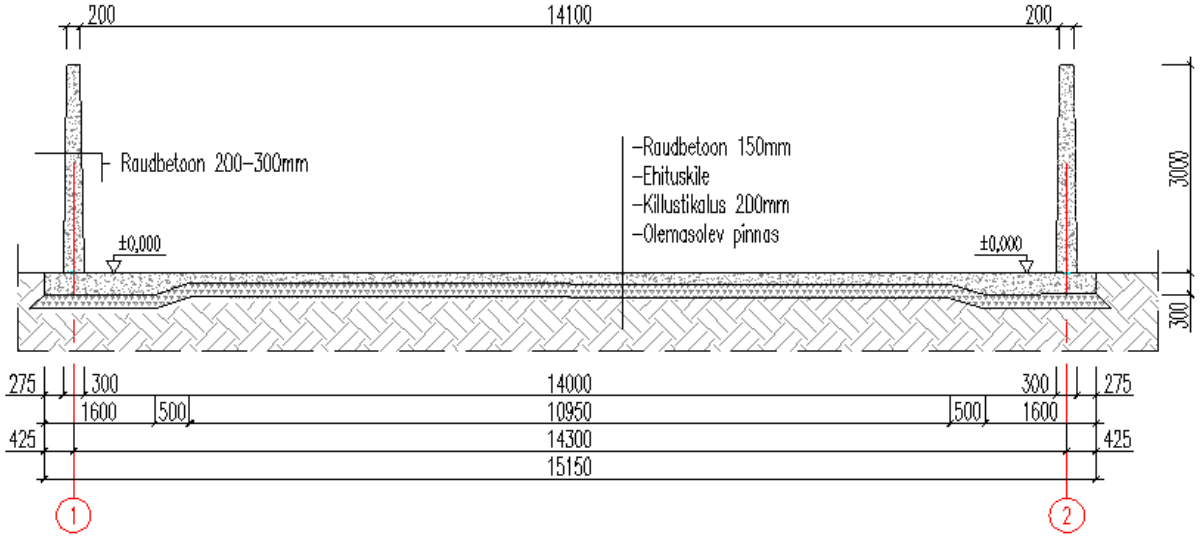


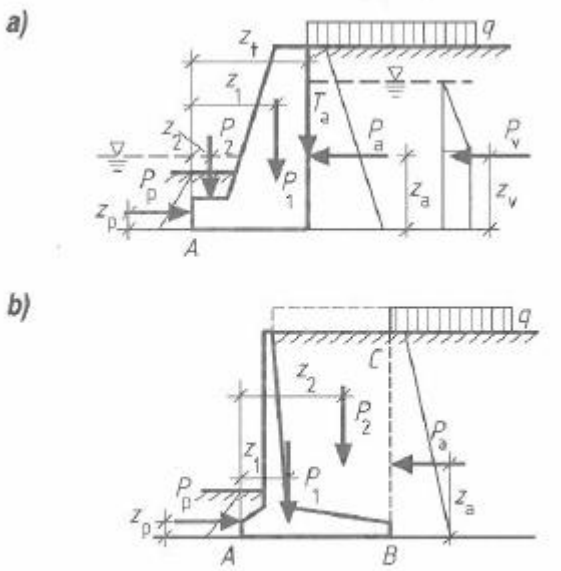
Järelpinge ankrute monolitiseerimise sõlmed



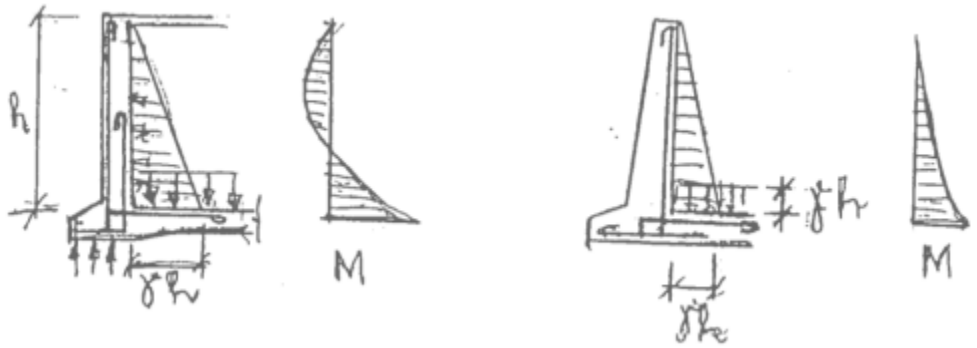
Dünaamiliste koormuse juures (Sillad) nn pealesõiduplaat

Tugiseinad, silohoidlad, salved

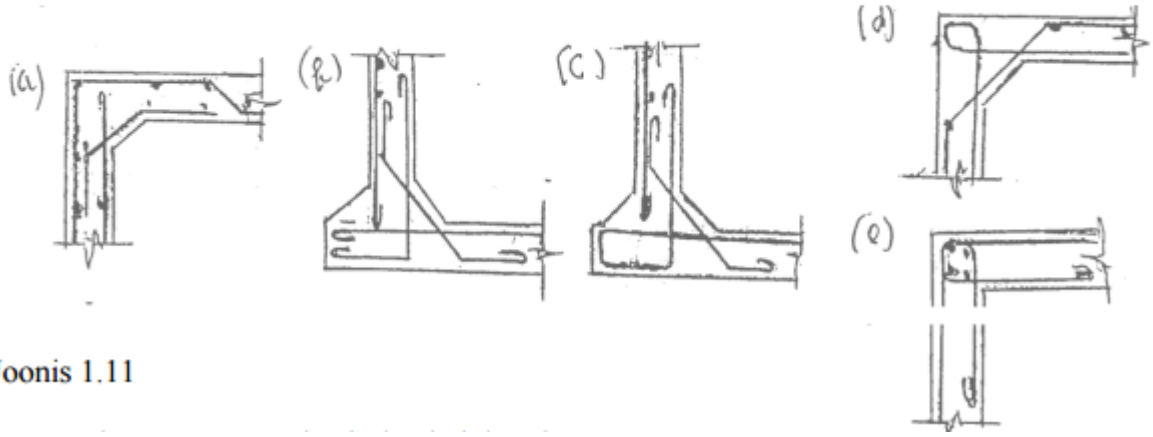




Joonis 9.33. *Gravitatsioontugiseina arvutus-skeemid ümberlükkele ja lihkele talla pinnas*



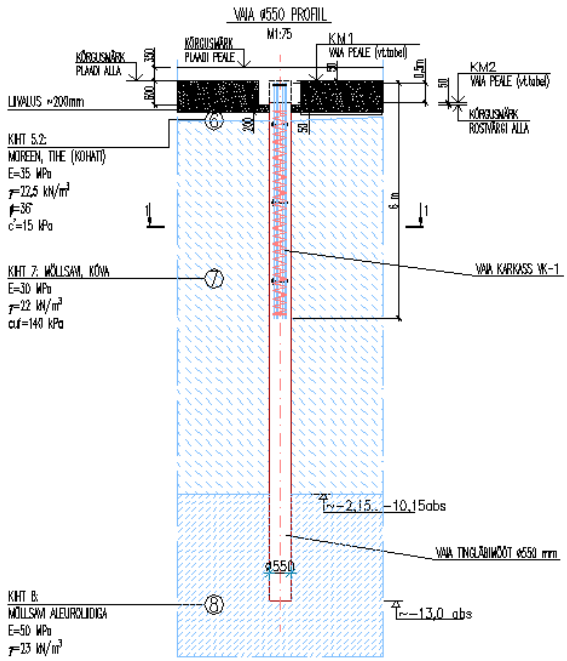
Monoliitse reservuaari sõlmede võimalikud konstruktsioonid on näidatud joonisel 1.11:
(a) seina ja katte ühendus;
(b) ja (c) seina ja põhja ühendus;
(a) ja (e) seinte liitekoht.

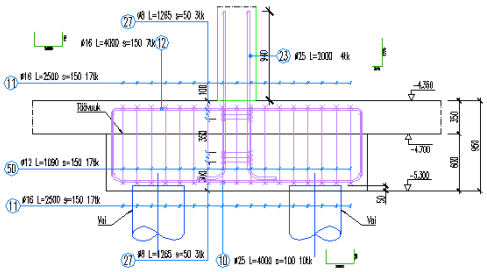


Joonis 1.11

Vaivundamendid

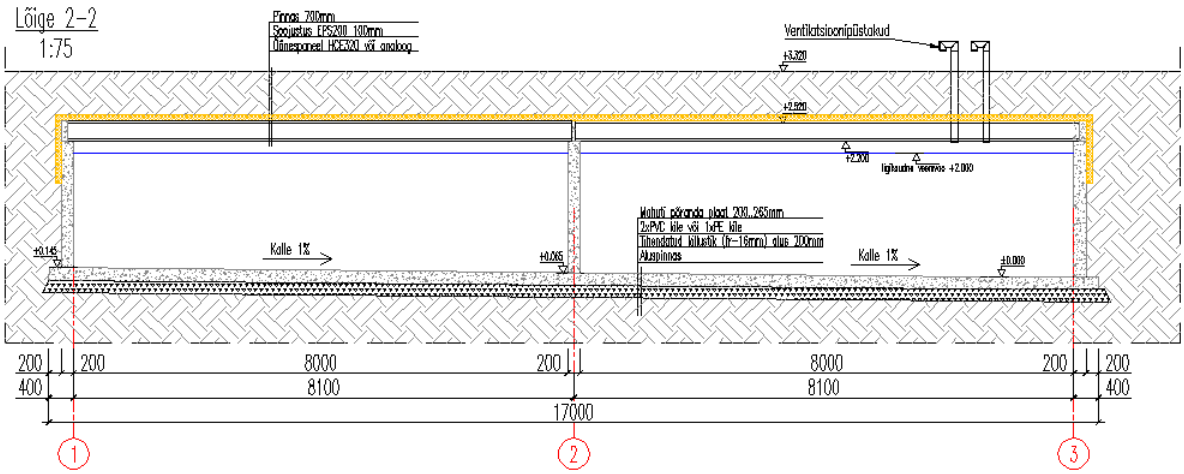
- Betoonvaiad ja rostvärgid



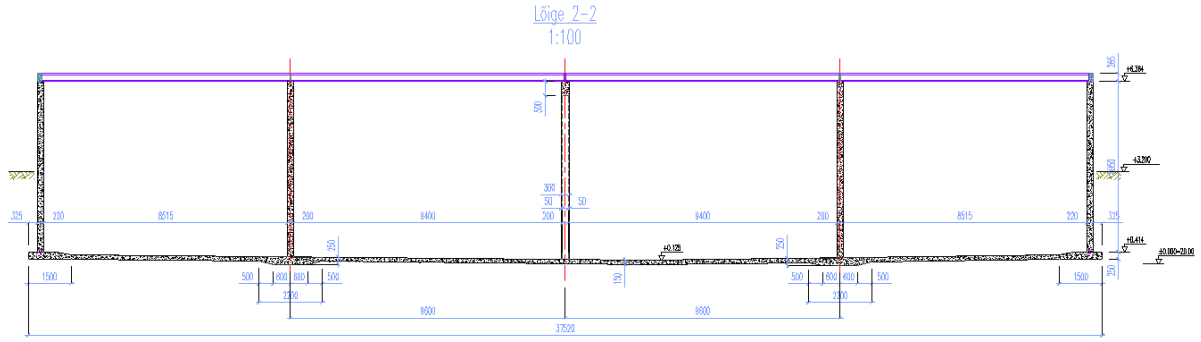


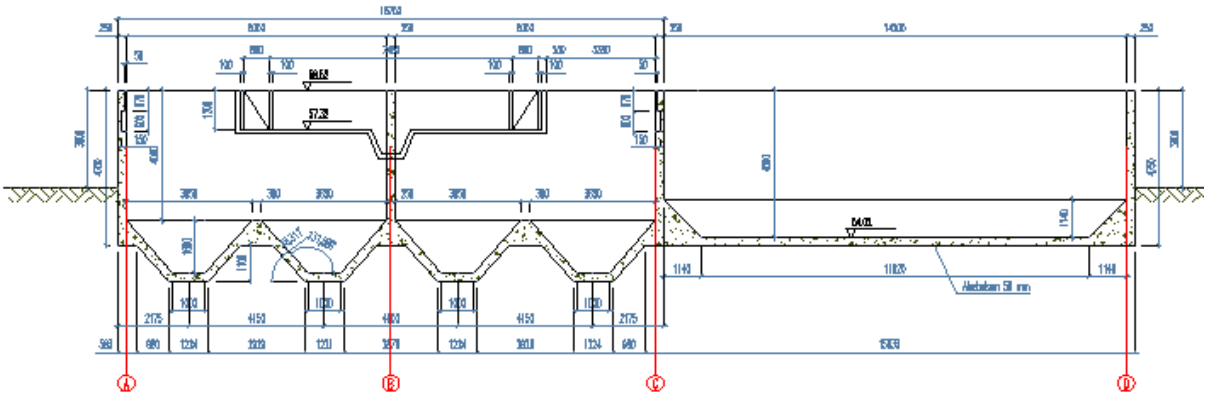
Mahutid

- Mahutid maapinna all



- Maapealsed mahutid





Vedelike hoidmiseks ette nähtud mahutite ja tammise konstruktsioonid võib klassifitseerida vastavalt nõutavale lekkekaitse tasemele. Allolev tabel annab klassifikatsiooni. Peaks olema märgitus, et betoon laseb läbi minimaalsel kogusel vedelikke ja difusioonina gaasi.

Tihedusklass	Nõuded lekkimisele
0	Mõningane leke on aktsepteeritav või leke on ebaoluline.
1	Leket piiratakse mingi väikese koguseni. Mõningane pinna niiskumine või niiskuse laigud on lubatud.
2	Lekked peavad olema minimaalsed. Niiskumisena avalduv leke ei tekita kahjustusi.
3	Lekked ei ole lubatud.

Tihedusklass 0. — võib kohaldada sätteid 7.3.1 EN 1992-1-1.

Tihedusklass 1. — iga pragu, millest võib oodata arenemist läbi terve konstruktsiooni ristlõike paksuse, ei tohiks ületada w_{k1}. Sätted jaotises 7.3.1 EN 1992-1-1 rakenduvad, kui ristlõige kogu paksuse ulatuses ei ole pragunenud ja tingimused (112) ja (113) allpool on täidetud.

Tihedusklass 2. — pragudel, mis võivad areneda läbi kogu ristlõike paksuse, ei tohiks lasta tekkida, seni kuni pole rakendatud sobivaid meetmeid (näiteks vooderdus, tihendid).

Tihedusklass 3. — üldiselt on veetiheduse tagamiseks nõutav spetsiaalsete meetmete kasutamine (näiteks vooderdus või eelpinge).

MÄRKUS Iga maa rahvuslikus lisas võib anda väärtuse w_{k1} jaoks.[1] Soovitatavad väärtused veetammide jaoks defineeritakse hüdrostaatilise surve h_D ja seina paksuse h suhte funktsioonina. Suhte $h_D/h \leq 5$ jaoks võetakse $w_{k1} = 0{,}2$ mm kuni suhteni $h_D/h \geq 35$, $w_{k1} = 0{,}05$ mm. Vahepealsete h_D/h väärtuste jaoks võib kasutada lineaarset interpolatsiooni 0,2 ja 0,05 vahel. Pragude laiuse piiramine nende väärtusteni peaks tagama pragude tihenduse suhteliselt lühikese ajaga.