

## 10.4. ARMATUURI KONSTRUKTSIOON

### 10.4.1. Varraste vahekaugus

Paralleelsete varraste horisontaalne ja vertikaalne puhasvahe

$$c_0 \geq 20 \text{ mm}$$

$$c_0 \geq \phi$$

$$c_0 \geq d_g + 5 \text{ mm}$$

kus  $\phi$  on suurim varda nimiläbimõõt

$d_g$  täitematerjali suurima terasuurse nimiväärtus  
Ülekattejätku kohal võivad vardad jätku ulatuses kokku puutuda.

Vardakimpude korral asendatakse  $\phi$  vardakimbu ekvivalentlääbimõõduga  $\phi_n \leq 55 \text{ mm}$ .

### 10.4.2. Painutusdiameeter

#### Armatuuri kahjustumist vältiv painutusdiameeter.

Põlve, konksu või aasa (joonis 10.8) minimaalne painutusdiameeter  $\phi_{m,\min}$ , mis väldib armatuuris paindepragude tekkimise, on antud tabelis 10.14.

#### Betooni muljumisvastupanu tagav painutusdiameeter

Betooni purunemise vältimiseks ei ole vaja spindli läbimõõtu kontrollida, kui on täidetud järgmised tingimused:

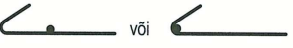

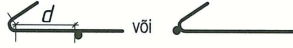

- pärast painutuskoha lõppu ei ole varda ankurdamiseks vaja pikemat sirget lõiku kui  $5\phi$ ,
- varras ei paikne ristlõike servas (painutustasapind ei ole betooni pinna lähedal) ja painutuse sees on põikivarras läbimõõduga  $\geq \phi$ .

Tabel 10.14. Armatuuri paindepragude vältimiseks vajalik minimaalne painutusspindli diameeter

a) vardad ja traadid

Armatuuri läbimõõt $\phi$ mm	Painutusspindli minimaalne diameeter $\phi_{m,\min}$	
	Venivusklassid A ja B	Venivusklass C
$\leq 16$	$4\phi$	$2,5\phi$
$> 16$	$7\phi$	$5\phi$

b) keevitatud painutatud armatuur ja pärast keevitamist painutatud keevisvõrk

Painutusspindli minimaalne läbimõõt	
 või 	 või 
$5\phi$	$d \geq 3\phi : 5\phi$ $d < 3\phi$ või keevis painutatud tsoonis $20\phi$
<b>Märkus.</b> Keevitamisel painutatud tsoonis võib spindli läbimõõtu vähendada suuruseni $5\phi$ , kui keevitus on tehtud vastavalt EN ISO 17660 lisale B.	

### 10.4.3. Armatuuri ankurdus

Peale sirge ankru kasutatakse pikiarmatuuri ankurdamiseks ka joonisel 10.8 näidatud ankurdusmooduseid. Eristatakse piki varda telge mõõdetavat nõutavat baasankurduspikkust  $l_{b,rqd}$  ja arvutuslikku ankurduspikkust  $l_{bd}$ . Standardse tõmbeankurduse korral võib kasutada joonisel määratletud ekvivalentankurduspikkust  $l_{b,eq}$ . Põlv ja konks ei tööta surveankurdusel kaasa.

- spindli läbimõõt on võrdne vähemalt tabelis 10.14 soovitatud suurusega.

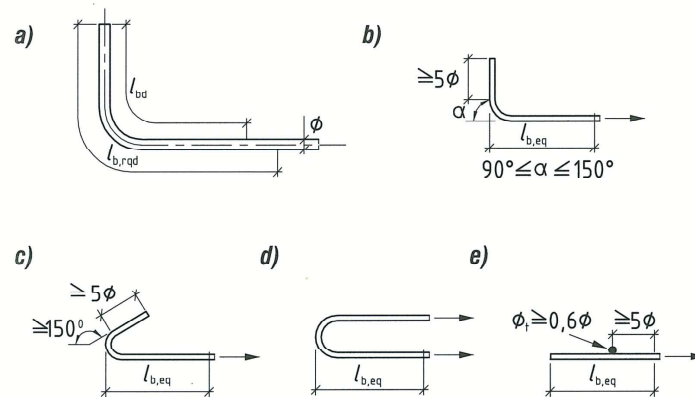
Vastasel korral tuleks spindli läbimõõtu  $\phi_{m,\min}$  suurendada vastavalt valemile:

$$\phi_{m,\min} \geq \frac{F_{bt}}{f_{cd}} \left( \frac{1}{a_b} + \frac{1}{2\phi} \right) \quad (10.21)$$

kus  $F_{bt}$  on arvutuskoormuse põhjustatud varda tõmbejõud painutuse alguses

$a_b$  pool varda painutuse tasapinnaga risti mõõdetud varraste tsentrite vahekaugusest. Elemendi välispinna juures paiknevale vardale  $a_b = c + 0,5\phi$ , kus  $c$  on painutuse tasapinnaga risti mõõdetud betoonkaitsekiht.

$f_{cd}$  väärtust ei võeta suuremaks kui betooni klass C55/67.



Joonis 10.8. Pikiarmatuuri ankurdusmoodused (välja arvatud sirge varras).

a – nõutav baasankurduspikkus  $l_{b,rqd}$  mõõdetakse piki varda telge; ekvivalent-ankurduspikkused: b – standardse põlve korral, c – standardse konksu korral, d – standardse aasa korral, e – keevitatud põikivarda korral

### Nakketingimused

Olenevalt armatuuri paiknemisest elemendis ja betoonimise suunast loetakse nakketingimused heaks või halvaks (joonis 10.9).

### Nakketugevus

Nakketugevus (tabel 10.15) on:

$$\text{ribivardal } f_{bd} = 2,25 \eta_1 \eta_2 f_{ctd} \quad (10.22)$$

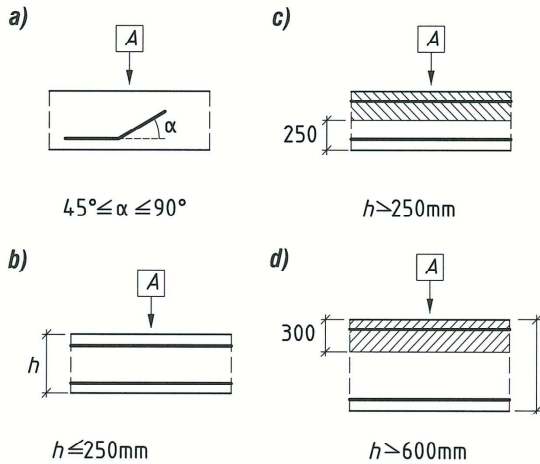
silevardal (EVS 1992-1-1 järgi)

$$f_{bd} = 0,36 \eta_1 \eta_2 \frac{\sqrt{f_{ck}}}{\gamma_c} \quad (10.23)$$

kus  $f_{ctd}$  on betooni arvutustõmbetugevus, mitte suurem kui klassil C60/75

$f_{ck}$  betooni normsurvetugevus MPa, mitte suurem kui klassil 50/60

$$\gamma_c = 1,5$$



Joonis 10.9. Nakketingimused. a ja b – head, c ja d – viirutamata tsoonis head, viirutatud tsoonis halvad. A = betoonimise suund

Tabel 10.15. Nakketugevus  $f_{bd}$  MPa heade nakketingimuste ja  $\phi \leq 32$  mm korral

$f_{ck}$ MPa	16	20	25	30	35	40	45	50	55	$\geq 60$
Ribiteras	2,0	2,3	2,7	3,0	3,4	3,7	4,0	4,3	4,4	4,6
Sileteras	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,7	1,7

$\eta_1$  heade nakketingimuste korral  $\eta_1 = 1$ ,  
halbade nakketingimuste korral  
 $\eta_1 = 0,7$  (joonis 10.15)

$\eta_2$   $\phi \leq 32$  mm korral  $\eta_2 = 1$ ,  $\phi > 32$  mm  
korral  $\eta_2 = (132 - \phi) / 100$

### Baasankurduspikkus

Nõutav baasankurduspikkus  $l_{b,rd}$  on varda lõigu pikkus, mis on vajalik vardas mõjuva jõu  $A_s \sigma_{sd}$  ankurdamiseks konstantse nakkepinge  $f_{bd}$  korral:

$$l_{b,rd} = \frac{\phi \sigma_{sd}}{4 f_{bd}} \quad (10.24)$$

kus  $\sigma_{sd}$  on varda arvutuslik pinge ankurduspikkuse alguses.

Kahest vardast kokku keevitatud paarisvarda korral tuleks läbimõõt  $\phi$  asendada ekvivalentlääbimõõduga  $\phi_n = \phi \sqrt{2}$

Painutatud armatuuril mõõdetakse baasankurduspikkust piki armatuuri telge (joonis 10.8, a).

Kui ankurdatav jõud võrdub varda piirsisejõuga ( $\sigma_{sd} - f_{yd}$ ), siis

$$l_{b,rd} = l_{b,max} = \frac{\phi f_{yd}}{4 f_{bd}} = \beta_b \phi \quad (10.24')$$

Suhteline maksimaalne baasankurduspikkus  $\beta_b = l_{b,max} / \phi$  erinevatele betooni ja terase klassidele on toodud tabelis 10.16.

Baasankurduspikkuse maksimumväärtus

$$l_{b,max} = \beta_b \phi$$

kus  $\phi$  on armatuuri läbimõõt mm.

### Arvutuslik ankurduspikkus

Arvutuslik ankurduspikkus  $l_{bd}$  (joonis 10.8)

$$l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,rd} \geq l_{b,min} \quad (10.25)$$

kus  $l_{b,min}$  on minimaalne ankurduspikkus; tõmbe korral on  $l_{b,min}$  suurim väärtustest  $0,3 l_{b,rd}$ ,  $10 \phi$  või 100 mm; surve korral  $0,6 l_{b,rd}$ ,  $10 \phi$  või 100 mm tegurid  $\alpha$  on antud tabelis 10.17.

Tegurid  $\alpha$  võtavad arvesse:

$\alpha_1$  varda kuju ankurduspiirkonnas (joonis 10.8); kui ankurduspikkust mõõdetakse piki varda telge, siis  $\alpha_1 = 1,0$

$\alpha_2$  minimaalset betoonkaitsekihti ja varraste puhasvahet

$\alpha_3$  põikiarmatuuri

$\alpha_4$  pikiarmaatuurile  $l_{bd}$  ulatuses keevitatud ühte või kahte põikivarrast (läbimõõduga  $\phi_t > 0,6 \phi$ )

$\alpha_5$   $l_{bd}$  ulatuses mõjuvat põikisurvet

$l_{bd}$  määramisel võetakse korrutis

$$(\alpha_2 \alpha_3 \alpha_5) \geq 0,7.$$

Tabel 10.16. Suhteline maksimaalne baasankurduspikkus  $\beta_b = l_{b,max} / \phi$

Betoon	Head nakketingimused				Halvad nakketingimused			
	Ribi- (profiil-) teras		Sileteras		Ribi- (profiil-) teras		Sileteras	
	$f_{yk}$ MPa				$f_{yk}$ MPa			
	600	500	400	235	600	500	400	235
C16/20	65	54	43	53	93	78	62	76
C20/25	56	47	37	48	80	67	54	68
C25/30	48	40	32	43	69	58	46	61
C30/37	43	36	29	39	61	51	41	56
C35/45	39	32	26	36	55	46	37	51
C40/50	35	30	24	34	51	42	34	48
C45/55	33	27	22	32	47	39	31	45
C50/60	31	25	20	30	44	36	29	43
C55/67	29	25	20	30	42	35	28	43
C60/75	29	24	19	30	41	34	27	43

**Tabel 10.17.** Tegurid  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$  ja  $\alpha_5$

Ankurdust mõjutav faktor	Ankurduse tüüp	Armatuurivarras	
		tõmmatud	surutud
Varda kuju	Sirge varras	$\alpha_1 = 1,0$	$\alpha_1 = 1,0$
	Sirgest erinev (vt joonis 10.8, $b, c$ ja $d$ )	$\alpha_1 = 0,7$ , kui $c_d > 3\phi$ muidu $\alpha_1 = 1,0$ ( $c_d$ väärtus vt joonis 10.10)	$\alpha_1 = 1,0$
Betoonkaitsekiht	Sirge varras	$\alpha_2 = 1 - 0,15(c_d - \phi) / \phi$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	$\alpha_2 = 1,0$
	Sirgest erinev (vt joonis 10.8, $b, c$ ja $d$ )	$\alpha_2 = 1 - 0,15(c_d - 3\phi) / \phi$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$ ( $c_d$ väärtus vt joonis 10.10)	$\alpha_2 = 1,0$
Tõkestatus peamisele armatuurile keevitamata põikivarrastest	Kõik tüübid	$\alpha_3 = 1 - K\lambda$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	$\alpha_3 = 1,0$
Tõkestatus peamisele armatuurile keevitatud põikivarrastest*	Kõik tüübid, põikivarraste paigutus ja mõõt vastavalt joonisele 10.8, $e$	$\alpha_4 = 0,7$	$\alpha_4 = 1,0$
Tõkestatus põikisurve	Kõik tüübid	$\alpha_5 = 1 - 0,04p$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	—

$c_d$  vt joonis 10.10

$$\lambda = (\Sigma A_{st} - \Sigma A_{st,min}) / A_s$$

$\Sigma A_s$  arvutusliku ankurduspikkuse  $l_{bd}$  ulatuses paikneva põikiarmatuuri ristlõikepindala

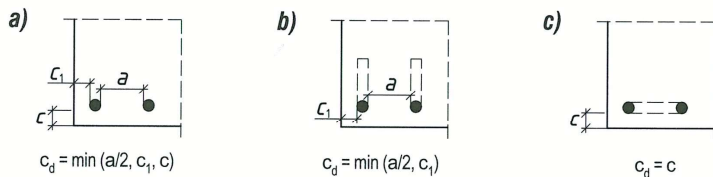
$\Sigma A_{st,min}$  minimaalne põikiarmatuuri ristlõikepindala: talal  $0,25A_s$  ja plaadil 0

$A_s$  suurima läbimõõduga üksiku ankurdatava varda ristlõikepindala

$K$  väärtused on näidatud joonisel 10.11

$p$  kandepiirteisundis  $l_{bd}$  ulatuses mõjuv põikisurve MPa

\* Otsesel toel võib võtta  $l_{bd}$  väiksemaks kui  $l_{b,min}$  eeldusel, et toetuspikkuse ulatuses on vähemalt üks pikiarmatuurile keevitatud põikivarras, mille kaugus toe servast on vähemalt 15 mm. Lähemalt vt punkt Ankurdus külgekeevitatud põikivarrastega.



**Joonis 10.10.** Tala ja plaadi  $c_d$  väärtused.  $a$  – sirged vardad,  $b$  – põlve või konksuga vardad,  $c$  – aasaga vardad

Joonisel 10.8 näidatud kindla kujuga tõmbe-ankurduse korral võib lihtsustusena  $l_{bd}$  asemel kasutada samal joonisel toodud ekvivalent-ankurduspikkust  $l_{b,eq}$ , milleks võib võtta ( $\alpha_1$  ja  $\alpha_4$  vt tabel 10.17):

$l_{b,eq} = \alpha_1 l_{b,rqd}$  joonistel 10.8,  $b$  kuni  $d$  esitatud kujude korral

$l_{b,eq} = \alpha_4 l_{b,rqd}$  joonisel 10.8,  $e$  esitatud kuju korral

### Põikarmatuuri ankurdus

Rangid ja põikivardad ankurdatakse põlvega, konksuga või põikarmatuurile keevitatud piki-varrastega (joonis 10.12).

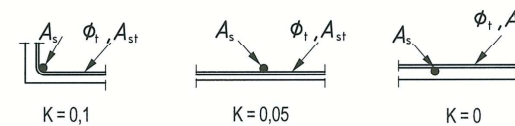
### Ankurdus külgekeevitatud põikivarrastega

Piki- ja põikarmatuuri ankurdamiseks võib kasutada ka varda külge keevitatud põikivardaid (joonis 10.13).

Põhivarda sisepoolle keevitatud ühe põikivarda  $\phi 14 \dots 32$  mm ankurdusjõud on

$$F_{btd} = l_{td} \phi \sigma_{td} \leq F_{wd} \quad (10.26)$$

kus  $F_{wd}$  on keeviliite arvutuslik nihkekandevõime, mis väljendatakse  $A_s f_{yd}$  kaudu (näiteks  $F_{wd} = 0,5 A_s f_{yd}$ , kus  $A_s$  ja  $f_{yd}$  on ankurdatava varda ristlõikepindala ja voolavustugevus)



**Joonis 10.11.** Tala ja plaadi  $K$  väärtused

$l_{td}$  on põikivarda arvutus pikkus,

$$l_{td} = 1,16 \phi \sqrt{\frac{f_{yd}}{\sigma_{td}}} \leq l_t$$

$l_t$  põikivarda pikkus, kuid mitte suurem ankurdatavate varraste vahakaugusest

$\phi$  põikivarda läbimõõt

$\sigma_{td}$  betooni pinged,  $\sigma_{td} = (f_{ctd} + \sigma_{cm}) / \gamma \leq 3f_{ctd}$

$\sigma_{cm}$  betooni keskmine pinged risti mõlemale vardale (positiivne surve)

$$\gamma = 0,015 + 0,14 e^{-0,18x}$$

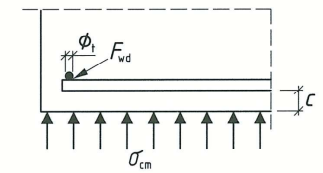
$$x = 2c / \phi + 1$$

$c$  on betoonkaitsekiht risti mõlemale vardale

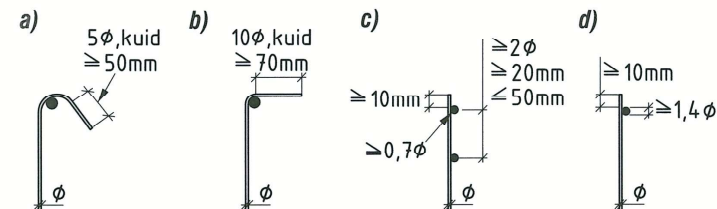
Ankurduspikkuse  $l_{b,rqd}$  määramisel valemiga (10.24) võib  $\sigma_{sd}$  suurus vähendada  $F_{btd} / A_s$  võrra, kus  $A_s$  on varda ristlõikepindala.

Kahe sama läbimõõduga ankurdusvarda puhul ankurdusjõud suureneb

- kaks korda, kui ankurdusvardad on keevitatud teine teisele poole ankurdatavat varrast,
- 1,41 korda, kui ankurdusvardad on keevitatud ankurdatava varda samale poolele vahakaugusega vähemalt  $3\phi$ .



**Joonis 10.13.** Armatuuri ankurdus külge keevitatud põikivardaga



**Joonis 10.12.** Põikarmatuuri ankurdus. Variantide c) ja d) korral peaks kaitsekiht olema vähemalt kas  $3\phi$  või 50 mm

Voolavastugevuse  $f_{yk} = 500$  MPa korral on suhe  $F_{\text{btd}} / F_{\text{wd}}$  antud tabelis 10.18.

**Tabel 10.18.** Suhe  $F_{\text{btd}} / F_{\text{wd}}$  armatuuriterase  $f_{yd} = 500$  MPa ja  $\phi_t = \phi_l = \phi$  korral

Betooni klass	C20/25			C25/30			C30/37			C35/45		
$\sigma_{\text{cm}}$ MPa	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2
$\phi = 16$ mm	0,30	0,58	0,86	0,34	0,63	0,89	0,39	0,67	0,91	0,43	0,72	0,93
$\phi = 20$ mm	0,27	0,53	0,79	0,31	0,57	0,84	0,35	0,62	0,87	0,39	0,65	0,89
$\phi = 25$ mm	0,25	0,49	0,74	0,29	0,53	0,78	0,33	0,57	0,81	0,36	0,61	0,85
$\phi = 32$ mm	0,23	0,46	0,69	0,27	0,50	0,73	0,31	0,53	0,76	0,34	0,57	0,79

- Märkused.** 1. Ankurdusvarda arvutus pikkuseks on võetud  $4\phi_l$ .  
 2. Betoonkaitsekiht on vähemalt 25 mm.  
 3. Keevliite arvutuslikuks nihkekandevõimeks on võetud  $F_{\text{wd}} = 0,5 A_s f_{yd}$ .

Läbimõõdu  $\phi \leq 12$  mm korral oleneb keevitatud põikivarda ankurdusvõime peamiselt keevliite arvutustugevusest  $F_{\text{wd}}$ , mistõttu võib võtta

$$F_{\text{btd}} = F_{\text{wd}} \leq 16 A_s f_{cd} \phi_l / \phi_l \quad (10.27)$$

kus  $F_{\text{wd}}$  on sama mis valemis (10.26)

- $\phi_l$  põikivarda nimiläbimõõt ( $\phi_l \leq 12$  mm)
- $\phi_l$  ankurdatava varda nimiläbimõõt ( $\phi_l \leq 12$  mm)

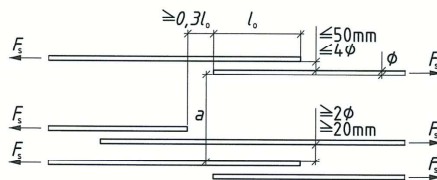
### Jätkatavate varraste vahekaugus

Jätkatavate varraste paiknemine peaks vastama joonisele 10.14:

- jätkatavate varraste puhasvahe  $a_1 \leq (4\phi$  või 50 mm), vastasel korral tuleks ülekattejätku pikkust  $l_0$  suurendada  $a_1$  võrra,
- naaberjätkude pikivahe peaks olema vähemalt  $0,3l_0$ ,
- naaberjätkude külgnevate varraste puhasvahe  $a_2 \geq (2\phi$  või 20 mm).

Kui kõik tõmmatud vardad paiknevad ühes kihis, võib eeltoodud tingimuste täitmisel jätkatavate tõmmatud varraste lubatav protsent olla 100%. Kui vardad paiknevad mitmes kihis, tuleks seda vähendada 50%-ni.

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



**Joonis 10.14.** Külgnevad ülekattejätkud

### Ülekattejätku arvutus pikkus

$$l_0 = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_5 \alpha_6 l_{b,rqd} \geq l_{0,\text{min}} \quad (10.28)$$

kus  $l_{b,rqd}$  on jätkatava armatuuri baasankurdus-pikkus, valem (10.24)

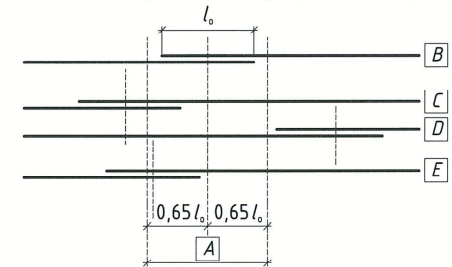
$$l_{0,\text{min}} \geq \max\{0,3\alpha_6 l_{b,rqd}, 15\phi, 200 \text{ mm}\} \quad (10.29)$$

$\alpha_1, \alpha_2$  ja  $\alpha_5$  võetakse tabeli 10.17 järgi

$\alpha_3$  leitakse tabeli 10.17 järgi, võttes seejuures  $\Sigma A_{\text{st,min}} = A_s \sigma_{sd} / f_{yd}$ , kus  $A_s$  on ühe jätkatava varda ristlõikepindala

$$\alpha_6 = \sqrt{\rho_1 / 25} \text{ võetakse piires } 1,0 \dots 1,5 \text{ (vt tabel 10.19)}$$

$\rho_1$  armatuuri hulk protsentides, mis on jätkatud lõigu  $0,65l_0$  ulatuses, lugedes mõlemale poole vaadeldava jätku kesklõiget (joonis 10.15)



**Joonis 10.15.** Ühes lõikes jätkatava armatuuri protsent  $\rho_1$ . A – vaadeldav lõige, B, C, D ja E – vardad (Varraste C ja D jätku keskpunkt jääb vaadeldavast lõikest väljapoole st  $\rho_1 = 50$  ja  $\alpha_6 = 1,4$ )

Sirgete varraste jätkamisel, kui jätku ulatuses ei ole keevitatud põikivardaid ja  $\Sigma A_{\text{st}} = \Sigma A_{\text{st,min}}$  on valemis (10.28)  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_5 = 1,0$ . Kui samaaegselt võtta  $l_0$  määramisel  $\sigma_{sd} = f_{yd}$  ja betoonkaitsekiht võrdseks armatuuri läbimõõduga  $\phi$ , on ülekattejätku ligikaudne pikkus (võimaliku veaga tagavara kasuks)

$$l_0 = \alpha_6 l_{b,\text{max}} = \alpha_6 \beta_b \phi \geq l_{0,\text{min}} \quad (10.28')$$

( $\beta_b$  vt tabel 10.16)

**Tabel 10.19.** Tegurid  $\alpha_6$

Ühes lõikes jätkatavate varraste protsent $\rho_1$	$\leq 25\%$	33%	50%	$> 50\%$
$\alpha_6$	1	1,15	1,4	1,5

Vahepealsed suurused võib määrata interpoleerimisega.

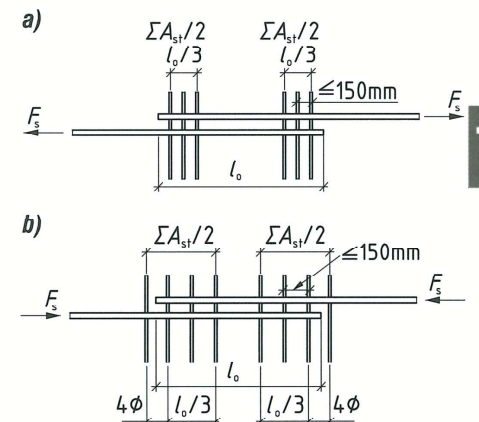
### Jätku põikiarmatuur

Kui jätkatavate varraste läbimõõt  $\phi < 20$  mm või kui ühes lõikes jätkatakse vähem kui 25% varrastest, siis loetakse muudel põhjustel ette nähtud põikiarmatuur (nt arvutuslik põikiarmatuur või jaotusarmatuur) piisavaks ka ülekattejätku põikiarmatuurina.

Kui  $\phi \geq 20$  mm, siis peaks kõigi jätkatavate varraste tasandiga paralleelsete põikivarraste kogupindala  $\Sigma A_{\text{st}}$  (joonis 10.16) olema võrdne vähemalt ühe jätkatava varda pindalaga  $A_s$ . Põikiarmatuur tuleks paigutada pikiarmaatuuri ja betooni välispinna vahele, jätkatava armatuuri suunaga risti.

Kui ühes lõikes jätkatakse üle 50% armatuurist ja naaberjätkude vahekaugus  $a \leq 10\phi$  (vt joonis 10.14), siis tuleks põikiarmatuurina kasutada range või ristlõikesse ankurdatud U-vardeid. Kui  $a > 10\phi$ , võib kasutada sirgeid vardeid.

Põikiarmatuuri  $\Sigma A_{\text{st}}$  paiknemine jätku pikkuses on näidatud tõmbe korral joonisel 10.16a ja surve korral joonisel 10.16b.



**Joonis 10.16.** Ülekattejätku põikiarmatuur: a – tõmmatud jät, b – surutud jät

### 10.4.4. Varraste ülekattejätkud

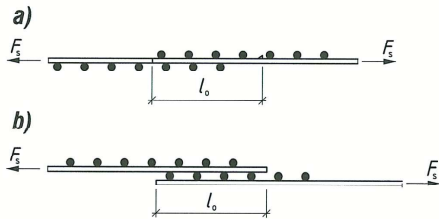
Võimaluse korral

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

### 10.4.5. Ribitraadist keevisvõrkude jätkud

#### Jätk töötavas suunas

Ribi- või profiiltraadist võrgu ülekatejätük võib olla ühe- või mitmekihiline. Ühekihilises jätkus paikneb kummagi võrgu jätkatav armatuur samas pinnas, mitmekihilises jätkus – erinevates pindades (joonis 10.17).



Joonis 10.17. Keevisvõrkude ülekatejätük (pikilõiked). a – ühekihiline, b – kahekihiline

Ühekihilise võrgu töötav armatuur tuleks jätkata kooskõlas punktiga 10.4.4, kusjuures jätku pikkuse  $l_0$  määramisel valemiga (10.28) tuleks loobuda põikiarmatuuri mõjust ( $\alpha_3 = 1,0$ ). Lihtsusustena võib jätku pikkuse määrata valemiga (10.28\*).

Mitmekihilised ülekatejätükud tuleks üldjuhul teha piirkonnas, kus armatuuri pinget kandepiir seisundis  $\sigma_{sd} \leq 0,8f_{yd}$ . Vastasel korral tuleks paindekandevõime määramisel võtta kasuskõrguseks elemendi tõmmatav pinnast kaugeima armatuuri kihi kaugus elemendi surutud servast, samuti suured pragudekindluse kontrollimisel armatuuri pinget 25% võrra.

Tabel 10.20. Võrgu mittetöötavate traatide ülekate nõutav pikkus

Mittetöötava traadi läbimõõt mm	Ülekate pikkus
$\phi \leq 6$	$\geq 150$ mm, vähemalt 1 traadi samm jätku pikkuses
$6 < \phi \leq 8,5$	$\geq 250$ mm, vähemalt 2 traadi sammu
$8,5 < \phi \leq 12$	$\geq 350$ mm, vähemalt 2 traadi sammu

Ühekihilise võrgu korral on ühes lõikes jätkata lubatud töötava armatuuri protsent määratud tabeliga 10.19.

Mitmekihilise võrgu korral oleneb ühes lõikes jätkata lubatud töötava armatuuri protsent kasutatud keevisvõrgu eristlõikepinnast  $A_s/s$ , olles 100%, kui  $A_s/s \leq 1200$  mm<sup>2</sup>/m, ja 60%, kui  $A_s/s > 1200$  mm<sup>2</sup>/m ( $s$  – traatide vahekaugus).

Mitmes kihis paiknevate võrkude jätkud tuleks nihutada vähemalt  $1,3l_0$  võrra.

Täiendav põikiarmatuur jätku piirkonnas ei ole vajalik.

#### Jätk mittetöötavas suunas

Kogu mittetöötava armatuuri võib jätkata ühes lõikes. Ülekatejätük minimaalne pikkus  $l_0$  antakse tabelis 10.20. Mittetöötavate varraste ülekate ulatuses peaks olema kaks töötavat varrast.

### 10.4.6. Ribivardad läbimõõduga üle 32 mm

Alltoodud nõuded on täienduseks punktides 10.4.3 ja 10.4.4 toodule.

#### Pragudekindlus

Küllaldane pragudekindlus tuleks tagada kas pinnaarmatuuri abil või prao avanemislaiuse kontrollarvutusega.

Pinnaarmatuuri kasutamisel (p 10.5.1) peaks pikiarmatuuri  $\phi > 32$  mm suunas pinnaarmatuuri kogu ristlõikepindala olema vähemalt  $0,02A_{ct,ext}$  ja sellega ristivas suunas vähemalt  $0,01A_{ct,ext}$  (tähisted vt joonis 10.27).

#### Jätük

Ülekatejätük ei tohiks kasutada. Erandiks on ristlõiked, mille väiksem mõõde on vähemalt 1,0 m või kus kandepiir seisundis jätkatava armatuuri pinget  $\sigma_{sd} \leq 0,8f_{yd}$ .

#### Ankurdus

Suure läbimõõduga varraste ankurdamiseks on soovitatav kasutada mehaanilisi ankruid. Lubatud on ka ankruid sirge varda näol.

Sirge varda ankurdamisel tuleks ankuruspikkuse ulatuses ette näha täiendav põikiarmatuur (rangid). Kui ankurdustsoonis ei ole toereaktsiooni põhjustatud põiksurvet, tuleb armatuuri ankurdustsoonis paigaldada lisaks põikjõu vastuvõtmiseks vajalikule põikiarmatuurile veel täiendav põikiarmatuur. Selle minimaalne kogupindala peaks olema (vt joonis 10.18)

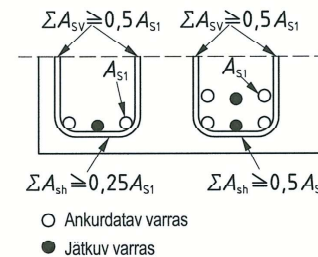
– tõmmatud välispinnaga paralleelses suunas  $A_{sh} = 0,25n_1A_s$  (10.30)

– tõmmatud välispinnaga ristivas suunas  $A_{sv} = 0,25n_2A_s$  (10.31)

kus  $A_s$  ühe ankurdatava varda ristlõikepindala  $n_1$  ankurdatavate varraste kihtide arv elemendi vaadeldavas lõikes

$n_2$  ankurdatavate varraste arv igas kihis

Täiendav põikiarmatuur tuleks ankurduspikkuse ulatuses jaotada ühtlase sammuga, mis ei ületa viiekordset pikiarmatuuri läbimõõtu.



Joonis 10.18. Pikivarraste  $\phi > 32$  mm ankurdustsooni täiendav põikiarmatuur põiksurve puudumisel. Vasakpoolsel juhul  $n_1 = 1$ ,  $n_2 = 2$  ja parempoolsel juhul  $n_1 = 2$  ja  $n_2 = 2$

### 10.4.7. Vardakimbud

Kui ei ole sätestatud teisiti, kehtivad üksikvarras-tele esitatavad nõuded ka vardakimpudele. Ühes kimbuses olevad vardad peavad olema sama liiki, nende läbimõõtude suhe ei tohiks olla suurem kui 1,7.

Projekteerimisel asendatakse vardakimp tingvardaga, millel on vardakimbuga sama ristlõikepindala ja raskuskese. Tingvarda ekvivalentlääbimõõt

$$\phi_n = \phi \sqrt{n_b} \leq 55 \text{ mm} \quad (10.32)$$

kus  $n_b$  on varraste arv kimbuses, kusjuures

$n_b \leq 4$  vertikaalsete surutud varraste ja ülekatejätükus olevate varraste jaoks

$n_b \leq 3$  kõikidel teistel juhtudel

#### Vardakimpude puhasvahe

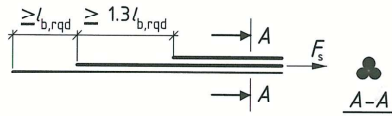
Vardakimpude puhasvahe peaks vastama punktiga 10.4.1, kus varda läbimõõt asendatakse vardakimbu ekvivalentlääbimõõduga  $\phi_n$ , kuid kimpude puhasvahet mõeldakse vardakimpude tegelike väliskontuuride vahel. Betoonkaitsekihti, mõelduna vardakimbu tegelikust väliskontuurist, peaks olema  $c > \phi_n$ .

Kui kaks teineteise kohal paiknevat ja kokkupuites olevat varrast on heades nakketingimustes, siis ei pea neid käsitlema vardakimbuna.

#### Ankurdus

Tõmmatud vardakimbu ankurdamisel toel võib kõik vardad katkestada ühes lõikes, kui  $\phi_n < 32$  mm. Kui  $\phi_n \geq 32$  mm, tuleb varraste katkestuskohad piki kimpu nihutada (joonis 10.19). Kui varraste katkestused on nihutatud vähemalt  $1,3l_{b,rqd}$  võrra ( $l_{b,rqd}$  on arvutatud varda läbimõõdu  $\phi$  järgi), siis võib arvutusliku ankurduspikkuse  $l_{bd}$  leida  $\phi$  järgi, vastasel juhul tuleks lähtuda ekvivalentlääbimõõdust  $\phi_n$ .

Surutud vardakimbu ankurdamisel võib kõik vardad lõpetada ühes lõikes. Kui  $\phi_n \geq 32$  mm, peaks kimbu lõpus olema vähemalt 4 rangi läbimõõduga  $\geq 12$  mm. Äärmine rang peaks paiknema vahetult katkestatava varda järel.



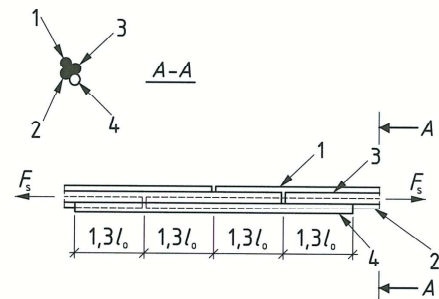
Joonis 10.19. Varraste nihutus vardakimbu ankurdamisel

### Ülekattejätk

Jätku arvutus pikkus  $l_0$  arvutatakse ekvivalentlähimõõdu  $\phi_n$  alusel.

Kahevardalise kimbu lähimõõduga  $\phi_n < 32$  mm jätkamisel ei ole vaja üksikute varraste katkestuskohti nihutada.  $l_0$  arvutatakse  $\phi_n$  alusel.

Kahevardalise kimbu lähimõõduga  $\phi_n \geq 32$  mm või kolmevardalise kimbu jätkamisel tuleks vardad jätkata ühekaupa. Üksikvarraste ülekattejätkud tuleks üksteise suhtes nihutada  $1,3l_0$  võrra (joonis 10.20, kus varrast 4 kasutatakse antud juhul jätkuvardana).  $l_0$  leitakse üksikvarda lähimõõdu järgi. Ülekattejätku ühtegi ristlõikesse ei tohiks jääda üle nelja varda.



Joonis 10.20. Tõmbatud kolmevardalise kimbu jätkuvardaga ülekattejätk

## 10.5. ELEMENTIDE KONSTRUKTSIOON

### 10.5.1. Talad

#### Pikiarmatuur

Tõmbearmatuuri vähim ristlõikepindala

$$A_{s,\min} = 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t d \geq 0,0013 b_t d \quad (10.33)$$

kus  $b_t$  on tõmbetsooni keskmine laius; survetsoonis asuva plaadiga T-ristlõike korral  $b_t = b_w$

$d$  ristlõike kasuskõrgus

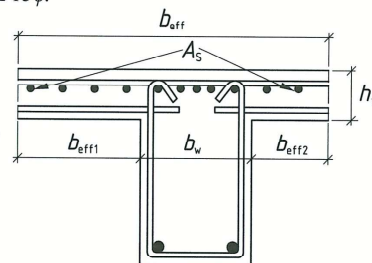
Kui  $A_s < A_{s,\min}$ , siis tuleks ristlõiget vaadelda armeerimata lõikena.

Nii tõmbe- kui ka survearmatuuri ristlõikepindala ei tohiks väljaspool ülekattejätku olla suurem kui  $0,04A_c$ , kus  $A_c$  on betoonristlõike pindala ( $b_w h$ ).

#### Toeristlõige

Monoliitse tala toeristlõige (isegi siis, kui tuge projekteerimisel käsitatakse lihttoena) tuleks arvutada paindemomendile, mille suurus on vähemalt 15% suurimast sildmomendist.

T-ristlõikega jätkuvtala vahetugedel tuleks tõmbearmatuur  $A_s$  jaotada või arvutuslaiuse  $b_{eff}$  ulatuses (vt 10.9.2), osa sellest võib kontsentreerida ribisse (joonis 10.21). Kandevõime määramisel arvesse võetav pikisurvearmatuur (lähimõõd  $\phi$ ) tuleks haarata pikiarmatuuriga, mille samm  $s \leq 15\phi$ .



Joonis 10.21. Tõmbearmatuuri paigutus jätkuvtala toeristlõikes

#### Piki tõmbearmatuuri katkestamine

Elemendi üheski lõikes ei või paindemomendi  $M_{Ed}$ , normaaljõu  $N_{Ed}$  ja põikjõu  $V_{Ed}$  põhjustatud pikitõmme vastuvõtva armatuuri tegelik sisejõud  $F_s$  (joonisel 10.22 B) olla suurem armatuuri tõmbekandevõimest  $F_{Rs}$  (samal joonisel C).

Põikarmatuuriga elementidel saadakse pikiarmatuuri tegeliku tõmbejõu  $F_s$  cpüür kas

- liites paindemomendi ja normaaljõu põhjustatud armatuuri sisejõule põikjõu põhjustatud täiendava tõmbejõu pikiarmatuuris

$$\Delta F_{td} = 0,5 V_{Ed} (\cot \theta - \cot \alpha) \quad (10.34)$$

- või nihutades ainult paindemomendi ja normaaljõu põhjustatud paindemomendi epüüri horisontaalse lõigu  $a_1$  võrra paindemomendi suurenemise suunas, kus

$$a_1 = z (\cot \theta - \cot \alpha) / 2 \geq 0 \quad (10.35)$$

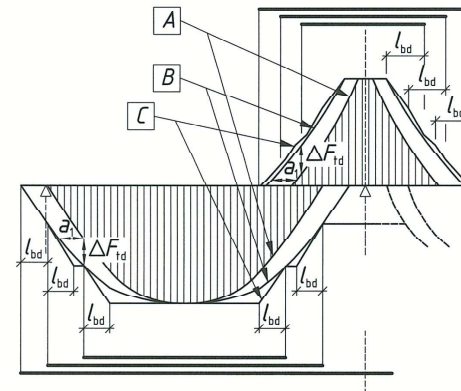
Põikarmatuurita elementidel võib  $\Delta F_{td}$  arvesse võtta, nihutades paindemomendi epüüri lõigu  $a_1 = d$  võrra.

Valemities (10.34) ja (10.35):

- $\alpha, \theta$  nurk põikarmatuuri ja elemendi pikitelje ning tingliku survevarda ja elemendi pikitelje vahel
- $z$  sisejõudude õlg, normaaljõu puudumisel võib võtta  $z = 0,9d$

Katkestatava varda kandevõimet võib ankurduspikkuse ulatuses arvesse võtta lineaarselt vähenevana, vt joonis 10.22. Konservatiivse lihtsustusena võib sellest loobuda.

Põikjõudu vastuvõtva ülespöörde ankurduspikkus, lugedes ülespöörde ja pikiarmatuuri telje lõikumiskohast, peaks olema tõmbetsoonis vähemalt  $1,3l_{bd}$  ja survetsoonis vähemalt  $0,7l_{bd}$ .



Joonis 10.22. Painutatud elemendi pikiarmatuuri tõmbejõu epüür. Armatuuri katkestus. A –  $M_{Ed}/z + N_{Ed}$  epüür, B – mõjuv tõmbejõud  $F_s$  ja C – armatuuri tõmbekandevõime  $F_{Rs}$