

2. MATERJALID

2.1. Betoon

Betoon on ehitusmaterjal, mis saadakse sideaine, vee ja täitematerjalide õigesti koostatud segu kivinemisel.

Siinkohal on betooni kirjeldamisel võetud aluseks standardid [EVS-EN 206](#), [EVS 814](#) ja [EVS-EN 1992-1-1](#).

2.1.1. Struktuur

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, deformatsivsuse ja tugevusomaduste vahel on keerulised ja teoreetiliselt korrektselt kirjeldamata.

2.1.2. Liigitus

Betooni liigitatakse:

- 1) sideaine järgi (tsement-, silikaat-, kips-, polümeerbetoon jt);
- 2) täitematerjali järgi (betoon tiheda või poorse täitematerjaliga, eritäitematerjaliga jne);
- 3) struktuuri järgi:
 - tihebetoon (täiteaine terade vahe on täidetud kivistunud sideainega),
 - poorne betoon (täiteaine terade vahe on täidetud kivistunud sideainega ja kunstlikult tekitatud pooridega),
 - mullbetoon (peeneteralise täiteaine ja kunstlikult tekitatud suletud pooridega),
 - korebetoon (jämedateralise täitematerjali vahele jääv ruum ei ole täielikult täidetud peene täitematerjali ja kivistunud sideainega);
- 4) terastikulise koostise järgi (jämeda- ja peeneteralise täitematerjaliga betoon ja peeneteralise täitematerjaliga betoon);
- 5) kuivtiheduse ρ järgi:
 - normaalbetoon ($2000 \leq \rho \leq 2600 \text{ kg/m}^3$),
 - kergbetoon ($800 < \rho < 2000 \text{ kg/m}^3$),
 - raskebetoon ($\rho > 2600 \text{ kg/m}^3$);
- 6) kivistumistingimuste järgi
 - normaalkivinemisega betoon,
 - atmosfääri rõhul termiliselt töödeldud betoon (aurutatud betoon),
 - autoklaavbetoon;
- 7) kasutusala järgi
 - konstruktsioonibetoonid, mida kasutatakse ehitiste kandekonstruktsioonides,
 - eribetoonid (nt isolatsioonimaterjalina kasutatav betoon, dekoratiivbetoon jne).

2.1.3. Omadused

Betooni **normtugevus** on 95% tõenäosusega tagatud tugevus. Betooni tugevuse määramise aluseks on normaalkivistumisega betooni 28-päevane silindri normsurvetugevus f_{ck} , mis leitakse betoonsilindrite või –kuupide standardkatsetega.

Tabel 3. Betooni tähtsamad norm- ja keskmised tugevused ning deformatsiooniomadused

Omadus	Tähis	Analüütiline seos
Normsurvetugevus	f_{ck}	
Keskmine survetugevus	f_{cm}	$f_{ck}+8$
Keskmine telgtõmbetugevus, kui $f_{ck} \leq 50$ MPa	f_{ctm}	$0,3 \times (f_{ck})^{2/3}$
Keskmine telgtõmbetugevus, kui $f_{ck} > 50$ MPa	f_{ctm}	$2,12 \times \ln(1+f_{cm}/10)$
Alumine normtõmbetugevus (95% tõenäosusega)	$f_{ctk,0.05}$	$0,7 \times f_{ctm}$
Ülemine normtõmbetugevus (5% tõenäosusega)	$f_{ctk,0.95}$	$1,3 \times f_{ctm}$
Paindetõmbetugevus	$f_{ctm,fl}$	$(1,6-h/1000) \times f_{ctm} \geq f_{ctm}$
Keskmine elastsusmoodul	E_{cm}	$22 \times (f_{cm}/10)^{0,3}$



Foto 27. Betooni survetugevuse määramine purustava katsetamisega



Foto 28. Betooni survetugevuse kaudne hindamine mittepurustava katsetamisega

Tabel 4. Projekteerimisel aluseks võetavad betooni füüsikalised omadused

Omadus	Tähis	Väärtus	Ühik
Sarrustamata normaalbetooni tihedus	ρ	2400	kg/m ³
Sarrustatud normaalbetooni tihedus	ρ	2500	kg/m ³
Poisson'i tegur elastsete deformatsioonide korral	ν	0,2	-
Poisson'i tegur pragude olemasolu korral betoonis	ν	0	-
Soojuspaisumistegur		10 ⁻⁵	K ⁻¹

Betooni **arvutustugevuste** määramisel tuleb lisaks omaduse normväärtusele arvesse võtta ka tugevusele ebasoodsaid mõjusid arvestav tegur ja materjali osavarutegur.

Tabel 5. Betooni arvutustugevused

Omadus	Tähis	Arvutusvalem
Arvutussurvetugevus	f_{cd}	$f_{ck} \times \alpha_{cc} / \gamma_C$
Arvutustõmbetugevus	f_{ctd}	$f_{ctk,0,05} \times \alpha_{ct} / \gamma_C$
Märkused:		
1) Betooni tugevusele ebasoodsaid mõjusid arvestav tegur:		
- üldjuhul $\alpha_{cc} = \alpha_{ct} = 1,0$;		
- kergbetoonil $\alpha_{cc} = \alpha_{lcc} = 0,85$ ja $\alpha_{ct} = \alpha_{lct} = 0,85$;		
- sarrustamata või alasarrustatud konstruktsioonidel $\alpha_{cc} = \alpha_{cc,pl} = 0,7$ ja $\alpha_{ct} = \alpha_{ct,pl} = 0,6$.		
2) Tugevuse osavarutegur:		
- alalises ja ajutises arvutusolukorras $\gamma_C = 1,5$;		
- erakordses arvutusolukorras $\gamma_C = 1,2$;		
- adekvaatse kvaliteedikontrolli toimimisel võib osavarutegurit alalises ja ajutises arvutusolukorras vähendada kuni väärtuseni $\gamma_C \geq 1,3$.		

Projekteerimisel tuleb lähtuda betooni etteantud **tugevusklassidest**. Betooni tugevusklassi tähiseks on C ja sellele järgneb suhe $f_{ck}/f_{ck,cube}$.

Tabel 6. Betooni tugevus- ja deformatsiooniomadused erinevate tugevusklasside korral

Omadus	Tugevusklass													
	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
f_{ck}	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90
f_{cm}	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98
f_{ctm}	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
$f_{ctk,0,05}$	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
$f_{ctk,0,95}$	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
E_{cm}	27	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	41	42	43
f_{cd}	8,0	10,7	13,3	16,7	20,0	23,3	26,7	30,0	33,3	33,7	40,0	46,7	53,3	60,0
f_{ctd}	0,73	0,89	1,03	1,20	1,35	1,50	1,64	1,77	1,90	1,97	2,03	2,15	2,26	2,35
$\epsilon_{c1} \text{ ‰}$	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
$\epsilon_{cu1} \text{ ‰}$	3,5									3,2	3,0	2,8	2,8	2,8
$\epsilon_{c2} \text{ ‰}$	2,0									2,2	2,3	2,4	2,5	2,6
$\epsilon_{cu2} \text{ ‰}$	3,5									3,1	2,9	2,7	2,6	2,6
n	2,0									1,75	1,6	1,45	1,4	1,4
$\epsilon_{c3} \text{ ‰}$	1,75									1,8	1,9	2,0	2,2	2,3
$\epsilon_{cu3} \text{ ‰}$	3,5									3,1	2,9	2,7	2,6	2,6
λ	0,80									0,79	0,78	0,75	0,73	0,70
η	1,00									0,98	0,95	0,90	0,85	0,80
Märkused:														
1) Tugevuse ühik on MPa, elastsusmoodulil GPa.														
2) f_{ck} ja E_{cm} on antud 28 päeva vanusele betoonile. E_{cm} määramiseks betooni mingi muu vanuse korral võetakse f_{ck} suuruseks betooni tegelik tugevus vaadeldaval ajahetkel.														
3) Arvutustugevuste korral on tabelis võetud $\alpha_{cc} = \alpha_{ct} = 1,0$ ja $\gamma_C = 1,5$.														

Kui on vaja hinnata materjali omadusi mingil ajahetkel t , siis seda saab teha järgmisi lihtsustatud meetodeid kasutades:

$$1) \text{ Survetugevus: } \begin{cases} f_{ck}(t) = f_{cm}(t) - 8 \text{ (MPa)}, & \text{kui } 3 < t < 28 \text{ päeva} \\ f_{ck}(t) = f_{ck}, & \text{kui } t \geq 28 \text{ päeva} \end{cases},$$

kus

$$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) \times f_{cm},$$

$$\beta_{cc}(t) = \exp\left\{s \times \left[1 - (28/t)^{1/2}\right]\right\},$$

t – betooni vanus päevades,

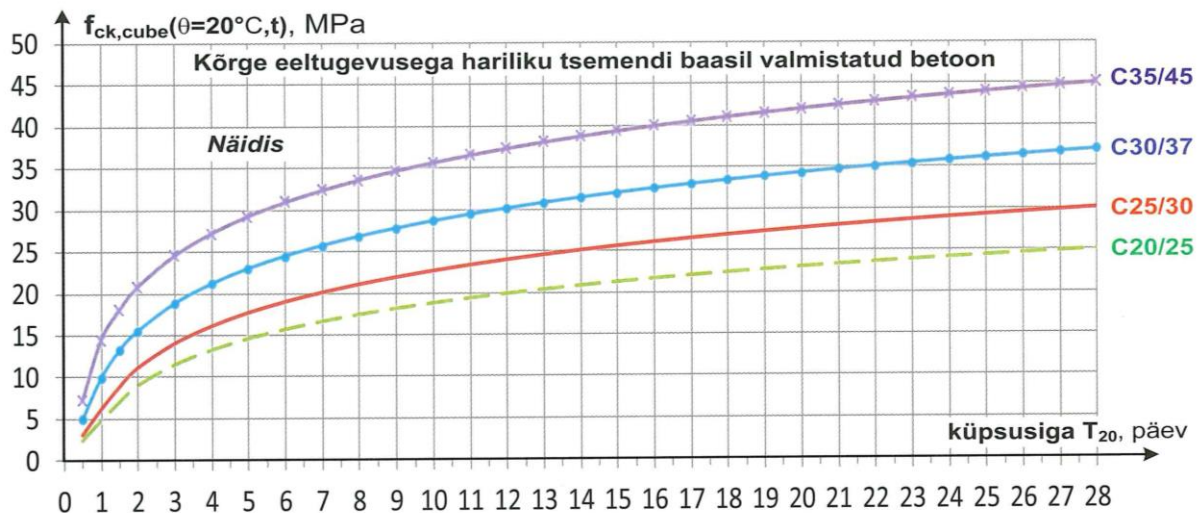
s – tsemendi liigist ja tugevusklassist olenev tegur: $s = 0,20$ (CEM 42,5 R, CEM 52,5 N, CEM 52,5 R), $s = 0,25$ (CEM 32,5 R, CEM 42,5 N) või $s = 0,38$ (CEM 32,5 N).

$$2) \text{ Tõmbetugevus: } f_{ctm}(t) = (\beta_{cc}(t))^\alpha \times f_{ctm},$$

kus

$$\begin{cases} \alpha = 1, & \text{kui } t < 28 \text{ päeva} \\ \alpha = 2/3, & \text{kui } t \geq 28 \text{ päeva} \end{cases}.$$

$$3) \text{ Keskmise elastsusmoodul: } E_{cm}(t) = (f_{cm}(t) / f_{cm})^{0,3} \times E_{cm}.$$



Joonis 3. Näide hariliku tsemendiga valmistatud betooni kivistumisgraafikust

Oluliselt täpsemini on võimalik valatud betoonkonstruktsiooni tugevuse kasvu ehitusplatsil hinnata betooni kivistumistemperatuuride ja -aja põhjal. Meetodi põhiideeks on ehitise betooni küpsuskriteeriumi võrdlemine standardtingimustel kivistuva betooni vastava kriteeriumiga. Põhjamaades ja Eestis on viimasel ajal levinumaks ja usaldusväärsemaks arvutusmeetodiks Sadgrove'i valemi kasutamine, mille „tööpiirkonnaks“ on temperatuurivahemik 1...45°C ja ajaline kehtivuspiirkond 5 tundi kuni 28 päeva.

2.1.4. Pinge ja deformatsiooni seosed

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 **elastset deformatsiooni** iseloomustab tinglikult keskmine elastsusmoodul E_{cm} , mis vastab betooni kogudeformatsioonile pingevahemikus $\sigma = 0 \dots 0,4 \times f_{cm}$.

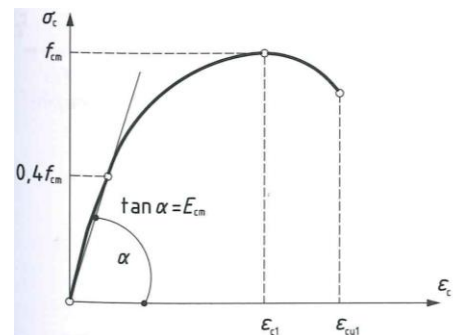
Koormustulemite (sh sisejõudude) mittelineaarsel määramisel võib tsentrilisel surveel kasutada kõrvaloleval joonisel esitatud pinge-deformatsiooni diagrammi, mille puhul ketib järgmine seos:

$$\frac{\sigma_c}{f_{cm}} = \frac{k \times \eta - \eta^2}{1 + (k - 2) \times \eta},$$

kus

$$\eta = \varepsilon_c / \varepsilon_{c1},$$

$$k = 1,05 \times E_{cm} \times \varepsilon_{c1} / f_{cm}.$$



Joonis 4. Betooni pinge-deformatsiooni diagramm koormustulemite arutamiseks

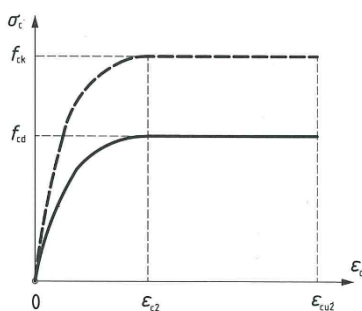
Ristlõike projekteerimisel võib lähtuda lihtsustatud pinge-deformatsiooni diagrammidest:

- 1) parabool-lineaarne, kus vahemikus $0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{c2}$ on betooni pinge

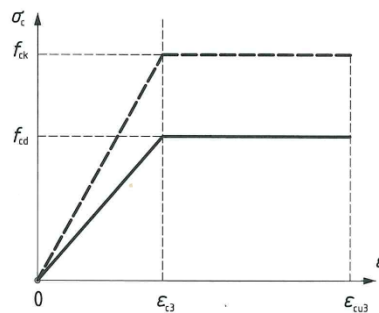
$$\sigma_c = f_{cd} \times [1 - (1 - \varepsilon_c / \varepsilon_{c2})^n];$$

- 2) bilineaarne;

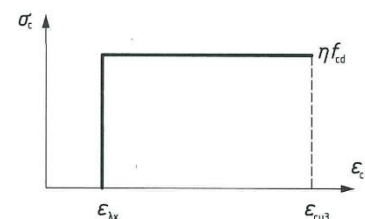
- 3) ristkülikuline, kus $\varepsilon_{\lambda x} = \varepsilon_{cu3} \times (1 - \lambda)$.



Joonis 5. Suratud betooni parabool-lineaarne pinge-deformatsiooni diagramm

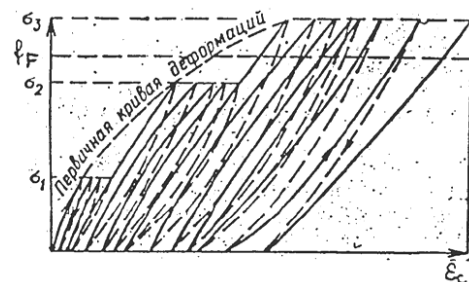


Joonis 6. Suratud betooni bilineaarne pinge-deformatsiooni diagramm



Joonis 7. Suratud betooni ristkülikuline pinge-deformatsiooni diagramm

Paljtsüklilisel koormamisel (tsüklite arv suurusjärgus 10^5 või 10^6) betooni surve-tugevus väheneb kuni 2 korda, sõltuvalt suhtest $\sigma_{max}/\sigma_{min}$ (halvim olukord suhte -1 korral). Kui pinge jääb väiksemaks väsimustugevusest f_F (joonisel pinged σ_1 ja σ_2), siis tsüklite arvu kasvades plastsete deformatsioonide juurdekasv sumrub ja betoon ei purune, vastasel korral (pinge σ_3) deformatsioonide juurdekasv ei sumbu, mis viib betooni purunemisele.



Joonis 8. Pinge-deformatsiooni diagramm paljtsüklilisel koormamisel

2.1.5. Deformatsioonid

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 liiga varajast koormamist.

Mahukahanemine on betooni omadus õhukeskkonnas kivistumisel oma mahus väheneda. Mahukahanemise arenemine on seotud betooni struktuuri ajaliste muutustega (kapillaarnähtused, tsemmentkivi väljakuivamine, geeli tihenemine ja kristallvõre tugevnemine). Mahukahanemist iseloomustab mahukahanemise lõppdeformatsioon ε_{cs} .

Mahukahanemist soodustavad:

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



Foto 29. Mahukahanemispraod silla servaprussis

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. Raudbetoonkonstruktsioonis võib mahukahanemine olla üle kahe korra väiksem (sarrus tõkestab deformatsiooni arenemist).

Mahukahanemine on konstruktsioonile üldiselt kahjulik, põhjustades (eriti suuremõõtmelistes konstruktsioonides) alppingeid ja -pragusid. Mahukahanemine suurendab täiendava hõõrdejõu arvel mõnevõrra betooni ja sarrusterahe 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).

2.2. Sarrusteras

Sarrusteras ehk armatuurteras on betooni sarrustamiseks (armeermiseks) sobiv ringikujulise või peaaegu ringikujulise ristlõikega terastoode.

Sarrusterase kirjeldamisel on aluseks võetud standardid [EVS-EN 10080](#) ja [EVS-EN 1992-1-1](#).

2.2.1. Liigitus

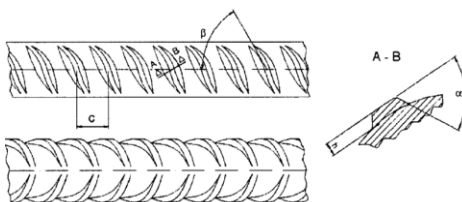
Sarrusteraseid võib liigitada mitmete näitajate alusel, millest tähtsamad on:

1) toote kuju:

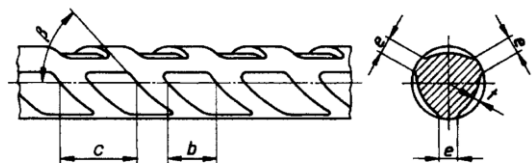
- varras (kuumvaltsimise või valtstraadi sirgestamise teel saadud sirge toode),
- traat (sobivast valtstraadist enamasti külmtöötusega valmistatud toode, mida kasutatakse keevisvõrgu valmistamiseks),
- keevisvõrk (teineteise suhtes põhiliselt täisnurga all asetsevatest sama või erineva läbimõõduga piki- ja põikivarrastest, -valtstraatidest või -traatidest võrk, mille kõik ristumispunktid on automaatsel kontaktkeevitusagregaadil tehases kokku keevitatud),
- sarruskarkass (tasapinnaline või ruumiline metallkonstruktsioon, mis koosneb ühest ülemisest ja ühest või enamast alumisest vööst ning jätkuvatest või katkestatud diagonaalidest, mis on vöödega mehaaniliselt või keevisliitega ühendatud),
- viht (ühes tükis kontsentriliste ringidena keritud sarrusteras, tavaliselt valtstraat või traat);

2) välispinna iseloom:

- ribisarrusteras (sarrusteras, millel on vähemalt kaks rida kogu pikkuses ühtlaselt jaotatud põikiribisid),
- profileeritud sarrusteras (ühtlaselt kogu pikkuses jaotatud kindlakujuliste muljutistega sarrusteras),
- sile sarrusteras (siledapinnaline sarrusteras).



Joonis 9. Ribisarrusteras



Joonis 10. Profileeritud sarrusteras



Foto 30. Sarrusteras ehitises



Foto 31. Sarrusteras ehitises

2.2.2. Omadused

Sarrusterase käitumine on spetsifitseeritud järgmiste omadustega:

- voolavustugevus;
- tõmbetugevus;
- venivus;
- painutatavus;
- nakkekarakteristikud;
- ristlõike mõõtmed ja tolerantsid;
- väsimustugevus;
- keevitavus;
- keevisvõrkude ja –karkasside nihke- ning keevitustugevus.



Foto 32. Terase voolavustugevuse ja tõmbetugevuse määramine purustava katsetamisega



Foto 33. Terase tõmbetugevuse kaudne hindamine mittepurustava katsetamisega

Terase kasutatavuspiiri raudbetoonkonstruktsioonis määrab ära tema voolavuspiir.

Sellest suurema pingega kaasnevad deformatsioonid põhjustavad ümbritseva betooni purunemise või konstruktsiooni purunemisele viiva pragude arenemise.

Sarrus peab enne purunemist olema suuteline arendama küllalt suurt plastset deformatsiooni (olema küllalt veniv). See tagab sarrus ja betooni koostöö kandepiir seisundis ja väldib konstruktsiooni hapra purunemise.

Normvoolavustugevus f_{yk} on standardi eurokoodeks 2 alusel spetsifitseeritud piirides 400...600 MPa. Voolavustugevuseks loetakse voolavuspiiri ülemist väärtust või jälgitava voolavuspiiri puudumisel jääkdeformatsioonile 0,2% vastavat kontrollpinget $f_{0,2k}$.

Venivuse järgi toimub liigitamine kolme klassi (A, B ja C) olenevalt tõmbetugevusele f_t vastavast suhtelisest normpikenemisest ϵ_{uk} ning suhtest $k = (f_t / f_y)_k$. Venivusklassi tuleb arvesse võtta betonelemendi kandepiir seisundi sisejõudude määramisel juhul, kjui kasutatakse lineaar elastset arvutust sisejõudude piiratud ümberjaotusega. Plastsel arvutusel põhinevate kandepiir seisundi kontrollmeetodite kasutamisel ei ole klass A soovitatav.

Painutatavuse piisavaks tagamiseks ei tohi painutusdiameeter olla väiksem minimaalsest lubatavas, mis väldib paindepragude tekkimist vardas ja betooni purunemist paindekohas.

Naket iseloomustab minimaalne suhteline ribipind ehk pinnategur $f_{R,min}$, milleks on kõikide ribide projektsioonipind sarruse ristlõike tasandil jagatud ribide sammu ja sarruse nimiümbermõõduga.

Tabel 7. Koos eurokoodeksiga [EVS-EN 1992-1-1:2005+A1:2015+NA:2015](#) kasutamiseks sobiva sarrusterase omadused

Toode	Vardad ja valtstraat			Traattooted			Nõue või kvantili väärtus [%]	
	A	B	C	A	B	C		
Venivusklass	A	B	C	A	B	C	-	
Normvoolavustugevus f_{yk} või $f_{0,2k}$ [MPa]	400 kuni 600						5,0	
Suhte $k = (f_t / f_y)_k$ miinimumväärtus	$\geq 1,05$	$\geq 1,08$	$\geq 1,15$ $< 1,35$	$\geq 1,05$	$\geq 1,08$	$\geq 1,15$ $< 1,35$	10,0	
Normatiivne deformatsioon ε_{uk} [%] maksimumjõu korral	$\geq 2,5$	$\geq 5,0$	$\geq 7,5$	$\geq 2,5$	$\geq 5,0$	$\geq 7,5$	10,0	
Painutatavus	Painutus- tagasipainutuskatse			-				
Nihketugevus	-			$0,3 \times A \times f_{yk}$			Miinimum	
Üksiku varda või traadi nimimassi suurim hälve [%]	Varda nimimõõde [mm] ≤ 8 > 8						$\pm 6,0$ $\pm 4,5$	5,0
Minimaalne suhteline ribipind $f_{R,min}$	Varda nimimõõde [mm] 5...6 6,5...12 > 12						0,035 0,040 0,056	5,0

Sarrusterase **arvutustugevus** saadakse normväärtuse jagamisel materjali osavaruteguriga.

Tabel 8. Sarrusterase arvutustugevus

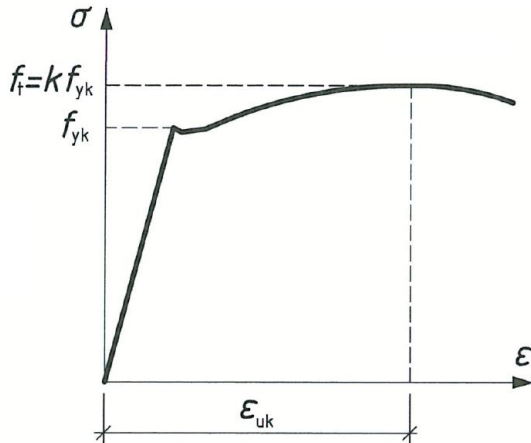
Omadus	Tähis	Arvutusvalem
Arvutusvoolavustugevus	f_{yd}	f_{yk}/γ_s
Märkused: 1) Tugevuse osavarutegur: - alalises ja ajutises arvutusolukorras $\gamma_s = 1,15$; - erakordses arvutusolukorras $\gamma_s = 1,00$; - adekvaatse kvaliteedikontrolli toimimisel võib osavarutegurit alalises ja ajutises arvutusolukorras vähendada kuni väärtuseni $\gamma_s \geq 1,05$.		

Tabel 9. Projekteerimisel aluseks võetavad terase füüsilised omadused

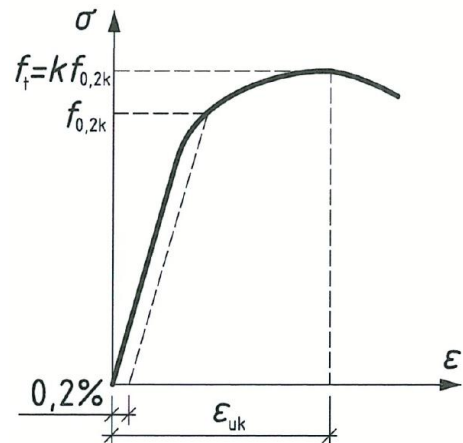
Omadus	Tähis	Väärtus	Ühik
Tihedus	ρ	7850	kg/m ³
Elastusmoodul	E_s	200000	N/mm ²
Soojuspaisumistegur		10^{-5}	K ⁻¹

2.2.3. Pinge ja deformatsiooni seosed

Tüüpilise sarrusterase pinge-deformatsiooni diagrammid on näidatud kahel alloleval joonisel, kusjuures külmtöödeldud teraseid iseloomustab jälgitava voolavuspääri puudumine.



Joonis 11. Sarrusterase pinge-deformatsiooni diagramm (kuumvaltsitud teras)

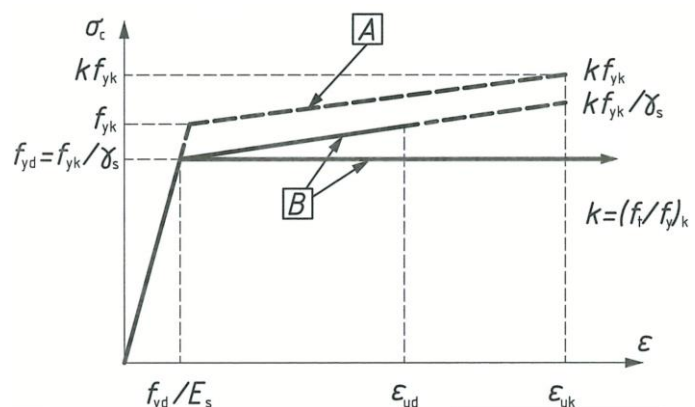


Joonis 12. Sarrusterase pinge-deformatsiooni diagramm (külmtöödeldud teras)

Ristlõike projekteerimisel kasutatakse lihtsustatud pinge-deformatsiooni diagrammi.

Lähtutakse ühest järgmistest oletustest:

- 1) Diagrammi ülemine haru on kaldne – sellisel juhul tuleb maksimaalseks lubatavaks piirdeformatsiooniks ϵ_{ud} lugeda väärtust $0,9 \times \epsilon_{uk}$ või $0,01$. See meetod võimaldab mõningat sarruse kokkuhoidu.
- 2) Kui diagrammi ülemine haru on horisontaalne, siis piirdeformatsiooni kontrollimise vajadust ei ole. Valdavalt kasutatakse just seda meetodit, kuna seda on lihtsam kasutada.



Joonis 13. sarrusterase idealiseeritud (A) ja arvutuslik (B) pinge-deformatsiooni diagramm

2.2.4. Markeerimine

Standardid [EVS-EN 10080:2006](#) ja [EVS-EN 1992-1-1:2005+A1:2015+NA:2015](#) ei määratle sarrusterase spetsifikatsiooni, vaid ainult kirjeldatakse nõutavaid omadusi. Projektis määratletakse nõuetele vastav sarrus oma voolavustugevusega f_{yk} , venivusklassiga (A, B, C), kujuga (varras, traat, keevisvõrk, karkass), pinna iseloomuga (ribiline, profiilitud, sile) ja nimiläbimõõduga. Praktikas on nõuetele vastavat sarrust tähistatud ka sarrusterase tootjamaal kasutatava klassiga. Seejuures on eriti tähtis, et sarrusterase klassile lisatakse sel juhul ka aluseks võetud tootjamaa standard, kuna erinevate maade tähised ei pruugi kokku langeda.

Sarrusterase klass on määratletud normvoolavustugevuse ja venivusnõudega.

Tabel 10. Sarrusterase klasside tähistamine enamlevinud standardite alusel

Riik	Standard	Sarrusterase (tabelis: s/t) klassi tähised		
		Täht enne numbrit	Number	Täht peale numbrit
EU	EN 10080:2005	–	Normvoolavustugevus	A, B või C – venivusklass
RUS	ГОСТ 5781-82	A – kuumalt valtsitud või termomehaaniliselt tugevdatud ribilise pinnaga s/t		–
	ГОСТ P 52544-2006	B – külmalt deformeeritud profiilpinnaga s/t		C – keevitatav teras
FIN	SFS 1268:2010	B – ribilise pinnaga keevitatav s/t		B – venivusklass
	SFS 1215:1996	A – kuumalt valtsitud s/t		H – ribilise pinnaga
	SFS 1257:1996	B – külmalt tõmmatud s/t		W – keevitatav K – profiilpinnaga traat
GER	DIN 488-1:2009	B – ribilise pinnaga keevitatav s/t	A või B – venivusklass	

Tabel 11. Valik sarrusterase klasse, mille normvoolavustugevus f_{yk} on standardi [EVS-EN 1992-1-1:2005+A1:2015+NA:2015](#) alusel spetsifitseeritud piirides 400...600 MPa

Sarruse klass	Standard	f_{yk} [MPa]	Venivus-klass	Nimiläbi-mõõt [mm]	Sarrusterase liik
A400	ГОСТ 5781-82	400	B	6...40	Kuumalt valtsitud, ribilise pinnaga, keevitatav
A500C	ГОСТ P 52544-2006	500	B	6...40	Kuumalt valtsitud või termomehaaniliselt tugevdatud, ribilise pinnaga, keevitatav
B500C		500	A	4...12	Külmalt deformeeritud profiilpinnaga, keevitatav (traat)
B500B	SFS 1268:2010	500	B	6...40	Ribilise pinnaga, keevitatav
A500HW	SFS 1215:1996	500	B	6...32	Kuumalt valtsitud, ribilise pinnaga, keevitatav
B500K	SFS 1257:1996	500	A	5...12	Külmalt tõmmatud profiilpinnaga traat
B500B	DIN 488-1:2009	500	B	6...40	Ribilise pinnaga, keevitatav
B500A		500	A	6...12	

Tabel 12. Soovitavad nimiläbimõõdud, -ristlõikepinnad ja -meetrimassid

Nimi- läbi- mõõt [mm]	Vardad	Vihid ja sirges- tatud tooted	Keevis- võrgud	Sarrus- kar- kassid	Nimirist- lõikepindala [mm ²]	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