

Avaldatud eesti keeles koos rahvusliku lisaga: jaanuar 2018

Jõustunud Eesti standardina: aprill 2007

Muudatus A1 jõustunud Eesti standardina: jaanuar 2018

## **EUROKOODEKS 3: TERASKONSTRUKTSIOONIDE PROJEKTEERIMINE**

### **Osa 1-6: Koorikkonstruktsioonide tugevus ja stabiilsus**

**Eurocode 3: Design of steel structures**

**Part 1-6: Strength and Stability of Shell Structures**

## EESTI STANDARDI EESSÕNA

See Eesti standard on

- Euroopa standardi EN 1993-1-6:2007 ja selle paranduse AC:2009 ning selle muudatuse A1:2017 ingliskeelsete tekstide sisu poolest identne konsolideeritud tõlge eesti keelde ja sellel on sama staatus mis jõustumisteate meetodil vastuvõetud originaalversioonidel. Tõlgenduserimeelsuste korral tuleb lähtuda ametlikes keeltes avaldatud tekstidest;
- jõustunud Eesti standardina inglise keeles aprillis 2007;
- eesti keeles avaldatud sellekohase teate ilmumisega EVS Teataja 2018. aasta jaanuarikuu numbris.

Standardi tõlke koostamise ettepaneku esitanud tehniline komitee EVS/TK 13 „Ehituskonstruksioonide projekteerimine“, standardi tõlkimist on korraldanud Eesti Standardikeskus ning rahastanud Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium.

Standardimuudatuse tõlke koostamise ja standardi rahvusliku lisa koostamise ettepanekud on esitanud EVS/TK 13, standardimuudatuse tõlkimist ja rahvusliku lisa koostamist on korraldanud Eesti Standardikeskus.

Standardi põhiosa on tõlkinud Kalju Loorits. Standardimuudatuse on tõlkinud Ivar Talvik, eestikeelse kavandi ekspertiisi on teinud EVS/TK 13. Rahvusliku lisa on koostanud Ivar Talvik. Standardid on heaks kiitnud EVS/TK 13.

See standard sisaldab rahvuslikku lisa NA.

Sellesse standardisse on parandus EVS-EN 1993-1-6:2007/AC:2009 sisse viidud ja tehtud parandused tähistatud püstkriipsuga lehe välisveerisel.

Sellesse standardisse on muudatus A1 sisse viidud ja tehtud muudatused tähistatud sümbolitega **A1** **A1**.

Standardi mõnedele sätetele on lisatud Eesti olusid arvestavaid märkusi, selgitusi ja täiendusi, mis on tähistatud Eesti maatahisega EE.

See dokument on EVS-i poolekvaliteetne eelvaade

Euroopa standardimisorganisatsioonid on teinud Euroopa standardi EN 1993-1-6:2007 rahvuslikele liikmetele kättesaadavaks 28.02.2007, muudatuse A1 26.04.2017.

Date of Availability of the European Standard EN 1993-1-6:2007 is 28.02.2007, the Date of Availability of the Amendment A1 is 26.04.2017.

See standard on Euroopa standardi EN 1993-1-6:2007 ja selle muudatuse A1:2017 eestikeelne [et] konsolideeritud versioon. Teksti tõlke on avaldanud Eesti Standardikeskus ja sellel on sama staatus ametlike keelte versioonidega.

This standard is the Estonian [et] consolidated version of the European Standard EN 1993-1-6:2007 and its Amendment A1:2017. It was translated by the Estonian Centre for Standardisation. It has the same status as the official versions.

Tagasisidet standardi sisu kohta on võimalik edastada, kasutades EVS-i veebilehel asuvat tagasiside vormi või saates e-kirja meiliaadressile [standardiosakond@evs.ee](mailto:standardiosakond@evs.ee).

ICS 91.010.30; 91.080.13

**Standardite reprodutseerimise ja levitamise õigus kuulub Eesti Standardikeskusele**

Andmete paljundamine, taastekitamine, kopeerimine, salvestamine elektroonsesse süsteemi või edastamine ükskõik millises vormis või millisel teel ilma Eesti Standardikeskuse kirjaliku loata on keelatud.

Kui Teil on küsimusi standardite autorikaitse kohta, võtke palun ühendust Eesti Standardikeskusega:

Koduleht [www.evs.ee](http://www.evs.ee); telefon 605 5050; e-post [info@evs.ee](mailto:info@evs.ee)

See dokument on EVS-i poolt loodud eelvaade

Taotluslikult tühjaks jäetud

English Version

## **Eurocode 3 - Design of steel structures - Part 1-6: Strength and Stability of Shell Structures**

Eurocode 3 - Calcul des structures en acier - Partie 1-6:  
Résistance et stabilité des structures en coque

Eurocode 3 - Bemessung und Konstruktion von  
Stahlbauten - Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von  
Schalen

This European Standard was approved by CEN on 12 June 2006, Amendment A1 was approved by CEN on 17 January 2017.

CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard and its amendment the status of a national standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the CEN-CENELEC Management Centre or to any CEN member.

This European Standard and its Amendment A1 exist in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the CEN-CENELEC Management Centre has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, Former Yugoslav Republic of Macedonia, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Serbia, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey and United Kingdom.



EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION  
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION  
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

**CEN-CENELEC Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels**

**SISUKORD**

|                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| EESSÕNA.....                                                                                                      | 4  |
| <b>[A1]</b> MUUDATUSE A1 EESSÕNA.....                                                                             | 4  |
| 1 ÜLDIST .....                                                                                                    | 6  |
| 1.1 Käsitlusala .....                                                                                             | 6  |
| 1.2 Normiviited .....                                                                                             | 7  |
| 1.3 Terminid ja määratlused .....                                                                                 | 8  |
| 1.4 Tähisted .....                                                                                                | 13 |
| 1.5 Kokkuleppelised märgireeglid .....                                                                            | 17 |
| 2 PROJEKTEERIMISE ALUSED JA MODELLEERIMINE.....                                                                   | 17 |
| 2.1 Üldist.....                                                                                                   | 17 |
| 2.2 Arvutuste tüübid .....                                                                                        | 18 |
| 2.3 Kooriku ääritingimused .....                                                                                  | 20 |
| 3 MATERJALID JA GEOMEETRIA .....                                                                                  | 20 |
| 3.1 Materjaliomadused .....                                                                                       | 20 |
| 3.2 Geomeetriliste andmete arvutusväärtused .....                                                                 | 21 |
| 3.3 Geomeetrilised tolerantsid ja geomeetrilised alghälbed .....                                                  | 21 |
| 4 TERASKOORIKUTE KANDEPIIRSEISUNDID.....                                                                          | 22 |
| 4.1 Vaadeldavad kandepäärseisundid .....                                                                          | 22 |
| 4.2 Koorikute piirseisundite arvutuspõhimõtted.....                                                               | 24 |
| 5 PINGERESULTANDID JA PINGED KOORIKUTES .....                                                                     | 27 |
| 5.1 Pingeresultandid koorikus .....                                                                               | 27 |
| 5.2 Kooriku modelleerimine arvutusteks .....                                                                      | 27 |
| 5.3 Arvutusmeetodid .....                                                                                         | 29 |
| 6 <b>[A1]</b> PLASTSE PURUNEMISE PIIRSEISUND (LS1) <b>[A1]</b> .....                                              | 30 |
| 6.1 Koormuste arvutusväärtused.....                                                                               | 30 |
| 6.2 Pingearvutus.....                                                                                             | 30 |
| 6.3 Projekteerimine numbrilise MNA või GMNA üldarvutusega .....                                                   | 31 |
| 6.4 Otsene projekteerimine .....                                                                                  | 32 |
| 7 TSÜKLILISE PLASTSUSE PIIRSEISUND (LS2).....                                                                     | 32 |
| 7.1 Koormuste arvutusväärtused.....                                                                               | 32 |
| 7.2 Pingearvutus.....                                                                                             | 33 |
| 7.3 Projekteerimine numbrilise MNA või GMNA üldarvutusega .....                                                   | 33 |
| 7.4 Otsene projekteerimine .....                                                                                  | 34 |
| 8 MÕLKEPIIRSEISUND (LS3).....                                                                                     | 34 |
| 8.1 Koormuste arvutusväärtused.....                                                                               | 34 |
| 8.2 Erimääratlused ja -tähisted.....                                                                              | 34 |
| 8.3 Mõlkumisega seotud toetingimused.....                                                                         | 35 |
| 8.4 Mõlkumise seisukohalt olulised geomeetrilised tolerantsid.....                                                | 35 |
| 8.5 Pingearvutus.....                                                                                             | 42 |
| <b>[A1]</b> 8.6 Arvutus baaskandevõimeid kasutades.....                                                           | 44 |
| <b>[A1]</b> 8.7 <b>[A1]</b> Projekteerimine numbriliste üldarvutusmeetoditega, kasutades MNA ja LBA arvutusi..... | 46 |
| <b>[A1]</b> 8.8 <b>[A1]</b> Projekteerimine numbrilise üldarvutuse põhjal, kasutades GMNIA arvutust.....          | 48 |
| 9 VÄSIMUSPIIRSEISUND (LS4).....                                                                                   | 53 |
| 9.1 Koormuste arvutusväärtused.....                                                                               | 53 |
| 9.2 Pingearvutus.....                                                                                             | 54 |
| 9.3 Projekteerimine LA või GNA numbrilise üldarvutusega .....                                                     | 55 |
| Lisa A (normlisa) Membraanteooria pinged koorikutes.....                                                          | 56 |

|                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Lisa B (normlisa) $\boxed{A_1}$ Lisavalemid plastse baaskandevõime jaoks $\boxed{A_1}$ ..... | 61  |
| Lisa C (normlisa) Lineaarelastsete membraan- ja paindepingete avaldised.....                 | 70  |
| Lisa D (normlisa) Mõlkepinge valemid .....                                                   | 81  |
| $\boxed{A_1}$ Lisa E (normlisa) Avaldised baaskandevõime arvutamiseks .....                  | 101 |
| Lisa NA (teatmelisa) Eesti standardi rahvuslik lisa .....                                    | 110 |

## EESSÕNA

Käesoleva Euroopa standardi EN 1993-1-6 "Eurocode 3 - Design of steel structures - Part 1-6: Strength and stability of shell structures" on ette valmistanud CENi tehniline komitee CEN/TC 250 "Structural Eurocodes", mille sekretariaati haldab BSI. CEN/TC 250 vastutab kõigi kandekonstruktsioone käsitlevate Eurokoodeksite eest.

Käesolevale Euroopa standardile tuleb anda rahvusliku standardi staatus kas identse tõlke avaldamisega või jõustumistega hiljemalt augustiks 2007 ja sellega vastuolus olevad rahvuslikud standardid peavad olema kehtetuks tunnistatud hiljemalt märtsiks 2010.

Käesolev Eurokoodeks asendab Euroopa eelstandardi ENV 1993-1-6.

CEN/CENELECi sisereeglite järgi peavad käesoleva Euroopa standardi kasutusele võtma järgmiste riikide rahvuslikud standardimisorganisatsioonid: Austria, Belgia, Eesti, Hispaania, Holland, Iirimaa, Island, Itaalia, Kreeka, Küpros, Leedu, Luksemburg, Läti, Malta, Norra, Poola, Portugal, Prantsusmaa, Rootsi, Saksamaa, Slovakkia, Sloveenia, Soome, Šveits, Taani, Tšehhi Vabariik, Ungari ja Ühendkuningriik.

### Standardi EN 1993-1-6 rahvuslik lisa

Käesolev standard annab alternatiivsed protseduurid, väärtused ja soovitusel koos viidetega punktidele, kus võib teha rahvusliku valiku. Sellest tulenevalt peaks standardit EN 1993-1-6 rakendavas rahvuslikus standardis olema rahvuslik lisa, milles on ära toodud kõik vaadeldaval maal ehitatavate hoonete teraskonstruktsioonide projekteerimisel kasutatavad rahvuslikult määratud parameetrite väärtused.

Rahvuslikku valikut lubatakse kasutada standardi EN 1993-1-6 järgmistes punktides:

- |                                |                                  |
|--------------------------------|----------------------------------|
| — 3.1.(4)                      | — 8.4.4 (4)                      |
| — 4.1.4 (3)                    | — 8.4.5 (1)                      |
| — 5.2.4 (1)                    | — 8.5.2 (2)                      |
| — <b>A1</b> 6.2.1(6) <b>A1</b> | — 8.5.2 (4)                      |
| — 6.3 (5)                      | — <b>A1</b> 8.6.3(5) <b>A1</b>   |
| — 7.3.1 (1)                    | — <b>A1</b> 8.8.2 (9)            |
| — 7.3.2 (1)                    | — 8.8.2 (18)                     |
| — 8.4.2 (3)                    | — 8.8.2 (20) (2 korda) <b>A1</b> |
| — 8.4.3 (2)                    | — 9.2.1 (2)P                     |
| — 8.4.3 (4)                    |                                  |

### **A1** MUUDATUSE A1 EESSÕNA

Dokumendi (EN 1993-1-6:2007/A1:2017) on koostanud tehniline komitee CEN/TC 250 „Structural Eurocodes“, mille sekretariaati haldab BSI.

Euroopa standardile tuleb anda rahvusliku standardi staatus kas identse tõlke avaldamisega või jõustumistega hiljemalt 2018. a aprilliks ja sellega vastuolus olevad rahvuslikud standardid peavad olema kehtetuks tunnistatud hiljemalt 2018. a aprilliks.

Tuleb pöörata tähelepanu võimalusele, et standardi mõni osa võib olla patendiõiguse objekt. CEN [ja/või CENELEC] ei vastuta sellis(t)e patendiõigus(t)e väljaselgitamise ega selgumise eest.

Standard on koostatud mandaadi alusel, mille on Euroopa Standardimiskomitee (CEN) andnud Euroopa Komisjon ja Euroopa Vabakaubanduse Assotsiatsioon.

CEN-i/CENELEC-i sisereeglite järgi peavad Euroopa standardi kasutusele võtma järgmiste riikide rahvuslikud standardimisorganisatsioonid: Austria, Belgia, Bulgaaria, Eesti, endine Jugoslaavia Makedoonia Vabariik, Hispaania, Holland, Horvaatia, Iirimaa, Island, Itaalia, Kreeka, Küpros, Leedu, Luksemburg, Läti, Malta, Norra, Poola, Portugal, Prantsusmaa, Rootsi, Rumeenia, Saksamaa, Serbia, Slovakkia, Sloveenia, Soome, Šveits, Taani, Tšehhi Vabariik, Türgi, Ungari ja Ühendkuningriik. 

dokument on EVS-i poolt loodud eelvaade

# 1 ÜLDIST

## 1.1 Käsitlusala

(1) Standard EN 1993-1-6 annab põhireeglid pöördkoorikukujuliste terasest plaatkonstruktsioonide projekteerimiseks.

(2) Antud standard on mõeldud kasutamiseks koos EN 1993-1-1, EN 1993-1-3, EN 1993-1-4, EN 1993-1-9 ja teiste asjakohaste rakenduvate standardi EN 1993 osadega, mis sisaldavad teavet:

- osa 3.1 tornide ja mastide kohta;
- osa 3.2 korstende kohta;
- osa 4.1 silode kohta;
- osa 4.2 mahutite kohta;
- osa 4.3 torustike kohta.

(3) Käesolev standard määratleb konstruktsiooni kandevõime norm- ja arvutusväärtused.

(4) Käesolev standard käsitleb projekteerimisnõudeid järgmistele kandepiirseisunditele:

- plastsuspiir;
- tsükliline plastsus;
- üldstabiilsus;
- väsimus.

(5) Konstruktsiooni staatilist tasakaalu (nihkumine, tõusmine, ümberlüke) ei ole käesolevas standardis kajastatud, kuid neid on käsitletud standardis EN 1993-1-1. Spetsiaalsete rakenduste iseärasused on arvesse võetud standardi EN 1993 asjakohastes osades.

(6) Käesoleva standardi reeglid rakenduvad telgsümmeetrilistele koorikutele ja vastavatele ümaratele või rõngakujulistele plaatidele ja ringikujuliste ristlõigetega taladele ja tala jäikuritele, kus need moodustavad mingi osa kogu konstruktsioonist. Käsitletud on üldist metoodikat kõigi koorikutüüpide arvutamiseks arvutiprogrammidega. Detailsed avaldised jäigastamata silindrite ja koonuste käsitsiarvutuseks on antud lisades.

(7) Silindri- ja koonusekujulisi paneele ei ole käesolevas standardis üksikasjalikult käsitletud. Kuid siiski on reeglid rakendatavad, kui vastavad toetingimused võetakse nõuetekohaselt arvesse.

(8) Käesolev standard on mõeldud kasutamiseks terasest koorikkonstruktsioonide korral. Kui teistest metallidest koorikkonstruktsioonide jaoks standardid puuduvad, võib käesoleva standardi reegleid rakendada, kui vastava materjali omadused võetakse nõuetekohaselt arvesse.

(9) Käesoleva standardi reeglid on mõeldud rakendamiseks standardi EN 1993 vastavates rakenduvates osades määratletud temperatuurivahemikes. Maksimaalne temperatuur on piiratud nii, et roome mõju võiks jätta arvesse võtmata, kui kõrgeist temperatuurist tingitud roome mõjud ei ole arvesse võetud vastavas rakenduvases osas.

(10) Käesoleva standardi reeglid rakenduvad konstruktsioonidele, mis rahuldavad standardis EN 1993-1-10 antud hapra purunemise reegleid.

(11) Käesoleva standardi reeglid rakenduvad projekteerimiseks sellistele koormustele, mida võib oma olemuselt käsitleda kvaasistaatiliste koormustena.

(12) Selles standardis on eeldatud, et nii tuulekoormust kui ka puistematerjali koormust tuleks üldiselt arvesse võtta kui kvaasistaatilisest koormusest.

(13) Dünaamikateguriid tuleks arvesse võtta vastavalt standardi EN 1993-1-9 osadele, sealhulgas arvestades väsimusest tingitud tagajärgi. Dünaamilisest koormusest tulenevad pinged võetakse arvesse kui kvaasistaatilisest koormusest põhjustatud pinged.

(14) Käesoleva standardi reeglid rakenduvad konstruktsioonidele, mis on rajatud vastavuses standardiga EN 1090-2.

(15) Käesolev standard ei käsitle lekkimise mõjusid.

(16) Käesolev standard on mõeldud rakendamiseks konstruktsioonidele järgmistes vahemikes:

- projekteeritava metalli temperatuur jääb vahemikku  $-50\text{ °C}$  kuni  $+300\text{ °C}$ ;
- raadiuse ja paksuse suhe jääb vahemikku 20 kuni 5000.

MÄRKUS Tuleks arvesse võtta, et käesolevas standardis olevad pingete arvutusreeglid võivad teatud geomeetriaga paksuseinaliste koorikute puhul ja teatud koormustingimuste puhul olla pigem konservatiivsed.

## 1.2 Normiviited

(1) Käesolev standard sisaldab dateeritud ja dateerimata viidete kaudu muude väljaannete sätteid. Need normiviited on osundatud teksti sobivates kohtades ning väljaanded on loetletud allpool. Dateeritud viidete hilisemad muudatused ja uued väljaanded rakenduvad selles standardis ainult muudatuste ja uusväljaande kaudu. Dateerimata viidete korral kehtib viidatud dokumendi uusim väljaanne.

EN 1090-2      *Execution of steel structures and aluminium structures – Part 2: Technical requirements for steel structures*

EN 1990      *Basis of structural design*

EN 1991      *Eurocode 1: Actions on structures*

EN 1993      *Eurocode 3: Design of steel structures*

EN 1993-1-1:2005: *General rules and rules for buildings*

Part 1.3:      *Cold formed thin gauged members and sheeting*

Part 1.4:      *Stainless steels*

Part 1.5:      *Plated structural elements*

Part 1.9:      *Fatigue strength of steel structures*

Part 1.10:      *Selection of steel for fracture toughness and through-thickness properties*

Part 1.12:      *Additional rules for the extension of EN 1993 up to steel grades S 700*

Part 2:      *Steel bridges*

Part 3.1:      *Towers and masts*

Part 3.2:      *Chimneys*

Part 4.1:      *Silos*

Part 4.2:      *Tanks*

Part 4.3:      *Pipelines*

### 1.3 Terminid ja määratlused

Käesolevas standardis kasutatakse üldiselt ehitiste kandekonstruktsioonidele standardis EN 1990 defineeritud termineid. Kui ei ole määratletud teisiti, rakenduvad käesolevas standardis ka standardi ISO 8930 määratlused. Lisaks standardis EN 1993-1-1 antutele kasutatakse käesoleva standardi spetsiifikast tulenevalt järgmiseid määratlusi:

#### 1.3.1 Konstruktsiooni tüübid ja geomeetria

##### 1.3.1.1

##### **koorik** (*shell*)

kaarekujulisest õhukesest plaadist vormitud konstruktsioon või konstruktsiooni osa

##### 1.3.1.2

##### **pöördkoorik** (*shell of revolution*)

koorik, mille geomeetriline kuju on määratletud keskpinnaga, mis on moodustunud, pöörates meridionaalset moodustajat ümber üksiktelje  $2\pi$  radiaani ulatuses. Koorik võib olla suvalise pikkusega

##### 1.3.1.3

##### **täielikult telgsümmeetriline koorik** (*complete axisymmetric shell*)

osadest koosnev koorik, mille iga osa on pöördkoorik

##### 1.3.1.4

##### **kooriku osa, segment** (*shell segment*)

defineeritud kooriku kujuga konstantse seinapaksusega pöördkoorik: silinder, tüvikoonus, sfääriline tüvikoonus, rõngakujuline plaat, toroid vms

##### 1.3.1.5

##### **koorikpaneel** (*shell panel*)

mittetäielik pöördkoorik: koorik, mille kuju on määratletud moodustaja pööramisega ümber telje vähem kui  $2\pi$  radiaani ulatuses

##### 1.3.1.6

##### **keskpind** (*middle surface*)

pind, mis asub kooriku igas punktis sise- ja välispinna keskel. Kus koorik on kas ühel või mõlemal pinnal jäigastatud, võetakse keskpinnaks ikka kaarekujuline koorikplaadi keskpind. Keskpind on pinna arvutusel aluseks ja võib paksuse muutumisel või kooriku ühenduskohtades olla mittepidev, tekitades ekstsentrilisuse, mis võib kooriku konstruktiivse käitumise juures oluline olla

##### 1.3.1.7

##### **liitekoht** (*junction*)

joon, kus kaks või enam kooriku osa (segmenti) ühinevad, see võib olla ka jäikur. Ringjoont kooriku ja ringikujulise jäikuri kokkupuutekohas võib käsitleda kui liitekohta

##### 1.3.1.8

##### **talajäikur** (*stringer stiffener*)

kohalik jäigastav konstruktsioonelement, mis järgib kooriku meridiaani, kirjeldades pöördkooriku moodustajat. See on mõeldud stabiilsuse suurendamiseks või aitamaks vastu võtta kohalikke koormusi. See ei ole mõeldud põikkoormusest tingitud painde tagajärgede peamiseks vastuvõtjaks