

# SVENSK STANDARD

## SS-EN 1993-4-1:2007



Fastställt/Approved: 2007-03-07  
Publicerad/Published: 2015-05-26  
Utgåva/Edition: 1  
Språk/Language: svenska/Swedish  
ICS: 65.040.20; 91.010.30; 91.070.03; 91.070.80; 91.080.10

---

### **Eurokod 3: Dimensionering av stålkonstruktioner – Del 4-1: Silor**

### **Eurocode 3: Design of steel structures – Part 4-1: Silos**

This preview is downloaded from [www.sis.se](http://www.sis.se). Buy the entire standard via <https://www.sis.se/std-8014150>

# Standarder får världen att fungera

*SIS (Swedish Standards Institute) är en fristående ideell förening med medlemmar från både privat och offentlig sektor. Vi är en del av det europeiska och globala nätverk som utarbetar internationella standarder. Standarder är dokumenterad kunskap utvecklad av framstående aktörer inom industri, näringsliv och samhälle och befrämjar handel över gränser, bidrar till att processer och produkter blir säkrare samt effektiviserar din verksamhet.*

## Delta och påverka

Som medlem i SIS har du möjlighet att påverka framtida standarder inom ditt område på nationell, europeisk och global nivå. Du får samtidigt tillgång till tidig information om utvecklingen inom din bransch.

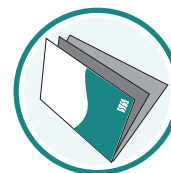
## Ta del av det färdiga arbetet

Vi erbjuder våra kunder allt som rör standarder och deras tillämpning. Hos oss kan du köpa alla publikationer du behöver – allt från enskilda standarder, tekniska rapporter och standardpaket till handböcker och onlinetjänster. Genom vår webbtjänst e-nav får du tillgång till ett lättnavigerat bibliotek där alla standarder som är aktuella för ditt företag finns tillgängliga. Standarder och handböcker är källor till kunskap. Vi säljer dem.

## Utveckla din kompetens och lyckas bättre i ditt arbete

Hos SIS kan du gå öppna eller företagsinterna utbildningar kring innehåll och tillämpning av standarder. Genom vår närhet till den internationella utvecklingen och ISO får du rätt kunskap i rätt tid, direkt från källan. Med vår kunskap om standarders möjligheter hjälper vi våra kunder att skapa verklig nytta och lönsamhet i sina verksamheter.

**Vill du veta mer om SIS eller hur standarder kan effektivisera din verksamhet är du välkommen in på [www.sis.se](http://www.sis.se) eller ta kontakt med oss på tel 08-555 523 00.**



# Standards make the world go round

*SIS (Swedish Standards Institute) is an independent non-profit organisation with members from both the private and public sectors. We are part of the European and global network that draws up international standards. Standards consist of documented knowledge developed by prominent actors within the industry, business world and society. They promote cross-border trade, they help to make processes and products safer and they streamline your organisation.*

## Take part and have influence

As a member of SIS you will have the possibility to participate in standardization activities on national, European and global level. The membership in SIS will give you the opportunity to influence future standards and gain access to early stage information about developments within your field.

## Get to know the finished work

We offer our customers everything in connection with standards and their application. You can purchase all the publications you need from us - everything from individual standards, technical reports and standard packages through to manuals and online services. Our web service e-nav gives you access to an easy-to-navigate library where all standards that are relevant to your company are available. Standards and manuals are sources of knowledge. We sell them.

## Increase understanding and improve perception

With SIS you can undergo either shared or in-house training in the content and application of standards. Thanks to our proximity to international development and ISO you receive the right knowledge at the right time, direct from the source. With our knowledge about the potential of standards, we assist our customers in creating tangible benefit and profitability in their organisations.

**If you want to know more about SIS, or how standards can streamline your organisation, please visit [www.sis.se](http://www.sis.se) or contact us on phone +46 (0)8-555 523 00**



Europastandarden EN 1993-4-1:2007 gäller som svensk standard. Standarden fastställdes 2007-03-07 som SS-EN 1993-4-1:2007 och har utgivits i engelsk språkversion. Detta dokument återger EN 1993-4-1:2007 i svensk språkversion. De båda språkversionerna gäller parallellt.

Rättelsen SS-EN 1993-4-1:2007/AC:2009 är inarbetad i denna svenska språkversion.

The European Standard EN 1993-4-1:2007 has the status of a Swedish Standard. The standard was 2007-03-07 approved and published as SS-EN 1993-4-1:2007 in English. This document contains a Swedish language version of EN 1993-4-1:2007. The two versions are valid in parallel

The correction SS-EN 1993-4-1:2007/AC:2009 is incorporated in the Swedish language version.

© Copyright/Upphovsrätten till denna produkt tillhör SIS, Swedish Standards Institute, Stockholm, Sverige. Användningen av denna produkt regleras av slutanvändarlicensen som återfinns i denna produkt, se standardens sista sidor.

© Copyright SIS, Swedish Standards Institute, Stockholm, Sweden. All rights reserved. The use of this product is governed by the end-user licence for this product. You will find the licence in the end of this document.

*Uppllysningar om sakinnehållet i standarden lämnas av SIS, Swedish Standards Institute, telefon 08-555 520 00. Standarder kan beställas hos SIS Förlag AB som även lämnar allmänna uppllysningar om svensk och utländsk standard.*

*Information about the content of the standard is available from the Swedish Standards Institute (SIS), telephone +46 8 555 520 00. Standards may be ordered from SIS Förlag AB, who can also provide general information about Swedish and foreign standards.*

Standarden är framtagen av kommittén för Stål- och aluminiumkonstruktioner samt samverkanskonstruktioner i stål och betong, SIS/TK 188.

Har du synpunkter på innehållet i den här standarden, vill du delta i ett kommande revideringsarbete eller vara med och ta fram andra standarder inom området? Gå in på [www.sis.se](http://www.sis.se) - där hittar du mer information.



Svensk version

## **Eurokod 3 : Dimensionering av stålkonstruktioner – Del 4-1: Silor**

Eurocode 3 - Calcul des structures  
en acier - Partie 4-1: Silos

Eurocode 3 - Design of steel  
structures - Part 4-1: Silos

Eurocode 3 - Bemessung und  
Konstruktion von Stahlbauten - Teil  
4-1: Silos

Denna standard är den officiella svenska versionen av EN 1993-4-1:2007. För översättningen svarar SIS.

Denna Europastandard antogs av CEN den 12 juni 2006.

CEN-medlemmarna är förpliktade att följa fordringarna i CEN/CENELECs interna bestämmelser som anger på vilka villkor denna Europastandard i oförändrat skick ska ges status som nationell standard. Aktuella förteckningar och bibliografiska referenser rörande sådana nationella standarder kan på begäran erhållas från CENS centralsekretariat eller från någon av CENS medlemmar.

Denna Europastandard finns i tre officiella versioner (engelsk, fransk och tysk). En version på något annat språk, översatt under ansvar av en CEN-medlem till sitt eget språk och anmäld till CENS centralsekretariat, har samma status som de officiella versionerna.

CENS medlemmar är de nationella standardiseringsorganen i Belgien, Bulgarien, Cypern, Danmark, Estland, Finland, Frankrike, Grekland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Nederländerna, Norge, Polen, Portugal, Rumänien, Schweiz, Slovakien, Slovenien, Spanien, Storbritannien, Sverige, Tjeckien, Tyskland, Ungern och Österrike.

**CEN**

European Committee for Standardization  
Comité Européen de Normalisation  
Europäisches Komitee für Normung

Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 BRUSSELS

## SS EN 1993-4-1:2007 (Sv)

## Innehåll

|  | Sida      |
|--|-----------|
| <b>Förord</b> .....  | <b>iv</b> |
| <b>1 Orientering</b> .....   | <b>1</b>  |
| 1.1 Omfattning .....   | 1         |
| 1.2 Normativa hänvisningar .....                                     | 1         |
| 1.3 Förutsättningar .....  | 2         |
| 1.4 Skillnader mellan principer och råd .....                        | 2         |
| 1.5 Termer och definitioner .....                                    | 3         |
| 1.6 Beteckningar som används i Eurokod 3 Del 4-1 .....               | 6         |
| 1.7 Teckenkonventioner .....   | 8         |
| 1.8 Enheter .....  | 14        |
| <b>2 Grundläggande dimensioneringsregler</b> .....                   | <b>15</b> |
| 2.1 Krav .....   | 15        |
| 2.2 Säkerhetsdifferentiering .....                                   | 15        |
| 2.3 Gränstillstånd .....   | 16        |
| 2.4 Laster och miljöeffekter .....                                   | 16        |
| 2.5 Materialegenskaper .....   | 16        |
| 2.6 Geometriska storheter .....                                      | 17        |
| 2.7 Modellerings av silo för bestämning av lasteffekter .....        | 17        |
| 2.8 Dimensionering genom provning .....                              | 17        |
| 2.9 Lasteffekter för verifiering i gränstillstånd .....              | 17        |
| 2.10 Beständighet .....  | 18        |
| 2.11 Bärförmåga mot brand .....                                      | 18        |
| <b>3 Materialegenskaper</b> .....                                    | <b>19</b> |
| 3.1 Allmänt .....  | 19        |
| 3.2 Konstruktionsstål .....  | 19        |
| 3.3 Rostfria stål .....  | 19        |
| 3.4 Speciella legerade stål .....                                    | 19        |
| 3.5 Seghet .....   | 19        |
| <b>4 Bärverksanalys</b> .....  | <b>20</b> |
| 4.1 Brottgränstillstånd .....  | 20        |
| 4.2 Mantelanalys .....   | 20        |
| 4.3 Analys av en silos rektangulära lādkonstruktion .....            | 23        |
| 4.4 Ekvivalenta ortotropa egenskaper för korrugerad plåt .....       | 24        |
| <b>5 Dimensionering av cylindriska skal</b> .....                    | <b>26</b> |
| 5.1 Förutsättningar .....  | 26        |
| 5.2 Cylindriska skalformer .....                                     | 27        |
| 5.3 Bärförmåga för silons cylindriska väggar .....                   | 27        |
| 5.4 Särskilda upplagsvillkor för cylindriska väggar .....            | 48        |
| 5.5 Utformning av öppningar i cylindriska väggar .....               | 52        |
| 5.6 Bruksgränstillstånd .....  | 53        |
| <b>6 Dimensionering av koniska utloppstrattar</b> .....              | <b>54</b> |
| 6.1 Förutsättningar .....  | 54        |
| 6.2 Skalformer för trattar .....                                     | 55        |
| 6.3 Bärförmåga för koniska trattar .....                             | 55        |
| 6.4 Särskilda trattkonstruktioner .....                              | 61        |
| 6.5 Bruksgränstillstånd .....  | 62        |
| <b>7 Dimensionering av cirkulära koniska takkonstruktioner</b> ..... | <b>63</b> |
| 7.1 Förutsättningar .....  | 63        |
| 7.2 Skalformer för tak .....   | 63        |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 7.3      | Bärförmåga för cirkulära koniska silotak .....   | 63         |
| <b>8</b> | <b>Dimensionering av övergångsskarvar och bärande ringbalkar.....</b>                        | <b>65</b>  |
| 8.1      | Förutsättningar .....  | 65         |
| 8.2      | Analys av skarven .....  | 66         |
| 8.3      | Bärförmåga i brottgränstillstånd .....   | 73         |
| 8.4      | Verifieringar i gränstillstånd .....   | 78         |
| 8.5      | Upplag för övergångskonstruktioner .....   | 80         |
| <b>9</b> | <b>Dimensionering av rektangulära silor och silor med plana sidor.....</b>                   | <b>82</b>  |
| 9.1      | Förutsättningar .....  | 82         |
| 9.2      | Konstruktionsformer .....  | 82         |
| 9.3      | Bärförmåga för oavstyvade vertikala väggar .....   | 83         |
| 9.4      | Bärförmåga för siloväggar av korrugerade plåtar med avstyvningar .....                       | 83         |
| 9.5      | Silor med inre dragband.....   | 86         |
| 9.6      | Bärförmåga för pyramidformade trattar.....   | 88         |
| 9.7      | Vertikala avstyvningar på lådväggar .....  | 90         |
| 9.8      | Bruksgränstillstånd .....  | 90         |
|          | <b>Bilaga A (Informativ) Förenklade regler för cirkulära silor i konsekvensklass 1 .....</b> | <b>92</b>  |
|          | <b>Bilaga B (Informativ) Uttryck för membranspänningar i koniska utloppstrattar.....</b>     | <b>99</b>  |
|          | <b>Bilaga C (Informativ) Vindtrycksfördelning runt cirkulära silokonstruktioner .....</b>    | <b>101</b> |
|          | <b>Bilaga NA (informativ) Nationellt valda parametrar m.m. ....</b>                          | <b>103</b> |

## SS EN 1993-4-1:2007 (Sv)

### Förord

Denna Europastandard EN 1993-4-1, "Eurokod 3: Dimensionering av stålkonstruktioner – Del 4-1: Silor", har utarbetats av den tekniska kommittén CEN/TC250 "Structural Eurocodes". Sekretariatet hålls av BSI. CEN/TC250 är ansvarig för alla Eurokoder.

Denna Europastandard ska ges status som nationell standard, antingen genom publicering av en identisk text eller genom ikraftsättning senast i augusti 2007. Motstridande nationella standarder skall upphävas senast i mars 2010.

Detta dokument ersätter ENV 1993-4-1:1999.

Enligt CEN-CENELECs interna bestämmelser skall följande länder fastställa denna europastandard: Belgien, Bulgarien, Cypern, Danmark, Estland, Finland, Frankrike, Grekland, Island, Irland, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Nederländerna, Norge, Polen, Portugal, Rumänien, Schweiz, Slovakien, Slovenien, Spanien, Storbritannien, Sverige, Tjeckien, Tyskland, Ungern och Österrike.

### Bakgrund till Eurokodprogrammet

EG-kommissionen antog 1975 ett handlingsprogram för byggområdet baserat på artikel 95 i Romfördraget. Programmets målsättning var att eliminera tekniska handelshinder och att harmonisera tekniska specifikationer.

Inom detta handlingsprogram tog EG-kommissionen initiativet till att ta fram harmoniserade tekniska regler för dimensionering av byggnadsverk, som i ett första skede skulle vara ett alternativ till medlemsländernas regler och i ett senare skede skulle ersätta dessa.

EG-kommissionen ledde under femton år genomförandet av Eurokodprogrammet med hjälp av en styrgrupp med representanter från medlemsländerna, vilket under 1980-talet ledde fram till den första generationen av europeiska beräkningsregler.

År 1989 beslutade EG-kommissionen samt EGs och EFTAs medlemsländer, genom ett avtal<sup>1</sup> mellan EG-kommissionen och CEN, att överföra utarbetandet och publiceringen av Eurokoderna till CEN genom ett antal mandat för att ge dem en framtida status som europastandard (EN). Detta sammanlänkar *de facto* Eurokoderna med alla EG-direktiv och/eller kommissionsbeslut som berör europastandarder (t.ex. EG-direktiv 89/106/EEG gällande byggprodukter - CPD – och EG-direktiven 93/37/EG, 92/50/EEG och 89/440/EEG gällande offentlig upphandling samt motsvarande EFTA-direktiv initierade för att skapa den inre marknaden).

Eurokodprogrammet omfattar följande standarder som vanligtvis består av ett antal delar:

|         |            |  |
|---------|------------|--|
| EN 1990 | Eurokod:   | Grundläggande dimensioneringsregler för bärande konstruktioner |
| EN 1991 | Eurokod 1: | Laster på bärverk  |
| EN 1992 | Eurokod 2: | Dimensionering av betongkonstruktioner                         |
| EN 1993 | Eurokod 3: | Dimensionering av stålkonstruktioner                           |
| EN 1994 | Eurokod 4: | Dimensionering av samverkanskonstruktioner i stål och betong   |

---

<sup>1</sup> Överenskommelse mellan EG-kommissionen och den europeiska standardiseringsorganisationen (CEN) rörande arbetet med EUROKODERNA för dimensionering av byggnader och anläggningar (BC/CEN/03/89).



|         |   |
|---------|---|
| EN 1995 | Eurokod 5: Dimensionering av träkonstruktioner                          |
| EN 1996 | Eurokod 6: Dimensionering av murverkskonstruktioner                     |
| EN 1997 | Eurokod 7: Dimensionering av geokonstruktioner                          |
| EN 1998 | Eurokod 8: Dimensionering av konstruktioner med hänsyn till jordbävning |
| EN 1999 | Eurokod 9: Dimensionering av aluminiumkonstruktioner                    |

Eurokoderna beaktar de föreskrivande myndigheternas ansvar och har tillförsäkrat dem rätten att bestämma värden som berör myndighetsrelaterade säkerhetsfrågor på nationell nivå i de fall dessa fortfarande varierar från land till land.

### Status och tillämpningsområde för Eurokoderna

EGs och EFTAs medlemsländer är eniga om att Eurokoderna används som referensdokument med följande ändamål:

- som ett sätt att påvisa att byggnader och anläggningar uppfyller de väsentliga kraven i EGs direktiv 89/106/EEG, i synnerhet det väsentliga kravet N°1 – bärförmåga, stadga och beständighet – och det väsentliga kravet N°2 – säkerhet i händelse av brand;
- som en grund för upprättande av kontrakt för byggande och tillhörande ingenjörstjänster;
- som ett underlag för att upprätta harmoniserade tekniska specifikationer för byggprodukter (EN och ETA)

Vad gäller själva byggnadsverken har Eurokoderna en direkt anknytning till de tolkningsdokument<sup>2</sup> som hänvisas till i artikel 12 i CPD, trots att Eurokoderna är av annan natur än harmoniserade produktstandarder<sup>3</sup>. Det är därför nödvändigt att de tekniska aspekter som framkommer vid arbetet med Eurokoderna blir beaktade på ett korrekt sätt av CENs tekniska kommittéer och/eller de arbetsgrupper inom EOTA som arbetar med produktstandarder så att dessa tekniska specifikationer blir förenliga med Eurokoderna.

Eurokoderna innehåller gemensamma regler för allmänt bruk för dimensionering av bärverk och byggkomponenter både av traditionell och innovativ karaktär. Mer ovanliga förhållanden när det gäller byggande eller dimensionering omfattas inte, utan i dessa fall erfordras särskilda expertutredningar.

### Nationella Standarder som inför Eurokoderna

De nationella standarder som inför Eurokoderna innehåller hela den Eurokodtext (inklusive alla bilagor), som publiceras av CEN, och kan föregås av ett nationellt försättsblad och ett nationellt förord, och kan följas av en nationell bilaga.<sup>a)</sup>

Den nationella bilagan får endast innehålla information om de parametrar som lämnats öppna i Eurokoden för nationellt val. Dessa benämns nationellt valda parametrar och skall tillämpas vid dimensionering av byggnader och anläggningar i landet ifråga, dvs :

---

<sup>2</sup> Enligt Art. 3.3 i CPD ska de väsentliga kraven (ER) ges i konkret form i tillämpningsdokument (ID) för att skapa nödvändiga samband mellan väsentliga krav och dekreten om harmoniserade EN och ETAG/ETA (europeiska tekniska godkännande med råd).

<sup>3</sup> Enligt artikel 12 i CPD skall tillämpningsdokumenten:

- a) ange i konkreta termer de väsentliga kraven genom att harmonisera terminologin och den tekniska grundvalen och genom att ange klasser eller nivåer för varje krav där så behövs;
- b) anvisa metoder så att dessa klasser eller kravnivåer kan korreleras med de tekniska specifikationerna, t ex metoder för beräkning och verifiering, tekniska konstruktionsregler etc.;
- c) fungera som underlag för utarbetandet av harmoniserade standarder och riktlinjer för europeiska tekniska godkännanden. Eurokoderna har *de facto* en liknande roll beträffande ER 1 och en del av ER 2.

<sup>a)</sup> Nationell fotnot: Här åsyftas Bilaga NA

## SS EN 1993-4-1:2007 (Sv)

- värden och/eller klasser där alternativ ges i Eurokoden,
- värden som skall användas där endast en beteckning anges i Eurokoden,
- data som är specifika för landet (geografiska, klimatberoende, mm), t ex snözonskarta,
- vilken metod som skall tillämpas där alternativa metoder ges i Eurokoden.

Den kan också innehålla:

- beslut gällande tillämpningen av informativa bilagor,
- hänvisningar till icke motstridande kompletterande information som underlättar användningen av Eurokoden.

### **Samband mellan Eurokoderna och harmoniserade tekniska specifikationer (EN och ETA) för produkter**

Det är nödvändigt att de harmoniserade tekniska specifikationerna för byggprodukter och de tekniska reglerna för byggande<sup>4</sup> överensstämmer. Dessutom bör all information som medföljer CE-märkningen av byggprodukter och som hänvisar till Eurokoderna tydligt ange vilka nationellt valda parametrar som har använts.

### **Tilläggsinformation specifik för EN 1993-4-1**

EN 1993-4-1 ger vägledning för dimensionering av silor.

EN 1993-4-1 ger dimensioneringsregler som kompletterar de allmänna reglerna i övriga delar av EN 1993-1.

EN 1993-4-1 är avsedd att användas av byggherrar, projektörer, entreprenörer och berörda myndigheter.

EN 1993-4-1 är avsedd att användas tillsammans med EN 1990, med EN 1991-4, med de andra delarna av EN 1991, med EN 1993-1-6 och EN 1993-4-2, med de andra delarna av EN 1993, med EN 1992 och med de andra delarna av EN 1994 till EN 1999 tillämpliga för dimensionering av silor. Ämnen som redan behandlats i dessa standarder återges inte.

Numeriska värden på partialkoefficienter och andra parametrar ges som rekommenderade grundvärden vilka ger en acceptabel säkerhetsnivå. De har valts med förutsättningen att en lämplig nivå på yrkesskicklighet och kvalitetsledning föreligger.

Säkerhetsfaktorer för "produkttyp" silor (fabrikstillverkning) kan ges av berörda myndigheter. Faktorerna i 2.9 är bara riktlinjer vid tillämpning för "produkttyp" silor. De ges för att visa de sannolika värdena som behövs för en säkerhetsnivå i överensstämmelse med andra konstruktioner.

### **Nationell bilaga till EN 1993-4-1**

Denna standard innehåller alternativa metoder, värden och rekommendationer med anmärkningar som anger var nationella val kan behöva göras. Den nationella standard som inför EN 1993-4-1 bör därför innehålla en nationell bilaga som anger alla nationellt valda parametrar som skall tillämpas vid dimensionering av stålkonstruktioner, som skall uppföras i det aktuella landet.

---

<sup>4</sup> se artikel 3.3 och artikel 12 i CPD, liksom avsnitten 4.2, 4.3.1, 4.3.2 och 5.2 i tolkningsdokument 1.

Nationella val i EN 1993-4-1 är tillåtna i:

- 2.2 (1)
- 2.2 (3)
- 2.9.2.2 (3)
- 3.4 (1)
- 4.1.4 (2) och (4)
- 4.2.2.3 (6)
- 4.3.1 (6) och (8)
- 5.3.2.3 (3)
- 5.3.2.4 (10), (12) och (15)
- 5.3.2.5 (10) och (14)
- 5.3.2.6 (3) och (6)
- 5.3.2.8 (2)
- 5.3.3.5 (1) och (2)
- 5.3.4.3.2 (2)
- 5.3.4.3.3 (2) och (5)
- 5.3.4.3.4 (5)
- 5.3.4.5 (3)
- 5.4.4 (2), (3)b och (3)c
- 5.4.7 (3)
- 5.5.2 (3)
- 5.6.2 (1) och (2)
- 6.1.2 (4)
- 6.3.2.3 (2) och (4)
- 6.3.2.7 (3)
- 7.3.1 (4)
- 8.3.3 (4)
- 8.4.1 (6)
- 8.4.2 (5)
- 8.5.3 (3)

**SS EN 1993-4-1:2007 (Sv)**

- 9.5.1 (3) och (4)
- 9.5.2 (5)
- 9.8.2 (1) och (2)
- A.2 (1) och (2)
- A.3.2.1 (6)
- A.3.2.2 (6)
- A.3.2.3 (2)
- A.3.3 (1), (2) och (3)
- A.3.4 (4)

## 1 Orientering

### 1.1 Omfattning

- (1) Del 4-1 av Eurokod 3 ger principer och råd för dimensionering av fristående eller understödda stålsilor med cirkulärt eller rektangulärt tvärsnitt.
- (2) Reglerna som ges i denna del kompletterar eller ersätter de motsvarande reglerna i EN 1993-1.
- (3) Denna del behandlar endast krav för bärförmåga och stabilitet av stålsilor. För andra krav (såsom driftssäkerhet, funktionella prestanda, tillverkning och montering, kvalitetskontroll, utformning av detaljer såsom manhål, flänsar, påfyllningsanordningar, utlopp och matare etc) hänvisas till tillämpliga standarder.
- (4) Regler angående de specifika kraven för dimensionering mot jordbävning ges i EN 1998-4 som kompletterar och anpassar reglerna i Eurokod 3 för detta specifika fall.
- (5) Dimensionering av bärande konstruktioner för silor behandlas i EN 1993-1-1. Den bärande konstruktionen anses bestå av alla konstruktionsdelar nedanför underflänsen av silons nedersta ring, se figur 1.1.
- (6) Grundkonstruktioner i armerad betong för stålsilor dimensioneras enligt EN 1992 och EN 1997.
- (7) Numeriska värden för laster och lasteffekter vid dimensionering av stålsilor ges i EN 1991-4 "Laster på bärverk, Del 4: Silor och behållare".
- (8) Denna Del 4-1 behandlar inte:
  - Bärförmåga mot brand;
  - silor med innerväggar och andra invändiga konstruktioner;
  - silor med kapacitet mindre än 100kN (10 ton);
  - fall där särskilda åtgärder behövs för att begränsa konsekvenser av olyckor.
- (9) De cirkulära silor som behandlas i denna standard är begränsade till axisymmetriska konstruktioner, även om de kan utsättas för osymmetrisk belastning och stödkonstruktionerna kan leda till krafter som inte är axisymmetriska.

### 1.2 Normativa hänvisningar

Denna europastandard inkorporerar genom daterade eller odaterade hänvisningar bestämmelser från andra nedan förtecknade publikationer. Dessa normativa hänvisningar anges på de platser i texten där bestämmelserna skall tillämpas. För daterade hänvisningar gäller senare publicerade tillägg, ändringar eller reviderade utgåvor vid användning av denna europastandard endast när de har inkorporerats i denna genom tillägg, revidering eller reviderad utgåva. För odaterade hänvisningar gäller senaste utgåvan (inklusive tillägg).

|           |   |
|-----------|---|
| EN 1090   | <i>Execution of steel structures</i>  |
| EN 1990   | <i>Eurocode: Basis of design</i>  |
| EN 1991   | <i>Eurocode 1: Actions on structures</i>  |
| Part 1.1  | <i>Actions on structures – Densities, self-weight and imposed loads for buildings</i> |
| Part 1.2: | <i>Actions on structures - Actions on structures exposed to fire</i>                  |
| Part 1.3: | <i>Actions on structures – Snow loads</i>   |

## SS EN 1993-4-1:2007 (Sv)

|            |   |
|------------|---|
| Part 1.4:  | <i>Actions on structures – Wind loads</i>   |
| Part 1.5:  | <i>Actions on structures – Thermal loads</i>  |
| Part 1.6:  | <i>Actions on structures – Construction loads</i>                                   |
| Part 1.7:  | <i>Actions on structures – Accidental actions</i>                                   |
| Part 4:    | <i>Actions on silos and tanks</i>   |
| EN 1993    | <i>Eurocode 3: Design of steel structures</i>                                       |
| Part 1.1:  | <i>General rules and rules for buildings</i>  |
| Part 1.3:  | <i>Cold formed thin gauge members and sheeting</i>                                  |
| Part 1.4:  | <i>Stainless steels</i>   |
| Part 1.6:  | <i>Strength and stability of shell structures</i>                                   |
| Part 1.7:  | <i>Planar plated structures loaded transversely</i>                                 |
| Part 1.8:  | <i>Design of joints</i>   |
| Part 1.9:  | <i>Fatigue strength of steel structures</i>   |
| Part 1.10: | <i>Selection of steel for fracture toughness and through-thickness properties</i>   |
| Part 4.2:  | <i>Tanks</i>  |
| EN 1997    | <i>Eurocode 7: Geotechnical design</i>  |
| EN 1998    | <i>Eurocode 8: Design provisions for earthquake resistance of structures;</i>       |
| Part 4:    | <i>Silos, tanks and pipelines</i>   |
| EN 10025   | <i>Hot rolled products of structural steels</i>                                     |
| EN 10149   | <i>Hot-rolled flat products made of high yield strength steels for cold forming</i> |
| ISO 1000   | <i>SI Units</i>   |
| ISO 3898   | <i>Bases for design of structures – Notation – General symbols</i>                  |
| ISO 4997   | <i>Cold reduced steel sheet of structural quality</i>                               |
| ISO 8930   | <i>General principles on reliability for structures – List of equivalent terms</i>  |

### 1.3 Förutsättningar

- (1) I tillägg till de allmänna förutsättningarna i EN 1990 gäller följande förutsättningar:
- tillverkning och montering i enlighet med EN 1090-2

### 1.4 Skillnader mellan principer och råd

- (1) Se 1.4 i EN 1990.

## 1.5 Termer och definitioner

(1) De termer som definieras i avsnitt 1.5 i EN 1990 för användning med Eurokoderna och definitionerna i ISO 8930 gäller i denna Del 4-1 av EN 1993 om inget annat anges. För tillämpningen av denna Del 4-2 ges följande tilläggsdefinitioner:

**1.5.1 skal.** En konstruktion gjord av en krökt tunn plåt.

**1.5.2 rotationssymmetriskt skal.** Ett skal vars geometri bildas genom rotation av en generatris runt en rotationsaxel.

**1.5.3 låda.** En konstruktion som erhålls genom sammansättning av plana plåtar till en tredimensionell sluten form. För tillämpningen av denna standard har lådan dimensioner som vanligtvis är jämförbara i alla riktningar.

**1.5.4 generatrisled.** Tangenten till silons vägg vid varje punkt i ett plan som går genom cisternens axel. Denna varierar med konstruktionsdelen som betraktas. Alternativt är det den vertikala eller lutande riktningen som en regndroppe skulle följa om det gled ner ytan.

**1.5.5 omkretsled eller ringled.** Den horisontella tangenten till silons vägg vid varje punkt. Denna varierar runt silon, ligger i ett horisontellt plan och är tangentiell till silons skalvägg. Begreppet omkretsled kan användas oavsett om silon har ett cirkulärt eller rektangulärt tvärsnitt. Begreppet ringled däremot används endast vid silo med cirkulärt tvärsnitt.

**1.5.6 medelyta.** Denna term används för både det spänningsfria medelplanet i ett skal vid ren böjning och medelplanet i plana plåtar som bildar del av en låda.

**1.5.7 avstånd mellan avstyvningar.** Avståndet från centrum till centrum mellan längdaxlarna för två intilliggande och parallella avstyvningar.

I tillägg till Del 1 av EN 1993 (och Del 4 av EN 1991) gäller, för tillämpningen av Del 4-1, följande termer, se figur 1.1:

**1.5.8 silo:** En silo är ett kärl för lagring av granulärt material. Det antas i denna standard att de har en vertikal form där bulkgodset fylls på från toppen med hjälp av tyngdkraft. Termen silo omfattar alla typer av konstruktioner för lagring av granulärt material som annars skulle kunna betecknas som behållare, tratt, spannmålstank eller bunker.

**1.5.9 tunna:** Tunnan är den del av silon som är försedd med vertikala väggar.

**1.5.10 utloppstratt:** En utloppstratt är ett konvergerande tvärsnitt vid silons botten. Utloppstratten används för att kanalisera bulkgodset till ett tömningsutlopp.

**1.5.11 skarv:** En skarv är den punkt där två eller flera skaldelar eller plana plåtdelar möts. Den kan inkludera en avstyvning eller inte: den punkt där en ringavstyvning förbinds med skalet eller lådan kan behandlas som en skarv.

**1.5.12 övergångsskarv:** En övergångsskarv är skarven mellan tunnan och utloppstratten. Övergångsansskarven kan vara belägen vid nedre änden eller i nedre delen av tunnan.

**1.5.13 kjol:** Kjolen är tunnans del som ligger nedanför övergångsskarven: den skiljer sig från den högre delen genom att den inte har kontakt med det lagrade bulkgodset.

**1.5.14 sarg:** En sarg är en enda horisontell rad av stålplåtar som används för att bilda en horisontell del av silons cylindriska tunna.

**1.5.15 längsavstyvning:** En längsavstyvning är en lokal avstyvning som följer ett skals meridian vilken bildar en generatris av det rotationssymmetriska skalet. Dess syfte kan vara att öka stabiliteten, introducera lokala laster eller bära axiella laster. Den är inte primärt avsedd att ge en bärförmåga för böjning från transversallaster.

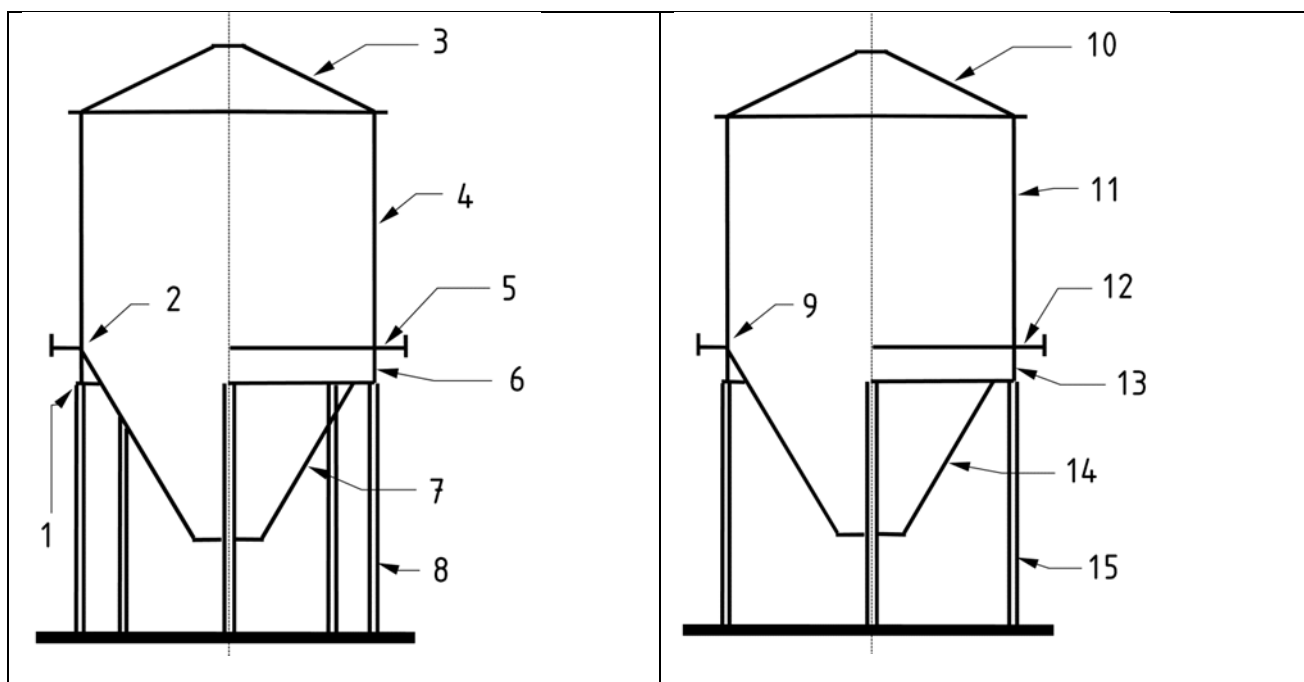
## SS EN 1993-4-1:2007 (Sv)

**1.5.16 spant:** Ett spant är en lokal konstruktionsdel som ger en primär bärförmåga för böjning längs ett skals eller en plåts meridian, vilken bildar en generatris av det rotationssymmetriska skalet eller en vertikal avstyvning av lådan. Ett spant är avsett att sprida transversallaster på konstruktionen genom böjning.

**1.5.17 ringavstyvning:** En ringavstyvning är en lokal avstyvning som sträcker sig längs konstruktionens omkrets vid en viss punkt på meridianen. Det antas att den inte har någon styvhet i konstruktionens generatrisplan. Den är avsedd att höja stabiliteten eller introducera lokala laster. Den är ingen primär lastbärande konstruktionsdel. Vid rotationssymmetriskt skal är den cirkulär, men vid rektangulära konstruktioner har den plantvårsnittets rektangulära form.

**1.5.18 utsmetade avstyvningar:** Avstyvningar är utsmetade när egenskaperna hos skalväggen och de enskilda avstyvningarna behandlas som ett sammansatt tvärsnitt med en bredd lika med en hel multipel av avståndet mellan avstyvningarna. Styvhetsegenskaperna hos en skalvägg med utsmetade avstyvningar är ortotropa med excentricitetstermer som leder till en koppling mellan böj- och dragbeteende.





a) Silo med cirkulärt tvärsnitt

b) Silo med rektangulärt tvärsnitt

**Förklaring**

- 1 Silo slutar här
- 2 Övergångsskarv
- 3 Koniskt tak
- 4 Cylindriskt skal eller tunna
- 5 Ring
- 6 Kjol
- 7 Konisk utloppsträtt
- 8 Pelare: bärande konstruktion
- 9 Övergångsskarv
- 10 Pyramidtak
- 11 Rektangulär låda
- 12 Ringbalk
- 13 Kjol
- 14 Pyramidformig utloppsträtt
- 15 Pelare bärande konstruktion

**Figur 1.1: Termer som används för silor**

**1.5.19 bottenring:** En bottenring är en konstruktionsdel som sträcker sig längs omkretsen vid konstruktionens botten och gör det möjligt att infästa konstruktionen till ett fundament eller annan konstruktionsdel. Den behövs för att säkerställa att de antagna randvillkoren uppnås i praktiken.

**1.5.20 ringbalk:** En ringbalk är en ringavstyvning som har böjstyvhet och styrka både i planet för det cirkulära tvärsnittet av ett rotationssymmetriskt skal eller det plana avsnittet av en rektangulär konstruktion, och också i planet vinkelrätt mot detta. Den är en primär lastbärande konstruktionsdel avsedd att sprida lokala laster på skal- eller lådkonstruktionen.

## SS EN 1993-4-1:2007 (Sv)

**1.5.21 kontinuerligt upplagd:** En kontinuerligt upplagd silo är en silo där alla punkter längs omkretsen är upplagda på samma sätt. Små avvikelser från detta villkor (t.ex. små öppningar) påverkar inte användningen av denna definition.

**1.5.22 punktupplag:** Ett punktupplag är en punkt där en silo stöds med hjälp av en konsol eller pelare, vilket leder till ett begränsat antal smala stöd längs silons omkrets. Fyra eller sex diskreta stöd används vanligen, men tre eller mer än sex kan också förekomma.

**1.5.23 pyramidformad tratt:** En pyramidformad tratt används för utloppstvärsnittet i en rektangulär silo, i form av en omvänd pyramid. I denna standard antas att geometrin är enkel, bestående av endast fyra trattsformade plana plåtar.

## 1.6 Beteckningar som används i Eurokod 3 Del 4-1

Använda beteckningar baseras på ISO 3898: 1987.

### 1.6.1 Versala latinska bokstäver

|                      |   |
|----------------------|---|
| <i>A</i>             | tvärsnittsarea;   |
| <i>C</i>             | membran axialstyvhet;   |
| <i>C</i>             | bucklingskoefficient;   |
| <i>D</i>             | böjstyvhet;   |
| <i>E</i>             | elasticitetsmodulen;  |
| <i>F</i>             | kraft;  |
| <i>G</i>             | skjuvmodul;   |
| <i>H</i>             | konstruktionshöjd;  |
| <i>I</i>             | tröghetsmoment;   |
| <i>I<sub>t</sub></i> | vridstyvhet;  |
| <i>K</i>             | böjstyvhet för väggelement;                                   |
| <i>L</i>             | skalsegments eller avstyvnings höjd;                          |
| <i>M</i>             | böjmoment;  |
| <i>N</i>             | normalkraft;  |
| <i>Q</i>             | Toleransklass för skal känsligt för buckling;                 |
| <i>R<sub>φ</sub></i> | lokal radie vid profilens topp eller botten (korrugerad plåt) |

### 1.6.2 Gemena latinska bokstäver

|                       |  |
|-----------------------|--|
| <i>a</i>              | koefficient;   |
| <i>b</i>              | plåt eller avstyvningsbredd;   |
| <i>d</i>              | totalhöjd för profilerad plåt;   |
| <i>e</i>              | excentricitet för kraft eller avstyvning;  |
| <i>f<sub>y</sub></i>  | sträckgräns för stål;  |
| <i>f<sub>u</sub></i>  | brottgräns för stål;   |
| <i>h</i>              | avstånd mellan flänsar eller ringbalkar;   |
| <i>j</i>              | svetsfaktor för svetsat överlappsförband som beräknas med membranspänningar;           |
| <i>j</i>              | ekvivalent harmonisk funktion för den dimensionerande spänningsfördelningens variation |
| <i>l</i>              | effektiv skallängd vid linjär spänningsanalys;   |
| <i>l</i>              | profilerings centrumavstånd för profilerad plåt;                                       |
| <i>l</i>              | halv våglängd för potentiell buckla (höjd som beaktas vid beräkning);                  |
| <i>m</i>              | böjmoment per breddenhet;  |
| <i>m<sub>x</sub></i>  | böjmoment i generatrisled per omkretsenhet;  |
| <i>m<sub>y</sub></i>  | böjmoment i omkretsled per höjdenhet av låda;  |
| <i>m<sub>θ</sub></i>  | böjmoment i ringled per generatrisenhet av skal;                                       |
| <i>m<sub>xy</sub></i> | vridmoment per plåtbreddenhet;   |
| <i>m<sub>xθ</sub></i> | vridmoment per skalbreddenhet;   |
| <i>n</i>              | membranspänningsresultant;   |
| <i>n</i>              | antal punktupplag runt silons omkrets;   |
| <i>n<sub>x</sub></i>  | resultant av membranspänning i generatrisled per omkretsenhet;                         |

|               |  |
|---------------|--|
| $n_y$         | resultant av membranspänning i omkretsled per höjdenhet av låda;                   |
| $n_\theta$    | resultant av membranspänning i ringled per generatrisenhet av skal;                |
| $n_{xy}$      | resultant av membranskjuvspänning per plåtbreddenhet;                              |
| $n_{x\theta}$ | resultant av membranskjuvspänning per skalbreddenhet;                              |
| $p$           | fördelad trycklast;  |
| $p_n$         | tryck vinkelrätt mot silons vägg (utåt)  |
| $p_x$         | ytlast i generatrisled parallell med skal (nedåt);                                 |
| $p_\theta$    | ytlast i ringled parallell med skal (moturs i plan);                               |
| $q$           | transversalkraft per längdenhet som verkar på ett dragband                         |
| $r$           | radiell koordinat för en silo med cirkulärt tvärsnitt;                             |
| $r$           | radie i skalets medelplan;   |
| $s$           | avstånd mellan avstyvningar i omkretsled;  |
| $t$           | väggjocklek;   |
| $t_x, t_y$    | ekvivalent väggjocklek för korrugerad plåt vid dragning i x- respektiv y-riktning; |
| $w$           | storlek på imperfektion;   |
| $w$           | radiell förskjutning;  |
| $x$           | lokal koordinat i generatrisled;   |
| $y$           | lokal koordinat i omkretsled;  |
| $z$           | global axiell koordinat;   |
| $z$           | koordinat längs den vertikala axeln i en axisymmetrisk silo (axisymmetriskt skal). |

### 1.6.3 Grekiska bokstäver

|                          |  |
|--------------------------|--|
| $\alpha$                 | reduktionsfaktor för elastisk buckling;        |
| $\alpha$                 | längdutvidgningskoefficient;                   |
| $\beta$                  | halv toppvinkel i konisk tratt;                |
| $\gamma_F$               | partialkoefficient för laster;                 |
| $\gamma_M$               | partialkoefficient för bärförmåga;             |
| $\delta$                 | gränsvärde av förskjutning;                    |
| $\Delta$                 | inkrement;                                     |
| $\chi$                   | reduktionsfaktor för böjknäckning av pelare;   |
| $\chi$                   | reduktionsfaktor för skalbuckling;             |
| $\lambda$                | halv våglängd för skalböjning i generatrisled; |
| $\lambda, \bar{\lambda}$ | slankhetsparameter för skal;                   |
| $\mu$                    | väggfriktionskoefficient;                      |
| $\nu$                    | Poisson's tal;                                 |
| $\theta$                 | vinkelkoordinat runt skal;                     |
| $\sigma$                 | normalspänning;                                |
| $\sigma_{bx}$            | böjspänning i generatrisled;                   |
| $\sigma_{by}$            | böjspänning i omkretsled i låda;               |
| $\sigma_{b\theta}$       | böjspänning i ringled i skal;                  |
| $\tau_{bxy}$             | vridskjuvspänning i låda;                      |
| $\tau_{bx\theta}$        | vridskjuvspänning i skal;                      |
| $\sigma_{mx}$            | membranspänning i generatrisled;               |
| $\sigma_{my}$            | membranspänning i omkretsled i låda;           |
| $\sigma_{m\theta}$       | membranspänning i ringled i skal;              |
| $\tau_{mxy}$             | membranskjuvspänning i låda;                   |
| $\tau_{mx\theta}$        | membranskjuvspänning i skal;                   |
| $\sigma_{sox}$           | normalspänning i generatrisled på utsida;      |
| $\sigma_{soy}$           | normalspänning i omkretsled på utsida av låda; |
| $\sigma_{so\theta}$      | normalspänning i ringled på utsida av skal;    |
| $\tau_{soxy}$            | skjuvspänning på utsida av låda;               |
| $\tau_{sox\theta}$       | skjuvspänning på utsida av skal;               |