

SVENSK STANDARD

SS-EN 1991-4:2006

Fastställt/Approved: 2006-06-01
Publicerad/Published: 2014-10-21
Utgåva/Edition: 1
Språk/Language: svenska/Swedish
ICS: 91.010.30; 91.040; 91.070.01; 91.070.80

Eurokod 1 – Laster på bärverk – Del 4: Silor och behållare

Eurocode 1 – Actions on structures – Part 4: Silos and tanks

This preview is downloaded from www.sis.se. Buy the entire standard via <https://www.sis.se/std-103211>

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 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 or contact us on phone +46 (0)8-555 523 00



Europastandarden EN 1991-4:2006 gäller som svensk standard. Standarden fastställdes 2006-06-01 som SS-EN 1991-4:2006 och har utgivits i engelsk språkversion. Detta dokument återger EN 1991-4:2006 i svensk språkversion. De båda språkversionerna gäller parallellt.

SS-EN 1991-4:2006, utgåva 1 och SS-ENV 1991-4, utgåva 1, gäller parallellt längst till 2010-01-01.

I denna svenska språkversion är rättningen SS-EN 1991-4:2006/AC:2013 inarbetad.

The European Standard EN 1991-4:2006 has the status of a Swedish Standard. The standard was 2006-06-01 approved and published as SS-EN 1991-4:2006 in English. This document contains a Swedish language version of EN 1991-4:2006. The two versions are valid in parallel.

SS-EN 1991-4:2006, edition 1 and SS-ENV 1991-4, edition 1, are valid for and run parallel longest to 2010-01-01.

In the Swedish language version the correction SS-EN 1991-4:2006/AC:2013 is incorporated.

© 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 Eurokoder, SIS/TK 203.

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 - där hittar du mer information.

EUROPASTANDARD
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 1991-4

maj 2006

ICS 91.010.30

Ersätter ENV 1991-4:1995

Svensk version

Eurokod 1 – Laster på bärverk – Del 4: Silor och behållare

Eurocode 1 - Actions sur les
structures - Partie 4: Silos
etréservoirs

Eurocode 1 - Actions on
structures - Part 4: Silos and
tanks

Eurocode 1 - Grundlagen der
Tragwerksplanung
und Einwirkungen auf Tragwerke -
Teil 4: Silos
und Flüssigkeitsbehälter

Denna standard är den officiella svenska versionen av EN 1991-4:2006. För översättningen svarar SIS.

Denna Europastandard antogs av CEN den 12 oktober 2005.

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, 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 1991-4:2006 (Sv)

Innehåll

	Sida
Förord	5
1 Allmänt.....	8
1.1 Omfattning	8
1.1.1 Omfattning av EN 1991 – Eurokod 1.....	8
1.1.2 Omfattning av EN 1991-4 Laster på bärverk: silor och behållare	8
1.2 Normativa hänvisningar.....	10
1.3 Förutsättningar	11
1.4 Skillnaden mellan principer och råd	11
1.5 Termer och definitioner.....	11
1.6 Beteckningar som används i Eurokod 1 del 4.....	15
1.6.1 Versala latinska bokstäver.....	15
1.6.2 Gemena latinska bokstäver	16
1.6.3 Versala grekiska bokstäver	19
1.6.4 Gemena grekiska bokstäver.....	20
1.6.5 Index	21
2 Representation och klassificering av laster	22
2.1 Representation av laster på silor.....	22
2.2 Representation av laster på cisterner.....	23
2.3 Klassificering av laster på silor	23
2.4 Klassificering av laster på cisterner	23
2.5 Lastvärderingsklasser.....	23
3 Dimensioneringssituationer	25
3.1 Allmänt.....	25
3.2 Dimensioneringssituationer för lagrat gods i silor.....	25
3.3 Dimensioneringssituationer för olika utformningar av silogeometri	26
3.4 Dimensioneringssituationer för specifika konstruktionsformer	31
3.5 Dimensioneringssituationer för lagrade vätskor i cisterner	32
3.6 Principer för dimensionering för explosioner	32
4 Egenskaper för granulära material	33
4.1 Allmänt.....	33
4.2 Egenskaper för granulära material	34
4.2.1 Allmänt.....	34
4.2.2 Provning och bedömning av materialegenskaper	35
4.2.3 Förenklad metod.....	36
4.3 Provning av granulärt material.....	36
4.3.1 Provningsmetoder	36
4.3.2 Godsets skrymdensitet γ	37
4.3.3 Väggfriktionskoefficient μ	37
4.3.4 Vinkel för inre friktion ϕ_1	37
4.3.5 Horisontallastförhållande K	37
4.3.6 Kohesion c	38
4.3.7 Referensfaktorer för lokal last C_{op}	38
5 Laster på vertikala väggar i silor	39
5.1 Allmänt.....	39
5.2 Slanka silor	39
5.2.1 Fyllningslaster på vertikala väggar	39
5.2.2 Tömningslaster på vertikala väggar	44
5.2.3 Jämn tryckökning som alternativ till lokala påfyllnings- och tömningslaster	49
5.2.4 Tömningslaster för silor med stora utloppsexcentriciteter	50

5.3	Låga silor samt medelslanka silor	55
5.3.1	Fyllningslaster på vertikala väggar	55
5.3.2	Lokala tömningslaster på vertikala väggar	57
5.3.3	Påfyllningslaster med stora excentriciteter i låga cirkulära silor samt medelslanka silor	59
5.3.4	Tömningslaster med stora excentriciteter i låga cirkulära silor samt medelslanka silor	60
5.4	Stödmursilor	60
5.4.1	Fyllningslaster på vertikala väggar	60
5.4.2	Tömningslaster på vertikala väggar	61
5.5	Silor som innehåller material med luft innesluten mellan partiklarna	62
5.5.1	Allmänt	62
5.5.2	Laster i silor med fluidiserat gods	62
5.6	Temperaturskillnader mellan lagrat gods och silokonstruktion	62
5.6.1	Allmänt	62
5.6.2	Tryck från minskning av omgivningens temperatur	63
5.6.3	Tryck från påfyllning av hett gods	64
5.7	Laster i rektangulära silor	64
5.7.1	Rektangulära silor	64
5.7.2	Silor med inre dragstag	64
6	Laster på silotrattar och silobottnar	65
6.1	Allmänt	65
6.1.1	Fysiska egenskaper	65
6.1.2	Allmänna regler	66
6.2	Plana bottenar	68
6.2.1	Vertikala tryck på plana bottenar i slanka silor	68
6.2.2	Vertikala tryck på plana bottenar i låga silor samt i medelslanka silor	68
6.3	Branta trattar	69
6.3.1	Utnyttjad friktion	69
6.3.2	Fyllningslaster	70
6.3.3	Tömningslaster	70
6.4	Flacka trattar	71
6.4.1	Utnyttjad friktion	71
6.4.2	Fyllningslaster	72
6.4.3	Tömningslaster	72
6.5	Trattar i silor som innehåller material med luft innesluten mellan partiklarna	72
7	Laster av vätskor på cisterner	73
7.1	Allmänt	73
7.2	Laster från lagrade vätskor	73
7.3	Vätskeegenskaper	73
7.4	Sug på grund av otillräcklig ventilation	73
Bilaga A (informativ)	Grundläggande dimensioneringsregler – kompletterande regler till EN 1990 för silor och cisterner	74
A.1	Allmänt	74
A.2	Brottgränstillstånd	74
A.3	Lastkombinationer	74
A.4	Dimensioneringssituationer och lastkombinationer för lastvärderingsklass 2 och 3	75
A.5	Lastkombinationer för lastvärderingsklass 1	78
Annex B (informativ)	Laster, partialkoefficienter och lastkombinationer för cisterner	79
B.1	Allmänt	79
B.2	Laster	79
B.3	Partialkoefficienter för lasteffekter	81
B.4	Lastkombinationer	81
Bilaga C (normativ)	Mätning av materialegenskaper för bestämning av silolast	82
C.1	Syfte	82
C.2	Tillämpningsområde	82
C.3	Beteckningar	82
C.4	Definitioner	83
C.5	Provtagning och beredning av prover	83
C.6	Densitet γ	84

SS-EN 1991-4:2006 (Sv)

C.7	Väggfriktion.....	85
C.8	Horisontallastförhållande K	87
C.9	Hållfasthetsparametrar: kohesion c och vinkel för inre friktion ϕ_1	88
C.10	Effektiv elasticitetsmodul E_s	92
C.11	Bedömning av övre och undre karakteristiska värden för en egenskap och bestämning av omräkningsfaktorn a	94
Bilaga D (normativ) Bedömning av materialegenskaper för bestämning av silolast.....		97
D.1	Syfte.....	97
D.2	Bedömning av väggfriktionskoefficienten för en korrugerad vägg.....	97
D.3	Inre friktion och väggfriktion för grovkornigt material utan fina partiklar.....	98
Bilaga E (normativ) Värden på egenskaper hos granulära material.....		99
E.1	Allmänt.....	99
E.2	Definierade värden.....	99
Bilaga F (informativ) Bestämning av flödesmönster.....		100
F.1	Mass- och rörföde.....	100
Bilaga G (normativ) Alternativa regler för tryck i trattar.....		101
G.1	Allmänt.....	101
G.2	Beteckningar.....	101
G.3	Definitioner.....	101
G.4	Dimensioneringssituationer.....	101
G.5	Bestämning av förstöringsfaktorn för bottenlast C_b	101
G.6	Påfyllningstryck på plana eller nästan plana bottnar.....	102
G.7	Påfyllningstryck i trattar.....	102
G.8	Tömningstryck på plana eller nästan plana bottnar.....	103
G.9	Tömningstryck på trattar.....	103
G.10	Alternativ ekvation för trattens tryckförhållande vid tömning F_e	104
Bilaga H (informativ) Laster av dammexplosioner.....		105
H.1	Allmänt.....	105
H.2	Omfattning.....	105
H.3	Beteckningar.....	105
H.4	Explosivt damm och relevanta egenskaper.....	105
H.5	Antändningskällor.....	105
H.6	Skyddsåtgärder.....	106
H.7	Dimensionering av konstruktionsdelar.....	106
H.8	Dimensioneringstryck.....	106
H.9	Dimensionering för undertryck.....	107
H.10	Dimensionering av ventileringsanordningar.....	107
H.11	Reaktionskrafter vid ventilering.....	107

Förord

Detta dokument (EN 1991-4:2006) har utarbetats av teknisk kommitté CEN/TC 250 "Structural Eurocodes", vars sekretariat hålls av BSI. CEN/TC 250 är ansvarig för alla Eurokoder.

Detta dokument är för närvarande föremål för formell omröstning.

Detta dokument skall ges status som nationell standard, antingen genom publicering av en identisk text eller genom ikraftsättning senast i november 2006, och motstridande nationella standarder skall upphävas senast i mars 2010.

Enligt CEN/CENELECs interna bestämmelser skall de nationella standardiseringsorganen i följande länder fastställa denna europastandard: Belgien, 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.

Bakgrund till Eurokodprogrammet

EU-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 EU-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.

EU-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 EU-kommissionen samt EUs och EFTAs medlemsländer, genom ett avtal¹ mellan EU-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 EU-direktiv och/eller kommissionsbeslut som berör europastandarder (t.ex. EU-direktiv 89/106/EEC gällande byggprodukter - CPD – och EU-direktiven 93/37/EEC, 92/50/EEC och 89/440/EEC 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
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

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

SS-EN 1991-4:2006 (Sv)

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

EUs 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 EUs direktiv 89/106/EEC, 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 tolkningsdokument² som hänvisas till i artikel 12 i CPD, trots att Eurokoderna är av annan natur än harmoniserade produktstandarder³. 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.*)

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 :

- 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.

² 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).

³ 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.

*) Nationell fotnot: Här åsyftas Bilaga NA.

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 byggande⁴ 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 1991-4

EN 1991-4 ger vägledning för bestämning av laster vid dimensionering av silor och cisterner.

EN 1991-4 är avsedd att användas av byggherrar, beställare, projektörer, entreprenörer och behöriga myndigheter.

EN 1991-4 är avsedd att användas tillsammans med EN 1990, med de andra delarna av EN 1991, med EN 1992 och EN 1993, och med de andra delarna av EN 1994 till 1999 som är relevanta för dimensionering av silor och cisterner.

Nationell bilaga till EN 1991-4

Denna standard innehåller alternativa metoder, värden och rekommendationer avseende klasser med anmärkningar som anger var nationella val kan behöva göras. Den nationella standard som inför EN 1994-1 bör därför innehålla en nationell bilaga som anger alla nationellt valda parametrar som ska tillämpas vid dimensionering av byggnader och anläggningar som ska uppföras i det aktuella landet.

Nationella val i EN 1993-3-1 är tillåtna i:

- 2.5 (5)
- 3.6 (2)
- 5.2.4.3.1 (3)
- 5.4.1 (3)
- 5.4.1 (4)
- A.4 (3)
- B.2.14 (1)

⁴ 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.

SS-EN 1991-4:2006 (Sv)

1 Allmänt

1.1 Omfattning

1.1.1 Omfattning av EN 1991 – Eurokod 1

(1)P EN 1991 ger vägledning och laster för dimensionering av bärverk i byggnader och anläggningar inklusive vissa geotekniska avseenden och ska användas tillsammans med EN 1990 och EN 1992-1999.

(2) EN 1991 omfattar även dimensionering under byggskedet och dimensionering av tillfälliga konstruktioner. Den avser alla förhållanden under vilka det krävs tillräcklig prestanda av en konstruktion.

(3) EN 1991 är inte direkt avsedd för bedömning av befintliga konstruktioner, dimensionering vid reparation eller ombyggnad, eller bedömning av förändringar vid annan användning.

(4) EN 1991 omfattar inte fullt ut speciella dimensioneringssituationer som kräver överväganden av tillförlitlighet utöver det vanliga som kärnkraftskonstruktioner för vilka föreskrivna dimensioneringsmetoder bör användas.

1.1.2 Omfattning av EN 1991-4 Lastert på bärverk: silor och behållare

(1)P Denna del ger vägledning och laster för dimensionering av silor för lagring av granulärt material och cisterner för lagring av vätskor och ska användas tillsammans med EN 1990, andra delar av EN 1991 och EN 1992 till EN 1999.

(2) Denna del omfattar även vissa bestämmelser för laster på silor och cisterner som inte endast är relaterade till lagrade gods eller vätskor (t.ex. effekterna av temperaturskillnader, aspekter av olika sättningar hos grupper av silor)

(3) Följande geometriska begränsningar gäller för dimensioneringsreglerna för silor:

— silons tvärsnittsformer är begränsade till de som visas i figur 1.1d. Mindre variationer kan tillåtas om de konsekvenserna av de resulterande tryckförändringarna beaktas;

— följande begränsningar gäller för silons dimensioner:

$$h_b/d_c < 10$$

$$h_b < 100 \text{ m}$$

$$d_c < 60 \text{ m}$$

— övergången ligger i ett enda horisontalt plan (se figur 1.1a);

— silon är inte försedd med en inre konstruktion såsom en kon eller pyramid med spetsen vänd uppåt, etc. Rektangulära silor kan dock ha inre dragstag.

(4) Följande begränsningar avseende lagrat gods gäller för dimensioneringsreglerna för silor:

— varje silo dimensioneras för ett fastställt intervall av egenskaper för det lagrade godset;

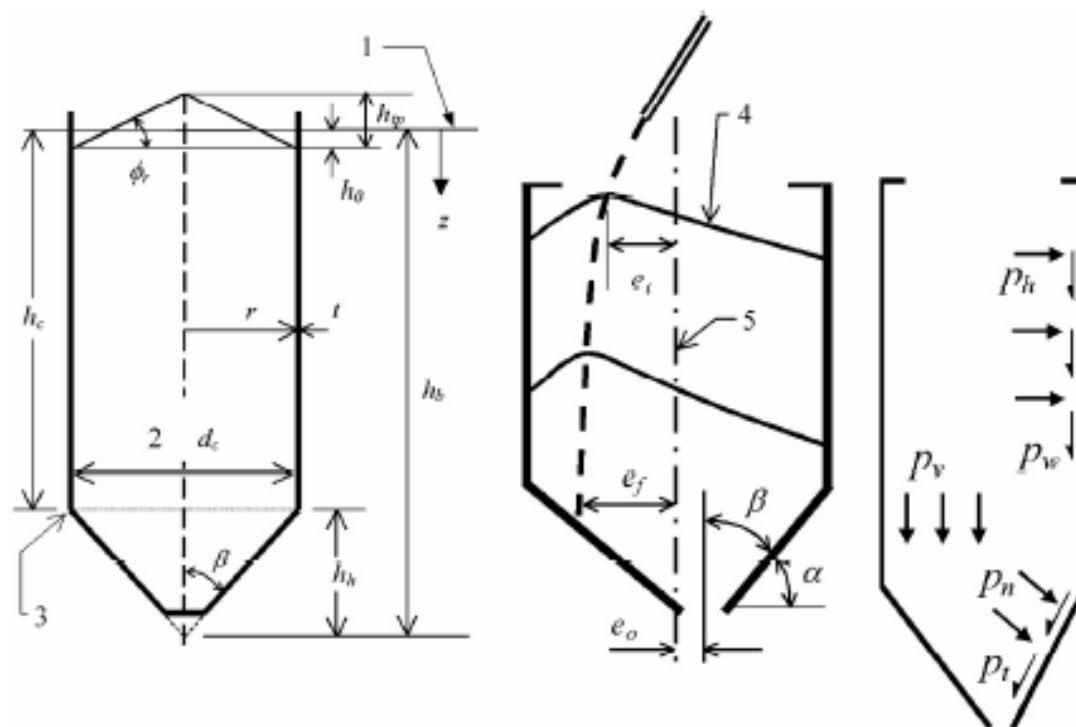
— det lagrade godset är fritt flytande, eller det kan säkerställas att godset kan bete sig som om det vore fritt flytande i det betraktade fallet (se 1.5.12 och Bilaga C);

— den maximala partikeldiametern för det lagrade godset är inte större än $0,03d_c$ (se figur 1.1d).

ANM. När partiklar är stora jämfört med siloväggens tjocklek, bör hänsyn tas till effekterna av enstaka partiklar som leder till lokala laster på väggen.

(5) Följande begränsningar avseende anordningarna för påfyllning och tömning gäller för dimensioneringsreglerna för silor:

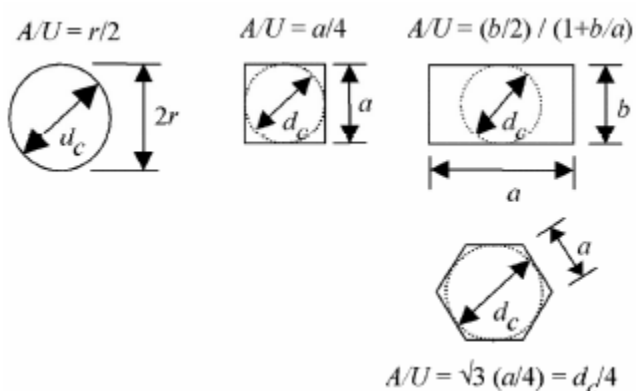
- påfyllning medför endast försumbara tröghetseffekter och stötar;
- om tömningsanordningar används (t.ex. matare eller inre flödesrör) förutsätts godsets flöde vara jämnt och centriskt.



a) Geometri

b) Excentriciteter

c) Tryck och drag



d) Tvärsnittsformer

Förklaring

- 1 Ekvivalent yta
- 2 Inre dimension
- 3 Övergång
- 4 Ytans profil vid full silo
- 5 Silons centrumlinje

Figur 1.1: Siloformer som visar dimensioner och teckenförklaringar för tryck

SS-EN 1991-4:2006 (Sv)

(6) Endast trattar som är koniska (dvs. rotationssymmetriska), pyramidformade eller kilformade (dvs. med vertikala gavlar) behandlas i denna standard. Andra trattformar och trattar med inre delar kräver särskilda överväganden.

(7) Vissa silor med en systematisk icke-symmetrisk geometri behandlas inte specifikt i denna standard. Dessa fall inkluderar mejselformade trattar (dvs. kilformade trattar under en cylinder) och pyramidformade trattar med många sidor.

(8) Dimensioneringsreglerna för cisterner gäller endast för lagring av vätskor vid normalt atmosfäriskt tryck.

(9) Laster på silor och cisterner tas ges i den tillämpliga av EN 1991-1-1, EN 1991-1-3 till EN 1991-1-7 och EN 1991-3.

(10) Dimensionering av silor avseende tillförlitlig tömning ligger utanför tillämpningsområdet för denna standard.

(11) Dimensionering av silor för dynamiska belastningar som kan uppstå vid tömning, t.ex. skalv, stötar, tutande, dunkande eller andra ljud ligger utanför tillämpningsområdet för denna standard.

ANM. Dessa fenomen är inte tillräckligt utredda. Användningen av denna standard säkerställer inte att de inte kan uppstå, eller att konstruktionen är utformad för att motstå dem.

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).

ISO 3898 Basis of design for structures - Notation - General symbols;

ANM. Följande europeiska standarder som är publicerade eller under utarbetande citeras på lämpliga ställen i texten:

EN 1990	Basis of structural design
EN 1991-1-1	Eurocode 1: Actions on structures: Part 1.1 Densities, self-weight and imposed loads for buildings
EN 1991-1-2	Eurocode 1: Actions on structures: Part 1.2: Actions on structures exposed to fire
EN 1991-1-3	Eurocode 1: Actions on structures: Part 1.3: Snow loads
EN 1991-1-4	Eurocode 1: Actions on structures: Part 1.4: Wind actions
EN 1991-1-5	Eurocode 1: Actions on structures: Part 1.5: Thermal actions
EN 1991-1-6	Eurocode 1: Actions on structures: Part 1.6: General actions. Actions during execution
EN 1991-1-7	Eurocode 1: Actions on structures: Part 1.7: Accidental actions
EN 1991-2	Eurocode 1: Actions on structures: Part 2: Traffic loads on bridges
EN 1991-3	Eurocode 1: Actions on structures: Part 3: Actions induced by cranes and machinery
EN 1992	Eurocode 2: Design of concrete structures
EN 1992-4	Eurocode 2: Design of concrete structures: Part 4: Liquid retaining and containment structures
EN 1993	Eurocode 3: Design of steel structures
EN 1993-1-6	Eurocode 3: Design of steel structures: Part 1.6: Strength and stability of shell structures
EN 1993-4-1	Eurocode 3: Design of steel structures: Part 4.1: Silos
EN 1993-4-2	Eurocode 3: Design of steel structures: Part 4.2: Tanks
EN 1994	Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures
EN 1995	Eurocode 5: Design of timber structures

EN 1996	Eurocode 6: Design of masonry structures
EN 1997	Eurocode 7: Geotechnical design
EN 1998	Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance
EN 1999	Eurocode 9: Design of aluminium alloy structures

1.3 Förutsättningar

(1)P De allmänna förutsättningarna i EN 1990, 1.3 gäller.

1.4 Skillnaden mellan principer och råd

(1) Beroende på karaktären av de individuella styckena i denna del indelas de i *principer* och *råd*.

(2) Principerna utgörs av:

- allmänna utsagor och definitioner där det inte finns något alternativ, liksom;
- krav och analytiska modeller för vilka inga alternativ tillåts såvida detta inte särskilt anges.

(3) Principerna markeras med bokstaven P efter styckets nummer.

(4) Råden består av allmänt vedertagna regler som stämmer överens med principerna och som uppfyller kraven i dessa.

(5) Det är tillåtet att använda alternativa dimensioneringsregler, som skiljer sig från de råd som anges i denna del, under förutsättning att det påvisas att de alternativa reglerna uppfyller kraven i de aktuella principerna och leder till minst samma säkerhetsnivå.

(6) I denna del markeras råden med ett nummer inom parentes, t. ex. som i detta stycke.

1.5 Termer och definitioner

För denna standard gäller definitioner i EN 1990, 1.5 samt de ytterligare definitioner som ges nedan och som är specifika till denna del.

1.5.1

ventilerad silobotten

en silobotten i vilken slitsar används för att spruta in luft i godset för att aktivera flödet i anslutning till silobotten (se figur 3.5b)

1.5.2

karaktéristisk dimension för silons inre tvärsnitt

den karaktéristiska dimensionen d_c är diametern för den största cirkeln som ryms inom silons tvärsnitt (se figur 1.1d)

1.5.3

cirkulär silo

en silo med cirkulärt tvärsnitt (se figur 1.1d)

1.5.4

kohesion

skjuvhållfastheten hos det lagrade godset när normalspänningen i brottplanet är noll

1.5.5

konisk hatt

en tratt för vilken de lutande sidorna konvergerar mot en enda punkt med avsikt att producera ett rotations-symmetriskt flöde i det lagrade godset

SS-EN 1991-4:2006 (Sv)

1.5.6

excentrisk tömning

flödesmönster i det lagrade godset där fördelningen av det rörliga godset är icke-symmetriskt med avseende på silons centrumlinje. Normalt uppstår detta som följd av ett excentriskt utlopp (se figurer 3.2c och d, 3.3b och c), men det kan även orsakas av andra icke-symmetriska fenomen (se figur 3.4d)

1.5.7

excentrisk påfyllning

ett tillstånd under eller efter påfyllning i vilket toppen av det lagrade godset inte är belägen på silons vertikala centrumlinje (se figur 1.1b)

1.5.8

ekvivalent yta

plan yta som ger samma godsvolym som den verkliga ytan (se figur 1.1a)

1.5.9

tratt för ”utökat flöde” (expanded flow)

en tratt i vilken den nedre delen har tillräckligt branta sidor för att orsaka massflöde, medan den övre delen är svagt lutande och trattflöde (eller kärnflöde) förväntas (se figur 3.5d). Detta ändamålsenliga arrangemang minskar trattens höjd och garanterar samtidigt en tillförlitlig tömning

1.5.10

plan botten

silons inre botten, när lutningen mot horisontalplanet är mindre än 5°

1.5.11

flödesmönster

den geometriska formen av det utströmmande godset när flödet är stationärt (se figurer 3.1-3.4). Silon är nära fyllt tillstånd

1.5.12

fluidiserat material

ett tillstånd hos lagrat fint partikelformigt material som innehåller en hög andel av interstitiell luft med en tryckgradient som bär partiklarnas vikt. Luften kan införas antingen genom luftning eller vid påfyllning. Ett material kan vara delvis fluidiserat när endast en del av partiklarnas vikt bärs av den interstitiella lufttryckgradienten

1.5.13

fritt flödande granulärt material

ett granulärt material vars flödesbeteende inte signifikant påverkas av kohesion

1.5.14

helt fyllt tillstånd

en silo sägs vara i helt fyllt tillstånd när godsets toppyta är i det högsta läge som anses möjligt under driftförhållanden under konstruktionens livstid. Detta är silons antagna dimensionerande tillstånd

1.5.15

trattflöde (eller kärnflöde)

ett flödesmönster i vilket en kanal av flödande material utvecklas inom ett begränsat område ovanför utloppet och materialet intill väggen nära utloppet förblir stillastående (se figur 3.1). Flödeskanalen kan komma i kontakt med de vertikala väggarna (blandat flöde) eller sträcka sig ända till godsets toppyta (rörflöde)

1.5.16

granulärt material

ett partikelformigt material i vilket alla partiklar är så stora att interstitiell luft endast spelar en liten roll vid bestämning av tryck och flöde för stora mängder material

1.5.17

hög påfyllningshastighet

tillståndet i en silo där den snabba påfyllningen kan leda till inneslutning av luft i det lagrade godset i en sådan utsträckning att trycket som verkar på väggarna ändras avsevärt jämfört med trycket utan luftinneslutning

1.5.18

homogeniserad fluidiserad silo

en silo i vilken det partikelformiga materialet är fluidiserat för att underlätta blandningen

1.5.19

tratt

silobotten med lutande väggar

1.5.20

trattens tryckförhållande F

förhållandet mellan det normala trycket p_n på trattens lutande vägg och den vertikala medelspänningen p_v i materialet vid samma nivå

1.5.21

silo med intermediär slankhet

en silo där $1,0 < h_c/d_c < 2,0$ (med undantag enligt definitionen i 3.3)

1.5.22

inre rörlöde

ett rörlödesmönster i vilket flödeskanalen sträcker sig ända upp till godsets toppyta utan kontakt med väggarna (se figur 3.1 och 3.2)

1.5.23

horisontallastförhållande K

förhållandet mellan det genomsnittliga horisontella trycket på silons vertikala väggar och den genomsnittliga vertikala spänningen i materialet vid samma nivå

1.5.24

låg kohesion

ett partikelformigt material har låg kohesion om kohesionen c är mindre än 4 % av förkonsolideringsspanningen σ_r (en metod för att bedöma kohesionen ges i C.9)

1.5.25

massflöde

ett flödesmönster i vilket alla lagrade partiklar rör sig samtidigt vid tömning (se figur 3.1a)

1.5.26

blandat flöde

ett trattflödesmönster i vilket flödeskanalen kommer i kontakt med silons väggar vid en punkt nedanför godsets yta (se figur 3.1c och 3.3)

1.5.27

icke-cirkulär silo

en silo vars horisontella tvärsnitt har en form som inte är cirkulär (se figur 1.1d)

1.5.28

partikelformigt material

ett material i form av många diskreta och oberoende partiklar

1.5.29

lokal last

en lokal last som verkar i ett visst område på någon del av silons vertikala vägg

SS-EN 1991-4:2006 (Sv)

1.5.30

rörflöde

ett flödesmönster i vilket partikelformigt material rör sig i en vertikal eller nära vertikal kanal medan det omgivande materialet är still (se figurer 3.1b och 3.2). Om utloppet är excentriskt (se figurer 3.2c och d) eller om specifika faktorer leder till att flödeskanalen inte befinner sig ovanför utloppet (se figur 3.4d), kan flödet uppstå mot siloväggen

1.5.31

plant flöde

ett flödesmönster i en silo med kvadratisk eller rektangulärt tvärsnitt och ett utlopp i form av en slits. Slitsen är parallell med två av silons väggar och dess längd är lika med längden av dessa väggar

1.5.32

pulver

vid tillämpning av denna standard klassas ett material som pulver om dess genomsnittliga partikelstorlek är mindre än 0,05 mm

1.5.33

tryck

kraft per ytenhet vinkelrätt mot en silovägg

1.5.34

stödmursilo

en silo vars botten är plan och där $h_c/d_c \leq 0,4$

1.5.35

flask tratt

en tratt i vilken det fulla värdet av väggfriktion inte utnyttjas efter påfyllning av silon

1.5.36

silo

konstruktion som används för lagring av partikelformigt material (t ex bunker, behållare eller silo)

1.5.37

slank silo

en silo där $h_c/d_c \geq 2,0$ eller som uppfyller de tillkommande krav som definieras i 3.3

1.5.38

slankhet

dimensionsförhållandet h_c/d_c för silons vertikala del

1.5.39

låg och bred silo

en silo där $0,4 < h_c/d_c \leq 1,0$ eller som uppfyller de tillkommande krav som definieras i 3.3. Om $h_c/d_c \leq 0,4$, är silon låg och bred om det finns en tratt men den är en stödmursilo om botten är plan

1.5.40

brant tratt

en tratt i vilken det fulla värdet av väggfriktion utnyttjas efter påfyllning av silon

1.5.41

spänning i lagrat gods

kraft per ytenhet inom det lagrade godset

1.5.42

cistern

konstruktion för lagring av vätskor

1.5.43

tjockväggig silo

en silo med ett karakteristiskt förhållande mellan diameter och vägg tjocklek mindre än $d_c/t = 200$

1.5.44

tunnväggig cirkulär silo

en cirkulär silo med ett förhållande mellan diameter och vägg tjocklek större än $d_c/t = 200$

1.5.45

väggfriktionslast

kraft per ytenhet parallell med siloväggen (vertikal eller lutande)

1.5.46

övergång

skärningspunkten mellan tratt och vertikal vägg

1.5.47

avsnitt med vertikala väggar

silons eller cisternens del med vertikala väggar

1.5.48

kilformad tratt

en tratt i vilken de lutande sidorna bildar en slits med syfte att producera ett plant flöde i det lagrade godset. De andra två trattväggar är vanligtvis vertikala

1.6 Beteckningar som används i Eurokod 1 del 4

En lista med grundläggande beteckningar ges i EN 1990. Följande beteckningar är specifika för denna del. Använda beteckningar baseras på ISO 3898:1987.

1.6.1 Versala latinska bokstäver

- A* plan tvärsnittsarea för del med vertikala väggar
- A_c* plan tvärsnittsarea för flödeskanal vid excentrisk tömning
- B* djupparameter för excentriskt påfyllda låga silor
- C* lastförstoringsfaktor
- C_o* tömningsfaktor (lastförstoringsfaktor) för godset
- C_{op}* referensfaktor (lastförstoringsfaktor) för lokal last från godset
- C_b* förstoringsfaktor för bottenlast
- C_h* förstoringsfaktor för horisontellt tryck vid tömning
- C_{pe}* förstoringsfaktor för lokal tömningslast
- C_{pt}* förstoringsfaktor för lokal påfyllningslast
- C_s* justeringsfaktor för slankhet för medelslanka silor
- C_T* förstoringsfaktor för beaktande av temperaturskillnader
- C_w* förstoringsfaktor för väggfriktionskraft vid tömning
- E* förhållande mellan flödeskanalens excentricitet och siloradie