

# *Geregistreeerde Belgische norm*

**NBN EN 1991-4 NL**

1e uitg., februari 2013

**Normklasse: B 03**

## **Eurocode 1 - Belastingen op constructies - Deel 4 : Silo's en tanks (+ AC:2012)**

Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 4 : Silos et réservoirs (+ AC:2012)

Eurocode 1 - Actions on structures - Part 4 : Silos and tanks (+ AC:2012)

### **Toelating tot publicatie: 22 februari 2013**

Vervangt NBN ENV 1991-4 (1995).

Deze Europese norm EN 1991-4:2006 heeft de status van een Belgische norm.

Deze Europese norm bestaat in drie officiële versies (Duits, Engels, Frans).

De Nederlandstalige versie is uitgegeven onder de verantwoordelijkheid van het NBN. Deze NBN EN 1991-4 NL is identiek aan de NBN EN 1991-4, 1<sup>o</sup> uitg., november 2006 en heeft dezelfde status als de officiële versies.

Hoewel de grootste zorg is besteed aan deze Nederlandstalige uitgave, kunnen fouten en onvolledigheden niet geheel worden uitgesloten. Het NBN kan dan ook niet aansprakelijk worden gesteld voor rechtstreekse en/of onrechtstreekse schade, ontstaan door of verband houdend met de toepassing van deze uitgave.

Deze norm mag in België slechts samen met zijn nationale bijlage (ANB) worden toegepast. Deze laatste legt hoofdzakelijk de waarden van de parameters vast die op nationaal vlak worden bepaald.



**Bureau voor Normalisatie - Birminghamstraat 131 - 1070 Brussel - België**

Tel: +32 2 738 01 12 - Fax: +32 2 733 42 64 - E-mail: [info@nbn.be](mailto:info@nbn.be) - NBN Online: [www.nbn.be](http://www.nbn.be)  
Bank 000-3255621-10 IBAN BE41 0003 2556 2110 BIC BPOTBEB1 BTW BE0880857592

# *norme belge enregistrée*

## **NBN EN 1991-4 NL**

1e éd., février 2013

**Indice de classement: B 03**

### **Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 4 : Silos et réservoirs (+ AC:2012)**

Eurocode 1 - Belastingen op constructies - Deel 4 : Silo's en tanks (+ AC:2012)

Eurocode 1 - Actions on structures - Part 4 : Silos and tanks (+ AC:2012)

#### **Autorisation de publication: 22 février 2013**

Remplace NBN ENV 1991-4 (1995).

La présente norme européenne EN 1991-4:2006 a le statut d'une norme belge.

La présente norme européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français).

La version en néerlandais est publiée sous la responsabilité du NBN. Cette norme NBN EN 1991-4 NL est identique à la NBN EN 1991-4, 1e éd., novembre 2006 et a le même statut que les versions officielles.

Bien que le plus grand soin ait été apporté à la réalisation de cette édition néerlandaise, des erreurs ou omissions ne peuvent être totalement exclues. Par conséquent, le NBN décline toute responsabilité pour les dommages directs et/ou indirects dus ou liés à l'application de la présente édition.

Cette norme ne peut être utilisée en Belgique qu'en combinaison avec son annexe nationale (ANB) qui fixe principalement la valeur des paramètres à déterminer au niveau national.



**Bureau de Normalisation - Rue de Birmingham 131 - 1070 Bruxelles - Belgique**

Tél: +32 2 738 01 12 - Fax: +32 2 733 42 64 - E-mail: info@nbn.be - NBN Online: www.nbn.be  
Banque 000-3255621-10 IBAN BE41 0003 2556 2110 BIC BPOTBEB1 TVA BE0880857592

EUROPESE NORM  
EUROPÄISCHE NORM  
EUROPEAN STANDARD  
NORME EUROPÉENNE

EN 1991-4

mei 2006

ICS 91.010.30

Vervangt ENV 1991-4:1995

Nederlandstalige versie

**Eurocode 1 - Belastingen op constructies - Deel 4 : Silo's en opslagtanks**

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

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

Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 4: Silos et réservoirs

Deze Europese norm is door de CEN aangenomen op 12 oktober 2005. De Nederlandstalige versie is uitgegeven onder verantwoordelijkheid van het NBN en heeft dezelfde status als de officiële versies.

De CEN-leden zijn verplicht zich te houden aan het huishoudelijk reglement van de CEN/CENELEC waarin is vastgelegd onder welke voorwaarden aan deze Europese norm, zonder veranderingen, de status van nationale norm moet worden gegeven. Bijgewerkte lijsten van en bibliografische gegevens betreffende zulke nationale normen kunnen op aanvraag worden verkregen bij het centrale secretariaat en bij elk CEN-lid.

Deze Europese norm bestaat in drie officiële versies (Duits, Engels en Frans). Een versie in een andere taal, die onder verantwoordelijkheid van een CEN-lid in zijn landstaal is gemaakt en die is aangemeld bij het centrale secretariaat, heeft dezelfde status als de officiële versies.

Leden van de CEN zijn de nationale normalisatie-organisaties van België, Bulgarije, Cyprus, Denemarken, Duitsland, Estland, Finland, Frankrijk, Griekenland, Hongarije, Ierland, IJsland, Italië, Kroatië, Letland, Litouwen, Luxemburg, Malta, Nederland, Noorwegen, Oostenrijk, Polen, Portugal, Roemenië, Slovenië, Slowakije, Spanje, Tsjechië, het Verenigd Koninkrijk, Zweden en Zwitserland.



EUROPESE COMMISSIE VOOR NORMALISATIE  
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG  
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION  
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION  
CEN Managementcentrum: Marnixlaan 17, B-1000 Brussel



# NATIONAAL VOORWOORD VAN NBN EN 1991-4:2006

1. De norm NBN EN 1991-4:2006 «Eurocode 1 – Belastingen op constructies – Deel 4: Silo's en opslagtanks» omvat de nationale bijlage NBN EN 1991-4 ANB:2011 met een normatief karakter in België. Hij vervangt vanaf de datum van de publicatie in het Belgisch Staatsblad van de bekrachtiging van de norm NBN EN 1991-4 ANB:2011, de volgende norm:

*NBN ENV 1991-4:1995 "Eurocode 1 – Grondslag voor ontwerp en belasting op draagsystemen - Deel 4: Belastingen in silo's en opslagtanks"*

2. De Europese normen (EN) waarnaar de tekst van deze norm met hun Engelse titel verwijst, dragen in België de volgende Nederlandstalige titels:

Vermelde norm	Nederlandstalige titel (NBN)
EN 1990 Basis of structural design	NBN EN 1990 Grondslag voor constructief ontwerp
EN 1991-1-1 Eurocode 1: Actions on structures : Part 1.1 : Densities, self-weight and Imposed loads	NBN EN 1991-1-1 Eurocode 1: Belastingen op constructies Deel 1-1 : Algemene belastingen – Dichtheden, eigen gewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen
EN 1991-1-2 Eurocode 1: Actions on structures : Part 1.2 : Actions on structures exposed To fire	NBN EN 1991-1-2 Eurocode 1: Belastingen op constructies Deel 1-2: Algemene belastingen – Belasting bij brand
EN 1991-1-3 Eurocode 1: Actions on structures : Part 1.3 : Snow loads	NBN EN 1991-1-3 Eurocode 1: Belastingen op constructies Deel 1-3 : Algemene belastingen – Sneeuwbelasting
EN 1991-1-4 Eurocode 1: Actions on structures : Part 1.4 : Wind actions	NBN EN 1991-1-4 Eurocode 1: Belastingen op constructies Deel 1-4: Algemene belastingen – Windbelasting
EN 1991-1-5 Eurocode 1: Actions on structures : Part 1.5 : Thermal actions	NBN EN 1991-1-5 Eurocode 1: Belastingen op constructies Deel 1-5: Algemene belastingen – Thermische belasting
EN 1991-1-6 Eurocode 1: Actions on structures : Part 1.6 : General actions. Actions During execution	NBN EN 1991-1-6 Eurocode 1: Belastingen op constructies Deel 1-6: Algemene belastingen – Belastingen tijdens uitvoering

## NBN EN 1991-4 ANB (2011)

EN 1991-1-7 Eurocode 1: Actions on structures : Part 1.7 : Accidental actions	NBN EN 1991-1-7 Eurocode 1: Belastingen op constructies Deel 1-7: Algemene belastingen – Buitengewone belastingen: stootbelastingen en ontploffingen
EN 1991-2 Eurocode 1: Actions on structures : Part 2 : Traffic loads on bridges	NBN EN 1991-2 Eurocode 1: Belastingen op constructies Deel 2: Verkeersbelasting op bruggen
EN 1991-3 Eurocode 1 : Actions on structures : Part 3 : Actions induced by cranes and Machinery	NBN EN 1991-3 Eurocode 1: Belastingen op constructies Deel 3: Belastingen veroorzaakt door kranen en machines
EN 1992 Eurocode 2 : Design of concrete structures	NBN EN 1992 Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies
EN 1992-3 Eurocode 2: Design of concrete structures : Part 3 : Liquid retaining and containment structures	NBN EN 1992-3 Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies: Deel 3: Constructies voor kernen en opslaan van stoffen
EN 1993 Eurocode 3: Design of steel Structures	EN 1993 Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies
EN 1993-1-6 Eurocode 3: Design of steel structures : General rules Part 1.6 : supplementary rules for the strength and stability of shell structures	EN 1993-1-6 Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies Deel 1-6: Sterkte en stabiliteit van Schaalconstructies
EN 1993-4-1 Eurocode 3: Design of steel structures : Part 4.1 : Silos	EN 1993-4-1 Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies Deel 4-1: Silo's
EN 1993-4-2 Eurocode 3: Design of steel structures : Part 4.2 : Tanks	EN 1993-4-2 Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies Deel 4-2: Opslagtanks
EN 1994 Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures	EN 1994 Eurocode 4: Ontwerp en berekening van staal-betonconstructies
EN 1995 Eurocode 5: Design of timber structures	EN 1995 Eurocode 5 - Ontwerp en berekening van houtconstructies
EN 1996 Eurocode 6: Design of masonry structures	EN 1996 Eurocode 6 - Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk
EN 1997 Eurocode 7: Geotechnical Design	EN 1997 Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp
EN 1998 Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance	EN 1998 Eurocode 8: Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies

EN 1999 Eurocode 9: Design of aluminium alloy structures	EN 1999 Eurocode 9: Ontwerp en berekening van aluminiumconstructies
--	---





INHOUD	Pagina
<b>Voorwoord</b> .....	<b>5</b>
Achtergrond van het Eurocode-programma.....	5
Status en toepassingsgebied van de Eurocodes .....	6
Nationale normen als implementatie van de Eurocodes .....	6
Verbanden tussen Eurocodes en geharmoniseerde technische voorschriften (EN's en ETA's) voor bouwproducten .....	7
Aanvullende informatie specifiek voor EN 1991-4 .....	7
Nationale bijlage voor EN 1991-4 .....	7
<b>Hoofdstuk 1 Algemeen</b> .....	<b>8</b>
1.1 Toepassingsgebied.....	8
1.1.1 Toepassingsgebied van EN 1991 - Eurocode 1.....	8
1.1.2 Toepassingsgebied van EN 1991-4 belastingen op constructies: silo's en opslagtanks.....	8
1.2 Normatieve verwijzingen.....	11
1.3 Aannamen .....	12
1.4 Onderscheid tussen beginselen en toepassingsregels.....	12
1.5 Definities .....	12
1.6 Symbolen gebruikt in Deel 4 van Eurocode 1 .....	17
1.6.3 Griekse hoofdletters .....	21
1.6.4 Griekse kleine letters .....	21
1.6.5 Indices.....	22
<b>Hoofdstuk 2 Weergave en classificatie van de belastingen</b> .....	<b>24</b>
2.1 Weergave van de belastingen op silo's .....	24
2.2 Weergave van de belastingen op opslagtanks .....	25
2.3 Classificatie van de belastingen op silo's .....	25
2.4 Classificatie van belastingen op opslagtanks .....	25
2.5 Belastingevaluatieclassificatie .....	25
<b>Hoofdstuk 3 Ontwerpsituaties</b> .....	<b>27</b>
3.1 Algemeen.....	27
3.2 Ontwerpsituaties voor opgeslagen vaste stoffen in silo's .....	27
3.3 Ontwerpsituaties voor verschillende geometrische schikkingen voor een silo .....	29
3.4 Ontwerpsituaties voor specifieke constructievormen .....	33
3.5 Ontwerpsituaties voor in opslagtanks opgeslagen vloeistoffen .....	34
3.6 Grondbeginselen voor het ontwerp en de berekening bij ontploffingen .....	34
<b>Hoofdstuk 4 Eigenschappen van korrelachtige vaste stoffen</b> .....	<b>35</b>
4.1 Algemeen.....	35
4.2 Eigenschappen van korrelachtige vaste stoffen .....	37
4.2.1 Algemeen.....	37
4.2.2 Beproeven en beoordelen van eigenschappen van vaste stoffen.....	38
4.2.3 Vereenvoudigde benadering .....	39
4.3 Beproeven van korrelachtige vaste stoffen .....	39
4.3.1 Beproevingprocedures .....	39
4.3.2 Volumiek bulkgewicht $\gamma$ .....	40
4.3.3 Coëfficiënt van wandwrijving $\mu$ .....	40
4.3.4 Hoek van inwendige wrijving $\phi_1$ .....	40
4.3.5 Zijdelingse drukverhouding $K$ .....	41
4.3.6 Cohesie $c$ .....	41
4.3.7 Referentiefactor $C_{Op}$ voor strookbelasting bij vaste stoffen.....	41
<b>Hoofdstuk 5 Belastingen op de verticale wanden van silo's</b> .....	<b>43</b>
5.1 Algemeen.....	43
5.2 Slanke silo's.....	43
5.2.1 Vulbelastingen op verticale wanden .....	43

5.2.2	Leegloopbelastingen op verticale wanden .....	48
5.2.3	Substituerende gelijkvormige drukvermeerdering voor strookbelastingen bij vullen en ledigen .....	53
5.2.4	Leegloopbelastingen voor cirkelvormige silo's met grote uitlaatexcentriciteiten .....	54
5.3	Squat silo's en silo's met gemiddelde slankheid .....	59
5.3.1	Vulbelastingen op verticale wanden .....	59
5.3.2	Leegloopbelastingen op verticale wanden .....	61
5.3.3	Vulbelastingen met grote excentriciteit in squat silo's en silo's met gemiddelde slankheid .....	63
5.3.4	Leegloopbelastingen met grote excentriciteit in squat silo's en cirkelvormige silo's met gemiddelde slankheid .....	65
5.4	Retaining silo's .....	65
5.4.1	Vulbelastingen op verticale wanden .....	65
5.4.2	Leegloopbelastingen op verticale wanden .....	66
5.5	Silo's met vaste stoffen met meegesleurde lucht .....	66
5.5.1	Algemeen .....	66
5.5.2	Belastingen in silo's met gefluïdiseerde vaste stoffen .....	67
5.6	Thermische differentialen tussen opgeslagen vaste stoffen en de siloconstructie .....	67
5.6.1	Algemeen .....	67
5.6.2	Drukken ten gevolge van de vermindering van de atmosferische omgevingstemperatuur .....	68
5.6.3	Drukken ten gevolge van vullen met warme vaste stoffen .....	68
5.7	Belastingen in rechthoekige silo's .....	69
5.7.1	Rechthoekige silo's .....	69
5.7.2	Silo's met inwendige trekbanden .....	69
<b>Hoofdstuk 6 Belastingen op silotrechters en silobodems .....</b>		<b>70</b>
6.1	Algemeen .....	70
6.1.1	Fysische eigenschappen .....	70
6.1.2	Algemene regels .....	71
6.2	Vlakke bodems .....	73
6.2.1	Verticale drukken op vlakke bodems in slanke silo's .....	73
6.2.2	Verticale drukken op vlakke bodems in squat silo's en silo's met gemiddelde slankheid .....	73
6.3	Steile trechters .....	75
6.3.1	Aangesproken wrijving .....	75
6.3.2	Vulbelastingen .....	75
6.3.3	Leegloopbelastingen .....	75
6.4	Stompe trechters .....	77
6.4.1	Aangesproken wrijving .....	77
6.4.2	Vulbelastingen .....	77
6.4.3	Leegloopbelastingen .....	77
6.5	Trechters in silo's welke vaste stoffen bevatten met meegesleurde lucht .....	77
<b>Hoofdstuk 7 Belastingen van vloeistoffen op opslagtanks .....</b>		<b>79</b>
7.1	Algemeen .....	79
7.2	Belastingen te wijten aan opgeslagen vloeistoffen .....	79
7.3	Vloeistofeigenschappen .....	79
7.4	Zuiging te wijten aan onaangepaste verluchting .....	79
<b>Bijlage A (Informatief) Grondslagen van het ontwerp en de berekening – aanvullende alinea's bij EN 1990 voor silo's en opslagtanks .....</b>		<b>80</b>
A.1	Algemeen .....	80
A.2	Uiterste grenstoestand .....	80
A.3	Belastingen voor combinaties .....	80
A.4	Ontwerpsituaties en belastingcombinaties voor belastingbeoordelingklassen 2 en 3 .....	81
A.5	Belastingcombinaties voor belastingbeoordelingklasse 1 .....	84
<b>Bijlage B (Informatief) Belastingen, partiële factoren en combinaties van belastingen op opslagtanks .....</b>		<b>85</b>
B.1	Algemeen .....	85
B.2	Belastingen .....	85
B.3	Partiële factoren voor belastingen .....	87
B.4	Belastingcombinaties .....	87

<b>Bijlage C (Normatief) Meting van de eigenschappen van vaste stoffen voor de beoordeling van silobelastingen .....</b>	<b>88</b>
C.1 Voorwerp .....	88
C.2 Toepassingsgebied .....	88
C.3 Notaties .....	88
C.4 Definities .....	89
C.5 Monsterneming en voorbereiding van de monsters .....	89
C.6 Volumiek bulkgewicht $\gamma$ .....	90
C.7 Wandwrijving .....	91
C.8 Zijdelingse drukverhouding $K$ .....	93
C.9 Sterkteparameters: cohesie $c$ en hoek van inwendige wrijving $\phi_1$ .....	94
C.10 Werkelijke elasticiteitsmodulus $E_S$ .....	98
C.11 Beoordeling van de bovenste en onderste karakteristieke waarden van een eigenschap en bepaling van de omzettingfactor $a$ .....	100
<b>Bijlage D (Normatief) Beoordeling van eigenschappen van vaste stoffen voor de beoordeling van silobelastingen .....</b>	<b>103</b>
D.1 Voorwerp .....	103
D.2 Beoordeling van de coëfficiënt van wandwrijving voor een geplooid wand .....	103
D.3 Inwendige wrijving en wandwrijving voor vaste stoffen met grote korrels zonder fijn materiaal ..	104
<b>Bijlage E (Normatief) Waarden van de eigenschappen van korrelachtige vaste stoffen .....</b>	<b>105</b>
E.1 Algemeen .....	105
E.2 Bepaalde waarden .....	105
<b>Bijlage F (Informatief) Bepaling van de stromingpatronen .....</b>	<b>106</b>
F.1 Massa- en funnelstroming .....	106
<b>Bijlage G (Normatief) Alternatieve regels voor drukken in trechters .....</b>	<b>107</b>
G.1 Algemeen .....	107
G.2 Notaties .....	107
G.3 Definities .....	107
G.4 Ontwerpsituaties .....	107
G.5 Beoordeling van de belastingvermenigvuldiger voor de bodem $C_b$ .....	107
G.6 Vullingdrukken op vlakke en bijna vlakke bodems .....	108
G.7 Vullingdrukken in trechters .....	108
G.8 Leegloopdrukken op vlakke en bijna vlakke bodems .....	109
G.9 Leegloopdrukken op trechters .....	109
G.10 Alternatieve uitdrukking voor de leegloopdrukverhouding in de trechter $F_e$ .....	110
<b>Bijlage H (Informatief) Belastingen te wijten aan stofontploffingen .....</b>	<b>111</b>
H.1 Algemeen .....	111
H.2 Toepassingsgebied .....	111
H.3 Notatie .....	111
H.4 Explosieve stoffen en van toepassing zijnde eigenschappen .....	111
H.5 Bronnen voor ontbranding .....	111
H.6 Beschermende voorzorgsmaatregelen .....	112
H.7 Ontwerp en berekening van constructieve elementen .....	112
H.8 Ontwerpdruk .....	112
H.9 Ontwerp voor onderdruk .....	113
H.10 Ontwerp van verluchttingsuitrusting .....	113
H.11 Reactiekrachten bij verluchting .....	113

## Voorwoord

Dit document (EN 1991-4:2006) is opgesteld door Technische Commissie CEN/TC250 “Constructieve Eurocodes”, waarvan BSI het secretariaat voert.

Deze Europese norm moet uiterlijk in november 2006 de status krijgen van een nationale norm, hetzij door de publicatie van een eensluidende vertaalde tekst, hetzij door het overnemen van een van de bronteksten. Nationale normen die strijdig zijn met deze norm, moeten uiterlijk in maart 2010 ingetrokken zijn.

Dit document vervangt ENV 1991-4:1995

Volgens het huishoudelijk reglement van CEN/CENELEC, zijn de nationale normalisatie-instellingen van de volgende landen verplicht deze Europese Norm in te voeren: België, Cyprus, Denemarken, Duitsland, Estland, Finland, Frankrijk, Griekenland, Hongarij, Ierland, IJsland, Italië, Letland, Litouwen, Luxemburg, Malta, Nederland, Noorwegen, Oostenrijk, Polen, Portugal, Roemenië, Slowakij, Slovenië, Spanje, Tsjechië, het Verenigd Koninkrijk, Zweden en Zwitserland.

## Achtergrond van het Eurocode-programma

In 1975 besloot de Commissie van de Europese Gemeenschap, op grond van artikel 95 van het Verdrag (van Rome), tot een actieprogramma op het gebied van de bouw. Het doel van het programma was het wegwerken van technische handelsbelemmeringen en het harmoniseren van technische voorschriften.

In dit actieprogramma nam de Commissie het initiatief een reeks van geharmoniseerde technische voorschriften voor het ontwerp en de berekening van bouwwerken op te stellen, die, in eerste instantie, dienst zouden doen als alternatief voor de vigerende nationale voorschriften in de Lidstaten en, uiteindelijk, deze zouden vervangen.

Gedurende vijftien jaar heeft de Commissie met de hulp van een stuurgroep, bestaande uit vertegenwoordigers van de lidstaten, de ontwikkeling van het Eurocode-programma gestuurd, dat in de jaren '80 leidde tot de eerste generatie Europese codes.

In 1989 besloten de Commissie en de Lidstaten van de EU en EVA, op basis van een overeenkomst<sup>1</sup> tussen de Commissie en CEN, de opstelling en de publicatie van de Eurocodes met behulp van een reeks Mandaten aan CEN over te dragen, teneinde de Eurocodes in de toekomst de status van Europese norm (EN) te verschaffen. Dit verbindt de Eurocodes *de facto* met alle bepalingen van de Richtlijnen van de Raad en/of de Besluiten van de Commissie die over Europese normen gaan (bijvoorbeeld de Richtlijn van de Raad 89/106/EEG inzake voor de bouw bestemde producten – RBP of BPR<sup>2</sup> – en de Richtlijnen van de Raad 93/37/EEG, 92/50/EEG en 89/440/EEG inzake overheidsopdrachten voor de uitvoering van werken en voor dienstverlening en de gelijkwaardige Richtlijnen van EVA, uitgevaardigd met het oog op het creëren van de interne markt).

Het programma van de constructieve Eurocodes omvat de volgende normen, in het algemeen bestaande uit verschillende delen:

EN1990	Eurocode: Grondslagen van het constructief ontwerp
EN1991	Eurocode 1: Belastingen op constructies
EN1992	Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies
EN1993	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies
EN1994	Eurocode 4: Ontwerp en berekening van staal-betonconstructies
EN1995	Eurocode 5: Ontwerp en berekening van houtconstructies

<sup>1</sup> Akkoord tussen de Commissie van de Europese Gemeenschap en het Europees Normalisatiecomité (CEN) betreffende het werk aan de Eurocodes voor het ontwerp en de berekening van gebouwen en civieltechnische werken (BC/CEN/03/89).

<sup>2</sup> In Nederland RBP (Richtlijn Bouwproducten), in België BPR (Bouwproductenrichtlijn)

**EN 1991-4:2006**

EN1996	Eurocode 6: Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk
EN1997	Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp
EN1998	Eurocode 8: Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies
EN1999	Eurocode 9: Ontwerp en berekening van aluminiumconstructies

Eurocode-normen erkennen de verantwoordelijkheid van de regelgevende (overheids)instanties in elke lidstaat en waarborgen hun recht om waarden te bepalen in verband met op nationaal niveau gereguleerde veiligheidsaangelegenheden, daar waar deze waarden van lidstaat tot lidstaat blijven verschillen.

**Status en toepassingsgebied van de Eurocodes**

De Lidstaten van de EU en EVA erkennen dat de Eurocodes in de hoedanigheid van verwijzingsdocumenten dienen:

- als middel om aan te tonen dat gebouwen en civieltechnische werken voldoen aan de fundamentele eisen van de Richtlijn van de Raad 89/106/EEG, in het bijzonder aan de fundamentele eis nr. 1 – Mechanische weerstand en stabiliteit – en de fundamentele eis nr. 2 – Veiligheid in geval van brand;
- als basis voor het opstellen van contracten voor bouwwerken en de daarbij behorende ingenieursdiensten;
- als kader voor het opmaken van geharmoniseerde technische voorschriften voor bouwproducten (EN's en ETA's).

De Eurocodes hebben, voor zover zij betrekking hebben op de bouwwerken zelf, een directe relatie met de basisdocumenten<sup>3)</sup>, waarnaar verwezen is in Artikel 12 van de RBP (BPR), alhoewel zij naar hun aard verschillend zijn van de geharmoniseerde productnormen<sup>4)</sup>. Daarom dienen Technische Commissies van CEN en/of werkgroepen van EOTA werkend aan productnormen, technische aspecten die voortkomen uit het werk aan de Eurocodes voldoende in beschouwing te nemen, teneinde te komen tot volledige overeenkomst van deze technische voorschriften met de Eurocodes.

De Eurocode-normen voorzien in gewone constructieve ontwerp- en berekeningsregels voor dagelijks gebruik, voor het ontwerp en de berekening van gehele constructies en samenstellende delen, van zowel traditionele als innovatieve aard. Ongewone constructies of ontwerpomstandigheden zijn niet specifiek opgenomen en in deze gevallen zal van de constructief ontwerper aanvullend vakkundig onderzoek worden gevergd. designer in such cases.

**Nationale normen als implementatie van de Eurocodes**

De nationale normen als implementatie van de Eurocodes zullen de volledige tekst omvatten van de Eurocode (met inbegrip van alle bijlagen), zoals gepubliceerd door CEN. Deze tekst mag worden voorafgegaan door een nationaal titelblad en een nationaal voorwoord en mag worden gevolgd door een nationale bijlage.

De nationale bijlage mag alleen informatie bevatten over de parameters die in de Eurocode zijn opengelaten voor nationale keuze, aangeduid als Nationaal Bepaalde Parameters (NBP), en die van toepassing zijn op het ontwerp en de berekening van te realiseren gebouwen en civieltechnische werken in het desbetreffende land, te weten:

- waarden en/of klassen waarvoor alternatieven worden gegeven in de Eurocode;

<sup>3)</sup> Volgens Art. 3.3 van de RBP (BPR) moeten de fundamentele eisen (FE's) concreet vertolkt worden in basisdocumenten, teneinde de noodzakelijke verbanden te leggen tussen de fundamentele eisen en de mandaten voor de geharmoniseerde EN's en ETAG's/ETA's..

<sup>4)</sup> Volgens Art. 12 van de RBP (BPR) moeten de Basisdocumenten:

- a) de fundamentele eisen concreet vertolken door terminologie en technische grondslagen te harmoniseren en klassen of niveaus aan te geven voor elke eis waar nodig;
- b) methoden aangeven om deze klassen of niveaus van eisen te correleren met de technische voorschriften, bijvoorbeeld berekenings- en beproevingsmethoden, technische regels voor uitvoerings-/bouwplannen enz.;
- c) als verwijzing dienen voor het opstellen van geharmoniseerde normen en richtlijnen voor Europese technische goedkeuringen.

De Eurocodes spelen *de facto* een gelijkaardige rol op het gebied van FE 1 en een deel van FE 2.

- te gebruiken waarden waarvoor alleen een symbool wordt gegeven in de Eurocode;
- specifieke gegevens van een land (geografische, klimatologische enz.), bijvoorbeeld een sneeuwkaart;
- de te volgen methode, ingeval alternatieve methode in de Eurocode zijn gegeven.

Hij mag ook bevatten:

- uitspraken over het gebruik van informatieve bijlagen;
- verwijzingen naar niet-tegenstrijdige, aanvullende informatie om de gebruiker te helpen bij het gebruik van de Eurocode.

### **Verbanden tussen Eurocodes en geharmoniseerde technische voorschriften (EN's en ETA's) voor bouwproducten**

Er is behoefte aan samenhang tussen de geharmoniseerde technische voorschriften voor bouwproducten en de technische regels voor bouwwerken<sup>5)</sup>. Bovendien moet alle informatie die de CE-markering van bouwproducten vergezelt en die naar de Eurocodes verwijst, duidelijk aangeven welke NBP's in aanmerking zijn genomen.

### **Aanvullende informatie specifiek voor EN 1991-4**

EN 1991-4 geeft een leidraad voor de beoordeling van belastingen voor het constructief ontwerp van silo's en opslagtanks.

EN 1991-4 is bestemd voor klanten, ontwerpers, aannemers en overheden.

Het is de bedoeling dat EN 1991-4 in combinatie wordt gebruikt met EN 1990, met de andere delen van EN 1991, met EN 1992 en EN 1993, en met de andere delen van EN 1994 tot en met EN 1999, van toepassing voor het ontwerp en de berekening van silo's en opslagtanks.

### **Nationale bijlage voor EN 1991-4**

Deze norm geeft alternatieve werkwijzen, waarden en aanbevelingen voor classificatie, met opmerkingen die aangeven waar nationale keuze mag worden gemaakt. Daarom behoort de nationale norm die EN 1990 implementeert, een nationale bijlage te hebben met daarin alle nationaal bepaalde parameters (NBP's) nodig voor het ontwerp en de berekening van gebouwen en civieltechnische werken te realiseren in het betreffende land.

In EN 1991-4 wordt nationale keuze toegelaten via:

- 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)

<sup>5)</sup> Zie Artikel 3.3 en Artikel 12 van de CPD, alsook alinea's 4.2, 4.3.1, 4.3.2 en 5.2 van ID 1.

## Hoofdstuk 1 Algemeen

### 1.1 Toepassingsgebied

#### 1.1.1 Toepassingsgebied van EN 1991 - Eurocode 1

(1)P EN 1991 verschaft algemene grondbeginselen en belastingen voor het constructief ontwerp van gebouwen en werken van burgerlijke bouwkunde inbegrepen enkele geotechnische aspecten en moet samen met EN 1990 en EN 1992-1999 gebruikt worden.

(2) EN 1991 behandelt eveneens het constructief ontwerp gedurende de uitvoering en het constructief ontwerp voor tijdelijke constructies. Hij houdt verband met alle omstandigheden waarin van een constructie wordt geëist een geschikte performantie te behalen.

(3) EN 1991 is niet rechtstreeks bedoeld voor de constructieve beoordeling van een bestaande constructie, door het ontwikkelen van het ontwerp voor herstellingen of wijzigingen of de beoordeling van een wijziging van het gebruik.

(4) EN 1991 behandelt niet volledig bijzondere ontwerpsituaties welke ongewone betrouwbaarheidsoverwegingen vereisen zoals nucleaire constructies waarvoor specifieke ontwerpprocedures moeten worden gebruikt.

#### 1.1.2 Toepassingsgebied van EN 1991-4 belastingen op constructies: silo's en opslagtanks

(1)P Dit deel levert algemene grondbeginselen en belastingen voor het constructief ontwerp van silo's voor de opslag van vaste stoffen en opslagtanks voor de opslag van vloeistoffen en moet samen met EN 1990, andere delen van EN 1991 en EN 1992 tot EN 1999 gebruikt worden.

(2) Dit deel bevat enkele bepalingen voor belastingen op silo- en opslagtankconstructies welke niet enkel verband houden met de opgeslagen vaste stoffen of vloeistoffen (bijvoorbeeld de effecten van thermische differentiaal, aspecten van de differentiaalzettingen van silobatterijen)

(3) De volgende geometrische beperkingen zijn van toepassing op de ontwerpregels voor silo's:

- de vormen van de doorsnede van de silo zijn beperkt tot deze getoond in figuur 1.1d, hoewel geringe afwijkingen mogen worden aanvaard op voorwaarde dat de constructieve gevolgen van de resulterende veranderingen in de druk worden beschouwd;
- de volgende dimensionale beperkingen zijn van toepassing:

$$h_b/d_c < 10$$

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

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

- de overgang ligt in een enkelvoudig horizontaal vlak (zie figuur 1.1a);
- de silo bevat geen inwendige constructie zoals een conus of piramide met zijn top onderaan, dwarsliggers, enz. Evenwel mag een rechthoekige silo inwendige trekstaven hebben.

(4) De volgende beperkingen voor de opgeslagen vaste stoffen zijn van toepassing bij de ontwerpregels voor silo's:

- elke silo is ontworpen voor een welbepaald bereik van eigenschappen van de vaste stoffen;
- de opgeslagen vaste stof is vrij vloeïend, of er kan worden gewaarborgd dat de opgeslagen vaste stof vrij vloeit binnen de silocontainer zoals ontworpen (zie 1.5.12 en Bijlage C);
- de maximale diameter van een deeltje van de opgeslagen vaste stof is niet groter dan  $0,03d_c$  (zie figuur 1.1d).

OPMERKING: Wanneer deeltjes groot zijn in vergelijking met de wanddikte van de silo, moet rekening worden gehouden met de effecten van enkelvoudige deeltjes welke plaatselijke krachten uitoefenen op de wand.

(5) De volgende beperkingen van de vulling- en ledigingmaatregelen zijn van toepassing op de ontwerpregels voor silo's:

- vulling brengt slechts verwaarloosbare traagheidseffecten en impactlasten mee;
- wanneer lossingvoorzieningen worden gebruikt (bijvoorbeeld toevoersystemen of inwendige vloeibuizen) gebeurt het vloeien van de vaste stoffen vloeiend en centraal.