

CE-markering en hergebruik van staal

NAAR EEN OPLOSSING VOOR DE BELEMMERING DOOR CE-MARKERING
VOOR HET HERGEBRUIK VAN CONSTRUCTIESTAAL IN DE BOUW

projectcode: 401007



<i>Opdrachtgever:</i>	Keten Beleids Groep
<i>Auteur:</i>	ir J.P. den Hollander
<i>Datum:</i>	Juli 2018
<i>Status:</i>	Definitief

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	2
1 Management samenvatting	4
2 Expertcommissie	7
3 Inleiding	8
4 Onderzoekopzet	13
4.1 Doelstelling Richtlijn	13
4.2 Resultaat	13
4.3 Aandachtspunten	14
4.3.1 Technische aandachtspunten	14
4.3.2 Overige aandachtspunten	14
4.4 Eerste oplossingsrichtingen	14
5 Kwartiermakersoverleggen NEN	15
5.1 Workshop november 2017	15
5.2 Kwartiermakersoverleggen december 2017 en maart 2018	17
6 Bouwketen en verantwoordelijkheden	18
7 Regelgeving	19
7.1 Europese regelgeving	19
7.2 Nederlandse regelgeving	19
8 Typen normen	20
9 Normen voor geometrie	21
9.1 NEN-EN 10365:2017	21
9.2 Euronorm 53-62 (HEA-HEB-HEM)	22
9.3 Euronorm 19-57 (IPE)	22
10 Berekeningsnormen	23
10.1 NEN-EN 1993-1-1	23
10.1.1 Materiaaleigenschappen en materiaalfactoren	23
10.1.2 Uiterste grenstoestanden	25
10.1.3 Bepaling van de uitvoeringsklasse	26
10.2 TGB 1990	28
10.3 TGB 1972	29
10.4 TGB 1955	30
10.5 TGB 1949	32
11 Productnormen	33

11.1	NEN-EN 10025:2004	33
11.2	NEN-EN 10025:1990	38
11.3	EU 25-72	40
11.4	EU 25-67	42
11.5	Voor 1967	45
12	Lasbaarheid	46
12.1	NEN-EN 10025-1:2004	46
12.2	NEN-EN 10025:1991	46
12.3	EU 25-72	46
12.4	EU 25-67	47
13	Normen voor uitvoering (NEN-EN 1090)	47
13.1	NEN-EN 1090-1 (fabricage)	48
13.2	NEN-EN 1090-2 (montage)	50
13.2.1	Fundamentele toleranties	51
13.2.2	Functionele toleranties	51
14	Testen her te gebruiken staal	51
14.1	Staalsoort en lasbaarheid	51
14.2	Corrosie	53
15	Conclusies	54
15.1	Bevindingen	54
15.2	Conclusies	55
15.3	Aanbevelingen	55
16	Stroomschema	56
	Bijlage A: CE-verklaring ArcelorMittal conform NEN-EN 10025-1	58
	Bijlage B: CE-markering Hardeman conform NEN-EN 1090-1	59
	Bijlage C: Verslag sessie klankbordgroep (12 mei 2017)	60
	Bijlage D: Verslag sessie klankbordgroep (26 januari 2018)	63
	Bijlage E: Gerelateerde projecten	67
	Bijlage F: Berekening knik volgens NEN-EN 1993-1-1 voor 1135 kN	68
	Bijlage G: Afmeting HEA, HEB en HEM profielen	71
	Literatuur	72

1 Management samenvatting

Staal wordt al meer dan 100 jaar voor de volle 100% gerecycled. Slopers halen al het constructiestaal uit het gebouw en verkopen het aan de schroothandelaar die het schrot bij de hoogoven of elektro oven aflevert waar het omgesmolten wordt tot nieuw staal.

De Ellen MacArthur Foundation heeft het concept van de circulaire economie gelanceerd met als doel afval te vermijden door het sluiten van de ketens. Voor staal is de keten op het niveau van recycling al lang gesloten. Het is echter mogelijk om de staalprofielen her te gebruiken in plaats van te recyclen waardoor de keten op een hoger niveau gesloten wordt. In dit onderzoek wordt gekeken naar hergebruik van constructiestaal in de vorm van individuele elementen (staalprofielen) die vrij zijn gekomen bij sloop en voor een nieuw project ingezet worden.

Uit interviews, onderzoek en uit de vergaderingen met de "*expertcommissie CE markering*" blijkt dat de verplichte CE markering van (stalen)bouwproducten (sinds 2014) een obstakel vormt voor hergebruik van uit sloop vrijkomende staalconstructies.

Het is echter mogelijk om staalprofielen zonder CE markering toe te passen. Daartoe moet de constructeur of staalbouwer wel zelf de noodzakelijke materiaaleigenschappen waarborgen. Dit leidt op dit moment tot een groter risico, hogere kosten en tijdsvertraging wat hergebruik van constructiestaal in de weg staat.

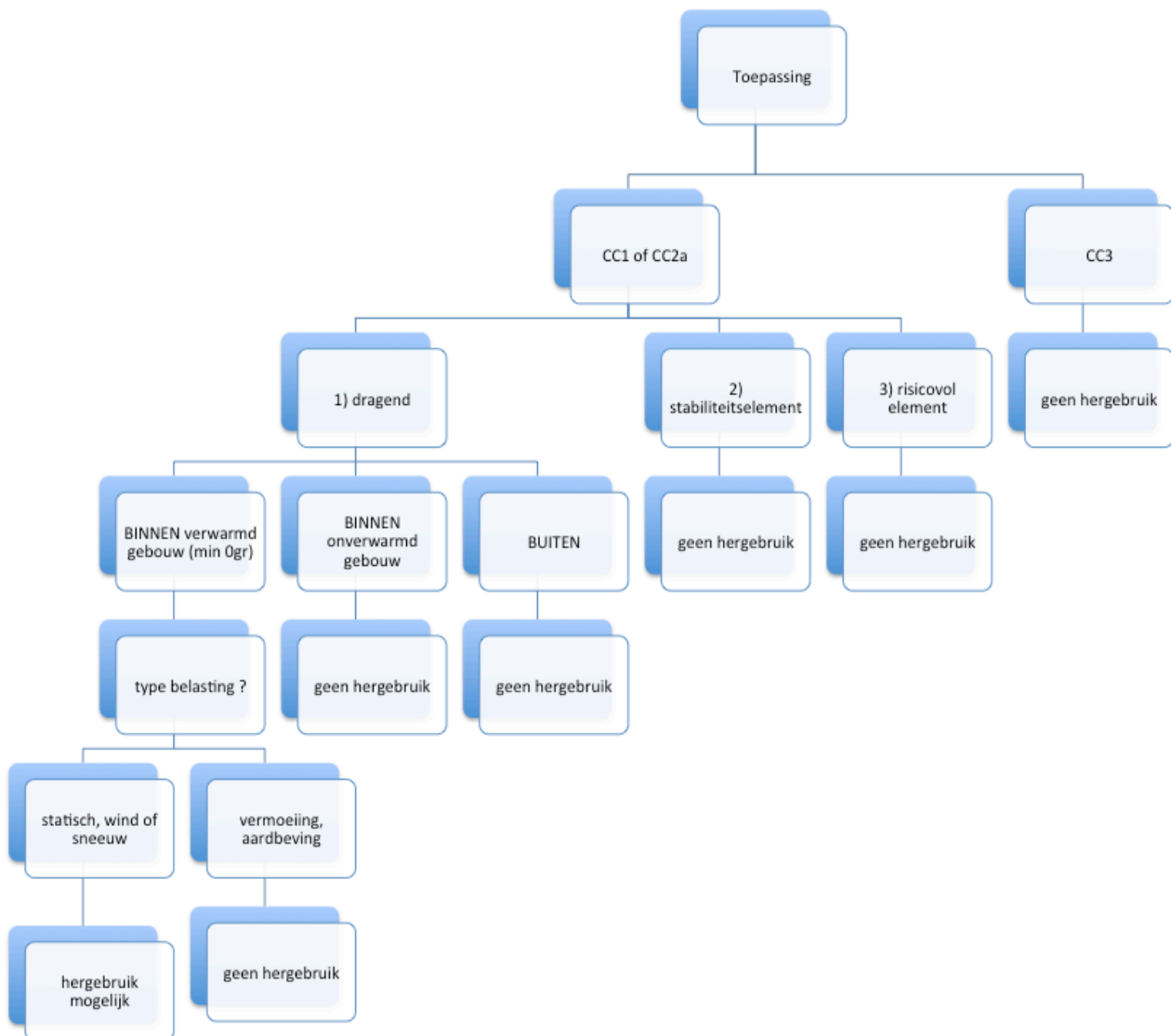
Doel van dit onderzoek is deze barrière zoveel als mogelijk te slechten. Gestart is met een bijeenkomst voor de "*expertcommissie CE markering*" in mei 2017. Vervolgens is onderzoek gedaan naar de oude normen die al sinds 1955 de berekeningsmethodiek (berekeningsnorm) koppelen aan materiaaleigenschappen (productnorm). Verder is gekeken naar de Europese en Nederlandse regelgeving op dit gebied met specifieke aandacht voor de uitvoeringsnorm NEN-EN 1090 en lasbaarheid. Ook is Bouwen met Staal betrokken door NEN bij de "*kwartiermakeroverleggen*" die dezelfde thematiek vanuit (te ontwikkelen) normering bekijken. Enkele bevindingen en conclusies zijn:

- Als CE markering ontbreekt is hergebruik mogelijk maar de eigenschappen van het materiaal moeten worden verklaard. De constructief ontwerper of de staalbouwer is dan zelf verantwoordelijk voor de materiaaleigenschappen;
- Pas hergebruik alleen toe voor gevolgklasse CC1 of CC2a bij dragende elementen;
- Als een tekening of berekening beschikbaar gebruik deze gegevens of uit een richtlijn;
- Als onvoldoende gegevens beschikbaar zijn test de materiaaleigenschappen (f_y en f_u) en de lasbaarheid (CEV waarde).

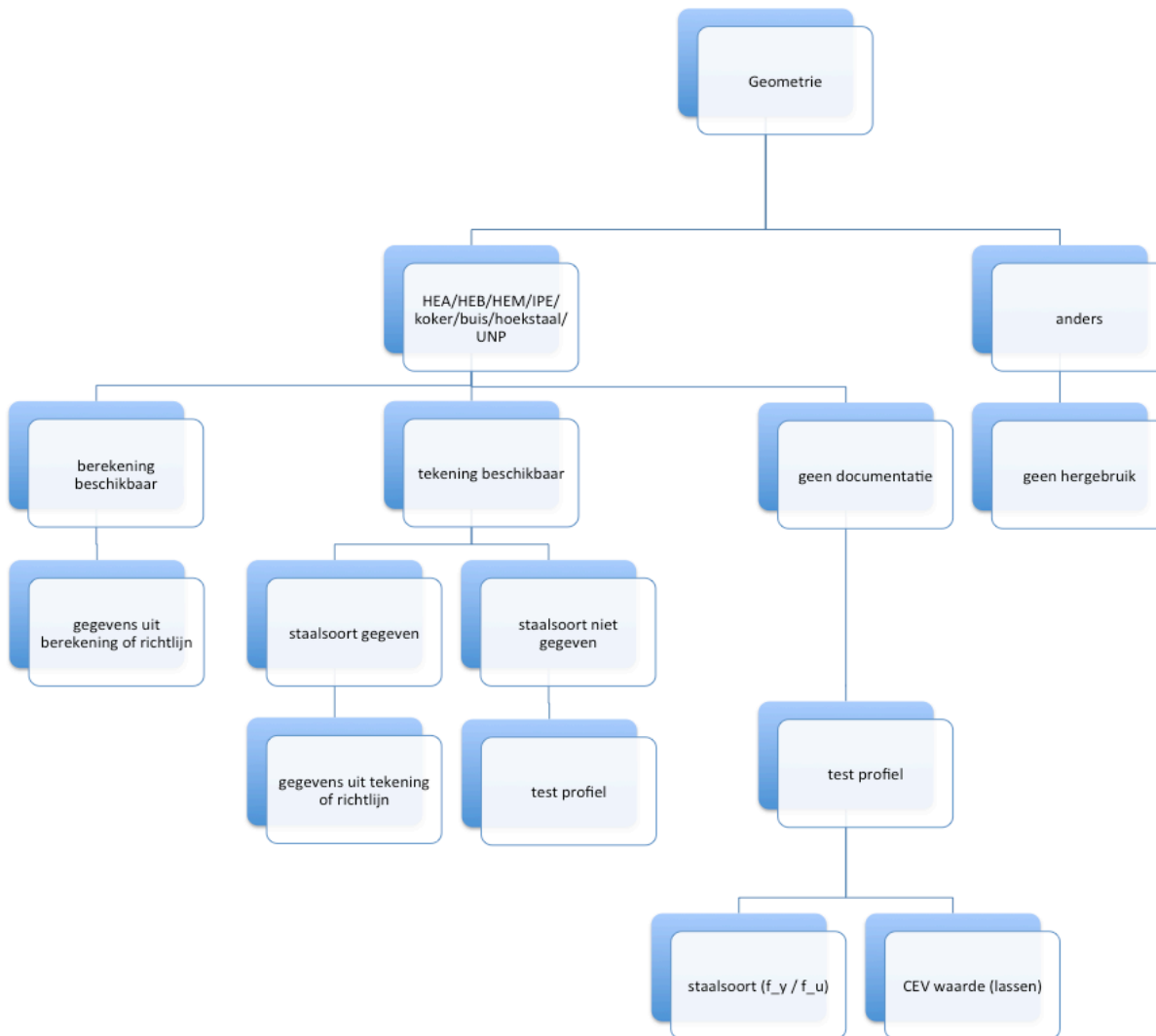
De belangrijkste aanbevelingen zijn:

- Zorg voor een businesscase voor hergebruik, marge tussen schrot en staalprijs is klein;
- Koppel hergebruik van stalen profielen aan de CO₂ besparing;
- Onderwerp de oude productnormen aan nader onderzoek en koppel dit aan een richtlijn;
- Lever bij elk gebouw een digitaal materiaalpaspoort;
- Zorg voor goede beschikbaarheid dmv een materialen database.

Het stroomschema geeft inzicht in het hergebruik in de verschillende omstandigheden. Dit bestaat uit twee delen; het eerste deel bepaalt of hergebruik vanuit de toepassing bezien überhaupt kan. Het tweede deel kijkt vanuit het beschikbare her te gebruiken profiel en bepaalt in hoeverre het profiel getest moet worden om materiaaleigenschappen en lasbaarheid te bepalen (dit stroom schema geldt alleen als je de eigenschappen niet kent).



Stroomschema vanuit de toepassing



Stroomschema vanuit het beschikbare profiel

2 Expertcommissie

Bouwen met Staal heeft in het kader van dit project een expertcommissie uit haar netwerk samengesteld met betrokkenen uit de gehele bouwketen. De expertcommissie speelt een belangrijke rol op een tweetal gebieden:

- input vanuit de vraagzijde waardoor een praktisch bruikbaar document wordt gerealiseerd;
- input van expertise (eventueel ingehuurd)

De klankbordcommissie bestaat uit (alfabetisch):

- David Anink (W/E adviseurs): toonaangevend adviesbureau op gebied van duurzaamheid;
- Bert van Beek (directeur Willems constructie, voorheen Telford consultancy): specialist op gebied NEN-EN 1090 normen;
- Jan Bunkers (Gemeente werken Rotterdam): acceptatie toezichhoudende instantie.
- Peter Crucq (SGS Intron): specialistisch bureau op gebied van CE-markering;
- Toon van den Hatert (directeur Geurts Jansen): staalhandelaar met ervaring op gebied CE-markering;
- Bernhard Hauke (managing director Bauforumstahl): Bauforumstahl werkt ook aan een document inzake certificering hergebruikt staal.
- Jan Jongert (architect en oprichter Superuse Studios): ontwerpt en bouwt met hergebruikte materialen;
- Frank van der Loop (Swanenberg IJzer Groep): leverancier nieuw of hergebruikt staal;
- Pim Peters (directeur Imd): adviesbureau dat hergebruikt staal heeft toegepast in zijn ontwerpen;
- Michael Sansom (associate director sustainability SCI): SCI werkt aan dezelfde problematiek maar dan in Engeland.
- Maarten Schutte (Beelen): sloopbedrijf (deelnemer aan DGBC werkgroep sloop);
- Anne van der Sluis (Van Rossum): ingenieursbureau met affiniteit voor duurzaam ontwerpen;
- Ben Verhoef (Holland Staal): staalbouwer met ervaring met hergebruiken van constructiestaal;
- Leo Vermeulen (lasexpert Nederlands Las Instituut): het NIL verzorgt alles rondom kennisoverdracht op het gebied van lassen.¹

De expertcommissie is een tweetal keer bijeengekomen: op 12 mei 2017 en op 26 januari 2018. In de bijlagen C en D zijn de verslagen van de bijeenkomsten opgenomen.

¹ Leo Vermeulen heeft de tweede bijeenkomst bijgewoond.

3 Inleiding

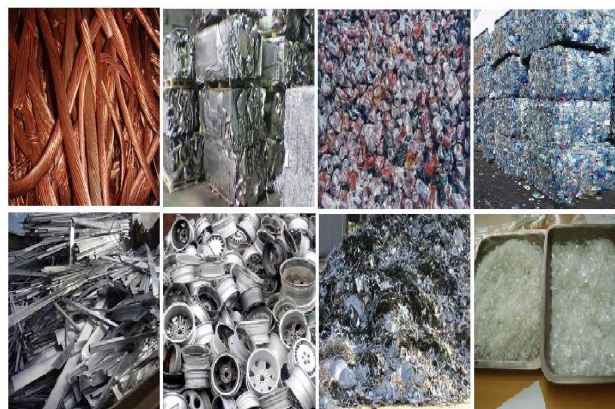
Voor een helder begrip is het goed eerst de definities van recycling en hergebruik vast te stellen in onderling verband.

Definitie recycling

Recycling is het terugbrengen van het bouwproduct naar het oorspronkelijke materiaal. Kijkend naar de kwaliteit van dit nieuwe materiaal zijn er drie opties:

- * de kwaliteit van het nieuwe materiaal is gelijk aan het oorspronkelijke materiaal;*
- * de kwaliteit van het nieuwe materiaal is lager dan van het oorspronkelijke materiaal (bijv. betongranulaat). Dit wordt downcycling genoemd;*
- * de kwaliteit van het nieuwe materiaal is hoger dan van het oorspronkelijke materiaal (bijv. upgraden van S235 naar S460). Dit wordt upcycling genoemd.*

In het geval van staal betekent het staalprofielen verwijderen uit het te slopen gebouw en vervolgens opknippen tot schroot (afbeelding 1).



afb. 1: Sorteren van schroot

Dit schroot wordt vervolgens omgesmolten in een elektro oven of hoogoven tot nieuw staal (afbeelding 2). 90 % van het voor de Nederlandse markt geproduceerde constructiestaal (balken) is afkomstig uit een elektro-oven.



afb. 2: Recycling in Electric Arc Furnace

Definitie hergebruik

Hergebruik is het opnieuw gebruiken van het bouwproduct voor dezelfde toepassing.

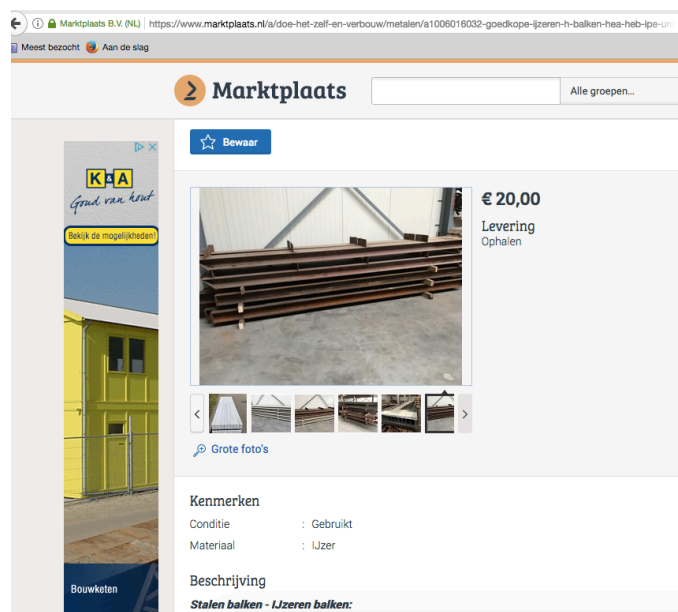
In het geval van constructiestaal wordt hergebruik verder uitgewerkt naar een aantal opties (tabel 1).

	Locaal hergebruik	Verplaatst hergebruik
Gebouwniveau	Hergebruik van (een belangrijk deel van) het gebouw, bijvoorbeeld de gehele draagconstructie en complete gevel.	Demontage en hergebruik op een andere locatie van de gehele draagconstructie en complete gevel.
Component/systeem niveau	Hergebruik van een klein gedeelte van het gebouw, bijvoorbeeld de fundering	Demontage en hergebruik van componenten, bijvoorbeeld de spanten vakwerk op een nieuwe locatie.
element niveau	Demontage en hergebruik van de elementen in een nieuwe configuratie op dezelfde locatie.	Hergebruik van individuele elementen op een andere locatie, in dit geval staalprofielen.*

* Dit is het type hergebruik dat wordt bekeken in dit onderzoek.

Tabel 1: Onderverdeling hergebruik naar locatie en niveau.

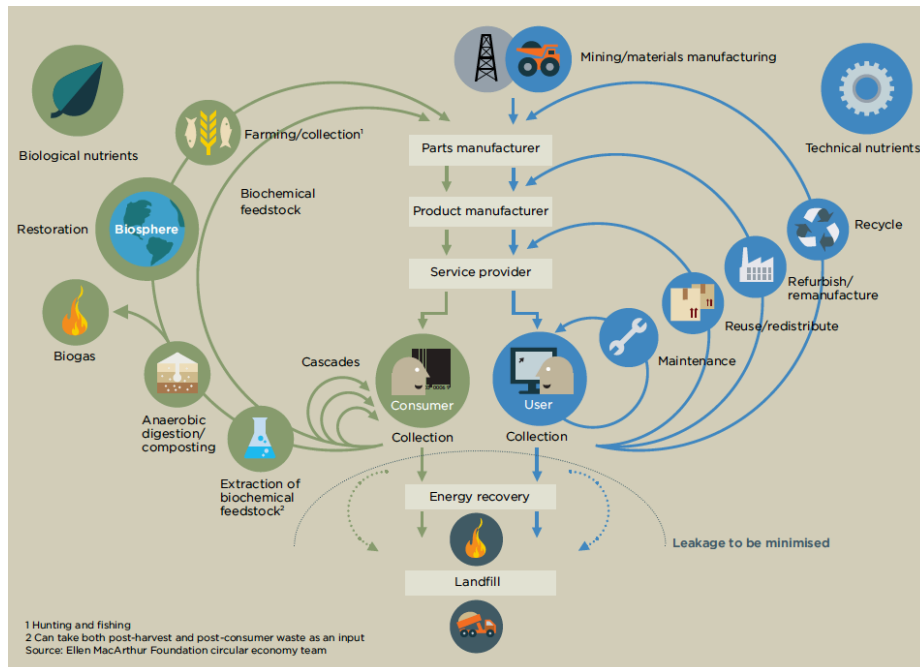
Deze studie is gericht op verplaatst hergebruik van individuele elementen (zwaar constructiestaal) op een andere locatie (afbeelding 3).



afb. 3: Vorm van verplaatst hergebruik: verkoop staalprofielen via Marktplaats.

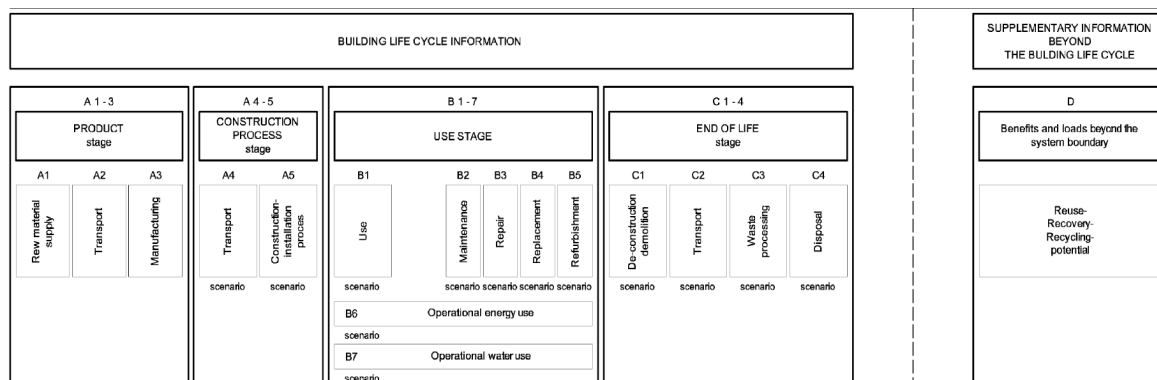
Daarbij wordt constructiestaal hergebruikt in een nieuw gebouwskelet. Dit heeft milieuvordelen ten opzichte van het verwerken van het gesloopte staalprofiel tot schroot en recyclen naar een nieuw staalprofiel. Dit is te verklaren uit het feit dat voor het hergebruikte staalprofiel geen energie in het omsmelten hoeft te worden gestoken. De keten wordt daarmee op een hoger niveau gesloten dan bij recycling. Grofweg kost recyclen in een elektro oven ongeveer 500kg CO₂/ton inclusief transport en sloop. Demontage en een wat kortere transportafstand kost grofweg 100kg CO₂/ton. Al met al is een significante besparing op CO₂ mogelijk bij hergebruik.

De relatie tussen hergebruik en recycling wordt overzichtelijk weergegeven in het schema dat de Ellen MacArthur Foundation ontworpen heeft om de circulaire economie te schetsen (afbeelding 4). Recycling is de buitenste en grootste blauwe cirkel. De twee volgende cirkels ter rechterzijde van recycling zijn vormen van hergebruik. Hoe kleiner de cirkel hoe beter volgens de theorie van de circulaire economie.



afb. 4: Verhouding tussen hergebruik en recycling in volgens Ellen MacArthur Foundation[1]

De milieuwinst van hergebruik kan worden gekwantificeerd met een levenscyclus analyse (LCA). De Europese CEN/TC350 commissie heeft daarvoor een methodiek opgesteld die de milieueffecten presenteert in een modulair format (afbeelding 5).



afb. 5: Declaratie van milieudata in modules volgens NEN-EN 15804 en NEN-EN 15978

Op hoofdlijnen zijn er 5 modules:

- Productie fase (module A1 - A3)

Module A1 bevat de winning van de grondstoffen (ijzererts en schroot) inclusief transport naar de hoogoven of elektro-oven en de staalproductie uit de grondstoffen inclusief intern transport.

Module A2 is het transport van het halffabricaat/product naar de staalbouwer. Dit kan eventueel via een handelaar lopen.

Module A3 bevat alle verwerkingsprocessen bij de staalbouwer (boren, zagen, ponsen, knippen, stralen etc.), intern transport en conservering.

- Constructiefase (module A4 - A5)

De constructiefase bevat het transport van de staalbouwer naar de bouwplaats en de constructiewerkzaamheden op de bouwplaats.

- Gebruiksfase (Module B1-B7)

De modules B1-B5 hebben betrekking op de bouwproducten/bouwmaterialen in het gebouw en beschrijven gebruik, onderhoud, vervanging etc. De modules B6 en B7 bevatten respectievelijk het energiegebruik en watergebruik van het gebouw. Op energieverbruik wordt teruggekomen in het volgende hoofdstuk.

- Einde levensduur fase (module C1-C3)

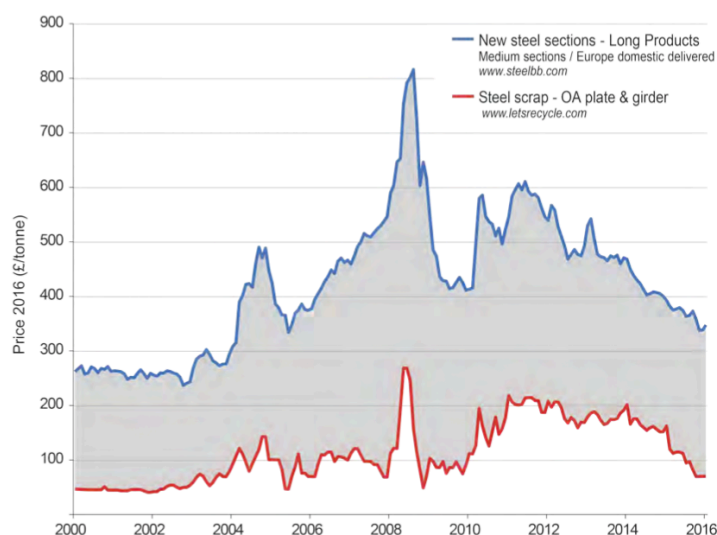
De einde levensduur fase bevat sloop, demontage en het bijbehorende transport van het afval. Daarnaast valt ook afvalverwerking onder deze fase.

- Opbrengsten en lasten buiten de systeemgrenzen (module D)

In deze module worden de voordelen van recycling, hergebruik en terugwinnen van energie uit de gebruikte materialen gedeclareerd. De milieuwinst resulteert derhalve in een negatieve waarde voor Module D. Bij die milieuwinst moet nog wel de milieubelasting van het recycle of hergebruik proces opgeteld worden.

Sommigen nemen voor een hergebruikt profiel een waarde 0 voor de productiefase. Anderen stellen dat de milieuwinst van hergebruik gelijk aan is aan de vermeden productie en een derde visie is het delen van de milieu impact van de productiefase over meerdere levenscycli. Als het profiel voor de derde keer wordt hergebruikt dan is de milieu impact 1/3de van het nieuwe staalprofiel. In alle gevallen is de milieuwinst van hergebruik substantieel ten opzichte van recycling.

Ook financieel is hergebruik van staalprofielen levensvatbaar. Een staalprofiel dat wordt hergebruikt kan verkocht worden voor een bedrag tussen de schrootprijs en de prijs van nieuw staal. De schrootprijs en de prijs van nieuw staal fluctueren op de wereldmarkt maar zijn gekoppeld. Als de staalprijs stijgt, stijgt ook de schrootprijs (afbeelding 6).



afb. 6: Business case voor hergebruik; verschil tussen schrootprijs en nieuwprijs[2].

De marge tussen staalprijs en schrootprijs laat voldoende ruimte voor een business case. Onderstaand een rekenvoorbeeld[3]:

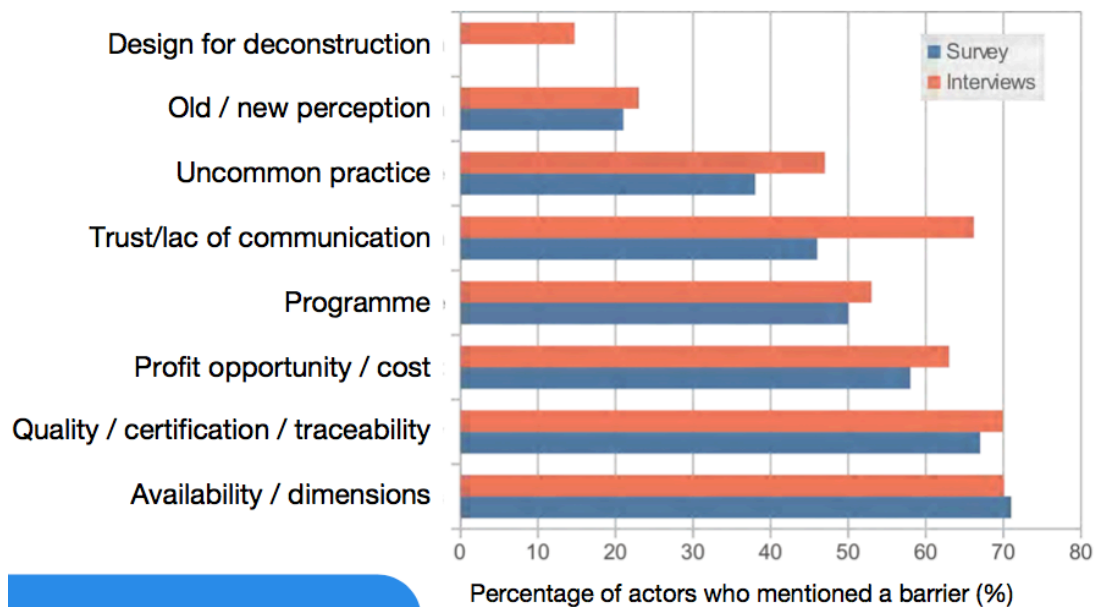
Voor constructiestaal/zwaar ijzer wordt de schrootprijs afgeschat op €0,19/kg. Dit is het minimum dat de staalhandelaar of sloper kan krijgen voor het gedemonteerde staalprofiel. De staalhandelaar zal het gedemonteerde profiel van de sloper kopen tegen een prijs die hoger ligt dan de schrootprijs.

De prijs voor nieuw constructiestaal (H/I profielen) is in te schatten op €1,00/kg. Tegen deze maximumprijs kan de staalhandelaar het profiel verkopen maar in de praktijk zal dit bedrag lager zijn. Dit bedrag wordt geschat op €0,65/kg. De business case voor hergebruik in een nieuw wordt nu:

Inkoop gedemonteerde staalprofielen	=	- €0,30/kg	
Materiaalinspectie en behandelen	=	- €0,16/kg +	
		- €0,46/kg	
Verkoopprijs	=	+ €0,65/kg	100%
Bruto marge	=	+ €0,19/kg	+29%

Zowel de winst in duurzaamheid als financiële winst kunnen positief zijn. Toch wordt hergebruik lang niet altijd toegepast. Uit onderzoek[4] naar de Engelse praktijk blijkt dat de belangrijkste barrières voor hergebruik zijn (afbeelding 7):

- kwaliteit/certificering/traceerbaarheid;
- verkrijgbaarheid/dimensies.



afb. 7: Belangrijkste barrières voor hergebruik (Engels onderzoek).

Ook uit gesprekken met Nederlandse ketenpartners bleek een teruggang in hergebruikt constructiestaal sinds de invoering van de CE-markering van zo'n 80%². Dit onderzoek richt zich derhalve op de kwaliteit en certificering (= CE markering) van het constructiestaal.

² Tweede expertmeeting CE-markering op 26 januari 2018 bij Bouwen met Staal

Naar een oplossing voor CE-markering van hergebruikt constructiestaal, *Definitief*

4 Onderzoekopzet

4.1 Doelstelling Richtlijn

Wanneer de constructeur staal toepast in een nieuw te bouwen project verwijst de Eurocode 3 naar de NEN-EN 10025 serie waarmee de kwaliteit van het staal wordt gewaarborgd. In de uitvoering wordt het staal standaard voorzien van een certificaat volgens eerder genoemde norm. Dit certificaat wordt de Declaration of Performance (DoP) genoemd of CE markering. Bij staal dat vrijkomt uit een sloop en enige tijd later hergebruikt wordt ontbreekt dit certificaat. Het is mogelijk om het staal toe te passen door aan te geven dat het staal niet volgens de NEN-EN 10025 serie genormeerd is maar dan moeten de materiaaleigenschappen die NEN-EN 1993 gebruikt (vloei grens, breukrek etc.) aangetoond worden. In de praktijk wordt dit als een te grote barrière gezien en kiest men alsnog voor nieuw staal. De sloper kiest er in de meeste gevallen voor om het materiaal aan een schroothandelaar te verkopen in plaats van aan een staalhandelaar die het materiaal opnieuw in de bouwketen inbrengt. Al met al is de verplichte CE markering de belangrijkste belemmering voor het hergebruik van staal in de bouw.

Doelstelling

Oplossing vinden voor de barrière van het gemis van de CE markering voor hergebruikt staal waardoor hergebruik van constructiestaal makkelijker wordt.

Uitgangspunten

Het type staalprofiel dat hergebruikt wordt is van hetzelfde type als het profiel dat op dit moment ook nieuw in de handel gebracht wordt. Concreet gaat het dan om: HE profielen, IPE profielen, kokers en buizen, hoekstalen en U profielen.

De ontwerper past een staalprofiel toe dat vrijkomt uit een gesloopt gebouw en gaat dit hergebruiken in een nieuw ontwerp.

Het gaat om projecten waarbij de ontwerper werkt met NEN-EN 1993 en niet met NEN 8700 voor hergebruik op gebouwniveau.

4.2 Resultaat

Het onderzoek leidt tot een onderbouwd stroomschema dat laat zien hoe de gebruiker de technische eigenschappen van her te gebruiken staal eenvoudig en betaalbaar kan declareren. Hierdoor zal het hergebruik van staal in constructieve toepassingen verder worden gestimuleerd en kan een volgende stap gemaakt worden met staal naar de circulaire economie.

4.3 Aandachtspunten

Uit de eerste gesprekken en brainstorm die aanleiding gaven tot dit onderzoek volgen een aantal aandachtspunten verdeeld naar technische en overige aandachtspunten. Ook werden al een aantal oplossingsrichtingen voorgesteld.

4.3.1 Technische aandachtspunten

De technische aandachtspunten zijn:

- staalkwaliteit: JR/J0/J2;
- sterkte indicatie;
- toleranties;
- richten;
- locale gatverzwakking;
- roest;
- bij voorkeur ongeconserveerd³
- Vermoeiings historie;
- Chemische samenstelling materiaal;
- Blootstelling aan brand;

4.3.2 Overige aandachtspunten

De overige aandachtspunten zijn:

- Wat komt er aan materiaal de markt op?;
- Wie zijn de spelers in de markt volgens het principe "follow the money"?;
- Zijn er bij sloop tekeningen beschikbaar met materiaalkwaliteiten en soorten ?;
- Steekproefsgewijs materiaal testen want elke balk testen is oneconomisch;
- Niet destructief testen;
- Er wordt geen materiaal uit offshore projecten hergebruikt;
- Acceptatie toezichhoudende instanties;
- Beperking scope van materialen, materiaalsoorten en profielvormen.

4.4 Eerste oplossingsrichtingen

Na de eerste gesprekken en de eerste bijeenkomst van de expertgroep worden in eerste instantie een aantal oplossingsrichtingen als succesvol gezien. Dit zijn:

- Bij zeer lage kwaliteit: niet constructief toepassen, minimale staalsoort in NEN-EN 1993 is S235;
- Constructies die op vermoeiing belast zijn geweest, wat is de restcapaciteit ?;
- Maximaal S235 toepassen;
- Alleen toepassen bij CC1 (en CC2?);
- Veiligheidsfactor inbouwen (0,8 / 0,7);
- Een staalprofiel 1 maat zwaarder toepassen (Duits voorstel).

³ Gesprek Robert Kwintenberg, directeur Van den Brink Staalbouw.

Naar een oplossing voor CE-markering van hergebruikt constructiestaal, *Definitief*

5 Kwartiermakersoverleggen NEN

Het Nederlands normalisatie instituut NEN zet in op circulaire economie met het overkoepelend thema Circulair Bouwen. Uit de inventarisatie rondom dit onderwerp zijn een 5-tal onderwerpen naar voren gekomen die vanuit marktperspectief behoefte hebben aan afspraken:

- De ontwikkeling van een helder framework voor de kadering van Circulair Bouwen;
- Standaardisatie van de systematiek achter materialenpaspoorten;
- Een eenduidige meetmethode voor circulariteit in de bouw;
- Uitgangspunten voor circulair opdrachtgeverschap (aanbesteden) in de bouw;
- Methoden voor het aantonen en vastleggen van de kwaliteit van hergebruikte elementen.

Het laatste onderwerp wordt apart opgepakt. Gestart is met een workshop in november 2017 en daarna nog een tweetal overleggen.

5.1 Workshop november 2017

Deelnemers aan de workshop komen uit het hele werkveld. In de workshop worden een viertal thema's behandeld:

- prestatie hergebruikt staal;
- verantwoordelijkheid;
- ambities en belemmeringen;
- promotie en stimulans;

Vanuit verschillende perspectieven worden presentaties gegeven gevolgd door een discussie.

Presentatie RWS (Jaap van der Heijde en Valerie Diemel)

De presentatie is vooral gericht op infra (bruggen). RWS wil in 2030 energieneutraal zijn en in 2050 volledig circulair. Voor hergebruik is standaardisatie van bruglengten van belang. Op dit moment is er teveel maatwerk. RWS stimuleert hergebruik concreet in de MKI uitvraag en met LCA.

Presentatie IMd (Pim Peters)

De presentatie is gericht op transformaties van gebouwen. Aandachtspunt is welk gebouw in aanmerking komt voor transformatie want die zijn ook "circulairder". Waar ligt dat aan? Verder willen de meeste partijen niet extra investeren bij de bouw als ze zelf niet later de revenuen incasseren. Uit de ervaring van IMd volgt dat overcapaciteit in een bestaand gebouw gunstig is. Om dat te bepalen is NEN 8700 gebruikt. Bij transformatie loopt de ontwerper aan tegen het ontbreken van materiaalgegevens en het afleggen van verantwoording naar Bouw en Woningtoezicht. Naar de toekomst toe is het van groot belang goed gegevensbeheer op te zetten ondersteund door IT oplossingen en bijvoorbeeld "in the cloud".

Presentatie TU Delft (Frans Bijlaard)

Voor de constructeur zijn een aantal gegevens van het beschikbare materiaal van belang:
- vorm en afmetingen;

- materiaaleigenschappen (o.a. lasbaarheid);
- toleranties.

Voorspanbouten kunnen nooit hergebruikt worden. In principe ligt de verantwoordelijkheid voor de betrouwbaarheid en veiligheid bij de constructeur. Dat vereist aandacht op een aantal punten:

- testen en meten aan het her te gebruiken materiaal;
- bij een hergebruikt product met CE markering kan de constructeur daar op terugvallen;
- als CE markering ontbreekt is de constructeur verantwoordelijk voor de materiaaleigenschappen.

Als CE markering ontbreekt moet de constructeur geholpen worden waarbij goede documentatie van belang is en de constatering dat individuele partijen het doel van 100% recycling in 2050 in de markt niet kunnen bereiken. Idee is het opzetten van een classificatie op basis van de materiaaleigenschappen die de constructeur kan gebruiken voor zijn schetsontwerp.

Presentatie Frank Maatje

Het is van belang hergebruik zo simpel mogelijk te organiseren waarbij alles beproeven een barrière is. Het een idee om materiaal her te gebruiken zonder beproevingen voor bijvoorbeeld gevolgklassen 1 en 2 en/of bijvoorbeeld de laagste staalkwaliteit aan te houden.

Uit de discussie volgt dat werken zonder materiaalgegevens niet kan omdat zonder testen het risico te groot is dat het materiaal verkeerd gebruikt wordt. Zo is hoogwaardig materiaal brosser dan laagwaardig materiaal en het risico is dat hoogwaardig materiaal minder herverdeling toelaat. Verder is lasbaarheid niet gekoppeld aan de vloeispanning en moet ook de CO₂ footprint worden meegenomen in de classificatie.

Voorstel is om de sterkte te bepalen aan de hand van de te ontwikkelen NEN 8703 norm. Deze norm is onderdeel van een serie normen van NEN over dit onderwerp die al definitief zijn. De hele serie bestaat uit:

1. NEN 8700:2011 nl Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren - grondslagen;
2. NEN 8707:2017 Ontw. nl - Geotechnisch ontwerp - Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk;
3. NEN 8702:2018 Ontw. nl - Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeur - Betonconstructies;
4. NEN 8703:XXXX Ontw. nl - Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeur - Staalconstructies.

NEN 8700 wordt al in de praktijk toegepast. NEN 8707 en NEN 8702 worden recent ter commentaar aangeboden. NEN 8703 is net in ontwikkeling.

5.2 Kwartiermakersoverleggen december 2017 en maart 2018

Volgend op de workshop zijn een aantal kwartiermakersoverleggen georganiseerd. In december 2017 en maart 2018. Pim Peters van Imd heeft in dat kader een case uitgewerkt over zijn ervaring met het donorskelet in Rotterdam. Uit het deels geanonimiseerde resultaat volgen een aantal leerpunten. Bij het maken van het "nieuwe" ontwerp is gerekend met hoge staalsoorten die in het hergebruik ontwerp zijn ontworpen met lagere sterktes (160 ipv 200). Daarbij zijn alleen elementen die zichzelf dragen van hergebruikt materiaal gemaakt. Hieruit kun je tot een eerste classificatie komen:

- elementen/liggers die zichzelf dragen;
- stabiliteitselementen;
- risicovolle elementen bij een CC3 bouwwerk.

Het principe is dat je in hogere CC klassen meer beoordelingen van je materiaal moet inbouwen. Daarbij is de incentive voor de opdrachtgever reductie op de CO₂- footprint.

Deze classificatie wordt gebruikt en nader uitgewerkt in Hoofdstuk 16 met de stroomschema's.

6 Bouwketen en verantwoordelijkheden

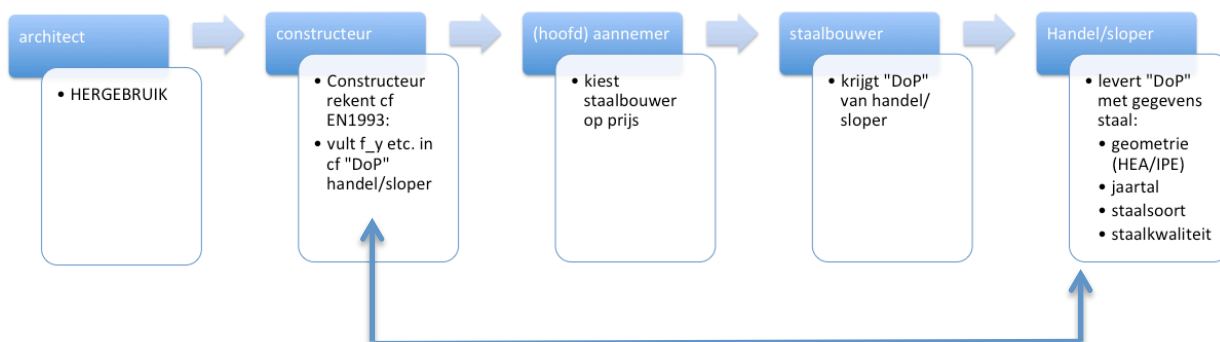
In het bouwproces zijn een aantal partijen in de bouwketen verantwoordelijk voor de materiaalkwaliteit. Deze wordt geborgd met een certificaat. Afbeelding 8 schetst het conventionele bouwproces met daarin toegevoegd wie en waar in het bouwproces verwijst naar normen in geval van gebruik van nieuw materiaal.



afb. 8: Partijen in de bouwketen, hun relatie tot materiaalkwaliteit en normen bij gebruik van nieuw materiaal.

Kenmerk van het proces is dat de stappen weliswaar in serie zijn maar dat de materiaalgarantie door het CE-certificaat geborgd wordt. De constructeur weet dat als hij werkt met de materialen uit NEN-EN 10025 dat het niet nodig is om met de fabrikant te overleggen voor de materiaalkwaliteit.

In het geval van hergebruik zijn de partners in de bouwketen grofweg dezelfde met het verschil dat de fabrikant nu vervangen wordt door de sloper. Verder zijn er geen certificaten meer voorhanden conform de NEN-EN 10025 en de NEN-EN 1090-1 (afbeelding 9).



afb. 9: Partijen in de bouwketen, hun relatie tot materiaalkwaliteit en normen bij hergebruik.

In dit proces zal er een wisselwerking zijn tussen de leverancier van de materialen (handel/sloper) en de constructeur om af te stemmen welke materiaalkwaliteit aangehouden mag worden. Doel van dit onderzoek is om een blauwdruk te geven hoe deze problematiek aan te pakken.

7 Regelgeving

7.1 Europese regelgeving

De Europese Verordening bouwproducten nr. 305/2011/EU, CPR (hierna: de Verordening) is de opvolger van de Richtlijn bouwproducten (89/106/EEG) uit 1989[5]. De Verordening is van toepassing in alle landen van de Europese Unie (en in de landen die zijn geassocieerd aan de EU, zoals Noorwegen en Zwitserland) en hoeft dus niet eerst in nationale wetgeving omgezet te worden. Het systeem laat geen ruimte voor verschillende interpretaties van lidstaten en maakt derhalve eerlijke concurrentie zonder handelsbarrières mogelijk.

De resultaten die zijn verkregen uit testen en productbeoordelingen voor het bepalen van de prestaties van het bouwproduct, zijn in ieder land te gebruiken. Daarnaast is de CE-markering met prestatieverklaring voldoende bewijs dat het product de prestaties levert in de toepassingen waarvoor de fabrikant het product geschikt acht.

De prestatieverklaring vormt het bewijs dat het product, bij introductie op de markt en bij verdere distributie, voldoet aan de prestaties die voor de specifieke toepassing ervan worden verlangd. De prestatieverklaring (Declaration of Performance, kortweg 'DoP') wordt digitaal of in papieren vorm bij de CE-markering aan de klant geleverd of op een website geplaatst.

Verantwoordelijk voor de DoP is in eerste instantie de fabrikant. Als een fabrikant geen DoP bij zijn product levert is de importeur van het product verantwoordelijk voor de DoP.

7.2 Nederlandse regelgeving

In Nederland verplicht het Bouwbesluit sinds 1 juli 2014 dat een producent of een andere marktpartij die een (stalen)bouwproduct op de markt wil brengen zorgt voor een gebruiksvoorschrift (CE markering) dat aangeeft hoe zijn product gebruikt/verwerkt moet worden bij de door hem beoogde toepassing. Tevens dient er een prestatieverklaring (DOP) te worden opgesteld. De producent/leverancier moet deze prestatieverklaring zo maken, dat de afnemer kan beoordelen of toepassing van dat product als (onderdeel van het) bouwdeel, een resultaat geeft dat aan de bouwvoorschriften voldoet. Voor nieuw constructiestaal betekent het concreet dat de staalbouwer een DoP ontvangt van de staalhandelaar. Die krijgt van de fabriek een DoP op het geleverde staal.

9 Normen voor geometrie

9.1 NEN-EN 10365:2017

Deze norm specificeert de nominale afmetingen en gewichten van warmgewalste U profielen, I profielen en H profielen. De toegestane toleranties op de afmetingen worden gegeven in NEN-EN 10034 voor I profielen en H profielen. Tabel 2 vergelijkt de waarden van de profielafmeting van de IPE met de afmeting uit de oude norm Euronorm 19-57. De afwijkingen zijn verwaarloosbaar of 0. Ditzelfde geldt voor de HEA, HEB en HEM profielserie (bijlage G: Afmeting HEA, HEB, HEM profielen).

	G [kg/m]	h [mm]	b [mm]	s [mm]	t [mm]	A [cm ²]	Verskil met Euronorm 19-57 [%]						
IPE 80	80	6	80	46	3.8	5.2	7.6	0	0	0	0	0	-0.04
IPE 100	100	8.1	100	55	4.1	5.7	10.3	0	0	0	0	0	0
IPE 120	120	10.4	120	64	4.4	6.3	13.2	0	0	0	0	0	0
IPE 140	140	12.9	140	73	4.7	6.9	16.4	0	0	0	0	0	0
IPE 160	160	15.8	160	82	5	7.4	20.1	0	0	0	0	0	0
IPE 180	180	18.8	180	91	5.3	8	23.9	5	0	0	0	0	0
IPE 200	200	22.4	200	100	5.6	8.5	28.5	0	0	0	0	0	0
IPE 220	220	26.2	220	110	5.9	9.2	33.4	0	0	0	0	0	0
IPE 240	240	30.7	240	120	6.2	9.8	39.1	0	0	0	0	0	0
IPE 270	270	36.1	270	135	6.6	10.2	45.9	0	0	0	0	0	0
IPE 300	300	42.2	300	150	7.1	10.7	53.8	0	0	0	0	0	0
IPE 330	330	49.1	330	160	7.5	11.5	62.6	0	0	0	0	0	0
IPE 360	360	57.1	360	170	8	12.7	72.7	0	0	0	0	0	0
IPE 400	400	66.3	400	180	8.6	13.5	84.5	0	0	0	0	0	0
IPE 450	450	77.6	450	190	9.4	14.6	98.8	0	0	0	0	0	0
IPE 500	500	90.7	500	200	10.2	16	115.5	0	0	0	0	0	-0.5
IPE 550	550	106	550	210	11.1	17.2	134.4	0	0	0	0	0	0.4
IPE 600	600	122	600	220	12	19	156	0	0	0	0	0	0

Tabel 2: Afwijking IPE profielen volgens NEN-EN 10365:2017 met Euronorm 19-57

9.2 Euronorm 53-62 (HEA-HEB-HEM)

Euronorm 53-62 beschrijft de geometrie van de staalprofielseries HEA-HEB-HEM. Het document werd uitgegeven in juni 1962. De series zijn nieuw en opvolger van oude series die beschreven werden per land van herkomst (tabel 3).

Aanduiding volgens EU 53-62	oude aanduidingen			
	Duitsland DIN 1025	Frankrijk AFNOR	Belgie en Luxemburg	
HEA	I PB blad 3	HE A 45-202	DIE	I BPL
HEB	I PB blad 2	HN A 45-201	DIN	I BP
HEM	I PBv blad 4	HR A 45-201	DIR	I BPV

Tabel 3: Oude aanduidingen in de landen voor de nieuwe series HEA-HEB en HEM profielen.

De nieuwe series hebben een beperkter aantal profielen dan de oude series en in het algemeen zijn de afmetingen gewijzigd om een vermindering van gewicht te verkrijgen. Alle series zijn verkrijgbaar in de range: 100-120-140-160-180-200-220-240-260-280-300-320-340-360-400-450-500-550-600-650-700-800-900-1000.

Dat de afmetingen niet meer overeenkomen blijkt uit een vergelijk van de DIE/DIN/DIR profielen met de HEA/HEB en HEM (tabel 4).

	G [kg/m]	h [mm]	b [mm]	d [mm]	t [mm]	r [mm]
DIE30(HEA300)	87,7(88,3)	289(290)	297(300)	8,8(8,5)	14,5 (14)	18 (27)
DIN30(HEB300)	121(117)	300(300)	300(300)	12(11)	20(19)	18 (27)
DIR30(HEM300)	235(238)	336(340)	311(310)	23(21)	38(39)	18 (27)

Tabel 4: Vergelijking geometrie oude DIE/DIN/DIR profielen met nieuwe HEA-HEB en HEM series.

Ook de profieieigenschappen komen niet meer overeen met de HEA/HEB en HEM (tabel 5).

	I_x [cm ⁴]		I_y [cm ⁴]	
DIE30 HEA300	17960	18263	6330	6310
DIN30 HEB300	25760	25166	9010	8563
DIR30 HEM300	56580	59201	19080	19403

Tabel 5: Vergelijking profieieigenschappen oude DIE/DIN/DIR profielen met nieuwe HEA-HEB en HEM series.

Aangenomen wordt dat in de praktijk profielen van voor 1962 (de voorgangers van de HE-profielen) niet hergebruikt worden vanwege de afwijkende afmetingen en derhalve de lastige inpasbaarheid in een modern ontwerp.

9.3 Euronorm 19-57 (IPE)

Euronorm 19-57 beschrijft de geometrie van de IPE staalprofielserie. Het document werd uitgegeven in april 1957. De beschreven IPE range is: 80-100-120-140-160-180-200-220-240-270-300-330-360-400-450-500-550-600.

De IPE serie is een nieuwe reeks profielen met als kenmerk evenwijdige flenzen. De profielen zijn specifiek ontworpen op verbeterde buigsterkte om te kunnen concurreren met soortgelijke profielen uit landen buiten Europa.

10 Berekeningsnormen

In dit hoofdstuk wordt gestart met de eisen die de geldende berekeningsnorm stelt aan het staal. Vervolgens wordt gekeken naar de voorlopers van deze norm.

10.1 NEN-EN 1993-1-1

10.1.1 Materiaaleigenschappen en materiaalfactoren

NEN-EN 1993-1-1 beschrijft de algemene regels en regels voor gebouwen bij het ontwerp en berekening van staalconstructies. Hoofdstuk 3 geeft de eisen aan de materialen die in tabel 3.1 (hier opgenomen als tabel 6) gekoppeld worden aan de EN 10025 productnormen voor de kwaliteit van het materiaal. In de Nationale Bijlage wordt het gebruik van materiaal anders dan volgens EN 10025 niet toegestaan. De relevante paragrafen worden nader bekeken.

§3.2.1 Materiaaleigenschappen specificeert de eisen aan het materiaal. Dit zijn de essentiële kenmerken vloeigrens (f_y) en treksterkte (f_u).

§3.2.2 Ductiliteitseisen beschrijft de ductiliteitseisen. Dit is het essentiële kenmerk rek (ϵ_u). Daarbij mag de rek bij breuk ϵ_u die hoort bij de treksterkte f_u niet minder zijn dan 15% en moet $\epsilon_u \geq 15 \epsilon_y (=f_y/E)$.

Zowel §3.2.1 als §3.2.2 verwijst naar *Tabel 3.1* die de waarden van de vloeigrens f_y en de treksterkte f_u geeft gekoppeld aan de productnormen uit de NEN-EN 10025 serie. Staal volgens deze productnormen voldoet automatisch aan de eisen van paragraaf 3.2.1 en 3.2.2. In het kader van dit onderzoek is de koppeling met de delen 2,3 en 4 van NEN-EN 10025 van belang (zie tabel 6 hieronder). Als gerekend wordt met de waarden volgens *Tabel 3.1* dan wordt aan de eisen voldaan.

Norm en staalsoort	Nominale dikte van het element t [mm]			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]
EN 10025-2*				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	410	550
EN 10025-3**	zelfde principe			
EN 10025-4***	zelfde principe			

* Deel 2—onlegeerd constructiestaal;

** Deel 3—normaalgegløeid/normaliserend (N) gewalst lasbaar fijnkorrelig constructiestaal;

*** Deel 4—thermomechanisch gewalst lasbaar fijnkorrelig constructiestaal.

Tabel 6: Koppeling NEN-EN 1993-1-1 (tabel 3.1) met productnormen uit de NEN-EN 10025 serie.

§"3.2.3 Breuktaaiheid" geeft aan hoe brosse breuk moet worden voorkomen voor op trek belaste elementen. Daarbij mag de laagste gebruikstemperatuur niet onder een grenswaarde komen. De Nationale Bijlage geeft waarden voor de gebruikstemperatuur afhankelijk van hoe de constructie in het gebouw ligt.

- a) $T_{Ed} = -20$ °C voor constructies direct in aanraking met buitenlucht, grond of water;
- b) $T_{Ed} = -10$ °C voor constructies die niet vallen onder a) maar die zijn geplaatst binnen de buitengevels en het dak van een gebouw, waarin geen verwarmingselement aanwezig is (onverwarmde ruimte);
- c) $T_{Ed} = 0$ °C voor constructies die niet vallen onder a) maar die zijn geplaatst binnen de buitengevels en het dak van een gebouw, waarin een verwarmingselement aanwezig is dat de ruimte verwarmt tot ten minste 0 °C.

In NEN-EN 1993-1-10, Tabel 2.1 geeft vervolgens de maximale dikte van het element afhankelijk van de staalkwaliteit (essentieel kenmerk kerfslagwaarde).

§"3.2.4 Eigenschappen in de dikterichting". De Nationale Bijlage schrijft voor dat voor de kwaliteitsklasse tabel 3.2 moet worden gebruikt.

§"3.2.5 Toleranties" verwijst voor de afmetingen naar de van toepassing zijnde productnorm (NEN-EN 10034: I- en H-profielen van constructiestaal - Toleranties op vorm en afmetingen (en,nl)).

§"3.2.6 Rekenwaarden van materiaaleigenschappen" geeft de waarden voor de elasticiteitsmodus ($E = 210.000$ N/mm²) en poissoncoëfficiënt ($\nu = 0,3$).

In de materiaaleigenschappen is een veiligheidsfactor ingebouwd die afhankelijk is van het type berekening. *Paragraaf 6.1 Algemeen* schrijft drie verschillende partiële factoren voor:

- weerstand van de doorsneden, voor elke klasse: γ_{M0} (= 1,00)
- weerstand op gebied van stabiliteit via toetsing van elementen: γ_{M1} (= 1,00)
- weerstand van de doorsneden in trek tot aan breuk: γ_{M2} (= 1,25)

10.1.2 Uiterste grenstoestanden

Op een staalconstructie in een gebouw werken diverse belastingen die leiden tot inwendige krachten in de constructie. Dit zijn zuivere trek, zuivere druk, dwarskracht en buiging. Daarnaast speelt bij I-profielen instabiliteit als knik en kip een rol. NEN-EN 1993 geeft voor elke inwendige kracht formules met daarin parameters die af hangen van materiaaleigenschappen en geometrische eigenschappen. Deze eigenschappen zijn gerelateerd aan het her te gebruiken profiel. Daarnaast kan de formule een materiaalfactor hebben. Tabel 7 geeft een overzicht met verwijzing naar de betreffende formule uit NEN-EN 1993-1-1 en geeft de gevraagde materiaaleigenschap, geometrische eigenschap en materiaalfactor.

	Formule NEN-EN 1993-1-1	Materiaal eigenschap	Geometrische eigenschap	Materiaalfactor
trek	(6.6)	f_y [N/mm ²]	A	γ_{M0}
	(6.7)	f_u [N/mm ²]	A_{net}	γ_{M2}
druk	(6.10)	f_y [N/mm ²]	A	γ_{M0}
buiging	(6.13, DSN1/DSN2)	f_y [N/mm ²]	W_{pl}	γ_{M0}
dwarskracht	(6.18)	f_y [N/mm ²]	A_v	γ_{M0}
knik	(6.47)	f_y [N/mm ²]	A	γ_{M1}
	Tabel 6.1		imperfectie: α	
	(6.50)	λ_1 (= E en f_y)	i	
kip	(6.55)	f_y [N/mm ²]	W_y	γ_{M1}
	Tabel 6.3		imperfectie: α_{LT}	
	Tabel 6.4		h en b	
	(6.56)	f_y [N/mm ²]	W_y	
	(NB.148)	E G	C I_z I_t	

Tabel 7: Materiaaleigenschappen, geometrische eigenschappen en materiaalfactoren voor constructieve belastinggevallen (NEN-EN 1993-1-1)

Geconcludeerd kan worden dat NEN-EN 1993-1-1 alleen f_y en f_u gebruikt uit de materiaalnorm. De rest komt uit de norm voor de geometrie van het profiel. Deze waarden zal de constructeur derhalve altijd moeten vaststellen.

10.1.3 Bepaling van de uitvoeringsklasse

De constructeur stelt op basis van Bijlage C van NEN-EN 1993-1-1 vast welke uitvoeringsklasse geldt voor het gebouw. De uitvoeringsklasse is gebaseerd op de vereiste betrouwbaarheid, het type constructie (onderdeel of detail) en het type belasting waaraan de constructie (onderdeel of detail) is ontworpen. Concreet correspondeert de uitvoeringsklasse met de betrouwbaarheidsklasse (RC) of gevolgklasse (CC). Een kwalitatieve omschrijving van de gevolgklasse (CC) geeft *Tabel NB.20-B1-Voorbeelden van toepassing van gevolgklassen van NEN-EN 1990*.

Gevolg klasse	Omschrijving	Voorbeeld gebouw
CC3	Grote gevolgen t.a.v. verlies mensenlevens. Zeer grote economische of sociale gevolgen.	Hoge gebouwen (> 70m), Overspanning > 50m, stadion, station, concerthal, ziekenhuis \geq 4 bouwlagen, industrie gevaarlijke stoffen, kerncentrale
CC2	Middelmatige gevolgen t.a.v. verlies mensenlevens. Aanzienlijke economische of sociale gevolgen.	Ziekenhuizen, winkels, onderwijsgebouwen, parkeergarage, openbare gebouwen, eengezinswoning > 4 lagen
CC1	Geringe gevolgen t.a.v. verlies mensenlevens. Verwaarloosbare economische of sociale gevolgen.	industriegebouw (1/2/3 bouwlagen en aantal personen beperkt), tuinbouwkas, eengezinswoning < 4 bouwlagen

Tabel 8: Omschrijving gevolgklassen volgens nationale bijlage van NEN-EN 1990.

NEN-EN 1991-1-7[6] geeft een nadere uitwerking van gevolgklasse 2 die gesplitst wordt in CC2a (risicogroep laag) en CC2b (risicogroep hoog). In het kader van hergebruik is gebruik in gebouwen met CC2a aanbevolen en CC2b uitgesloten. Gevolgklasse CC2a bevat:

- Eengezinswoningen met 4 of meer bouwlagen (grondgebonden);
- Woongebouwen, hotels en kantoorgebouwen met maximaal 4 bouwlagen;
- Onderwijsgebouwen met 1 bouwlaag;
- Winkels met 1 of 2 bouwlagen ;
- Openbare gebouwen met een vloeroppervlakte kleiner dan 2 000 m² per bouwlaag;
- Industriegebouwen met 1 of 2 bouwlagen (aantal personen binnen niet beperkt);
- Parkeergarages met 1 of 2 bouwlagen.

Als de gevolgklasse bekend is kan op eenvoudige wijze de uitvoeringsklasse worden bepaald. Die is afhankelijk van het belastingtype. Voor de meeste gebouwen is het belastingtype statisch of quasi statisch waardoor de uitvoeringsklasse correspondeert met de gevolgklasse. Dan wordt gevolgklasse 2 (CC2) uitvoeringsklasse 2 (EXC2). Zie tabel 9.

Gevolg klasse	Belastingtype	
	Statisch, quasi statisch (wind) of aardbeving (laag)	Vermoeiing, aardbeving (gemiddeld, groot)
CC3	EXC3	EXC3 of EXC4
CC2	EXC2	EXC3
CC1	EXC1	EXC2

Tabel 9: Uitvoeringsklasse afhankelijk van gevolgklasse en belasting (NEN-EN 1993-1-1, bijlage C).

Er zijn 4 uitvoeringsklassen waarbij de uitvoeringsklasse wordt afgekort tot EXC (van het Engelse execution).

EXC 1:

Uitvoeringsklasse 1 omvat constructiedelen van staal tot sterkteklasse S275 die hoofdzakelijk statisch worden belast. Hierin vallen trappen, leuningwerk in woningen, gebouwen in de agrarische sector, serres van woningen, vrijstaande huizen tot 4 verdiepingen hoog of andere vergelijkbare constructie (delen).

EXC 2:

Uitvoeringsklasse 2 omvat constructie delen van staal tot sterkteklasse S700 die hoofdzakelijk statisch worden belast en constructies die niet hoofdzakelijk statisch worden belast tenzij ze moeten worden ingedeeld in een van de andere 3 klassen.

EXC 3:

Uitvoeringsklasse 3 omvat constructie delen van staal tot sterkteklasse S700 die hoofdzakelijk statisch worden belast en constructies die niet hoofdzakelijk statisch worden belast en niet worden ingedeeld in EXC 1. Dit omvat gebouwen met meer dan 15 verdiepingen, grote dakconstructies, publiek toegankelijke gebouwen, stadions, bruggen, uitkragingen, torens en schoorstenen.

EXC 4:

Uitvoeringsklasse 4 omvat alle constructie delen genoemd in klasse 3 maar dan met grote consequenties voor mens en omgeving bij falen. Dit betreft bijvoorbeeld bruggen in het rijkswegennet, constructies in dichtbevolkte woongebieden, industriële bouwwerken met een hoog potentieel gevaar en kerncentrales.

Hoofdstuk 5 refereert aan de uitvoeringsklassen in het kader van naspeurbaarheid van de basisproducten. In principe moet elk product dat gebruikt wordt voor een uitvoeringsklasse 3 of 4 in elk stadium volledig naspeurbaar zijn. Dat is voor een hergebruikt stalen constructieonderdeel veelal niet haalbaar. Derhalve is de uitvoeringsklasse voor her te gebruiken constructiestaal maximaal 2 en de gekoppelde gevolgklasse ook maximaal 2.

10.2 TGB 1990

De TGB 1990 is uitgegeven in het jaar 1990 en de opvolger van de TGB 1972. De TGB 1990 gold van 1990 tot 1 april 2014 toen NEN-EN 1993 verplicht werd gesteld in het Bouwbesluit 2012. Waar de TGB 1972 één deel had voor staal is de TGB 1990 gesplitst in drie losse delen:

- NEN 6770 - Technische grondslagen voor bouwconstructies. TGB 1990. Staalconstructies. Basiseisen en basisrekenregels voor overwegend statisch belaste constructies; (2de druk in mei 1997)
- NEN 6771 - Technische grondslagen voor bouwconstructies. TGB 1990. Staalconstructies. Stabiliteit, 1ste druk december 1991, inclusief wijzigingsblad A1, mei 1997.
- NEN 6772 - Technische grondslagen voor bouwconstructies. TGB 1990. Staalconstructies. Verbindingen, 1ste druk december 1991, inclusief wijzigingsblad A1, mei 1997.

§9.1.2 *Representatieve waarden* geeft in Tabel 2 representatieve waarden voor treksterkte en vloeigrens voor de toe te passen staalsoorten (afbeelding 11). In afwijking hiervan mogen ook de waarden van tabel 4 van NEN-EN 10025:1991 worden opgenomen. Ook laat TGB 1990 ruimte voor staalsoorten die buiten de materiaalnorm vallen.

staalsoort volgens 7.1.2 met inachtneming van het gestelde in 7.1.1	$t \leq 40$ mm		$40 \text{ mm} < t \leq 100$ mm		$100 \text{ mm} < t \leq 250$ mm	
	$f_{y;rep}$	$f_{t;rep}$	$f_{y;rep}$	$f_{t;rep}$	$f_{y;rep}$	$f_{t;rep}$
Fe 360 \triangleq Fe E 235	235	360	215	340	175	320
Fe 430 \triangleq Fe E 275	275	430	255	410	205	380
Fe 510 \triangleq Fe E 355	355	510	325	490	275	450

waarin:

t is de dikte van een plaatdeel.

afb. 11: Representatieve waarden voor vloeigrens en treksterkte volgens TGB 1990, 1990.

De TGB 1990 kreeg in 1997 een tweede druk. Voornaamste verschil is dat de staalsoorten de huidige (moderne) benaming krijgen. Zo wordt Fe 360 voortaan S235 genoemd.

TGB 1990 geeft voor de overige materiaalconstanten:

Elasticiteitsmodulus	E	$= 210\,000 \text{ N/mm}^2$	(9.1.2.2)
Afschuivingsmodulus	G	$= 81\,000 \text{ N/mm}^2$	(9.1.2.3)
Poissonfactor	ν_{rep}	$= 0,3$	(9.1.2.4)
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	α_{rep}	$= 12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	(9.1.2.5)

10.3 TGB 1972

De TGB 1972 is uitgegeven in het jaar 1972 en de opvolger van de TGB 1955. De TGB 1972 gold van 1972 tot 1990 toen de TGB 1990 werd uitgebracht. Waar de TGB 1955 zowel belastingen als de materialen staal en hout behandelde is de TGB 1972 gesplitst in drie losse delen:

- NEN 3850 - Technische grondslagen voor de berekening van bouwconstructies. TGB 1972: Algemeen gedeelte en belastingen;
- NEN 3851 - Technische grondslagen voor de berekening van bouwconstructies. TGB 1972: Staalconstructies;
- NEN 3852 - Technische grondslagen voor de berekening van bouwconstructies. TGB 1972: Houtconstructies.

§2.1 *Materiaaleigenschappen* geeft in Tabel 2 rekenwaarden voor de vloeigrens voor de toe te passen staalsoorten (afbeelding 12). TGB 1972 verwijst naar de staalsoorten beschreven volgens Euronorm 25-72. Staalsoorten die buiten Euronorm 25-72 vallen mogen wel worden toegepast mits de gewaarborgde waarden op dezelfde wijze zijn bepaald. Dezelfde werkwijze kan ook met her te gebruiken staal worden aangehouden. De waarden dienen zelf bepaald te worden.

staalsoort volgens Euronorm 25-72		rekenwaarde voor de vloeigrens σ_e in N/mm ²
aanduiding van de soort	vroegere aanduiding	
Fe 310	Fe 33	200
Fe 360	Fe 37	240
Fe 430	Fe 44	280
Fe 510	Fe 52	360
niet-genoemde staalsoorten		²⁾

¹⁾ Bij diktes groter dan 40 mm en kleiner dan 100 mm moeten de gegeven waarden met 10% worden verlaagd.

²⁾ De minimum vloeigrens (of de 0,2% rekgrens) van het materiaal doch ten hoogste 70% van de treksterkte. Bovendien moet de minimum rek na breuk (A5) ten minste 12% bedragen. De voornoemde waarden moeten op dezelfde wijze worden bepaald als de gewaarborgde waarden voor deze grootheden van de staalsoorten die wél in Euronorm 25-72 worden genoemd.

afb. 12: Representatieve waarden voor de vloeigrens volgens TGB 1972.

TGB 1972 geeft voor de overige materiaalconstanten in paragraaf 2.1:

Elasticiteitsmodulus	E	= 210 x 10 ³ N/mm ²
Afschuivingsmodulus	G	= 81 x 10 ³ N/mm ²
Poissonverhouding	ν	= 0,3
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	α_T	= 12 x 10 ⁻⁶ K ⁻¹

10.4 TGB 1955

De TGB 1955 is uitgegeven in het jaar 1955 en is de tweede gewijzigde druk van de TGB 1949. De TGB 1955 gold van 1955 tot 1972 toen opvolger TGB 1972 werd uitgebracht.

Het concept is anders dan van de modernere normen:

- alles in 1 norm: belastingen, berekening en materialen (staal, hout etc.);
- geen belastingfactoren.

De norm met het concept van toegelaten spanningen waaraan de belastingcombinatie moet voldoen. Standaard worden drie combinaties beschouwd:

A a + b + c
 B a + b + d
 C a + b + e met:

a = eigen gewicht

b = nuttige belasting

c = sneeuwbelasting

d/e = matige windbelasting / hoge windbelasting

Om een link te leggen met de huidige norm wordt een profiel op basis van NEN-EN 1993-1-1 teruggerekend met de TGB 1955.

Rekenvoorbeeld:

Voorbeeld kantoor volgens TGB 1955 (3 bouwlagen in CC1 en binnen ($T = 20^0$))

Met:

a = $24 \times 0,25 = 6 \text{ kN/m}^2$ (gewapend beton, tabel I)

b = $= 2,5 \text{ kN/m}^2$ (kantoor, tabel II)

c = $= 0,5 \text{ kN/m}^2$ (sneeuw, Art. 12)

d/e = $=$ niet relevant want pendelkolom.

De relevante belastingcombinatie A wordt conform Art. 7:

Dak	6	+	100% x 0,5	= 6,5	kN/m^2
2 ^e verdieping	6	+	100% x 2,5	= 8,5	kN/m^2
1 ^e verdieping	6	+	90% x 2,5	= 8,25	kN/m^2

Bij een grid 7,2m x 5,4m wordt de belasting op de kolom: 904 kN

Getoetst wordt aan een basisspanning $\sigma = 14 \text{ kN/cm}^2 (= 140 \text{ N/mm}^2)$. Deze wordt vermenigvuldigd met een factor afhankelijk van het belastinggeval en de belastingcombinatie (tabel 10).

	trek	druk (≠ knik)	buiging	afschuiving	Belasting combinatie
gewalst staal H volgens V1035, deel IV voor bouwconstructies zonder trillingen	1	1	1	0,6	A + B
	1,15	1,15	1,15	0,7	C
gewalst staal Qm37 volgens V1035, deel IV	1	1	1	0,6	A + B
	1,15	1,15	1,15	0,7	C

Tabel 10: Factor waarmee de basisspanning vermenigvuldigd wordt afhankelijk van het belastingtype (TGB 1955)

Getoetst wordt een HEA profiel in S235 die berekend is volgens NEN-EN 1993-1-1. De belasting wordt bepaald met belastingfactoren en belastingcombinaties volgens NEN-EN 1990.

(vgl. 6.10b):

Dak	1,2x6 +	1,5 x 0 x 0,56	= 7,2 kN/m ²
2 ^e verdieping	1,2x6 +	1,5 x 1,0 x 2,5	= 11 kN/m ²
1 ^e verdieping	1,2x6 +	1,5 x 1,0 x 2,5	= 11 kN/m ²
			29,2 kN/m ²

Bij een grid van 7,2 x 5,4 wordt de belasting op de kolom: 1135 kN. Het profiel wordt nu een HEA240 (bijlage F: berekening knik volgens NEN-EN 1993-1-1 voor 1135 kN).

$$UC_y = 0,68 \text{ en } UC_z = 0,82$$

Het moderne profiel (in S235) wordt nu getoetst met de TGB 1955.

Art. 21 geeft aan hoe de slankheid berekend moet worden.

$$\text{TGB 1955: Art. 21} \quad \lambda = \frac{l}{i} = \frac{350}{6,00(6,00 \text{ nieuw})} = 58,3$$

De slankheid bepaald de drukspanningscoëfficiënt (α).

De toets wordt uitgevoerd conform Art. 23

$$\text{TGB 1955: Art. 23} \quad \frac{P}{F} \leq \alpha \cdot \bar{\sigma}_d = \text{met:}$$

P = 904 kN	=	centrisch aangrijpende drukkracht
F = 76,8 cm ² (76,84 nieuw)	=	bruto doorsnede
$\alpha = 0,769$	=	drukspanningscoëfficiënt uit Tabel IV voor staal H en Qm 37
$\bar{\sigma}_d = 10,77 \text{ kN/cm}^2$	=	Tabel IV voor $\bar{\sigma}_d = 1,00\sigma$ bij belastingcombinatie A

$$P/F = 11,7 \text{ kN/cm}^2$$

$$\alpha \cdot \bar{\sigma}_d = 0,769 \cdot 14 = 10,77 \text{ kN/cm}^2$$

$$UC_z = \frac{11,7}{10,77} = 1,09$$

Het moderne profiel met een vloeigrens van S235 voldoet niet. Bij een berekening volgens de TGB 1955 was een HEA260 nodig.

De norm verwijst voor eigenschappen van de materialen naar de "V 1035-IV:1952 nl - Keuringsnormen voor metalen - Constructiestaal" uit 1952. TGB 1955 geeft voor de overige materiaalconstanten:

Elasticiteitsmodulus	E	= 21 000 kN/cm ²	(art. 43)
Afschuivingsmodulus	G	= geen	
Poissonverhouding	ν	= geen	
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	α_T	= geen	

10.5 TGB 1949

De TGB 1949 is de voorloper van de TGB 1955. Het toenmalige ministerie van Verkeer en Waterstaat gaf in 1949 een profielenboek uit met toen veel gebruikte staalprofielen. Belangrijkste reden was dat na de oorlog veel gewerkt moest worden met geïmporteerde staalprofielen uit Engeland en de Verenigde Staten die voor de Tweede Wereldoorlog nauwelijks gebruikt werden in Nederland. Door een helder overzicht te geven van profieleeigenschappen van een brede range aan type staalprofielen hielp Verkeer en Waterstaat de bouwwereld bij de toepassing. Het profielenboek bevat profielen die op dit moment niet meer gebruikt worden. Derhalve is TGB 1949 niet relevant in het kader van dit onderzoek.

11 Productnormen

De productnormen omschrijven de eigenschappen van het staal dat gebruikt wordt, hoe het materiaal getest en beproefd moet worden en aan welke eisen het product minimaal moet voldoen. Vanaf 1955 wordt elke berekeningsnorm gekoppeld aan een productnorm die borgt dat de constructeur van een bepaalde vloeigrens en treksterkte mag uitgaan. Begonnen wordt met de huidige geldende productnormen. Vervolgens wordt gekeken hoe de oude productnormen de materiaaleigenschappen omschrijven.

11.1 NEN-EN 10025:2004

De belangrijkste op dit moment geldende productnormen voor stalen constructieproducten zijn:

- NEN-EN 10210: Warmvervaardigde buisprofielen voor constructiedoeleinden van ongelegeerd en fijnkorrelig staalsoorten;
- NEN-EN 10219: Koudvervaardigde gelaste buisprofielen voor constructiedoeleinden van ongelegeerd en fijnkorrelig staal;
- NEN-EN 10025 serie: Warmgewalste producten van constructiestaal.

In het kader van dit onderzoek wordt specifiek gekeken naar de NEN-EN 10025 serie voor warmgewalste producten (HEA, HEB, HEM en IPE profielen). Deze normen omschrijven hoe de CE markering gehaald moet worden, welke eisen gesteld worden aan de chemische samenstelling, hoe de keuring uitgevoerd moet worden en welke beproevingsmethoden moeten worden toegepast. Daarbij gaat het specifiek om eisen voor platte en lange producten (staalprofielen) van warmgewalst constructiestaal. De staalsoorten gespecificeerd in dit document zijn bestemd voor de toepassing in gelaste, geboute en geklonken constructies.

NEN-EN 10025-1[7]: specificeert de algemene leveringsvoorwaarden.

Dit zijn de algemene eisen aan het proces van de staalproductie. Verder schrijft NEN-EN 10025-1 voor hoe de keuring en het bijbehorende keuringsdocument er uit moet zien.

De norm schrijft twee typen keuringsdocumenten voor in *Bijlage B, Tabel B.1-Type keuringsdocument*). Een type 3.1 document is een keuring per product. Type 3.1 document is verplicht voor een vloeigrens hoger dan 355 N/mm^2 of voor kerfslagenergie beproefd bij een temperatuur minder dan 0°C .

Voor de overige gevallen mag volstaan worden met een type 2.2 document wat inhoudt dat de keuring gedaan wordt voor een batch producten.

NEN-EN 10025-1 schrijft ook voor welke zogenoemde essentiële kenmerken de DoP moet vermelden. De kenmerken worden hieronder toegelicht met een verwijzing naar de NEN-EN 1993-1-1.

- Toleranties op dimensies en vorm
Dit is van belang voor de bepaling van geometrische grootheden als weerstandsmoment en traagheidsmoment.
- Rek (ϵ_u)
Paragraaf 3.2.2 Ductiliteitseisen van NEN-EN 1993-1-1 geeft de minimale eisen voor vervorming van het staal alvorens te bezwijken. Daarbij mag de rek bij breuk ϵ_u die hoort bij de treksterkte f_u niet minder zijn dan 15% en moet $\epsilon_u \geq 15 \epsilon_y (=f_y/E)$.

- Vloegrens (f_y)
Paragraaf 3.2.1 Materiaaleigenschappen van NEN-EN 1993-1-1 bepaalt dat de vloegrens direct uit de productnorm volgt of uit Tabel 3.1 uit NEN-EN 1993-1-1 die ook naar de productnorm verwijst.
- Treksterkte (f_u)
Zie de vloegrens.
- Kerfslagwaarde
Paragraaf 3.2.3 Breuktaaiheid van NEN-EN 1993-1-1 eist voldoende breuktaaiheid van het materiaal om brosse breuk van op trek belaste elementen te voorkomen. Het materiaal moet een minimale impactenergie van 27J kunnen weerstaan. Dit is afhankelijk van de temperatuur. De minimumtemperatuur waarbij het staal deze energie kan opnemen is gegeven door de staalkwaliteit (zie de tabellen hierna). Het staal mag dan ook niet worden toegepast in condities waarin het staal aan een lagere temperatuur wordt blootgesteld.
- Lasbaarheid (chemische samenstelling)
NEN-EN 1993-1-1 verwijst bij de materiaaleigenschappen niet direct naar de lasbaarheid. NEN-EN 10025-1, 7.2.3 geeft een formule voor het bepalen van het koolstofequivalent (de IIW-formule).

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

De DoP moet de waarden voor de elementen weergeven. EN 10025-2,3,4,6 geven vervolgens de eisen aan de maximale waarde (in procenten) van de CEV. Verder specificeren EN 10025-2,3,4,6 maximale waarden voor specifieke elementen (Si, Mn, P, S, N, Cu) in het staal.

Voor lassen mogen fosfor (P) en zwavel (S) niet boven de voorgeschreven maxima komen voor een goede lasbaarheid[8]. Bij latere staalsoorten is steeds meer mangaan (Mn) toegevoegd dat zich bindt met zwavel tot mangaansulfide. Hoe hoger het Mn/S ratio hoe gunstiger. Verder is een formule ontwikkeld om de gevoeligheid voor warmscheuren van het staal te bepalen. Dit is de UCS (Units of Crack Susceptibility) formule die analoog aan het koolstofequivalent werkt.

$$UCS = 230 C + 190 S + 75 P + 45Nb - 12,3 Si - 5,4 Mn - 1$$

- Duurzaamheid (chemische samenstelling)
NEN-EN 1993-1-1 verwijst bij de materiaaleigenschappen niet direct naar de duurzaamheid. EN 10025-1, 7.4.3 beschrijft de geschiktheid voor dompelverzinken waarbij de corresponderende paragraaf 7.4.3 van EN 10025-2,3,4,6 maximale waarden geeft voor het percentage silicium (Si) en fosfor (P) in het staal.

De eisen voor deze essentiële kenmerken worden omschreven in de delen 2 tot en met 6 van EN 10025. In het kader van deze richtlijn zijn vooral deel 2, deel 3 en deel 4 van belang. Deze worden hierna in de opsomming uitgebreider toegelicht.

- NEN-EN 10025-2[9]: Technische leveringsvoorwaarden voor ongelegeerd constructiestaal.
Dit zijn de veelgebruikte staalsoorten S235, S275, S355 en S450. Deze producten worden in de meeste standaard staalconstructies toegepast. De staalsoorten kunnen in een aantal kwaliteiten worden geleverd (tabel 11).

Staalsoort	Staalkwaliteit	Minimum energie (J) \leq 150mm	Temperatuur ($^{\circ}$ C)
S235, S275, S355	JR	27	20
S235, S275, S355, S450	J0	27	0
S235, S275, S355	J2	27	-20
S355	K2	40	-20

Tabel 11: Staalsoort, staalkwaliteit met bijbehorende kerfslagwaarde en impacttemperatuur (NEN-EN 10025-2).

- NEN-EN 10025-3[10]: Technische leveringsvoorwaarden voor normaalgegloeid/normaliserend (N) gewalst lasbaar fijnkorrelig constructiestaal. Beschreven worden de staalsoorten S275, S355, S420 en S460. Deze producten zijn speciaal bestemd voor zwaar belaste delen in gelaste constructies als sluisen en bruggen. De staalsoorten zijn er in twee kwaliteiten. Kwaliteit N is toepasbaar bij temperaturen niet lager dan -20° C. Kwaliteit NL is toepasbaar bij temperaturen niet lager dan -50° C (tabel 12).

Staalsoort	Staalkwaliteit	Minimum energie (J)	Temperatuur ($^{\circ}$ C)
S275, S355, S420, S460	N	40	-20
S275, S355, S420, S460	NL	27	-50

Tabel 12: Staalsoort, staalkwaliteit met bijbehorende kerfslagwaarde en impacttemperatuur (NEN-EN 10025-3).

- NEN-EN 10025-4[11]: Technische leveringsvoorwaarden voor thermomechanisch gewalst lasbaar fijnkorrelig constructiestaal. Beschreven worden de staalsoorten S275, S355, S420 en S460. Deze producten zijn speciaal bestemd voor zwaar belaste delen in gelaste constructies als sluisen en bruggen. De staalsoorten zijn er in twee kwaliteiten. Kwaliteit M is toepasbaar bij temperaturen niet lager dan -20° C. Kwaliteit ML is toepasbaar bij temperaturen niet lager dan -50° C (tabel 13).

Staalsoort	Staalkwaliteit	Minimum energie (J)	Temperatuur ($^{\circ}$ C)
S275, S355, S420, S460	M	40	-20
S275, S355, S420, S460	ML	27	-50

Tabel 13: Staalsoort, staalkwaliteit met bijbehorende kerfslagwaarde en impacttemperatuur (NEN-EN 10025-4).

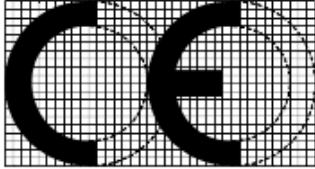
- NEN-EN 10025-6[12]: Technische leveringsvoorwaarden voor platte producten van constructiestaal met hoge vloeigrens in de veredelde toestand Dit is constructiestaal met vloeigrenzen van S460 en hoger tot en met S960. De staalsoorten zijn er in drie kwaliteiten. Kwaliteit Q is toepasbaar bij temperaturen niet lager dan $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kwaliteit QL is toepasbaar bij temperaturen niet lager dan $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ en kwaliteit QL1 is toepasbaar bij temperaturen niet lager dan $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ (tabel 14).

Staalsoort	Staalkwaliteit	Minimum energie (J)	Temperatuur ($^{\circ}\text{C}$)
S460, S500, S550, S620, S690, S890, S960	Q	30	-20
S460, S500, S550, S620, S690, S890, S960	QL	30	-40
S460, S500, S550, S620, S690, S890, S960	QL1	30	-60

Tabel 14: Staalsoort, staalkwaliteit met bijbehorende kerfslagwaarde en impacttemperatuur (NEN-EN 10025-6).

Bij de bestudering van de oude materiaalnormen blijkt dat de staalsoorten veelal overeenkomen met die uit NEN-EN 10025-2. Verder wordt in dit onderzoek gekeken naar hergebruik van constructiestaal in de utiliteitsbouw. Derhalve wordt verderop in dit hoofdstuk de oude normen vergeleken met NEN-EN 10025-2.

Het resultaat van een DoP is een datablad dat in tabellen de prestatie op mechanische eigenschappen, toleranties op dimensies etc. op overzichtelijke wijze voor de gebruiker inzichtelijk maakt (afbeelding 13 en Bijlage A: CE-verklaring ArcelorMittal conform NEN-EN 10025-1).

	<p><i>ConformiteitsCE-merk, bestaande uit het "CE"-symbool gegeven in Richtlijn 93/68/EEG.</i></p>										
01234	<p><i>Identificatienummer van de certificerende instantie (waar relevant)</i></p>										
<p>Een bedrijf BV, Postbus 21, B-1050</p> <p>03</p> <p>01234-CPD-00234</p>	<p><i>Naam of identificerend merk en geregistreerd adres van de producent</i></p> <p><i>Laatste twee cijfers van het jaar waarin de markering werd aangehecht</i></p> <p><i>Nummer van certificaat (waar relevant)</i></p>										
<p>EN 10025-1</p> <p>Warmgewalste producten van constructiestaal.</p> <p>Bedoeld gebruik: Gebouwen of kunstwerken.</p> <p>Toleranties op afmetingen en vorm: Plaat EN 10029 Klasse A</p> <table border="0"> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding-right: 10px;">Rek</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding-right: 10px;">Treksterkte</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding-right: 10px;">Vloegrens</td> <td>: Staal S355J0 – EN 10025-2</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding-right: 10px;">Kerfslagwaarde</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding-right: 10px;">Lasbaarheid</td> <td></td> </tr> </table> <p>Duurzaamheid: Geen beproevingsuitslag bepaald</p> <p>Gereguleerde stof: Geen beproevingsuitslag bepaald</p>	Rek		Treksterkte		Vloegrens	: Staal S355J0 – EN 10025-2	Kerfslagwaarde		Lasbaarheid		<p><i>Nr. van Europese norm</i></p> <p><i>Omschrijving van product</i></p> <p style="text-align: center;"><i>en</i></p> <p><i>informatie over gereguleerde eigenschappen</i></p>
Rek											
Treksterkte											
Vloegrens	: Staal S355J0 – EN 10025-2										
Kerfslagwaarde											
Lasbaarheid											

afb. 13: Voorbeeld van een DoP voor constructiestaal volgens NEN-EN 10025-1.

In de komende paragrafen worden de voorlopers vergeleken met NEN-EN 10025-1 en meer specifiek op de gegevens die op de DoP moeten worden vermeld.

11.2 NEN-EN 10025:1990

NEN-EN 10025:1990 gold van 1990 tot 2004 en is de directe voorloper van de huidige productnorm NEN-EN 10025-2:2004. NEN-EN 10025-2, bijlage A geeft een overzicht van de moderne naam en bijbehorende oudere benamingen (afbeelding 14).

Aanduiding volgens EN 10025-2:2004		Volgens EN 10025:1990 +A1:1993		Volgens EN 10025:1990		Di
						vo
						DI
S185	1.0035	S185	1.0035	Fe 310-0	St	
S235JR	1.0037	S235JR	1.0037	Fe 360 B	St	
	1.0036	S235JRG1	1.0036	Fe 360 BFU	Ut	
S235J0	1.0038	S235JRG2	1.0038	Fe 360 BFN	Rt	
	1.0114	S235J0	1.0114	Fe 360 C	St	
S235J2	1.0116	S235J2G3	1.0116	Fe 360 D1	St	
	1.0117	S235J2G4	1.0117	Fe 360 D2		
S275JR	1.0044	S275JR	1.0044	Fe 430 B	St	
	1.0143	S275J0	1.0143	Fe 430 C	St	
S275J2	1.0144	S275J2G3	1.0144	Fe 430 D1	St	
	1.0145	S275J2G4	1.0145	Fe 430 D2		
S355JR	1.0045	S355JR	1.0045	Fe 510 B	St	
	1.0553	S355J0	1.0553	Fe 510 C	St	
S355J2	1.0570	S355J2G3	1.0570	Fe 510 D1	St	
	1.0577	S355J2G4	1.0577	Fe 510 D2		
S355K2	1.0595	S355K2G3	1.0595	Fe 510 DD1		
	1.0596	S355K2G4	1.0596	Fe 510 DD2		
S450J0	1.0590					

afb. 14: Oudere benamingen voor constructiestaal

In deze paragraaf wordt onderzocht hoe NEN-EN 10025; 1990 aan de eisen die NEN-EN 1993 aan het materiaal stelt kan voldoen. De eisen van NEN-EN 1993 zijn:

§3.2.1 Materiaaleigenschappen (f_y en f_u)

Tabel 5 geeft de mechanische eigenschappen voor platte en lange producten (afbeelding 15).

Tabel 5: Mechanische eigenschappen voor platte en lange producten

Aanduiding	Desori-datiemethode	Sub-groep	Minimumvloeigrens R_{eH} in N/mm ² 1)								Treksterkte R_{m} in N/mm ² 1)				
			Nominale dikte in mm								Nominale dikte in mm				
Volgens EN 10027-1 en ECSS KC 10	Volgens EN 10027-2		≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 63	> 63 ≤ 80	> 80 ≤ 100	> 100 ≤ 150	> 150 ≤ 200	> 200 ≤ 250	< 3	≥ 3 < 100	≥ 100 < 150	≥ 150 < 250	
S185 2)	1.0035	keuze	BS	185	175	-	-	-	-	-	310-540	290-510	-	-	
S235JR 3)	1.0037	keuze	BS	235	225	-	-	-	-	-	360-510	340-470	-	-	
S235JRG1 3)	1.0036		FLU	235	225	-	-	-	-	-	360-510	340-470	-	-	
S235JRG2	1.0038	FN	BS	235	225	215	215	215	195	185	175	360-510	340-470	340-470	320-470
S235J0	1.0114		OS	235	225	215	215	215	195	185	175	360-510	340-470	340-470	320-470
S235J2G3	1.0116	FF	OS	235	225	215	215	215	195	185	175	360-510	340-470	340-470	320-470
S235J2G4	1.0117		OS	235	225	215	215	215	195	185	175	360-510	340-470	340-470	320-470
S275JR	1.0044	FN	BS	275	265	245	235	225	215	205	430-560	410-560	400-540	380-540	
S275J0	1.0143		OS	275	265	245	235	225	215	205	430-560	410-560	400-540	380-540	
S275J2G3	1.0144	FF	OS	275	265	245	235	225	215	205	430-560	410-560	400-540	380-540	
S275J2G4	1.0145		OS	275	265	245	235	225	215	205	430-560	410-560	400-540	380-540	
S355JR	1.0045	FN	BS	355	345	335	325	315	295	285	275	510-630	490-630	470-630	450-630
S355J0	1.0553		OS	355	345	335	325	315	295	285	275	510-630	490-630	470-630	450-630
S355J2G3	1.0570	FF	OS	355	345	335	325	315	295	285	275	510-630	490-630	470-630	450-630
S355J2G4	1.0577		OS	355	345	335	325	315	295	285	275	510-630	490-630	470-630	450-630
S355K2G3	1.0595	FF	OS	355	345	335	325	315	295	285	275	510-630	490-630	470-630	450-630
S355K2G4	1.0596		OS	355	345	335	325	315	295	285	275	510-630	490-630	470-630	450-630
E295 4)	1.0050	FN	BS	295	285	275	265	255	245	235	225	490-660	470-610	450-610	440-610
			OS	295	285	275	265	255	245	235	225	490-660	470-610	450-610	440-610
E335 4)	1.0060	FN	BS	335	325	315	305	295	275	265	255	590-770	570-710	550-710	540-710
			OS	335	325	315	305	295	275	265	255	590-770	570-710	550-710	540-710
E360 4)	1.0070	FN	BS	360	355	345	335	325	295	285	275	690-900	670-830	650-830	640-830
			OS	360	355	345	335	325	295	285	275	690-900	670-830	650-830	640-830

1) De waarden in de tabel gelden voor proefstaaven in langrichting (l) voor de trekproef. Voor plaat, constructiestaal met breedte gelijk aan of groter dan 600 mm.
 2) BS = staal voor algemeen gebruik; OS = kwaliteitsstaal.
 3) Alleen beschikbaar in nominale dikten kleiner dan of gelijk aan 25 mm.
 4) Deze staalsoorten worden meestal niet toegepast voor U-profielen, hoekprofielen en andere profielen.

afb. 15: Mechanische eigenschappen volgens NEN-EN 10025; 1990.

De waarden voor vloeigrens (f_y) en treksterkte (f_u) zijn gelijk die in de huidige norm.

§3.2.2 Ductiliteitseisen (ϵ_u)

De minimum rek na breuk (ϵ_u) wijkt voor NEN-EN 10025; 1990 (tabel 5) af van de waarden gegeven in de huidige norm (tabel 7). Toch voldoen alle waarden aan de eis van minimaal 15% (afbeelding 16).

Tabel 7 (einde)

Aanduiding		Ligging van proefstaven	Minimumrek na breuk ^a					
Volgens EN 10027-1 en CR 10260	Volgens EN 10027-2		%					
			≥ 3 ≤ 40	> 40 ≤ 63	> 63 ≤ 100	> 100 ≤ 150	> 150 ≤ 250	$> 250^c$ ≤ 400 alleen voor J2 en K2
			$L_0 = 5,65 \sqrt{S_0}$ Nominale dikte mm					
S235JR	1.0038	l	26	25	24	22	21	–
S235J0	1.0114							–
S235J2	1.0117	t	24	23	22	22	21	21 (l en t)
S275JR	1.0044	l	23	22	21	19	18	–
S275J0	1.0143							–
S275J2	1.0145	t	21	20	19	19	18	18 (l en t)
S355JR	1.0045	l	22	21	20	18	17	–
S355J0	1.0553							–
S355J2	1.0577							17 (l en t)
S355K2	1.0596	t	20	19	18	18	17	17 (l en t)
S450J0 ^d	1.0590	l	17	17	17	17	–	–

Tabel 5: Mechanisch

Aanduiding		rek in % ¹⁾				
Volgens EN 10027-1 en ECSS IC 10	Volgens EN 10027-2	$L_0 = 5,65 \sqrt{S_0}$ Nominale dikte in mm				
		≥ 3 ≤ 40	> 40 ≤ 63	> 63 ≤ 100	> 100 ≤ 150	> 150 ≤ 250
S185 ²⁾	1.0035	18	–	–	–	–
S235JR ³⁾	1.0037	26	25	24	22	21
S235JRG1 ³⁾	1.0036					
S235JRG2 ³⁾	1.0038					
S235J0	1.0114					
S235J2G3	1.0116					
S235J2G4	1.0117	24	23	22	22	21
S275JR	1.0044	22	21	20	18	17
S275J0	1.0143					
S275J2G3	1.0144					
S275J2G4	1.0145	20	19	18	18	17
S355JR	1.0045	22	21	20	18	17
S355J0	1.0553					
S355J2G3	1.0570					
S355J2G4	1.0577					
S355K2G3	1.0595					
S355K2G4	1.0596	20	19	18	18	17

afb. 16: Minimum rek na breuk volgens NEN-EN 10025; 2004 (links) en NEN-EN 10025; 1990 (rechts).

§3.2.3 Breuktaaiheid (KV)

De kerfslagwaarde volgens uit NEN-EN 10025-2; 2004 (tabel 9) komt overeen met die in NEN-EN 10025; 1990 (tabel 6, afbeelding 17).

Tabel 9 — Mechanische eigenschappen — Kerfslagwaarde KV in platte en lange producten ^a

Aanduiding		Temperatuur °C	Minimum Nominale KV ^b
Volgens EN 10027-1 en CR 10260	Volgens EN 10027-2		
S235JR	1.0038	20	27
S235J0	1.0114	0	27
S235J2	1.0117	- 20	27
S275JR	1.0044	20	27
S275J0	1.0143	0	27
S275J2	1.0145	- 20	27
S355JR	1.0045	20	27
S355J0	1.0553	0	27
S355J2	1.0577	- 20	27
S355K2	1.0596	- 20	40 ^d
S450J0 ^e	1.0590	0	27

Tabel 6: Mechanische eigenschappen – Kerfslagwaarde KV in langrichting voor lange producten ¹⁾

Aanduiding		Desoxidatiemethode	Subgroep ²⁾	Temperatuur °C	Minimum Nominale KV in n ³⁾
Volgens EN 10027-1 en ECSS IC 10	Volgens EN 10027-2				
S185 ⁴⁾	1.0035	keuze	BS	–	–
S235JR ^{4) 5)}	1.0037	keuze	BS	20	27
S235JRG1 ^{4) 5)}	1.0036	FU	BS	20	27
S235JRG2 ⁵⁾	1.0038	FN	BS	20	27
S235J0	1.0114	FN	OS	0	27
S235J2G3	1.0116	FF	OS	- 20	27
S235J2G4	1.0117	FF	OS	- 20	27
S275JR ⁵⁾	1.0044	FN	BS	20	27
S275J0	1.0143	FN	OS	0	27
S275J2G3	1.0144	FF	OS	- 20	27
S275J2G4	1.0145	FF	OS	- 20	27
S355JR ⁵⁾	1.0045	FN	BS	20	27
S355J0	1.0553	FN	OS	0	27
S355J2G3	1.0570	FF	OS	- 20	27
S355J2G4	1.0577	FF	OS	- 20	27
S355K2G3	1.0595	FF	OS	- 20	40
S355K2G4	1.0596	FF	OS	- 20	40

afb. 17: Kerfslagwaarde volgens NEN-EN 10025; 2004 (links) en NEN-EN 10025; 1990 (rechts).

11.3 EU 25-72

De Euronorm 25-72 is de voorloper van NEN-EN 10025; 1990. De norm is van november 1972 en gold tot 1990. Ook EU 25-72 wordt vergeleken met NEN-EN 10025-2; 2004. De tabellen uit deze norm worden niet herhaald. Zie daarvoor de vorige paragraaf.

§3.2.1 Materiaaleigenschappen (f_y en f_u)

Tabel 2 geeft de gewaarborgde waarden voor mechanische eigenschappen in leveringstoestand. Daarbij is Fe 360 gelijk aan het moderne S235, Fe 430 gelijk aan S275 en Fe 510 gelijk aan S355 (afbeelding 18).

Tabel 2 Gewaarborgde waarden voor de mechanische eigenschappen (De waarden in kgf/mm² en kgfmm²)

Aanduiding van de soort (*)		Kwaliteiten	Desoxydatiemethode (*)	Minimum vloeigrens in N/mm ² (kgf/mm ²) voor dikten in mm					Treksterkte (*) in N/mm ² (kgf/mm ²) voor dikten in mm	
in N/mm ²	Vroegere aanduiding			≤ 16	≤ > 16 (36) (*)	> 40 (36) (*) ≤ 63	> 63 ≤ 80	> 80 ≤ 100 (*)	≤ 63	> 63 ≤ 160 (min.)
Fe 310	Fe 33	0	—	175 (18)	175 (18)	—	—	—	310 t.m. 510 (32 t.m. 52)	—
Fe 360	Fe 37	A B C D	— FU of FN FN FN	235 (24)	225 (23)	215 (22)	205 (21)	195 (20)	360 t.m. 470 (37 t.m. 43) 360 t.m. 440 (37 t.m. 45)	355 (36)
Fe 430 (*)	Fe 44 (*)	A B C D	— FN FN FN	275 (28)	265 (27)	255 (26)	245 (25)	235 (24)	430 t.m. 540 (44 t.m. 55) 430 t.m. 510 (44 t.m. 52)	420 (43)
Fe 510	Fe 52	B C D DD	FN FN FN FN	355 (36)	345 (35)	335 (34)	325 (33)	315 (32)	510 t.m. 610 (52 t.m. 62)	500 (51)

afb. 18: Mechanische eigenschappen volgens EU 25-72.

De waarden voor de vloeigrens (f_y) zijn gelijk aan die in de huidige norm. De spreiding van de waarden voor de treksterkte (f_u) is geringer dan in de huidige norm.

§3.2.2 Ductiliteitseisen (ϵ_u)

De minimum rek na breuk ($\epsilon_u \geq 15\%$) moet volgens NEN-EN 10025; 2004 bepaald worden voor $L_0 = 5,65\sqrt{A_0}$ of voor $L_0 = 80\text{mm}$. EU 25-72 geeft in tabel 2 waarden die bepaald zijn voor een waarde van $L_0 = 5d_0$ of op basis van de dikte van de proefstaaf (afbeelding 19).

eigenschappen in leveringstoestand
n haakjes zijn ter toelichting)

Aanduiding van de soort (*)		Kwaliteiten	Desoxydatiemethode (*)	Minimumrek na breuk (%) in % met								Diameter van de doorn voor de buigproef (*)					
in N/mm ²	Vroegere aanduiding			Langsproefstaven (*)				Dwarsproefstaven (*)				Langsproefstaven (*)			Dwarsproefstaven (*)		
				voor dikten in mm								voor dikten in mm					
				< 3 (*)	≤ 3 (36) (*)	> 40(36) (*) ≤ 63	> 63 (36) (*) ≤ 100	< 3 (*)	≤ 3 (40) (*)	> 40 (63) (*) ≤ 63	> 63 (100) (*)	< 3	≤ 3 (63) (*)	> 63 (100) (*)	< 3	≤ 3 (63) (*)	> 63 (100) (*)
Fe 310	Fe 33	0	—	14	18	—	—	12	16	—	—	2,5a	3 a	—	3 a	3,5a	—
Fe 360	Fe 37	A B C D	— FU of FN FN FN	21	26	25	24	19	24	23	22	0,5a	1 a	1,5a	1,5a	2 a	2,5a
Fe 430 (*)	Fe 44 (*)	A B C D	— FN FN FN	18	22	21	20	16	20	19	18	2 a	2,5a	3 a	2,5a	3 a	3,5a
Fe 510	Fe 52	B C D DD	FN FN FN FN	18	22	21	20	16	20	19	18	2 a	2,5a	3 a	2,5a	3 a	3,5a

afb. 19: Minimum rek na breuk volgens EU 25-72.

Deze waarden zijn niet te vergelijken.

§3.2.3 Breuktaaiheid (KV)

De kerfslagwaarde volgens uit NEN-EN 10025-2; 2004 (tabel 9) komt overeen met die in EU 25-72, tabel 2 (afbeelding 20). Daarbij is de Fe360 en Fe430 in de kwaliteit A niet voorzien van kerftaaiheid. Deze staalsoort is in de huidige tijd niet meer leverbaar.

Tabel 9 — Mechanische eigenschappen — Kerfslagwaarde KV in platte en lange producten ^a

Aanduiding		Temperatuur °C	Minimale Nominale waarde ≤ 150 a b
Volgens EN 10027-1 en CR 10260	Volgens EN 10027-2		
S235JR	1.0038	20	27
S235J0	1.0114	0	27
S235J2	1.0117	- 20	27
S275JR	1.0044	20	27
S275J0	1.0143	0	27
S275J2	1.0145	- 20	27
S355JR	1.0045	20	27
S355J0	1.0553	0	27
S355J2	1.0577	- 20	27
S355K2	1.0596	- 20	40 ^d
S450J0 ^e	1.0590	0	27

Aanduiding van de soort (*)		Kwaliteiten	Desoxydatie methode (*)	Kerftaaiheid KV opgenomen arbeid in J (4gm) ⁽¹⁶⁾	
in N/mm ²	Vroegere aanduiding			bij °C	min. waarde ⁽¹⁶⁾
Fe 310	Fe 33	0	—	—	—
Fe 360	Fe 37	A	—	—	—
		B	FU of FN	28	+20
		C	FN	(2,8)	0
		D	FN	—	-20
Fe 430 (*)	Fe 44 (*)	A	—	—	—
		B	FN	28	+20
		C	FN	(2,8)	0
		D	FN	—	-20
Fe 510	Fe 52	B	FN	28	+20
		C	FN	(2,8)	0
		D	FN	—	-20
		DD	FN	40	—
				(4,0)	-20

afb. 20: Kerfslagwaarde volgens NEN-EN 10025; 2004 (links) en EU 25-72 (rechts).

De kerfslagwaarde 28 is hoger dan in de huidige norm en derhalve zal het staal ook aan de moderne eisen kunnen voldoen mits niet in kwaliteit A is geleverd.

11.4 EU 25-67

De Euronorm 25-67 is de voorloper van EU 25-72 en opgesteld vanuit de Europese Gemeenschap van Kolen en Staal. De technische eigenschappen worden vergeleken met die in de moderne norm. De tabellen uit deze norm worden niet herhaald.

§3.2.1 Materiaaleigenschappen (f_y en f_u)

Tabel 1 geeft de gewaarborgde waarden voor mechanische eigenschappen in leveringstoestand. Daarbij komt Fe 37 grofweg overeen met het moderne S235, Fe 42 is later opgevolgd door Fe 44 dat grofweg gelijk is aan S275 en Fe 52 is gelijk aan S355. De oude staalsoorten waren in veel meer kwaliteiten leverbaar dan de huidige. Daarbij is de kwaliteit A niet goed lasbaar. Deze kwaliteit is in de huidige standaard vervallen (afbeelding 21).

Aanduiding van de soort (*)		Kwaliteiten	Desoxydatiemethode (%)	Eigenschappen, gewaarborgd voor dikten in mm	Minimum vloeigrens R_e in kg/mm ² voor dikten in mm				Treksterkte R_m (%) in kg/mm ² voor dikten in mm										
volgens R_m	volgens R_e				tot en met 16	boven 16 tot en met 36	boven 36 tot en met 63	boven 63 mm	tot en met 63	boven 63 min.									
Fe 33	—	0	—	≤ 40	—	—	—	—	33 tot 52	—									
Fe 34	Fe E 20	A	—	—	20	19	18		34 tot 42	34									
		B 1	FU	≥ 3															
		B 2	FU																
		B 3	FN																
Fe 37	Fe E 24	A	—	≤ 36	24	23	22		37 tot 45	37									
			> 36	37 tot 48															
		B 1	FU	≤ 36					37 tot 45										
			FN	> 36					37 tot 48										
			B 2	FU					≤ 36		37 tot 45								
				FN					> 36		37 tot 48								
		B 3		FU					≤ 36		37 tot 45								
				FN					> 36		37 tot 48								
			C 2	FN					≥ 3		37 tot 45								
				C 3					FN		≥ 3	37 tot 45							
		D 2							FN		≥ 3	37 tot 45							
									D 3		FN	≥ 3	37 tot 45						
			Fe 42								Fe E 26	A	—	≤ 36	26	25	24	volgens overeenkomst	42 tot 50
				> 36									42 tot 53						
		B 1		FU								≤ 36	42 tot 50						
				FN					> 36			42 tot 53							
B 2	FU			≤ 36	42 tot 50														
	FN			> 36	42 tot 53														
	B 3	FU		≤ 36	42 tot 50														
		FN		> 36	42 tot 53														
C 2		FN		≥ 3	42 tot 50														
		C 3		FN	≥ 3	42 tot 50													
	D 2			FN	≥ 3	42 tot 50													
				D 3	FN	≥ 3	42 tot 50												
Fe 52 *)					Fe E 36 *)	B 2 *)	FN	≤ 10	36	35		34		52 tot 62					52
		> 10																	
	B 3 *)	FN				≤ 10													
		> 10																	
	C 2	FN	≤ 30																
		> 30																	
	C 3	FN	≤ 30																
		> 30																	
D 2	FN	≤ 30																	
	> 30																		
D 3	FN	≤ 30																	
	> 30																		

afb. 21: Mechanische eigenschappen volgens EU 25-67.

De waarden voor de vloeigrens (f_y) zijn grofweg gelijk aan die in de huidige norm. De spreiding van de waarden voor de treksterkte (f_u) is geringer dan in de huidige norm.

§3.2.2 Ductiliteitseisen (ϵ_u)

De minimum rek na breuk ($\epsilon_u \geq 15\%$) moet volgens NEN-EN 10025; 2004 bepaald worden voor $L_0 = 5,65\sqrt{A_0}$ of voor $L_0 = 80\text{mm}$. EU 25-67 geeft in tabel 1 waarden die bepaald zijn voor een waarde van $L_0 = 5d_0$ of op basis van de dikte van de proefstaaf (afbeelding 22).

TABEL 1 voor balken en staven en in leveringstoestand)

Aanduiding van de soort (*)		Kwaliteiten	Desoxydatiemethode (*)	Eigenschappen, gewaarborgd voor dikten in mm	Minimum rek A_5 bij breuk ($L_0 = 5d_0$) in % voor dikten in mm			Diameter van de doorn (*) voor de buigproef								
volgens R_m	volgens R_e				tot en met 36	boven 36 tot en met 63	boven 63	voor dikten in mm tot en met 63	boven 63							
Fe 33	—	0	—	≤ 40	18	17	—	3 a	—							
Fe 34	Fe E 20	A	—	≥ 3	28	27		0,5 a								
		B 1	FU													
		B 2	FU													
		B 3	FN													
Fe 37	Fe E 24	A	—	≤ 36	26	25		1 a								
			> 36													
		B 1	FU	≤ 36												
			FN	> 36												
		B 2	FU	≤ 36												
			FN	> 36												
		B 3	FU	≤ 36												
			FN	> 36												
		C 2	FN	≥ 3												
			FN	≥ 3												
		D 2	FN	≥ 3												
			FN	≥ 3												
		Fe 42	Fe E 26	A						—	≤ 36	23	22	volgens overeenkomst	2 a	volgens overeenkomst
										> 36						
B 1	FU			≤ 36												
	FN			> 36												
B 2	FU			≤ 36												
	FN			> 36												
B 3	FU			≤ 36												
	FN			> 36												
C 2	FN			≥ 3												
	FN			≥ 3												
D 2	FN			≥ 3												
	FN			≥ 3												
Fe 52 *)	Fe E 36 *)			B 2 *)	FN	≤ 10	22	21		2,5 a						
					> 10											
		B 3 *)	FN	≤ 10												
			> 10													
		C 2	FN	≤ 30												
			> 30													
		C 3	FN	≤ 30												
			> 30													
D 2	FN	≤ 30														
	> 30															
D 3	FN	≤ 30														
	> 30															

afb. 22: Minimum rek na breuk volgens EU 25-67.

Deze waarden zijn niet te vergelijken.

§3.2.3 Breuktaaiheid (KV)

De kerfslagwaarde volgens uit NEN-EN 10025-2; 2004 (tabel 9) komt overeen met die in EU 25-67, tabel 1 (afbeelding 23). Daarbij is de Fe37 en Fe42 in kwaliteit A niet voorzien van kerftaaiheid. Deze staalsoort is in de huidige tijd niet meer leverbaar.

Tabel 9 — Mechanische eigenschappen — Kerfslagwaarde KV in platte en lange producten ^a

Aanduiding		Temperatuur °C	Minimale Nominale i
Volgens EN 10027-1 en CR 10260	Volgens EN 10027-2		
			≤ 150 a b
S235JR	1.0038	20	27
S235J0	1.0114	0	27
S235J2	1.0117	- 20	27
S275JR	1.0044	20	27
S275J0	1.0143	0	27
S275J2	1.0145	- 20	27
S355JR	1.0045	20	27
S355J0	1.0553	0	27
S355J2	1.0577	- 20	27
S355K2	1.0596	- 20	40 ^d
S450J0 ^e	1.0590	0	27

TABEL 1

Aanduiding van de soort ⁽¹⁾		Kwaliteiten	Desoxydatiemethode ⁽²⁾	Eigenschappen, gewaarborgd voor dikten in mm	Kerfslagwaarde in kgf/cm ²		
volgens R _m	volgens R _e				minimum ⁽³⁾	bij °C	
Fe 33	—	0	—	≤ 40	—	—	
Fe 34	Fe E 20	A	—	—	—	—	
		B 1	FU	≥ 3	3,5	+ 20	
		B 2	FU	—	—	—	—
		B 3	FN	—	—	—	—
Fe 37	Fe E 24	A	—	≤ 36	—	—	
			—	> 36	—	—	
		B 1	FU	≤ 36	—	—	
			FU	> 36	—	—	
			FN	—	—	—	
		B 2	FU	≤ 36	3,5	+ 20	
			FN	> 36	—	—	
			FN	—	—	—	
		B 3	FU	≤ 36	—	—	
			FN	> 36	—	—	
			FN	—	—	—	
		C 2	FN	≥ 3	3,5	± 0	
C 3	FN	—	—	—			
D 2	FN	≥ 3	3,5	- 20			
D 3	FN	—	—	—			
Fe 42	Fe E 26	A	—	≤ 36	—	—	
			—	> 36	—	—	
		B 1	FU	≤ 36	—	—	
			FU	> 36	—	—	
			FN	—	—	—	
		B 2	FU	≤ 36	3,5	+ 20	
			FN	> 36	—	—	
			FN	—	—	—	
		B 3	FU	≤ 36	—	—	
			FN	> 36	—	—	
			FN	—	—	—	
		C 2	FN	≥ 3	3,5	± 0	
C 3	FN	—	—	—			
D 2	FN	≥ 3	3,5	- 20			
D 3	FN	—	—	—			
Fe 52 ^{g)}	Fe E 36 ^{g)}	B 2 ^{g)}	FN	≤ 10	3,5	+ 20	
			—	> 10	—	—	
		B 3 ^{g)}	FN	≤ 10	—	—	
			—	> 10	—	—	
		C 2	FN	≤ 30	3,5	± 0	
		C 3	FN	> 30	—	—	
		D 2	FN	≤ 30	3,5	- 20	
		D 3	FN	> 30	—	—	

afb. 23: Kerfslagwaarde volgens NEN-EN 10025; 2004 (links) en EU 25-67 (rechts).

De kerfslagwaarde is voor de kwaliteit A niet bepaald. Deze kwaliteit is slecht lasbaar en wordt niet meer in de opvolgers van Fe37 etc. geleverd. De andere kerfslagwaarden zijn 3,5 kgf/cm² dit komt overeen met een kerfslagwaarde van 35 J wat hoger is dan de 27J die op dit moment is vereist.

11.5 Voor 1967

De HE profielen zijn gemaakt vanaf 1962 en de IPE profielen zijn gemaakt vanaf 1957. De EU 25-67 specificeert pas vanaf 1967 de materiaaleigenschappen van de verschillende staalsoorten. Vanaf 1972 koppelt de TGB 1972 aan de productnorm EU 25-72 die de opvolger is van de EU 25-67. De voorloper van de TGB 1972 is de TGB 1955. Deze norm refereert aan de productnorm V 1035, deel IV doch deze is op dit moment niet meer beschikbaar bij NEN.

§3.2.1 Materiaaleigenschappen (f_y en f_u)

TGB 1955 geeft in tabel III toelaatbare spanning (zonder belasting- en materiaalfactoren) voor het toegepaste staal afhankelijk van type materiaal en type belasting. Tabel 15 geeft een overzicht van relevante waarden uit tabel III van TGB 1955.

Materiaal	toelaatbare spanning (σ)	trek (σ_t)	druk (σ_d)	buiging (σ_b)	afschuiving (τ)
Gewalst staal H voor bouwconstructies die niet aan trillingen zijn blootgesteld	140	$1,00\sigma$	$1,00\sigma$	$1,00\sigma$	$0,6\sigma$
Gewalst staal Qm 37	140	$1,00\sigma$	$1,00\sigma$	$1,00\sigma$	$0,6\sigma$

Tabel 15: Toelaatbare staalspanning afhankelijk staalsoort en inwendige kracht volgens TGB 1955.

§3.2.2 Ductiliteitseisen (ϵ_u)

TGB 1955 geeft geen waarden voor de rek bij breuk (ϵ_u) van het toegepaste staal.

§3.2.3 Breuktaaiheid (KV)

TGB 1955 geeft geen waarden voor de rek bij breuktaaiheid van het toegepaste staal.

12 Lasbaarheid

12.1 NEN-EN 10025-1:2004

NEN-EN 10025-1, §7.4.1 verwijst naar NEN-EN 10025-2 tot en met NEN-EN 10025-6 voor de lasbaarheid. Vervolgens verwijst NEN-EN 10025-2, §7.4.1 door naar NEN-EN 1011-2. Hoofdstuk 5 van deze norm behandelt het moedermateriaal maar geeft geen noemenswaardige aanwijzing gerelateerd aan de staalsoorten beschreven in NEN-EN 10025-2 tot en met NEN-EN 10025-6.

De lasbaarheid is gerelateerd aan het koolstofequivalent (CEV) dat berekend wordt met behulp van de chemische samenstelling die gegeven is voor de staalsoorten en staalkwaliteiten in de norm. NEN-EN 10025-1, §7.2.3 geeft een formule voor het bepalen van het koolstofequivalent (de IIW-formule).

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

De DoP moet de waarden voor de elementen weergeven. NEN-EN 10025-2,3,4,6 geven vervolgens de eisen aan de maximale waarde (in procenten) van de CEV. Verder specificeren EN 10025-2,3,4,6 maximale waarden voor specifieke elementen (Si, Mn, P, S, N, Cu) in het staal.

Voor lassen mogen fosfor (P) en zwavel (S) niet boven de voorgeschreven maxima komen voor een goede lasbaarheid. Bij latere staalsoorten is steeds meer mangaan (Mn) toegevoegd dat zich bindt met zwavel tot mangaansulfide. Hoe hoger het Mn/S ratio hoe gunstiger. Verder is een formule ontwikkeld om de gevoeligheid voor warmscheuren van het staal te bepalen. Dit is de UCS (Units of Crack Susceptibility) formule die analoog aan het koolstofequivalent werkt.

$$UCS = 230 C + 190 S + 75 P + 45Nb - 12,3 Si - 5,4 Mn - 1$$

12.2 NEN-EN 10025:1991

NEN-EN 10025:1991 specificeert 7 staalsoorten (S185,S235,S275,S355,E295,E335 en E360) die afhankelijk van de staalsoort geleverd kunnen worden in JR, J0, J2 en K2. Verder kunnen de staalsoorten J2 en K2 geleverd worden in de kwaliteiten G3 en G4. NEN-EN 10025:1991, §7.5 geeft aan dat deze staalsoorten allen geschikt zijn voor lassen en dat de lasbaarheid van JR naar K2 verbetert. Bij elke staalkwaliteit hoort een specifieke chemische samenstelling met maximaal toelaatbare waarden van de elementen (koolstof, mangaan etc.). De formule voor het koolstofequivalent (CEV, zie vorige paragraaf) geeft vervolgens een maximum voor de combinatie van de elementen in relatie tot lasbaarheid. NEN-EN 10025:1991 is de oudere equivalent van NEN-EN 10025-2.

12.3 EU 25-72

EU 25-72 beschrijft de staalsoorten Fe 310, Fe 360, Fe 430, Fe 510, Fe 490, Fe 590 en Fe 690. Daarbij worden de eerste 4 specifiek genoemd in TGB 1972. Fe 310 is alleen leverbaar in de kwaliteit 0 die niet goed lasbaar is. De staalsoorten Fe 360, Fe 430 en Fe 510 zijn in elke kwaliteit lasbaar. Tabel 1 van de norm geeft gewaarborgde waarden voor de chemische samenstelling van de staalsoorten in de diverse staalkwaliteiten. Met deze waarden kan een koolstofequivalent (CEV) en UCS worden vastgesteld.

12.4 EU 25-67

EU 25-67 beschrijft 7 staalkwaliteiten voor de staalsoorten Fe 33, Fe 34, Fe 37, Fe 42 (Fe 44), Fe 52, Fe 50, Fe 60 en Fe 70. Daarbij is Fe 33 leverbaar in kwaliteit 0 die niet geschikt wordt geacht voor lassen. Ook de staalsoorten Fe 50, Fe 60 en Fe 70 zijn niet geschikt voor lassen maar werden niet toegepast in de bouw. EU 25-67 geeft in tabel 1 gewaarborgde waarden voor de chemische samenstelling van het staal met maximum waarden voor bijvoorbeeld koolstofpercentage. Met deze samenstelling is het mogelijk om de moderne CEV formule toe te passen.

13 Normen voor uitvoering (NEN-EN 1090)

NEN-EN 1090 behelst de fabricage van dragende constructies in staal en aluminium. De dragende constructie wordt als volgt gedefinieerd:

"Constructies of onderdelen daarvan die bijdragen tot de sterkte en stabiliteit van "het bouwwerk" en die een invloed hebben ten aanzien van de brandwerendheid en de vermoeiingsweerstand van het geheel."

Het maakt niet uit of het een specifiek ontwerp of een serie product betreft, of het als bouw pakket geleverd wordt of ook door de staalbouwer gemonteerd wordt. In alle gevallen dient de constructie een CE-markering te krijgen.

NEN-EN 1090 bestaat uit drie delen waarbij de eerste twee relevant zijn in het kader van de richtlijn:

- NEN-EN 1090-1: Het vervaardigen van staal- en aluminiumconstructies-Deel 1: Eisen voor het vaststellen van de conformiteit van de constructieve onderdelen;
- NEN-EN 1090-2: Het vervaardigen van staal- en aluminiumconstructies-Deel 2: Technische eisen voor staalconstructies

13.1 NEN-EN 1090-1 (fabricage)

NEN-EN 1090-1 (CE-markering) is wettelijk verplicht vanaf 1 juli 2014 en gaat specifiek over fabricage. Ook volgens de NEN-EN 1090-1 moet een prestatieverklaring af worden gegeven (Declaration of Performance = DoP). Deze DoP gaat specifiek in op 4 van de 7 fundamentele eisen (FE) die gevraagd worden in de Verordening. Dit zijn:

- FE1 Mechanische sterkte en stabiliteit (prestatiekenmerken 1-7)**
- FE2 Brandveiligheid (prestatiekenmerken 8,9)**
- FE3 Hygiëne, gezondheid en milieu (prestatiekenmerken 10,11)**
- FE4 Gebruiksveiligheid
- FE5 Geluidshinder
- FE6 Energiebesparing en warmtebehoud
- FE7 Duurzaamheid (prestatiekenmerk 12)**

De DoP volgens uitvoeringsnorm NEN-EN 1090-1 lijkt op de DoP volgens de productnorm NEN-EN 10025. Belangrijkste verschil is dat de productnorm alleen gaat over de basismaterialen en basisproducten. De uitvoeringsnorm gaat over de constructie-onderdelen die opgebouwd zijn uit die basisproducten. Afbeelding 24 toont de verschillen en overeenkomsten in detail.

10025-1


1. Toleranties op vorm en afmetingen
2. Breukrek
3. Treksterkte
4. Vloeigrens
5. Sterkte tegen stootbelasting
6. Lasbaarheid
7. Duurzaamheid

1090-1

1. Toleranties op vorm en afmetingen
2. Lasbaarheid (CEV)
3. Breuktaaiheid (CVN)
4. Weerstand tegen stootbelasting
5. Draagvermogen
6. Vervorming in bruikbaarheidsgrenstoestand
7. Vermoeiingsterkte
8. Brandwerendheid
9. Reactie op brand
10. Vrijkomen van cadmium en zijn verbindingen
11. Radioactieve straling
12. Duurzaamheid

afb. 24: Verschillen en overeenkomsten DoP volgens EN 10025 en DoP volgens NEN-EN 1090-1

NEN-EN 1090 is enigszins analoog aan NEN-EN 10025-1. Het beschrijft hoe de CE markering gemaakt moet worden en wat de CE-markering moet bevatten (afbeelding 25).

	 01234	CE-conformiteitsmarkering, bestaande uit het 'CE'-symbool gegeven in richtlijn 93/68/EEG
[A1]	Bijvoorbeeld bv, Postbus 21, NL 1050 AA 11 01234-CPD-00234	Registratienummer van de aangemelde instelling
[A1]	EN 1090-1:2009+A1:2011 Gelaste stalen balk – M 346 Toleranties op geometrische gegevens: EN 1090-2 Lasbaarheid: staal S235J0 volgens EN 10025-2 Breuktaaiheid: 27 J bij 0 °C Reactie op brand: materiaal geclassificeerd: klasse A1 Vrijkomen van cadmium: NPD Radioactieve straling: NPD Duurzaamheid: oppervlaktevoorbehandeling volgens EN 1090-2, voorberekingsgraad P3. Oppervlak geschilderd volgens EN ISO 12944-5, S.1.09 <u>Constructieve kenmerken:</u> Ontwerp: NPD Fabricage: volgens onderdeelspecificatie CS-034/2006, en EN 1090-2. Uitvoeringsklasse EXC2	Naam of herkenningsteken en vestigingsadres van de fabrikant Laatste twee cijfers van het jaar waarin de markering is aangebracht Certificaatnummer Nummer van Europese norm Omschrijving van het product en informatie over vastgelegde kenmerken

Figuur ZA.1 — Voorbeeld van CE-markeringinformatie van producteigenschappen door materiaaleigenschappen en geometrische gegevens

afb. 25: Voorbeeld CE-markering volgens NEN-EN 1090-1, ZA.1

Een voorbeeld van een DoP volgens NEN-EN 1090-1 van een staalbouwer is te vinden in (Bijlage B: CE-markering Hardeman conform NEN-EN 1090-1).

13.2 NEN-EN 1090-2 (montage)

NEN-EN 1090-2 is alleen van toepassing als dit in het bestek is voorgeschreven wat meestal het geval is. NEN-EN 1090-2 schrijft de eisen aan de vervaardiging van staalconstructies voor. Daarbij gaat het om staalconstructies die zijn ontworpen volgens de NEN-EN 1993 en voor de stalen delen van staal-betonconstructies ontworpen met NEN-EN 1994. De producten die bij de vervaardiging toegepast kunnen worden zijn:

- warmgewalste producten van constructiestaal tot en met staalsoort S690;
- koudgevormde onderdelen en beplating tot en met staalsoort S700;
- warmvervaardigde en koudgevormde producten van austenitisch, austenitisch-ferritisch en ferritisch roestvaststaal;
- warmvervaardigde en koudgevormde constructieve buisprofielen en speciaal gemaakte gewalste producten en door middel van lassen gefabriceerde buizen.

Hoofdstuk 5 "Basisproducten" van NEN-EN 1090-2 beschrijft in Tabel 2 (Productnormen voor constructiekoolstofstalen) en Tabel 3 (Productnormen voor plaat en strip geschikt voor koudvervormen) aan welke eisen de toegepaste producten van constructiestaal moeten voldoen. In feite verwijst NEN-EN 1090-2 naar de EN 10025 serie (tabel 16).

Producten	Technische leveringsvoorwaarden	Afmetingen	Toleranties
I en H profielen	EN 10025-1	Niet beschikbaar	EN 10034
INP profielen	EN 10025-2	Niet beschikbaar	EN 10024
U profielen	EN 10025-3	Niet beschikbaar	EN 10279
Gelijkzijdige en ongelijkzijdige hoekstalen	EN 10025-4	EN 10056-1	EN 10056-2
	EN 10025-5		
	EN 10025-6		
T profielen	Voor zover van toepassing	EN 10055	EN 10055
Platen, strippen, breedband		Niet van toepassing	EN 10029
			EN 10051
Stafstaal		EN 10017, EN 10058, EN 10059, EN 10060, EN 10061	EN 10017, EN 10058, EN 10059, EN 10060, EN 10061
Warmvervaardigde buisprofielen	EN 10210-1	EN 10210-2	EN 10210-2
Koudgevormde buisprofielen	EN 10219-1	EN 10219-2	EN 10219-2

Tabel 16: Tabel 2 uit NEN-EN 1090-2 die de Productnormen voor producten van constructiestaal aanwijst.

13.2.1 Fundamentele toleranties

Fundamentele fabricage- en montagetoleranties hebben betrekking op afwijkingen die de constructieve veiligheid kunnen beïnvloeden. De afwijking mag niet groter zijn tenzij een constructieve berekening aantoont dat de constructie veilig blijft. De fabricagetoleranties hebben betrekking op de geometrische kwaliteit van het toegepaste stalen constructieproduct en de montagetoleranties op het gemonteerde product in de constructie. In het kader van deze richtlijn zijn de fabricagetoleranties van belang.

Zo beschrijft NEN-EN 1090-2, Bijlage D.1.1 Fundamentele fabricagetoleranties - Gelaste profielen de toleranties op de geometrie van het profiel (bijvoorbeeld haaksheid bij opleggingen). Voor gewalste profielen wordt gerefereerd naar de productnorm.

13.2.2 Functionele toleranties

De functionele toleranties hebben betrekking op gevolgen van maatafwijkingen voor andere onderdelen van het gebouw. Zo moet een bepaalde nauwkeurigheid in de montage van de staalconstructie gehaald worden voor het plaatsen van bijvoorbeeld een glazen vliesgevel.

Zowel fundamentele als functionele toleranties zijn normatief. De wettelijk verplichte EN 1090-1 verwijst echter alleen naar de fundamentele toleranties.

14 Testen her te gebruiken staal

Voor een concrete toepassing van her te gebruiken staalprofielen zijn testen uitgevoerd[13]. Daarbij zijn de doorsnedes van de profielen allereerst beoordeeld op het voldoen aan de geometrische toleranties volgens NEN 10034. Geometrische afwijking in de lengterichting zijn visueel beoordeeld.

14.1 Staalsoort en lasbaarheid

De chemische samenstelling en de hardheid zijn per profiel bepaald. Door deze waarden te combineren is een goede indicatie te krijgen van treksterkte en materiaalsoort waarbij ingeschat wordt dat er een indeling komt in drie staalsoorten: S235, S275 en S355.

In totaal zijn er 89 staalprofielen getest uit de HEA, HEB, HEM en IPE series met een totale lengte van 514m en individuele lengten variërend tussen 2m en 8,9m. De profielen zijn relatief klein met veelal hoogten van 140mm tot en met 300mm en enkele profielen met een hoogte van 400mm. Een kleine 30% kan als staalsoort S275 toegepast worden en de rest als S235.

Verder bepaalt de test het koolstofequivalent (CEV) in het kader van de lasbaarheid. Volgens NEN-EN 10025-2, tabel 6 is CEV maximaal 0,35 voor S235 en is CEV maximaal 0,40 voor S275. Toepassen van deze maxima leidt tot te hoge CEV waarden behorend bij de aangenomen staalsoort. In feite laat het koolstofequivalent zien welke staalsoort het profiel heeft. Tabel 17 laat zien voor welke profielen het CEV te hoog is voor de gekozen staalsoort en het profiel onder de (conservatieve) aanname van de staalsoort niet goed lasbaar is vanwege een te hoge CEV.

ID	Profiel	Staalsoort op basis hardheid	meting CEV (max. CEV)	Min. staal­soort meting	Min. staal­soort profiel
2	HEB 140	S275	0,48 (0,4)	>S355	S275
4	HEB 140	S235	0,42 (0,35)	>S355	S235
6	HEB 140	S275	0,41 (0,4)	>S355	S275
10	HEB 140	S275	0,46 (0,4)	>S355	S275
18	HEB 200	S235	0,36 (0,35)	S275	S235
19	HEB 200	S235	0,46 (0,35)	S355	S235
21	HEB 240	S235	0,37 (0,35)	S355	S235
22	HEM 260	S235	0,37 (0,35)	S355	S235
36	HEB 220	S235	0,40 (0,35)	S355	S235
55	HEA 260	S275	0,41 (0,35)	S235	S235
57	HEA 260	S235	0,37 (0,35)	>S355	S235
71	HEA 200	S275	0,43 (0,4)	S355	S275
72	HEA 200	S275	0,42 (0,4)	S355	S275
73	HEA 200	S275	0,46 (0,4)	S355	S275
74	HEA 200	S275	0,45 (0,4)	S355	S275
75	HEA 200	S275	0,46 (0,4)	S355	S275
76	HEA 200	S235	0,49 (0,35)	S355	S235
77	HEA 200	S235	0,48 (0,35)	S355	S235
78	HEA 200	S275	0,47 (0,4)	S355	S275
79	HEA 200	S275	0,47 (0,4)	S355	S275
80	HEA 200	S275	0,47 (0,4)	S355	S275
81	HEA 200	S275	0,44 (0,4)	S355	S275
82	HEA 200	S275	0,44 (0,4)	S355	S275
83	HEA 400	S235	0,46 (0,35)	S355	S235
86	HEA 220	S235	0,43 (0,35)	S355	S235
88	HEB 400	S235	0,49 (0,35)	>S355	S235

Tabel 17: Gemeten waarden CEV vs maximum waarden () tabel 6 NEN-EN 10025-2

14.2 Corrosie

Elk profiel is fotografisch vastgelegd en geïnspecteerd op corrosie. Daarbij is de corrosie ingedeeld in 4 gradaties. Tabel 18 laat zien in welke percentages van het totaal een bepaalde mate van corrosie is geconstateerd. Ruim 1/3 van de profielen vertoonde corrosie en ongeveer de helft was niet gecorrodeerd.

	%
Ja	26%
Ja, sterk	11%
Nee	47%
Plaatselijk	16%
	100%

Tabel 18: Percentage her te gebruiken staalprofielen dat corrosie vertoont.

Vervolgens is gekeken welke behandeling de profielen hadden behorend bij de opgetreden corrosie om te kijken in hoeverre de behandeling het al dan niet ontstaan van corrosie beïnvloed heeft (tabel 19).

Ja	%	Ja, sterk	%
Ja, afbladderend	19%	Ja, afbladderend	0%
Nee	38%	Nee	100%
Menie	29%	Menie	0%
niet meer	14%	niet meer	0%
	100%		100%

Nee	%	Plaatselijk	%
Ja	38%	Ja	14%
Menie en conservering	10%	Menie en conservering	64%
Menie	46%	Menie	21%
Gegalvaniseerd	5%	Gegalvaniseerd	0%
	100%		100%

Tabel 19: Relatie tussen vertoonde corrosie en mate van/type conservering.

Uit de tabel valt te constateren dat alle profielen die een sterke corrosie vertoonden niet geconserveerd waren. Van de profielen die geen corrosie vertoonden was 48% geconserveerd inclusief eventueel menie en 46% was slechts voorzien van menie. Slechts een paar profielen (< 5%) waren gegalvaniseerd (=verzinkt). Bij plaatselijk optredende corrosie was bijna 2/3 van de profielen voorzien van menie en conservering.

15 Conclusies

15.1 Bevindingen

Algemeen:

- Het eerste HE profiel werd geproduceerd in 1962;
- Het eerste IPE profiel werd geproduceerd in 1957;
- De geometrie van de HE en IPE profielen is sinds de ontwikkeling niet veranderd;
- De stijfheid (E-modulus) en de sterkte (vloeigrens en treksterkte) van staal neemt niet af in de tijd;
- De constructeur bepaalt de uitvoeringsklasse met Bijlage C van NEN-EN 1993 (wordt niet meer door de staalbouwer bepaald);
- Uitgangspunt is staal hergebruiken in een nieuw ontwerp volgens NEN-EN 1993 (niet met NEN 8700);
- CO₂ winst hergebruik ten opzichte van recycling is ongeveer 80%;
- Bij uitvoeringsklasse 3 en hoger is hergebruik onmogelijk door de eisen aan traceerbaarheid.

Uit de bijeenkomsten van de expertcommissie:

- Nationale Bijlage bij NEN-EN 1993-1-1 is een barrière omdat deze alleen materiaal volgens NEN-EN 10025 voorschrijft;
- Je moet aan het hergebruikte profiel kunnen lassen;
- Lasbaarheid blijft lastig om vast te stellen;
- Voor de toekomst: zorg voor een goed (digitaal) gebouwdossier inclusief As-Build model en materiaalcertificaten;
- De sloper krijgt vaak geen of slechte tekeningen van het gebouw;
- De invoer van de CE-markering (in 2014) zorgt voor een significante terugloop (> 70%) van hergebruik;
- Zonder CE-markering mag maar dan moet de leverancier/gebruiker zelf de vloeigrens en treksterkte bepalen;
- Grote profielen (> HEA300) maken een grotere kans op hergebruik;
- Zorg voor een databank met het beschikbare staal voor hergebruik.

Uit de workshops en kwartiermakersoverleggen van NEN:

- Koppel de CO₂ footprint aan het hergebruik;
- Zorg voor goede gegevensvoorziening;
- Laskwaliteit staat los van de vloeigrens waardoor bij aannahme van een (lage) vloeigrens nog niets gezegd kan worden over de laskwaliteit;
- Hogere sterkten staal kunnen brosser breken waardoor aannahme van een lage vloeigrens niet altijd veilig is;
- Maak een classificatie voor de individuele elementen (dragend, stabiliteitselement en risicovol element);
- Als geen CE-markering beschikbaar is de constructeur verantwoordelijk voor de materiaaleigenschappen;
- Haal de materiaalkwaliteiten uit de in ontwikkeling zijnde NEN 8703 norm (bestaande staalbouw).

15.2 Conclusies

Zie ook hoofdstuk 16 met de twee stroomschema's.

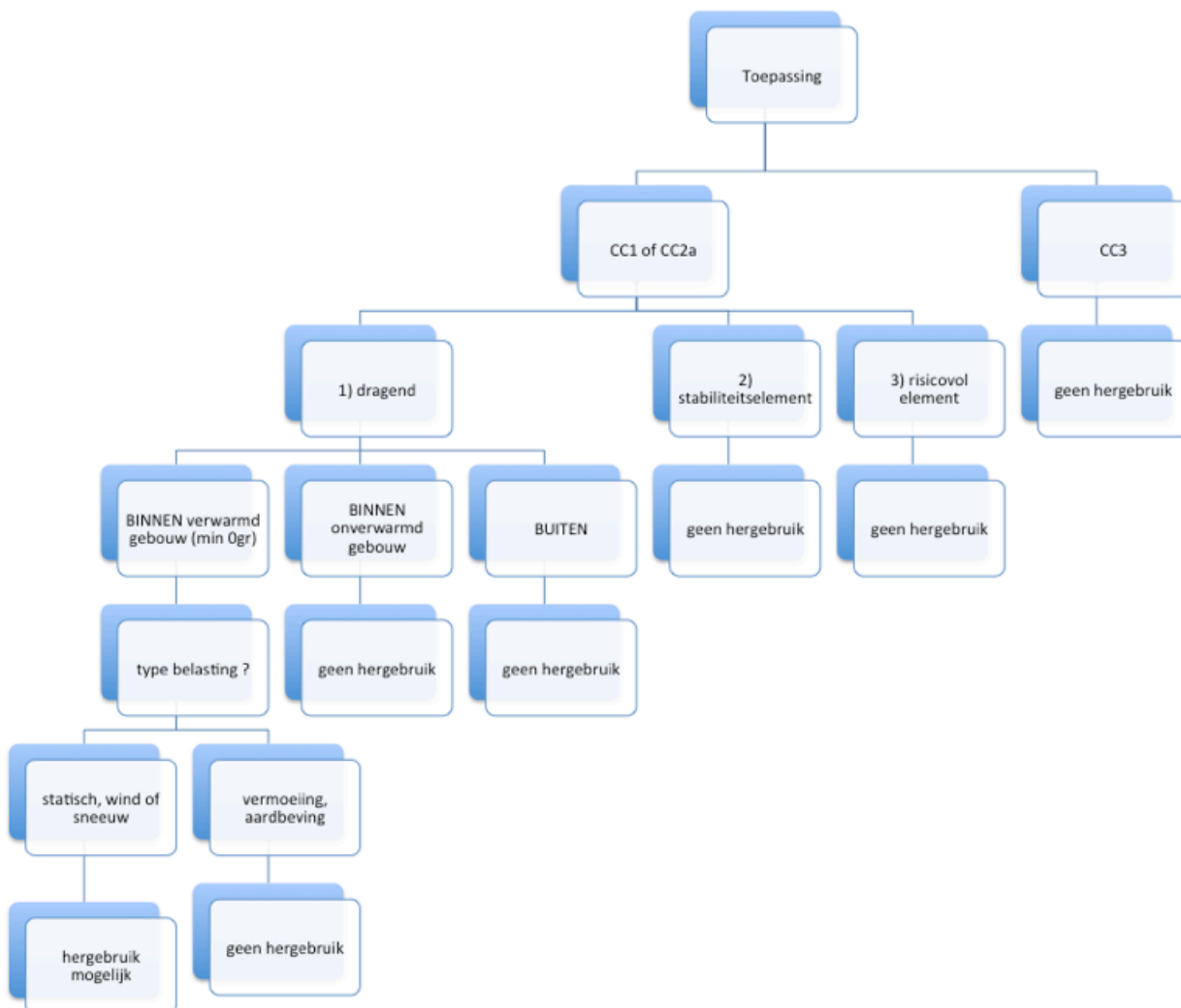
- De gevolgklasse is maximaal CC2 (Ziekenhuizen, winkels, onderwijsgebouwen, parkeergarage, openbare gebouwen, eengezinswoning < 4 lagen).
- De belasting is statisch of quasi statisch (wind, sneeuw).
- Geen aardbevingsbelasting of vermoeiing toestaan bij hergebruik.
- Pas alleen her te gebruiken profielen toe die nieuw geleverd kunnen worden (IPE, HEA, HEB, HEM).
- Pas een hergebruikt profiel alleen toe voor dragende elementen;
- Als een tekening en/of berekening beschikbaar is: gebruik NEN 8703 (bestaande staalbouw) om materiaaleigenschappen aan te ontlenen.
- Als geen gegevens beschikbaar zijn: test de materiaaleigenschappen (f_u en f_y) en de lasbaarheid (CEV).

15.3 Aanbevelingen

- Koppel de (winst op) CO₂-footprint aan hergebruik;
- Met het oog op de toekomst: ontwikkel een materiaalpaspoort waarmee gebouwgegevens bewaard worden/blijven;
- Nader onderzoek naar testmogelijkheden;
- Nader onderzoek naar oude productnormen en deze koppelen aan NEN 8703.

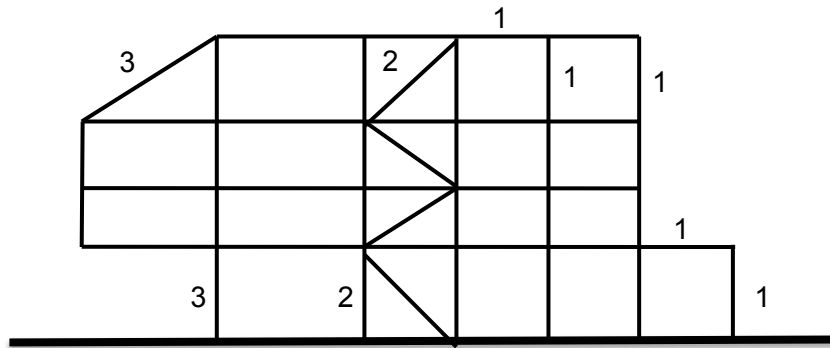
16 Stroomschema

Het stroomschema bestaat uit twee delen. Allereerst wordt gekeken vanuit de toepassing om te bepalen of inzetten van hergebruikte staalprofielen überhaupt mogelijk is. Alleen voor gevolgklasse CC1 of CC2a is hergebruik mogelijk en dan alleen voor constructieve elementen die dragend zijn met een beperkt lokaal bezwijken (afbeelding 26). Daarbij wordt lokaal bezwijken gedefinieerd door NEN-EN 1991-1-7 als de kleinste waarde van 15% van de vloeroppervlakte in elke aangrenzende bouwlaag van de kolom of een vloeroppervlakte van maximaal 100m².



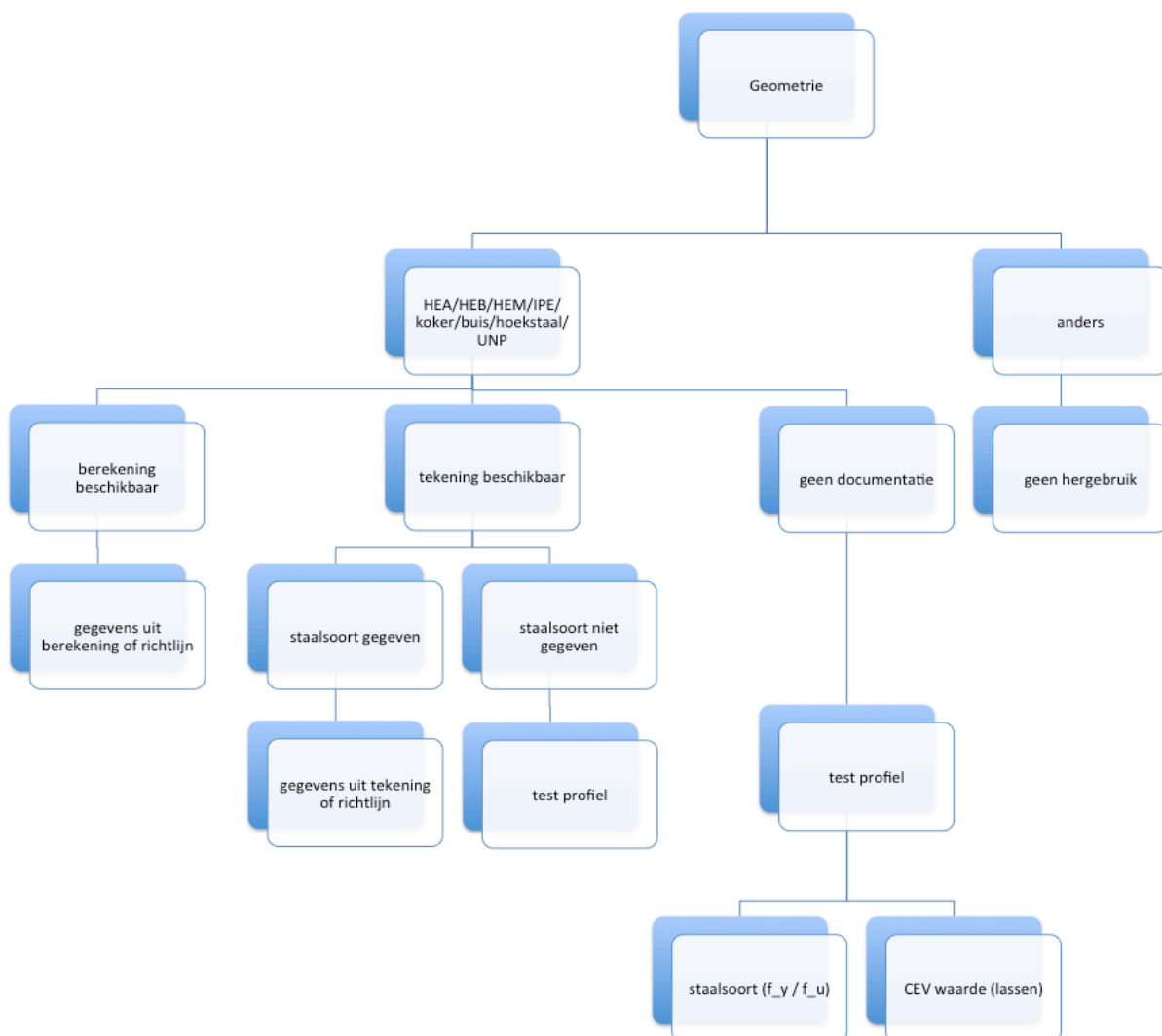
afb. 26: Stroomschema: inzetten hergebruikte staalprofielen afhankelijk van de toepassing.

Afbeelding 27 geeft een schets van dragende elementen, stabiliteitselementen en risicovolle elementen in een gebouw.



afb. 27: Voorbeelden van de drie type elementen (1=dragend, 2=stabiliteitselement, 3=risicovol)

Als de toepassing toelaat dat inzetten van hergebruikte staalprofielen mag dan moet bepaald worden in hoeverre de materiaaleigenschappen van het in te zetten profiel getest moeten worden op basis van de gegevens die bekend zijn.



afb. 28: Bepaling in hoeverre testen noodzakelijk is om materiaaleigenschappen van het her te gebruiken staal te bepalen.

Bijlage A: CE-verklaring ArcelorMittal conform NEN-EN 10025-1



Declaration of Performance
(according to regulation EU No 305/2011)
No. AMDI-2/01-CPR-13-1

- 1) Code of the product type: **1.0038**
2) Type: **Sections/Bars S235JR according EN 10025-2**

Intended use or uses of the construction product, in accordance with the applicable harmonised technical specification, as foreseen by the manufacturer:

To be used in welded, bolted and riveted structures

- 3) ArcelorMittal Belval and Differdange S.A
Site of Differdange
Rue Emile Mark
L-4503 Differdange (G.D. of Luxembourg)
Tel: +352 5820 2870
www.arcelormittal.com/sections

System of assessment and verification of constancy of performance of the product:
System 2+

Notified factory production control certification body No. 0769
Karlsruher Institut für Technologie (KIT) - Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine performed the initial inspection of the manufacturing plant and of factory production control and the continuous surveillance, assessment, and evaluation of factory production control and issued the certificate of conformity of the factory production control.

The performance of the product identified in points 1 and 2 is in conformity with the declared performance in the table.

This declaration of performance is issued under the sole responsibility of the manufacturer identified in point 3. Signed for and on behalf of the manufacturer by:

Jean-François Liesch
Site Manager Differdange

Christophe Houyoux
Quality Manager




Date : 01.07.2013

Essential characteristic		Performance		Harmonised technical specification
Tolerances on dimensions and shape	Angles		EN10056-2	
	I and H sections		EN 10034	
	Tapered Flange I		EN 10024	
	UPE, UPN		EN 10279	
	HL920, HL1000 with $G_{HE} > G_{HEM}$ HD360/400, UB1016, HE1000 with $G_{HE} > G_{HEM}$		ASTM A6	
Yield strength	Nominal thickness (mm)		Values (MPa)	
	>	≤	min	
		16	235	
	16	40	225	
	40	63	215	
	63	80		
	80	100		
100	140	195		
Tensile strength	Nominal thickness (mm)		Values (MPa)	
	>	≤	min	max
	≤3	100	360	510
	100	140	350	500
	Nominal thickness (mm)		Values (%)	
>	≤	min		
≤3	40	26		
40	63	25		
63	100	24		
100	140	22		
Impact strength	Nominal thickness (mm)		Values (J)	
	>	≤	min	
		140	27 at +20 C	
Weldability	Nominal thickness (mm)		Values (%)	
	>	≤	max	
		30	0,35	
	30	40	0,35	
	40	140	0,38	
Durability (Chemical composition)	Nominal thickness (mm)		Values (%)	
	>	≤	max	
		140	C : 0,17 Mn : 1,40 P : 0,040	Cu : 0,55 S : 0,040 N* : 0,012
			* The max. value for nitrogen does not apply if the chemical composition shows a minimum total Al content of 0,020% or if sufficient other N binding elements are present	

EN 10025-1:2004

Bijlage B: CE-markering Hardeman conform NEN-EN 1090-1

Prestatieverklaring (DoP)		
Referentienummer prestatieverklaring: H-CPR-101-04-07-2014		
Stalen bouwdelen volgens klantspecificatie en volgens documentatie behorende bij het ordernummer van de klant		
De bouwdelen kunnen direct worden gebruikt in een bouwwerk of in een combinatie van staal en beton. De bouwdelen worden geproduceerd uit warm of koud gewalst of anderszins geproduceerd materiaal. Ze worden geproduceerd uit verschillende profielen, van plat materiaal, staven, giet- of smeedwerk van staal. Ze kunnen onbeschermd blijven of beschermd worden tegen corrosie door een coating of door een andere behandeling.		
H. Hardeman BV Handels- en Constructiebedrijf Generatorstraat 27a, 3903 LH Veenendaal, Nederland		
Systeem 2+		
TÜV SÜD Benelux bvba Betekomsestraat 98a, 3128 Baal, België 0036		
De producent verklaart op basis van het certificaat voor de productiecontrole in de fabriek, certificaat nummer 0036-CPD-1090-1.00037.TÜV SÜD.2013.001, de volgende prestaties met betrekking tot de specificatie van de bouwdelen:		
Essentiele kenmerken	Prestatie	Technische specificatie volgens
Toleranties voor afmetingen en vorm	EN 1090-2, D1	EN 1090-1: 2009 + A1: 2011
Lasbaarheid	EN 10025 -2 to -6 met verklaringen van de certificaten.	EN 1090-1: 2009 + A1: 2011
Breuktaaiheid		EN 1090-1: 2009 + A1: 2011
Brandgedrag		EN 1090-1: 2009 + A1: 2011
	Class A1 betreft het staal	
Cadmium uitstoot	NPD	EN 1090-1: 2009 + A1: 2011
Radioactiviteit	NPD	EN 1090-1: 2009 + A1: 2011
Duurzaamheid	Oppervlaktebehandeling en coating volgens EN 1090-2, volgens klantspecificatie en volgens de documenten behorende bij het ordernummer.	EN 1090-1: 2009 + A1: 2011
Ontwerpkenmerken		
Ontwerp	NPD	EN 1090-1: 2009 + A1: 2011
Bruikbaarheids-grenstoestand	NPD	EN 1090-1: 2009 + A1: 2011
Vermoeiingssterkte	NPD	EN 1090-1: 2009 + A1: 2011
Brandwerendheid	NPD	EN 1090-1: 2009 + A1: 2011
De aangegeven prestaties van deze stalen producten zijn in overeenstemming met de aangegeven prestaties in de bovenstaande tabel en de pakbon. Deze verklaring wordt afgegeven onder de verantwoordelijkheid van de fabrikant.		
Ondertekend voor en namens de fabrikant door:		
Naam en functie:	A. Hardeman, Directeur	
Veenendaal, 04-07-2014		

Bijlage C: Verslag sessie klankbordgroep (12 mei 2017)

Plaats: Zoetermeer, (Bouwen met Staal)

Aanwezig: Bert van Beek (BB), Peter Crucq (PC), Ben Verhoef (BV),
Anne van der Sluis (AV), Maarten Schutte (MS), Jan Jongert (JJ),
Frank Maatje (FM), Ralph Hamerlinck (RH), Jan-Pieter den Hollander (JP).

Programma:

09.00 - 09.10 Opening & programma

09.10 - 09.30 Voorstelrondje

Wat is je ervaring met CE markering en hergebruik ?

Wat verwacht je eruit te halen ?

Welke organisaties / mensen missen we nog ?

09.30 - 09.50 Introductie CE-markering

Voordelen van hergebruik

DoP en NEN-EN 1090

CE markering als obstakel

Hoe maken we hergebruik mogelijk ?

09.50 - 10.05 Discussie CE-markering

Welke vragen lost jouw organisatie op ?

Welke belemmeringen zien jullie ?

10.05 - 10.15 Koffie break met heerlijke koek

10.15 - 10.55 Oplossingsrichtingen

"één profiel hoger"

alleen gevolgklasse CC1

10.55 - 11.15 Discussie oplossingsrichtingen

.....

11.15 - 11.30 Next steps en afsluiting

Wat hebben jullie er uit gehaald ?

Verslag:

BB: Een balk die **nieuw** op de markt komt kan de fabrikant laten voldoen aan de EN 10025 (=CE markering). Dit geldt dan voor nieuw materiaal maar hergebruikt materiaal hoeft niet aan de EN 10025 te voldoen. Je moet wel bijv. de sterkte eigenschap geven maar we weten dat de vloeigrens van constructiestaal nooit afneemt in de tijd. Kijk daarbij naar wat de oude normen aanhouden. De geschiedenis van het staal is in feite geen probleem. Als het niet blijvend vervormd is dan is het materiaal niet over de vloeigrens geweest en dus nog voldoende sterk.

MS: Normaal knippen we het staal in stukjes met een grote kraan. Het demonteren van het staalskelet is erg arbeidsintensief en werkt vaak niet. Het kan geld opleveren maar ik moet er wel een bestemming voor hebben. Wanneer kan ik het kwijt ? Vooral als de schrootprijs daalt moet je het staal snel kunnen verkopen. BIM heeft potentie maar is vaak niet goed ingevuld waardoor we aan het verkeerde stuk staal zitten te trekken. We willen namelijk de goede kwaliteiten eruit halen. Over het algemeen missen we goede informatie over de beschikbaarheid van de materialen in het gebouw.

AV: Maak wat je hergebruik noemt helder; CD20 en Hercuton kun je immers ook her gebruiken.

JJ: Aanbod her te gebruiken staal erg klein. Wij vinden hoe meer aanbod, hoe beter. De meeste architecten denken in nieuwe staal. Bijv. een tweedehands HEA300 zien ze als strijkbalk, tijdelijk of geschikt voor een stempelraam. Sommige opdrachtgevers willen helemaal geen tweedehands staal.

AV: Is minder mijn ervaring; het valt wel mee. De hobbel is dat het duurder is en dat het langer duurt. We hebben een hal in de Wieringermeer afgebroken en 50km verderop wilden we deze weer opbouwen (van Wieringerwerf naar Wieringen). De gemeente ging niet akkoord want volgens de huidige Eurocode is de windbelasting hoger dan volgens de toen gebruikte TGB 1972. NEN 8700 schrijft namelijk voor dat je opnieuw moet rekenen met Eurocode 3. In veel gevallen kan wat er staat niet meer voldoen.

RH: Goed om als sloper de samenwerking met handelaren te zoeken zodat je staalprofielen makkelijk kunt doorzetten.

MS: Beelen heeft een bouwmarktje. Overdie heeft een handeltje in tweedehands spullen. Geconserveerd staal geeft problemen want je mag er niet aan lassen dus je moet het helemaal kaal stralen. Verzink is helemaal kansloos met lassen.

MS: Let ook op de status. Als je een hal afbreekt dan heeft het materiaal in de huidige regelgeving de status "Afval". Als je de profielen doorverkoopt aan een staalbouwer dan mag dat niet want een staalbouwer is geen erkende afvalverwerker. De afvalstatus blijft namelijk behouden **tot** toepassen. Demonteren en hermonteren is wel goed te doen.

JJ: We hebben een probleem gehad bij een publiek toegankelijk gebouw. De verzekeraar wilde geen opstelverzekering verlenen. Soms is de financiering een obstakel. Je moet het materiaal kopen als het beschikbaar is. Zo werd een skelet voor €12000 aangeboden; dat moesten we kopen want een paar maanden later kan het al weg zijn.

BB: Je hebt een database met meer keus nodig. Ik adviseer om een constructie 1 op 1 her te gebruiken⁴. Een HEA200 raak je nog wel tweedehands kwijt voor lateitjes etc. maar verder wordt het lastig.

MB: wij krijgen al het staal door elkaar. We hebben graag grote profielen. Die gebruiken we vaak secundair (stempelraam etc.).

AV: Goed om publiciteit te maken; ook in dit geval maakt onbekend onbemind. Na 10 jaar mag een gemeente al de bouwtekeningen weggooien. Sommige gemeenten zijn slecht voor hun archieven.

BB: In de Nationale Bijlage (van EN 1993-1-1) staat welke materialen je mag gebruiken en die verwijst naar de EN 10025. Je moet nooit willen om conform EN 10025 te worden want dat kun je allemaal niet waarmaken. Het enige wat je specificeert is de vloeigrens en de treksterkte. Let wel op materiaal dat op vermoeiing belast is geweest (bijv. kraanbanen). Dat zou ik uitsluiten van hergebruik want testen op microscheuren is lastig. Dat geldt ook voor koolstofequivalenten maar over het algemeen is lassen geen probleem als de vloeigrens onder de 355 blijft. In feite laat EN 1993 hergebruikte materialen niet toe.

⁴ Dit is ook het businessmodel van CEPEZED voor de Tijdelijke Rechtbank. Daarbij moet het skelet na afbraak na transport direct weer opgebouwd worden. Opslag tussendoor is onhaalbaar.

AV: Waar bewaar je de technische gegevens van het materiaal ? Print bijvoorbeeld elke meter de gegevens in de balk (vraag voor ArcelorMittal). De E-modulus is geen probleem; die is al honderd jaar hetzelfde. Let wel op met lassen als je voor de veiligheid een lage vloeigrens van 235 aanhoudt. In werkelijkheid kan de vloeigrens wel > 355 bijvoorbeeld 387 zijn en dan zit er teveel koolstof in het materiaal. Als ik niks van het materiaal weet durf ik wel met zekerheid S235 aan te houden. Ik zou werken met een materiaalfactor. Goed om er een afstudeeronderwerp van te maken zodat je een stevig verhaal hebt met een statistische onderbouwing. Elke constructie waar al aan gelast is levert geen problemen bij (op)nieuw lassen. Gemiddeld zijn de profielen rond de 150-175 kg en dan reken je €0,60/kg.

MS: vergelijk het met granulaat als grindvervanger. Dat passen we onder de weg toe en is in feite laagwaardig hergebruik.

AV: Je begint simpel en dan later pas je een hogere staalkwaliteit toe. Verschillen tussen een 3.1 certificering en een 2.2 certificering is dat de 3.1 nauwkeurig per balkje is en de 2.2 per batch. Deze certificaten worden door de fabrikant opgesteld.

BB: Hou NEN-EN 1090-1 en NEN-EN 1090-2 uit elkaar. NEN-EN 1090-1 staat wettelijk voorgeschreven en NEN-EN 1090-2 is geen wet. Paragraaf 5.1 uit NEN-EN 1090-1 geeft aan dat je **in principe** volgens EN 10025 moet specificeren anders moet je zelf de eigenschappen geven. Let op "geven en specificeren" is niet testen. Dus je geeft alleen de vloeigrens en je noemt het niet S235 want dat is volgens EN 10025. De laatste versie van 5.1 geeft aan wat precies gespecificeerd moet worden aan eigenschappen.

MS: Hoe maken we er een business case van. Maak er iig geen DoP van zoals ArcelorMittal doet met een certificaat 3.1 of 2.2 want dan ga je leveren volgens de EN 10025. Dat moet je niet willen. Als handelaar moet je het dus niet als S235 op de markt brengen.

PC: In feite zet een auditor vinkjes; hij controleert dus of alles aanwezig is en conform de norm (EN 10025). De auditor kijkt dus niet inhoudelijk of de certificering wel klopt.

BV: Als ik weet wat jij hebt liggen dan kan ik er rekening mee houden bij het ontwerp. Een database is goed. Wel is de voorraad van een handelaar 30% van diezelfde voorraad 20 jaar geleden. De gemiddelde staalhandelaar is echter bekrompen. Hij verkoopt het liefste nieuw.

JJ: Er is altijd wel staal te vinden. Dat is niet echt een probleem. Wij hebben www.oogstkaart.nl opgezet waar je een hoop kunt vinden. Je kunt nog niet zoeken op staalsoort want dat is te gedetailleerd.

Bijlage D: Verslag sessie klankbordgroep (26 januari 2018)

Aanwezig: Bert van Beek (BB), Jan Bunkers (JB), Frans Bijlaard (FB), Peter Crucq (PC), Ralph Hamerlinck (RH), Jan-Pieter den Hollander (JH), Frank van der Loop (FL), Jan Jongert (JJ), Frank Maatje (FM), Pim Peters (PP), Maarten Schutte (MS), Anne van der Sluis (AS), Ben Verhoef (BV), Leo Vermeulen (LV)

Van : Jan-Pieter den Hollander

Datum: 29 januari 2018

Betreft: Verslag meeting Expertcommissie CE-markering

Datum: vrijdag 26 januari 2018

Aanvang : 9.00 uur

Plaats : Kantoor Bouwen met Staal, Louis Braillelaan 80 Zoetermeer

Na het voorstelrondje start JH met de presentatie van de resultaten van het onderzoek. Gedurende de presentatie ontstaat een discussie waarin de oplossingsrichtingen tegelijk ter sprake komen.

De uiteindelijke drie speerpunten die volgen uit de discussie zijn:

- **Voor de toekomst: zorg voor een goed (digitaal) gebouwdossier dat centraal opgeslagen wordt;**
- **Kijk onder welke voorwaarden Fe235 aangehouden kan worden zonder of met een beperkt aantal testen;**
- **Bekijk de milieuwinst van hergebruik.**

Hieronder het uitgebreide verslag van de discussie.

JB: ODS biedt al leaseconstructies aan voor hergebruik van stalen geveldelen.

PP: Bij een project op de Brinkhorst hebben wij (IMd) dat ook voorgesteld maar voor een kantoor is het toch lastig. Wat als een bedrijf failliet gaat en een crediteur de kanaalplaat opeist. Bij een parkeergarage die 10 jaar ergens staat is de situatie overzichtelijk.

AS: Heb het gevoel dat demontabel bouwen niet echt door zet. IFD bestaat al sinds de jaren 80.

FB: In de kassenbouw was hergebruik gemeengoed. Op dit moment zijn de kassen echter veel groter en is er een volwassen product waar hergebruik niet meer nodig is.

AS: Hergebruik wordt pas een succes als het grootschalig kan.

FB: Als bij een bestaand gebouw de gebruiksfunctie niet verandert kan hergebruik in Nederland zonder problemen.

JB: Alleen als de nuttige belasting hoger is geworden is hergebruik lastig.

FB: Dan lijkt het me niet nodig om al het materiaal te testen. Als ik het op tekening heb komt het goed.

AS: Het risico zit in de verbinding niet in de kwaliteit van het materiaal.

JB: Het blijft belangrijk om te weten wat er aan materiaal het gebouw ingebracht is.

MS: Als wij slopen krijgen we vaak hele slechte tekeningen van de opdrachtgever.

PP: Je moet goede as-buult tekeningen krijgen en maken. Over het algemeen worden de bouwkundige tekeningen niet bewaard maar de constructieve wel.

AS: Heb de voorkeur het gebouw een paspoort mee te geven door al het staal een stempel mee te geven.

MS: Dan moet je nog steeds het gebouw doorzoeken om te zien welke kwaliteit materiaal je hebt. Dat weet je graag van te voren.

FM: Je wilt toch in een databank zoeken naar wat je nodig hebt.

MS: Wij hergebruiken grote profielen die makkelijk bereikbaar zijn bij het slopen. Verder moet je ook een koper hebben voor dat profiel.

FL: Al met al wordt het lastig zoeken als je bij een gebouw met 5000 kolommen alle stempels moet vinden.

BV: Dan zou ik alles op Fe235 houden. Dat is een goedkope en praktische oplossing en die profielen gebruik je dan als dakbalk.

PP: Bij het project in Rotterdam hebben we alle profielen nauwkeurig laten onderzoeken en testen. Dat kostte ongeveer 8000 voor 30.000 kg staal.

FL: Voor alleen een chemische en mechanische analyse zit je rond de 350 euro.

RH: Als je goede as-buult tekeningen hebt kun je staffelen. Hoe meer je weet van het materiaal. Hoe meer je "mag" bij hergebruik.

FB: In de oude normen kun je een hoop terugvinden over de chemische samenstelling.

FM: Stel je neemt aan Fe235 maar het blijkt Fe355 te wezen. Als je elastisch rekent kom je nooit in de problemen.

AS: Stel je hebt een profiel dat eigenlijk Fe355 is terwijl je Fe235 aannam; dan komt het profiel sowieso niet in het plastisch gebied.

PP: Ik wil andersom redeneren. Je zoekt niet een hergebruikt profiel bij een "nieuw" ontwerp maar je ontwerpt met wat je hebt/krijgt. De kunst is om vraag en aanbod af te stemmen.

FL: Concreet zien we sinds de invoering van de CE-markering een terugloop in de hergebruikte balken. In 2007 deden we nog 10.000 ton en nu zitten we nog op ongeveer 1500 ton hergebruik. Dat zit vooral in geeiste traceerbaarheid en we merken dat mensen bang zijn voor de executieklasse. Doe maar (voor de veiligheid) executieklasse 3.

Voor tijdelijk werk waar de NEN-EN 1090 niet nodig is loopt het wel.

RH: Deze mythen moeten de wereld uit.

BB: Het gaat om de NEN-EN 1090-2. Laat DoP weg uit het verhaal. Dit is een term die hoort bij NEN-EN 1090-2. Specificeer nooit S235 want dan geef je aan volgens de NEN-EN 10025 serie te werken en dat gaat met hergebruikt staal niet lukken. Geef simpelweg de vloeigrens en treksterkte van het materiaal. Daarmee kan de ontwerper werken.

FB: Wie vraagt er bij nieuw materiaal om de DoP ?

BB: De leverancier levert in principe de DoP erbij maar als je de DoP niet vraagt krijg je hem niet. Dan kun je hem downloaden van de website.

FL: In de GWW houden we al 10 jaar de documentatie bij.

RH: Je kunt waarde kapitaliseren als je gegevens vastlegt.

JJ: Je zit met een gebouw met de levensduur.

JB: Na 80 jaar is niemand geïnteresseerd in de waarde.

PP: Er moet een incentive zijn om nu die gegevens vast te leggen. Zo vereist het BREEAM label as-built tekeningen.

FM: BmS zou moeten laten zien wat het echt waard is. Op dit moment koppelen we digitaal data van handelaren aan de staalbouwers en dat moet je weer aan IFC koppelen.

PP: BmS zou een staalapp kunnen maken voor Madaster.

MS: Over het algemeen maakt de sloper een prijs op gezicht. Maximaal slechts 30% is bekend.

BV: Als de gegevens digitaal zijn kun je ze vaak niet lezen omdat de moderne software een AutoCad2 bestand niet kan openen.

JB: Moeten we alles eeuwig vastleggen. Alles vastleggen is kansloos. Ik ben voor een materialendokter die het gebouw inspecteert en vertelt welke materialen erin zitten.

JJ: Nu weten we 90% niet van wat er in een gebouw zit.

FM: Bij een petrochemische fabriek weten ze alles tot op het kleinste boutje.

FL: Ik zie twee richtingen. Nu en over 30 jaar. Op dit moment kopen ze liever nieuw. Scheelt maar een dubbeltje en een hoop gezeik.

PP: Zet bij het aanbod op de site ook de kwaliteit erbij.

FL: Het is een idee dat slopers gezamenlijk hun voorraden anoniem op een site zetten. Dan kun je als ontwerper makkelijker vooruit. Als de schrootprijs laag is dan is de staalprijs ook laag. Trek derhalve het rechte lijntje uit de Cambridge studie maar schuin.

Grote profielen maken een goede kans op hergebruik maar kleiner dan HEA300 is kansloos.

MS: Eens in de twee jaar ruimen we onze werf op en gaat alles naar Jansen recycling. Voor ons de bereikbaarheid belangrijk. Een balkje in een dak van een halletje halen we er zo uit. De marge blijft beperkt omdat staal erg goedkoop is.

JP: Uit de NEN workshop bleek dat Fe235 zonder testen toepassen niet haalbaar is.

FB: Voor bepaalde toepassingen kun je best Fe235 als ondergrens nemen.

PP: Wat kun je dan allemaal doen ? Dat is een interessante vraag.

LV: Het gaat niet alleen om de sterkte maar ook om hoe het staal vervaardigd is in verband met lassen. Als het thermomechanisch gewalst is lassen een probleem. ook als aan een profiel al gelast is kun je nog niet zonder meer aannemen dat het goed lasbaar is zonder speciale technieken als voorverwarmen.

AS: Als je er niet aan kan lassen dan heeft het weinig zin. Je hebt dus altijd de chemische samenstelling nodig.

FM: Bij Fe235 zou je bijvoorbeeld alleen een hardheidstest kunnen uitvoeren en bij Fe355 niet.

FL: Met een hardheidstest halen we de staalsoort er zo uit. Balletje erop laten vallen en klaar. . Zo'n apparaat kost 14k maar je hebt ook goedkope van 3k. Elke balk testen is niet rendabel. Dat doen we alleen als Fe355 gevraagd wordt.

PP: Maak een ontwerp op Fe235 en als je meer wil moet je testen doen en/of tekeningen hebben.

BB: Noem het nooit S235 want dan zit je vast aan NEN-EN 10025.

FB: Let niet alleen op de staalsoort maar ook op de staalkwaliteit.

BB: Grootste probleem is de NB bij NEN-EN 1993-1-1 die verwijst naar de materialen uit NEN-EN 10025. Daar val je dan dus buiten. Aan BmS de schone taak om uit te zoeken wat je minimaal moet weten.

Bijlage E: Gerelateerde projecten

Het grotere plaatje is dat van de circulaire economie. Dit is een belangrijke ontwikkeling op de nationale en internationale bouwagenda. CE markering op hergebruikt staal is daarin een belangrijk onderdeel.

Andere projecten die gerelateerd zijn:

SIA-RAAK project: "Hoger op de ladder"

Onderzoek naar nieuwe businessmodellen voor de opstap van recycling naar hergebruik van staal in de staalbouwketen" . In dit project van k€ 235 doet Avans Hogeschool een onderzoek naar hergebruik van stalen bouwdelen. Onderdeel is een consortium van MKB bedrijven uit de gehele bouwketen dat belangrijke input heeft in de onderzoeksvraag. Partners zijn: IMd, CEPEZED, ODS, Evers Staalconstructies en Delta Development. Ondersteuning project door BmS en Tata Steel.

LBP Sight & BmS: "Follow the money"

Praktijkonderzoek naar het businessmodel van de huidige lineaire keten en hoe dit businessmodel strookt met circulair bouwen.

KIEM-VANG project: "hergebruik stalen spoorstaven"

Een KIEM-VANG project is een soort SIA-RAAK subsidie maar dan met een (veel) kleiner budget. Samen met de hogeschool Utrecht en CEPEZED onderzoeken studenten het hergebruik van stalen spoorstaven in een vakwerkbrug.

REDUCE: "REuse and Demountability Using steel structures and the Circular Economy"

Een Europees consortium (o.a. SCI, BmS, Tata Steel, TU Delft /Lux/Bradford/ etc.) werkt aan de ontwikkeling van methoden en technieken om hergebruik van de staalplaat betonvloer mogelijk te maken.

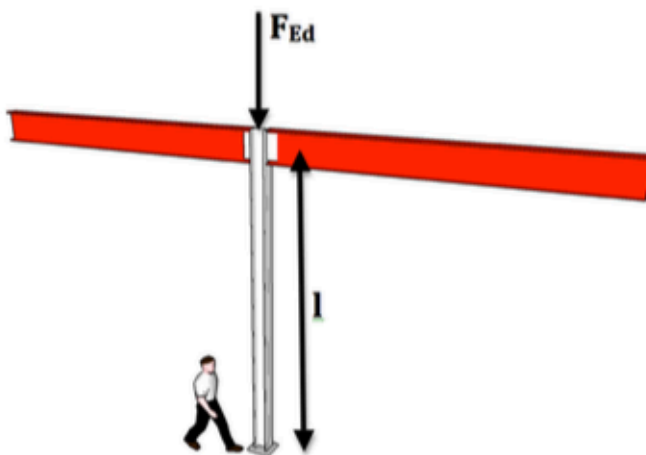
BAMB: "Buildings as Material Banks"

Horizon 2020 project met o.a. EPEA en TU Twente , Tata Steel in klankboard groep. Doel materiaal data opslag en uitwisseling tbv Circulaire Economie.

Bijlage F: Berekening knik volgens NEN-EN 1993-1-1 voor 1135 kN

Datum: 8th August 2018

Milieubelasting kolom S235



Lengte (l) = 3500 [mm]
Belasting (F_{Ed}) = 1135 [kN]

Milieubelasting (conform Bouwbesluit 2012, art. 5.9)

Kolom S235	= HEA 240
Gewicht	= 211.1 [kg] (60.3 kg/m ³)
Carbon footprint	= 99.9 [kg CO ₂] (28.5 kg CO ₂ /m ³)
Schaduwkosten kolom	= 8.67 [Euro] (2.48 Euro/m ³)

Datum: 8th August 2018



Berekening middenkolom

Toetsing (NEN-EN1993-1-1)

Verwijzing norm

Doorsnedeklasse zuivere druk = 1

p5.5

$\epsilon = \sqrt{(235/f_y)}$	= 1		met:
f_y	= 235 [N/mm ²]		
$c/t = 23.2$	$\leq 33 \epsilon = 33$	(t5.2, blad 1)	met:
c	= 174 [mm]	lijf	
t	= 7.5 [mm]	lijf	
Doorsnedeklasse lijf	= 1		
$c/t = 7.9375$	$\leq 9 \epsilon = 9$	(t5.2, blad 2)	met:
c	= 95.25 [mm]	flens	
t	= 12 [mm]	flens	
Doorsnedeklasse flens	= 1		
Knikkrommen		p6.3	
$h/b = 1$	< 1,2	(t6.2)	met:
h	= 240 [mm]		
b	= 240 [mm]		
$t_f = 12$ [mm]	≤ 40 [mm]		
staalsoort	= S235		
imperfectiefactor α_y	= 0.34	(t6.1)	knikkromme b
imperfectiefactor α_z	= 0.49	(t6.1)	knikkromme c
Knik y-as [F_{Ed}]		p6.3	
$UC_y = N_{Ed}/N_{b,Rd}$	= 0.68	(6.46)	met:
N_{Ed}	= 1135 [kN]		
$N_{b,Rd} = \chi A f_y / \gamma_{M1}$	= 1679 [kN]	(6.47)	met:
A	= 7684 [mm ²]		
f_y	= 235 [N/mm ²]		
γ_{M1}	= 1	(6.1)	
$\chi_y = 1/(\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2})$	= 0.93	(6.49)	met:
$\Phi_y = 0.5[1 + \alpha_y(\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2]$	= 0.6		met:
α_y	= 0.34		
$\lambda_y = (L_{cr}/i_y)(1/\lambda_1)$	= 0.37	(6.50)	met:
L_{cr}	= 3500 [mm]		

2

www.dutchhall.nl

Datum: 8th August 2018



i_y	= 101 [mm]		
$\lambda_1 = \pi \sqrt{E/f_y}$	= 93.9		
Knik z-as [F_{Ed}]		p6.3	
$UC_x = N_{Ed}/N_{b,Ed}$	= 0.82	(6.46)	met:
N_{Ed}	= 1135 [kN]		
$N_{b,Ed} = \chi A f_y / \gamma_{M1}$	= 1390 [kN]	(6.47)	met:
A	= 7684 [mm ²]		
f_y	= 235 [N/mm ²]		
γ_{M1}	= 1	(6.1)	
$\chi_x = 1/(\Phi_x + \sqrt{\Phi_x^2 - \lambda_x^2})$	= 0.77	(6.49)	met:
$\Phi_x = 0.5[1 + \alpha_x(\lambda_x - 0.2) + \lambda_x^2]$	= 0.8		met:
α_x	= 0.49		
$\lambda_x = (L_{cr}/i_x)(1/\lambda_1)$	= 0.62	(6.50)	met:
L_{cr}	= 3500 [mm]		
i_x	= 60 [mm]		
$\lambda_1 = \pi \sqrt{E/f_y}$	= 93.9		

Bijlage G: Afmeting HEA, HEB en HEM profielen

		G [kg/m]	h [mm]	b [mm]	s [mm]	t [mm]	A [cm ²]	Verschil met Euronorm 53-62						
HE	100	A	16.7	96	100	5	8	21.2	0	0	0	0	0	0
HE	100	B	20.4	100	100	6	10	26	0	0	0	0	0	0
HE	100	M	41.8	120	106	12	20	53.2	0	0	0	0	0	0
HE	120	A	19.9	114	120	5	8	25.3	0	0	0	0	0	0
HE	120	B	26.7	120	120	6.5	11	34	0	0	0	0	0	0
HE	120	M	52.1	140	126	12.5	21	66.4	0	0	0	0	0	0
HE	140	A	24.7	133	140	5.5	8.5	31.4	0	0	0	0	0	0
HE	140	B	33.7	140	140	7	12	43	0	0	0	0	0	0
HE	140	M	63.2	160	146	13	22	80.6	0	0	0	0	0	0
HE	160	A	30.4	152	160	6	9	38.8	0	0	0	0	0	0
HE	160	B	42.6	160	160	8	13	54.3	0	0	0	0	0	0
HE	160	M	76.2	180	166	14	23	97.1	0	0	0	0	0	0
HE	180	A	35.5	171	180	6	9.5	45.3	0	0	0	0	0	0
HE	180	B	51.2	180	180	8.5	14	65.3	0	0	0	0	0	0
HE	180	M	88.9	200	186	14.5	24	113.3	0	0	0	0	0	0
HE	200	A	42.3	190	200	6.5	10	53.8	0	0	0	0	0	0
HE	200	B	61.3	200	200	9	15	78.1	0	0	0	0	0	0
HE	200	M	103	220	206	15	25	131.3	0	0	0	0	0	0
HE	220	A	50.5	210	220	7	11	64.3	0	0	0	0	0	0
HE	220	B	71.5	220	220	9.5	16	91	0	0	0	0	0	0
HE	220	M	117	240	226	15.5	26	149.4	0	0	0	0	0	0
HE	240	A	60.3	230	240	7.5	12	76.8	0	0	0	0	0	0
HE	240	B	83.2	240	240	10	17	106	0	0	0	0	0	0
HE	240	M	157	270	248	18	32	199.6	0	0	0	0	0	0
HE	260	A	68.2	250	260	7.5	12.5	86.8	0	0	0	0	0	0
HE	260	B	93	260	260	10	17.5	118.4	0	0	0	0	0	0
HE	260	M	172	290	268	18	32.5	219.6	0	0	0	0	0	0
HE	280	A	76.4	270	280	8	13	97.3	0	0	0	0	0	0
HE	280	B	103	280	280	10.5	18	131.4	0	0	0	0	0	0
HE	280	M	189	310	288	18.5	33	240.2	0	0	0	0	0	0
HE	300	A	88.3	290	300	8.5	14	112.5	0	0	0	0	0	0
HE	300	B	117	300	300	11	19	149.1	0	0	0	0	0	0
HE	300	M	238	340	310	21	39	303.1	0	0	0	0	0	0
HE	320	A	97.6	310	300	9	15.5	124.4	0	0	0	0	0	0
HE	320	B	127	320	300	11.5	20.5	161.3	0	0	0	0	0	0
HE	320	M	245	359	309	21	40	312	0	0	0	0	0	0
HE	340	A	105	330	300	9.5	16.5	133.5	0	0	0	0	0	0
HE	340	B	134	340	300	12	21.5	170.9	0	0	0	0	0	0
HE	340	M	248	377	309	21	40	315.8	0	0	0	0	0	0
HE	360	A	112	350	300	10	17.5	142.8	0	0	0	0	0	0
HE	360	B	142	360	300	12.5	22.5	180.6	0	0	0	0	0	0
HE	360	M	250	395	308	21	40	318.8	0	0	0	0	0	0
HE	400	A	125	390	300	11	19	159	0	0	0	0	0	0
HE	400	B	155	400	300	13.5	24	197.8	0	0	0	0	0	0
HE	400	M	256	432	307	21	40	325.8	0	0	0	0	0	0
HE	450	A	140	440	300	11.5	21	178	0	0	0	0	0	0
HE	450	B	171	450	300	14	26	218	0	0	0	0	0	0
HE	450	M	263	478	307	21	40	335.4	0	0	0	0	0	0
HE	500	A	155	490	300	12	23	197.5	0	0	0	0	0	0
HE	500	B	187	500	300	14.5	28	238.6	0	0	0	0	0	0
HE	500	M	270	524	306	21	40	344.3	0	0	0	0	0	0
HE	550	A	166	540	300	12.5	24	211.8	0	0	0	0	0	0
HE	550	B	199	550	300	15	29	254.1	0	0	0	0	0	0
HE	550	M	278	572	306	21	40	354.4	0	0	0	0	0	0
HE	600	A	178	590	300	13	25	226.5	0	0	0	0	0	0
HE	600	B	212	600	300	15.5	30	270	0	0	0	0	0	0
HE	600	M	285	620	305	21	40	363.7	0	0	0	0	0	0
HE	650	A	190	640	300	13.5	26	241.6	0	0	0	0	0	0
HE	650	B	225	650	300	16	31	286.3	0	0	0	0	0	0
HE	650	M	293	668	305	21	40	373.7	0	0	0	0	0	0
HE	700	A	204	690	300	14.5	27	260.5	0	0	0	0	0	0
HE	700	B	241	700	300	17	32	306.4	0	0	0	0	0	0
HE	700	M	301	716	304	21	40	383	0	0	0	0	0	0
HE	800	A	224	790	300	15	28	285.8	0	0	0	0	0	0
HE	800	B	262	800	300	17.5	33	334.2	0	0	0	0	0	0
HE	800	M	317	814	303	21	40	404.3	0	0	0	0	0	0
HE	900	A	252	890	300	16	30	320.5	0	0	0	0	0	0
HE	900	B	291	900	300	18.5	35	371.3	0	0	0	0	0	0
HE	900	M	333	910	302	21	40	423.6	0	0	0	0	0	0
HE	1000	A	272	990	300	16.5	31	346.8	0	0	0	0	0	0
HE	1000	B	314	1000	300	19	36	400	0	0	0	0	0	0
HE	1000	M	349	1008	302	21	40	444.2	0	0	0	0	0	0

Literatuur

- ¹ Towards the circular economy - Economic and business rationale for an accelerated transition, Ellen MacArthur Foundation, 2013
- ² Studie Cambridge
- ³ Interview F.V.T.C. van Thiel, voormalig directeur staalhandelaar Geurts Janssen
- ⁴ Jonathan Cullen / Michal Drewniok (2016) Structural steel reuse. University of Cambridge, 2016
- ⁵ Annick Carpentier, Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, Juni 2013. CE-markering op bouwproducten. Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, Den Haag.
- ⁶ NEN-EN 1991-1-7+NB (nl) Eurocode 1: Belastingen op constructies - Deel 1-7: Algemene belastingen - Buitengewone belastingen: stootbelastingen en ontploffingen
- ⁷ NEN-EN 10025-1 (nl) Warmgewalste producten van constructiestaal - Deel 1: Algemene technische leveringsvoorwaarden
- ⁸ T. Baaten en P. de Vestele (2017) Restauratie van een museumschip. Lastechniek, nummer 4 April 2017
- ⁹ NEN-EN 10025-2 (nl) Warmgewalste producten van constructiestaal - Deel 2: Technische leveringsvoorwaarden voor ongelegeerd constructiestaal
- ¹⁰ NEN-EN 10025-3 (nl) Warmgewalste producten van constructiestaal - Deel 3: Technische leveringsvoorwaarden voor normaalgeglueid/normaliserend gewalst lasbaar fijnkorrelig constructiestaal
- ¹¹ NEN-EN 10025-4 (nl) Warmgewalste producten van constructiestaal - Deel 4: Technische leveringsvoorwaarden voor thermomechanisch gewalst lasbaar fijnkorrelig constructiestaal
- ¹² NEN-EN 10025-6 (nl) Warmgewalste producten van constructiestaal - Deel 1: Technische leveringsvoorwaarden voor platte producten van constructiestaal met hoge vloeigrens in de veredelde toestand
- ¹³ Nebest B.V. (2016) Inspectie donorstaal - RM099 - Inspectie diverse staalprofielen voor bepaling mogelijkheid van hergebruik.