



HANDBOEK STAALFRAMEBOUW



HANDBOEK STAALFRAMEBOUW

DEEL 4



INHOUDSOPGAVE

7	Duurzaamheid	H7-1
7.1	Benaderingen van duurzaamheid.....	H7-2
7.2	Flexibiliteit constructie.....	H7-3
7.3	Circulariteit	H7-6
7.4	Hergebruik van gebouwen.....	H7-8
7.5	Staalframebouw en duurzaamheid.....	H7-9
8	Conservering	H8-1
8.1	Kathodische bescherming.....	H8-1
8.2	Opslag	H8-2
8.3	Duplex	H8-2
8.4	Contactcorrosie.....	H8-2
9	Projectvoorbeelden (van weleer).....	H9-1
	Twintig woningen Zonne Entree, Apeldoorn.....	H9-2
	Dakstudio's, Rotterdam	H9-3
	Polynormwoningen, Eindhoven.....	H9-4
	Trap en gevelsluitende elementen.....	H9-5
	Appartementencomplex Schuttersveld, Delft.....	H9-6
	Steel Study Houses, Zoetermeer	H9-7
	Gevelsluitende elementen Gelderlandplein.....	H9-8

7 Duurzaamheid

Dit hoofdstuk is een licht bewerkte en aangevulde versie van 'Hoofdstuk 10. Duurzaam bouwen' uit het boek *Kracht + vorm* (3e editie, 2023). Oorspronkelijke auteurs: Jaap Oosterhof en Walter Spangenberg. Aanvullingen: Bauke Bonnema (ex-medewerker Tata Steel Nederland). Bewerkingen: Marco Pauw (BmS).

Duurzaam bouwen is een belangrijk maatschappelijk thema en is belangrijk in de bouw. Bij duurzaam bouwen (en verbouwen) wordt rekening gehouden met de effecten ervan op het milieu. Dat moet dan zowel bij het ontwerp van een bouwwerk gebeuren als tijdens de bouw, verbouw, renovatie én uiteindelijk sloop. Bij duurzaam bouwen gaat het ook over het gebruik van het gebouw: bijvoorbeeld over de uitstoot van CO₂ door energieverbruik voor verwarming en koeling. De milieueffecten worden dus over de gehele levensduur van het gebouw of bouwwerk bekeken.

Duurzaam bouwen is óók een vakgebied in ontwikkeling en de kennis over duurzaamheid, duurzame materialen en hoe hiermee om te gaan is nog relatief beperkt. In het Klimaatakkoord, een onderdeel van het Nederlandse klimaatbeleid, staat onder meer dat in 2050 onze steden en dorpen energie-neutraal, circulair en klimaatadaptief moeten zijn. De bouwbranche speelt hierop in met onder meer het Betonakkoord, het Bouwakkoord Staal en de Verkenning Houtbouwakkoord met afspraken om te komen tot een circulaire economie.

Wat betekent dit concreet voor onze bouwopgave? Om de aarde verantwoord door te geven aan volgende generaties, is het invoeren van duurzaamheid in alle constructieve ontwerpen een noodzaak. Duurzaamheid is echter een begrip dat op veel verschillende manieren kan worden geïnterpreteerd en ingevuld.

In dit hoofdstuk gaat het om milieu-gerelateerde duurzaamheid bij bouwconstructies en de manier waarop dit kan worden bereikt. Er zijn verschillende manieren om duurzaamheid inhoud te geven. Dit komt in [paragraaf 7.1](#) aan de orde. De belangrijkste benaderingen of strategieën voor duurzaamheid bij constructies (flexibiliteit en circulariteit) komen aan de orde in [paragraaf 7.2](#) en [7.3](#). [Paragraaf 7.4](#) ten slotte gaat in op hergebruik van bestaande gebouwen.

7.1 Benaderingen van duurzaamheid

Eén aspect van duurzaamheid van materialen is het tegengaan van aantasting of verval (*durability*). Er is nog een andere betekenis van duurzaamheid die in de laatste decennia is ontstaan. Deze betekenis – die in dit hoofdstuk centraal staat – heeft betrekking op de natuurlijke omgeving (het milieu) en de aantasting daarvan, vooral door de industriële ontwikkeling overal ter wereld (*sustainability*).

De toename van de uitstoot van koolstofdioxide is één van de belangrijkste oorzaken voor de opwarming van de aarde. De meest zichtbare gevolgen van de globale temperatuurstijging zijn tegenwoor-



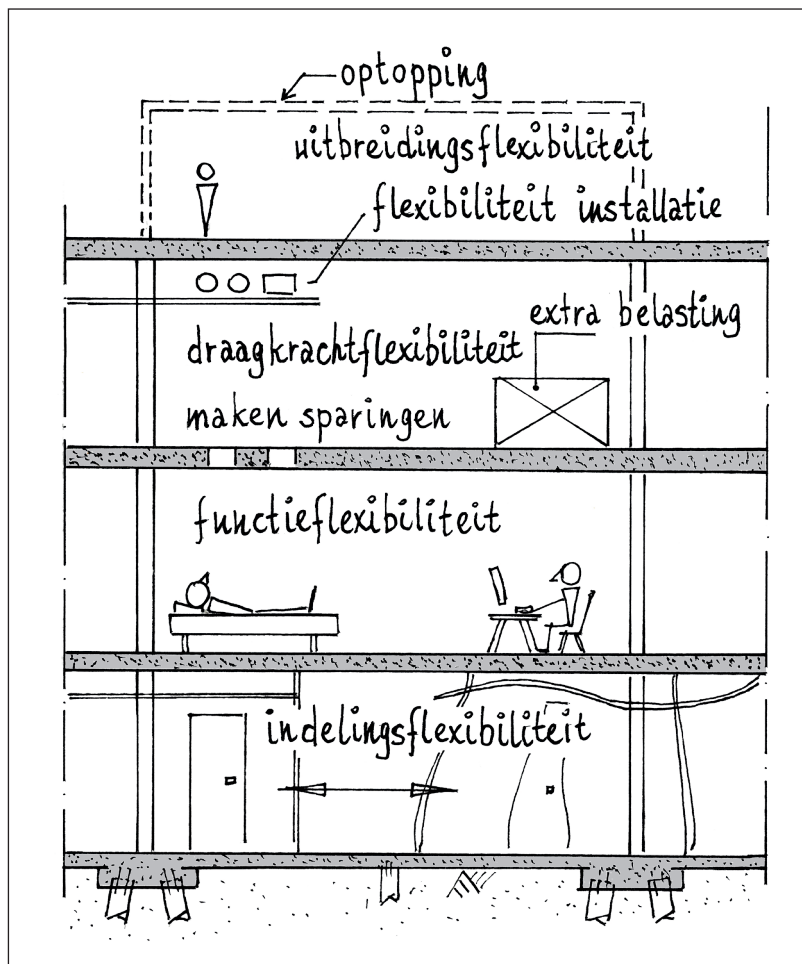
dig het afbrokkelen van het poolijs, de toenemende woestijnvorming, extreme overstromingen en bosbranden. Het is daarom een logische benadering de hoeveelheid uitstoot van koolstofdioxide CO₂ te beperken of om te streven naar 'geen CO₂-uitstoot' of 'net zero-carbon'. Daarnaast spelen ook de uitstoot van methaan (CH₄) en stikstofoxide (NO) een rol.

Duurzaamheidslabels

Er zijn inmiddels een aantal methodieken beschikbaar om bij projecten de duurzaamheid te kwalificeren. Deze kwalificatie, ook aangeduid als label, wordt als instrument ingezet voor het ontwerpen en bouwen van duurzame gebouwen met een minimale milieu-impact. Voorbeelden van dergelijke labels zijn: BREEAM, LEED en Well. Binnen deze labels zijn vervolgens verschillende kwalificaties of gradaties mogelijk.

- **BREEAM** (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) is een van oorsprong Brits duurzaamheidslabel. In Nederland heeft de Dutch Green Building Council dit label omarmd en als basis genomen voor een Nederlandse versie (BREEAM-NL) voor woningen, scholen, kantoren en industriegebouwen. BREEAM werkt met een methodiek waarmee *credits* kunnen worden gescoord in een aantal hoofdcategorieën, zoals energie, transport, materiaal en vervuiling. Er worden ontwerpkeuzen gemaakt over bijvoorbeeld te gebruiken materialen en energieverbruik en in elke fase van het bouwproces, tot en met de oplevering, worden bewaakt of de aannamen of ambities worden waargemaakt. De labels 'good', 'very good', 'excellent' en 'outstanding' worden gebruikt.
- **LEED** staat voor Leadership in Energy and

7.1 Leeuw van Vlaanderen, Amsterdam. Optoppen met maisonnettes (foto: Luuk Kramer).



7.3 Verschillende soorten van flexibiliteit.

Environmental Design. Het is een evaluatie- en certificatiesysteem waarmee de duurzaamheidsprestatie van gebouwen kan worden bepaald. De methode werkt op een vergelijkbare wijze als BREEAM, met controlelijsten waar per onderdeel punten kunnen worden gescoord. LEED is de meest gebruikte duurzaamheidsmethode in de Verenigde Staten en kent de labels 'certified', 'silver', 'gold' en 'platinum'.

- De methode *Well* plaatst het welzijn van de mens centraal. De onderdelen die aandacht krijgen

hebben daardoor een ander accent dan BREEAM en LEED. De eindscore wordt uitgedrukt in de kwalificaties 'silver', 'gold' en 'platinum'.

De vraag rijst of opdrachtgevers doorgronden wat deze, en andere, labels werkelijk inhouden en of ze blijven aansluiten bij de wensen en behoeften van de klant. Ook is niet duidelijk hoe de duurzaamheidseisen zich ontwikkelen. Dit vraagt dialoog en uitlijning van verwachtingen.

Daarnaast is er de LCA-methode die verderop in deze paragraaf uitgebreider wordt toegelicht. Het voordeel van deze methode is een eenvoudiger inzicht in wat werkelijk wordt nagestreefd en bereikt op het gebied van duurzaamheid.

De R's van duurzaam construeren

Het antwoord op de vraag wat de meest duurzame bouwopgave is, is eenvoudig: 'niet bouwen'. Dit zet aan tot nadenken: is er eigenlijk wel een noodzaak voor een nieuw gebouw? De coronapandemie in 2020 bijvoorbeeld heeft de kantooropgave flink opgeschud. Is dat nieuwe kantoor echt nodig of is dat oude gebouw mogelijk te hergebruiken? Kijkend naar nieuwbouw en naar bestaande bouw zijn er een aantal 'R's' die een goede samenvatting geven van een duurzame aanpak. In het Engels zijn dat: *refuse, rethink, reduce, reuse, repair, refurbish, remanufacture, repurpose, recycle* en *recover*. Voor de bouw zijn de drie belangrijkste R's: *reduce, reuse* en *recycle*.

Reduce betekent minder verbruik. Dit heeft zeker betrekking op energie-optimalisatie, omdat bij de energie-opwekking met fossiele brandstoffen – primair voor het verwarmen en koelen van gebouwen – CO₂ wordt geproduceerd. Eén van de mogelijkheden om voor gebouwen de CO₂-productie te beperken, is het gebruik van zonne-energie en wind. Voor de constructie heeft *reduce* betrekking op materiaaloptimalisatie: het bewust trachten om het materiaalverbruik binnen een bouwopgave te

7.2. De vijf verschillende fasen met de verschillende modules die worden gebruikt om de milieudata te presenteren voor de LCA-methode.

informatie over de levenscyclus van het gebouw	productiefase	A1	winning van grondstoffen
		A2	transport
		A3	productie
	bouwfase	A4	transport
		A5	bouw- en installatieproces, aanleg
	gebruiksfasen	B1	gebruik
		B2	onderhoud
		B3	vervangingen
		B4	reparaties
		B5	verbouwingen
		B6	operationeel energieverbruik
		B7	operationeel waterverbruik
	sloop- en verwerkingsfase	C1	sloop
		C2	transport
C3		afvalbewerking	
C4		finale afvalverwerking	
aanvullende informatie buiten de levenscyclus van het gebouw		D	milieulasten en -baten buiten de systeemgrens van het gebouw

verminderen. Binnen een bouwopgave wordt zo'n 50-60% van het materiaal verbruikt in de constructie. Het loont dus om hier te optimaliseren. Dit kan bijvoorbeeld bij het slim bepalen van een doorsnede of door een efficiënte overspanning te kiezen. Er kan ook optimalisatie plaatsvinden binnen een gekozen structuuropzet of mechanische uitwerking. Bij De Leeuw van Vlaanderen ([afb. 7.1](#)) is staal in de vloeren en daken bespaard door een geoptimaliseerde samenstelling en hart-op-hart afstanden van de liggers. De constructeur en staalframebouwer stellen de instructies vast voor de optimalisaties die zijn gericht op materiaalreductie.

Naast materiaalreductie wordt momenteel bij alle materialen ook kritisch gekeken naar de CO₂-productie. Een voorbeeld daarvan is de cementindustrie, die verantwoordelijk is voor zo'n 5% van de wereldproductie van CO₂. Zo wordt er gewerkt aan een andere samenstelling van beton, waarbij de CO₂-productie aanzienlijk lager ligt. Ook in de staalindustrie wordt volop onderzocht om aan de productiekant belangrijke stappen te zetten om de CO₂-productie aanzienlijk omlaag te brengen en staal nog meer circulair te maken.

De twee andere R's, van reuse en recycle, komen aan de orde in [paragraaf 7.3](#) (Circulariteit).

LCA-methodiek

De LCA-methodiek (Life Cycle Analysis) is bedoeld om de milieubelasting te bepalen voor bouwmaterialen, bouwproducten en bouwwerken (bijvoorbeeld gebouwen, bruggen en dijken). De methode volgt het principe van de levenscyclusanalyse met de volgende vijf levensfasen (zie [afb. 7.2](#)):

- productiefase;
- constructiefase;
- gebruiksfase;
- einde levensduurfase;
- opbrengsten en lasten buiten de systeemgrenzen.

Voor elke levensfase wordt de milieubelasting bepaald en een optelling van alle fasen leidt vervolgens tot de milieubelasting voor de gehele levenscyclus. Deze methode legt vooral een systeem vast dat nauwkeurig omschrijft hoe de milieubelasting is te bepalen. Aan de uitkomst van de berekening worden geen eisen gesteld: die veranderen in de tijd en worden per land bepaald.

De belangrijkste normen voor de LCA-methodiek zijn NEN-EN 15804 en NEN-EN 15978. Beide normen werken volgens een modulaire systematiek, waarbij de milieudata overzichtelijk per module wordt gepresenteerd. De milieudata worden per fase opgesteld en gepresenteerd op een datablad of een zogeheten EPD (Environmental Product Declaration).

De uitkomst van de beoordeling op gebouwniveau zijn waarden voor een serie milieu-indicatoren.

NEN-EN 15804 plus A2 en NEN-EN 15978 geven een lange lijst met verschillende indicatoren verdeeld over vier thema's:

- emissies naar lucht en water: met bijvoorbeeld de indicator GWP (Global Warming Potential), uitgedrukt in kgCO₂-eq;
- grondstoffenverbruik: met bijvoorbeeld de indi-



7.4 Transformatie van kerk naar hotel in Hoorn.

cator 'gebruik van secundair materiaal', uitgedrukt in kg;

– afval: met bijvoorbeeld de indicator 'gevaarlijk afval', uitgedrukt in kg;

– uitgaande materiaalstromen: met bijvoorbeeld de indicator 'materialen voor recycling', uitgedrukt in kg.

De indicatoren worden gewogen door gebruik van *schaduw prijzen* (weegfactoren in € per eenheid), die voor elke milieu-indicator de milieukosten in rekening brengen. De schaduw prijzen variëren. De actuele prijzen zijn jaarlijks te downloaden. Door de uitstoot van een betreffende milieu-indicator te vermenigvuldigen met de schaduw prijs en vervolgens alle resultaten per product of materiaal op te tellen wordt de schaduw prijs van dit product of materiaal bepaald. Het optellen van de schaduw prijzen van de individuele producten levert de totale milieukosten van een gebouw. Dit staat bekend als de MPG-berekening (MilieuPrestatie Gebouwen).

CO₂-emissiefactoren

Een andere methode is om per gebouw uit te rekenen wat de CO₂-voetafdruk is. Dit geeft de hoeveelheid CO₂-uitstoot weer. Hierbij wordt gebruik gemaakt van CO₂-emissiefactoren. Deze waarden worden per jaar vastgesteld en zijn jaarlijks te downloaden.

Op internet zijn eenvoudige hulpmiddelen te vinden die daarbij kunnen helpen. Een voorbeeld is de *milieubarometer*, die een goed beeld geeft van de CO₂-voetafdruk van een project of bedrijf.

7.2 Flexibiliteit constructie

Een belangrijke strategie met betrekking tot de duurzaamheid van constructies is bewust nadenken over flexibiliteit: niet alleen voor de gebruiksfase, maar óók voor toekomstige functies. Het ontwikkelen van gebouwen met slechts één functie is niet duurzaam. Deze paragraaf licht toe hoe flexibiliteit de opzet van de constructie kan beïnvloeden.

Normen

In Nederland zorgt het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl) voor een strakke regulering van het ontwerp, waarbij slechts één gebruiksfunctie centraal staat. Dit stimuleert niet om flexibele gebouwen te ontwerpen. Ook op Europees niveau wordt vergelijkbaar gewerkt, met slechts één ge-



75a Oude gebouw van Stokvis & Zonen in Rotterdam...



75b ... is nu appartementencomplex West507... (foto: Ossip van Duivenbode)



75c ... met optoplofts en riant dakterras (foto: Ossip van Duivenbode).

bruiksfunctie als uitgangspunt. Het Bbl schrijft voor dat de functie van een gebouw voorafgaand aan het ontwerp wordt bepaald. De technische eisen zijn hieraan gekoppeld en de theoretische technische levensduur moet worden vastgesteld: deze is vaak kort (15 jaar) of langer (50 jaar). Gelukkig is de trend dat de levensduur – en daarmee de referentieperi-

ode – wordt verlengd naar 75 of 100 jaar. Dit is voor woningen relatief kort, want veel huizen zijn al meer dan honderd jaar oud.

Flexibiliteit definiëren

Er zijn een aantal termen gerelateerd aan flexibiliteit zoals: *durability*, *sustainability*, *adaptability* en *de-mountable way of building*. Al deze termen kunnen invloed hebben op een langere levensduur van (het ontwerp van) het gebouw of de constructie.

Wanneer wordt gesproken over flexibiliteit bij gebouwen, is het goed om dit begrip nader te definiëren en de dialoog aan te gaan met de opdrachtgever over wat flexibiliteit voor hem of haar inhoudt. Gelet op de constructie van een gebouw zijn er diverse vormen van flexibiliteit mogelijk (afb. 73).

- Sparingsflexibiliteit: de mogelijkheid om sparingen in een constructie te maken.
- Indelingsflexibiliteit: de mogelijkheid om variabele indelingen te maken.
- Belastingflexibiliteit: de constructie krijgt meer draagvermogen en heeft de mogelijkheid om lokaal of over grotere oppervlakken hogere belastingen op te nemen.
- Installatieflexibiliteit: de mogelijkheid om de installatie later aan te passen.
- Uitbreidingsflexibiliteit: de mogelijkheid om later extra vierkante meters vloeroppervlak toe te voegen, bijvoorbeeld door een extra bouwlaag, het dichtzetten van vides of zelfs door het gebouw te verlengen. Wanneer een extra verdieping (optop) mogelijk is, verdient het aanbeveling al in het ontwerp met een uitbreiding rekening te houden in de gewichts- en stabiliteitsberekening.
- Functieflexibiliteit: meerdere functies zijn mogelijk.
- De ultieme vorm van flexibiliteit is het demonteren van de gehele constructie en het hergebruiken van elementen. Deze flexibiliteit wordt behandeld in [paragraaf 7.3](#) (Circulariteit) en [7.4](#) (Hergebruik van gebouwen).

Omdat de kosten van de constructie een belangrijk deel vormen van de totale bouwkosten – denk aan zo'n 20-25% voor een kantoorgebouw – is het verstandig tijdig na te denken welke flexibiliteit voor de toekomst relevant is en daar gericht in te investeren. Dat voorkomt dat er later veel hogere kosten moeten worden gemaakt. Het toevoegen in het ontwerp van bijvoorbeeld een paar extra funderingspalen, staat in geen verhouding tot de kosten voor het later aanbrengen van nieuwe palen onder een bestaande fundering.

Aangetoonde duurzaamheid

Niet voor niets blijken oude pakhuizen of robuuste skeletten met grote verdiepinghoogten ideaal om verbouwingen of nieuwe functies in de tijd mogelijk maken. De kerk in Hoorn (afb. 74) is daar een mooi voorbeeld van. Een ander voorbeeld is de transformatie van een 'modern business paleis', het Stokvis-gebouw (ontworpen door architect J. Verheul and C.N. van Goor en gebouwd in 1909) aan de Rotterdamse Westzeedijk, tot een omvangrijk loftappartementencomplex. Na het vertrek van het familiebedrijf



7.6 Woongebouw De Karel Doorman met staalframe-beton parkeerdekken (foto: Ossip van Duivenbode).

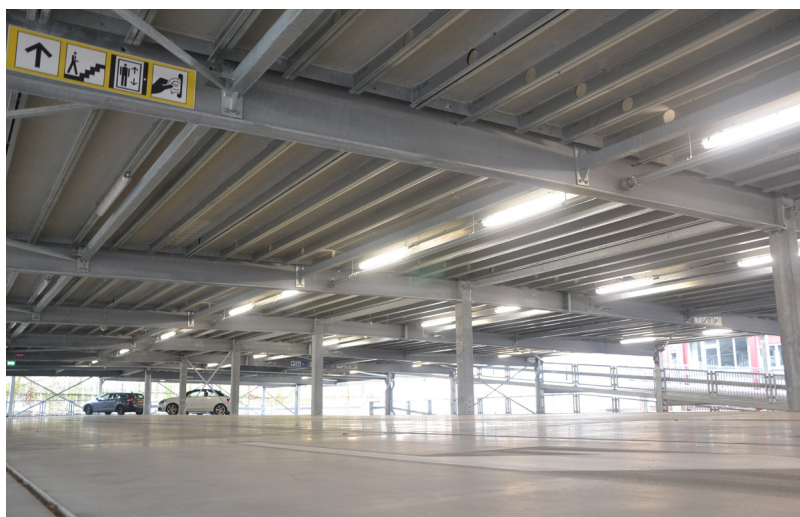


7.8 De nieuwe vestiging van kinderkledingzaak Tumble 'n Dry in Amsterdam heeft een industrieel uiterlijk, passend bij de nieuwe huisstijl, dankzij een tussenverdieping met de staalprofielen (rechtstreeks tegen en op de bestaande constructie) nog in het zicht.

in 1974 (opgericht in 1849) Stokvis & Zonen, bekend van onder andere de brommers Zündapp en Puch, werd het omgedoopt naar het Oceaanhuis (1977). Nu heet het complex West507 (afb. 7.5 a, b en c). Bij het project De Karel Doorman op de hoek van de Lijnbaan en het Binnenwegplein in Rotterdam (afb. 7.6) is een appartementencomplex geplaatst op en door het voormalige warenhuis Ter Meulen. De eerste, open bouwlagen faciliteren parkeerruimtes op een relatief lichte staalframe-beton vloerplaat aan een warmgewalste staalconstructie (afb. 7.7). Bestaande loodsen (afb. 7.8), sportgebouwen (afb. 7.9a en b, tennishal Alkmaar) of op- en overslaghallen (afb. 7.10) kunnen worden herbestemd door het toevoegen van entresolvloeren met hoge, en dikwandige koudgevormde profielen voor grote overspanningen.

Aanpak en strategie

Bij flexibele ontwerpen is het in het algemeen beter om integratie van disciplines te beperken,



7.7 Quantum Deckvloer als parkeerdek.



7.9a Oude situatie tennishal Terborchlaan, Alkmaar.

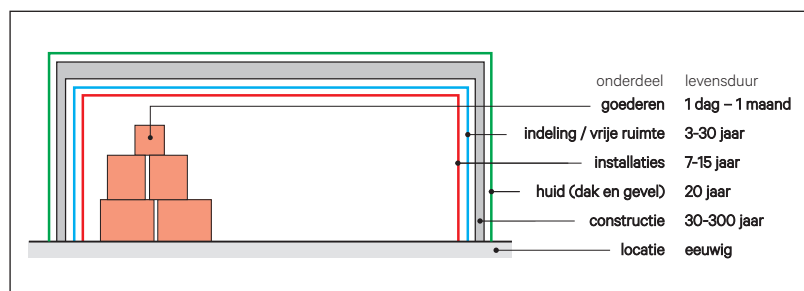


7.9b Sportcomplex Victorie Plaza. Tegen de bestaande gelamineerde houten spanten en op een nieuwe staalconstructie zijn staalframebouw vloeren met een toplaag van 4 cm spaanplaat aangebracht.

bijvoorbeeld door geen installaties in te storten in de constructie. Een andere benadering die vaak wordt gehanteerd, is het IFD-bouwen (Industrieel Flexibel Demontabel). Hierbij functioneert de primaire draagconstructie als het onderdeel dat vele



7.10 ASH Carrosserie, Middelharnis. Grote vrije overspanningen dankzij hoge, koudgevormde entresolvloerprofielen (foto: Anera).



7.11 Model van Stewart Brand.

eis \ functie	wonen	kantoor
- veranderlijke belasting	2,5 kN/m ²	2,5 (50) kN/m ²
- vrije hoogte	2,4 m	(2,6) m
- hoogste waarde flexibel aan alle functies		

7.12 Matrix-methode voor flexibiliteit. In een tabel worden alle technische eisen en de verschillende functies verzameld. Wanneer de bouwopgave flexibel moet zijn voor alle functies dan geldt de hoogste waarde.

aanpassingen moet kunnen overleven. De primaire constructie is de draagconstructie, het frame van het gebouw. De secundaire constructie is de huid of de gevel. De tertiaire constructie is de afbouw en het inbouwpakket: deze moeten eenvoudig aanpasbaar zijn. De primaire constructie moet mogelijke aanpassingen naar de toekomst mogelijk maken. De secundaire en tertiaire constructie hebben een eindige levensduur en zullen tijdens de levensduur worden vervangen.

Het model van de Amerikaanse schrijver Stewart Brand en initiatiefnemer van de methode WELL werkt met een vergelijkbare filosofie, waarin de onderdelen van het gebouw een verschillende levensduur hebben (afb. 7.11).

Dit model wordt gebruikt om onderdelen tijdig te

vervangen en grip te houden op de exploitatiekosten.

Een methode om de gevolgen van het wijzigen van de verschillende functies voor de constructie (of voor andere disciplines) te analyseren is het gebruik van de *matrix-methode* (afb. 7.12). Deze methode werkt als volgt.

- Op de horizontale as worden de verschillende functies weergegeven.
- Op de verticale as worden de karakteristieken aangegeven, bijvoorbeeld veranderlijke vloerbelasting of verdiepinghoogte.
- De tabel kan vervolgens worden ingevuld.
- Wanneer een ruimte flexibel moet zijn voor alle functies geldt de hoogste eis in de tabel.
- In het algemeen blijkt dat het praktisch is ruimten met specifieke karakteristieken samen te voegen.

7.3 Circulariteit

Veel grondstoffen en materialen zijn niet meer onbeperkt beschikbaar en wat verloren gaat, komt niet meer terug. Om die reden is het een logische benadering om veel bewuster met materialen om te gaan en ze maximaal te hergebruiken. Dit wordt een *circulaire economie* genoemd: het gaat daarbij om een circulaire stroom van bouwmaterialen.

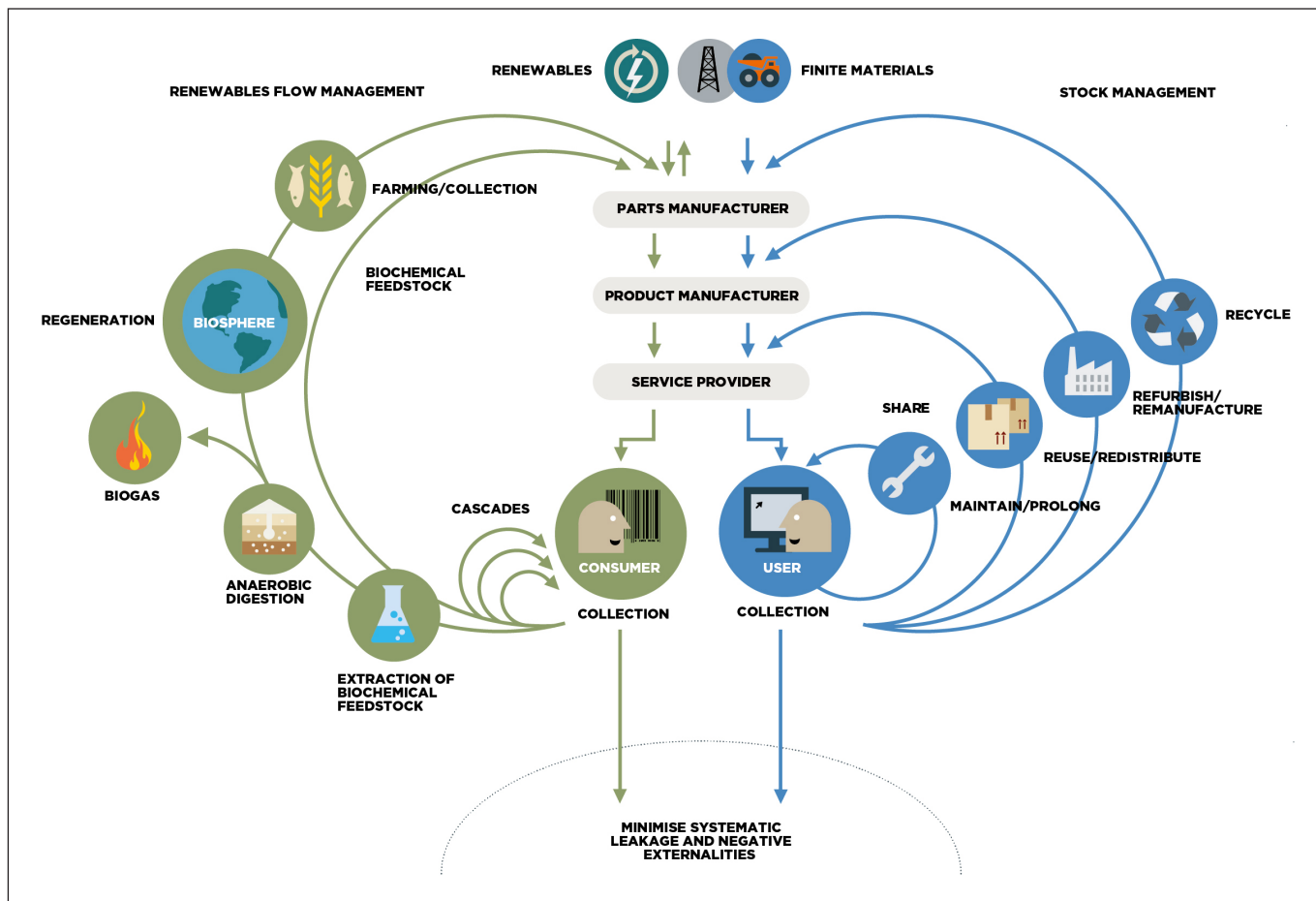
Voor een circulaire maatschappij is het nodig bouwsystemen zodanig in te richten dat grondstoffen zo veel mogelijk oneindig kunnen worden hergebruikt.

Madaster

Om materialen, maar vooral geassembleerde bouwdelen, te kunnen hergebruiken, moeten ze worden geregistreerd, gedocumenteerd en gearchiveerd. Met dat doel ontwikkelde de Nederlandse architect Thomas Rau een publieke, online bibliotheek voor de gebouwde omgeving onder de naam: *Madaster: het kadaster van materialen*. Door materialen vast te leggen in een *materialenpaspoort* en ze een identiteit te geven, wordt het geen afval. Ook wordt zo de waarde inzichtelijk voor toekomstig gebruik en gaan materialen niet langer verloren. Het zogenaamde 'vlinder diagram' geeft een mooi beeld van gebruik en hergebruik in een gesloten kringloop van materialen in de bouw (afb. 7.13). Per object wordt in een materialenpaspoort vastgelegd welke materialen zijn gebruikt. Het maakt bestaande gebouwen tot een materialenmijn en nieuwe gebouwen tot een materialenbank: plekken om te oogsten voor toekomstig hergebruik. Madaster is in 2017 gelanceerd. Vanuit deze onlinebibliotheek kunnen particulieren, bedrijven en overheden onder voorwaarden voor elk object een digitaal materialenpaspoort genereren.

Rijkswaterstaat heeft een databank met informatie over bestaande bruggen. In deze Bruggenbank wordt informatie verzameld met het doel om bruggen of bruggdelen te hergebruiken.

Hergebruik van bouwmaterialen is niet nieuw. Beton, betonstaal en constructiestaal worden al lang hergebruikt en bijna alle andere 'afvalmetalen' die bij sloop vrijkomen worden omgesmolten en hergebruikt. Madaster streeft echter naar hergebruik met minder bewerking van de componenten.



7.13 Een gesloten kringloop van materialen (bron: Ellen MacArthur Foundation).



7.14 a en b Demontage Polynormprofielen voor hergebruik bij proeflab op het TU/e-terrein.

Strategie voor circulariteit

Circulariteit in de bouw betekent dat een nieuw gebouw na 20, 50 of 80 jaar kan worden afgebroken en elders opnieuw opgebouwd of dat de materialen worden gerecycled. Dat is iets heel anders dan de manier hoe nu met gebouwen wordt omgegaan. Het betekent nadenken over huidige en toekomstige bouwmethodieken. Een logische strategie die goed inspeelt op circulariteit, op een lage emissie van CO₂ op de bouwlocatie én op een minimale stikstofuitstoot, is om maximaal in te zetten op prefabricage.

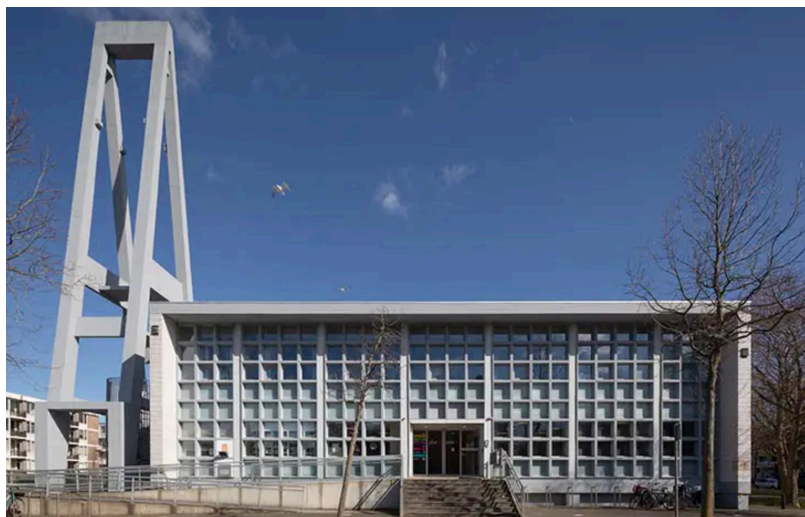
Remontage

In de jaren negentig van de vorige eeuw maakte het Industrieel, Flexibel en Demontabel (IFD) bouw-

wen opgang. In deze filosofie zijn de belangrijkste bouwonderdelen, met name wanden en vloeren, gemakkelijk bereikbaar en aanpasbaar voor andere, toekomstige wensen van de gebruiker. Leidingen ingestort in een betonnen vloer passen niet in deze filosofie. Tegenwoordig is 'demontabel' vervangen door 'remontabel' (IFR bouwen). Remontage betekent dat de onderdelen niet alleen kunnen worden gedemonteerd, maar dat ze ook kunnen worden hergebruikt (afb. 7.14) zoals de profielen van de Polynormwoning in Eindhoven (Strijp). Die zijn hergebruikt voor een testopstelling op het TU/e-terrein.

7.4 Hergebruik van gebouwen

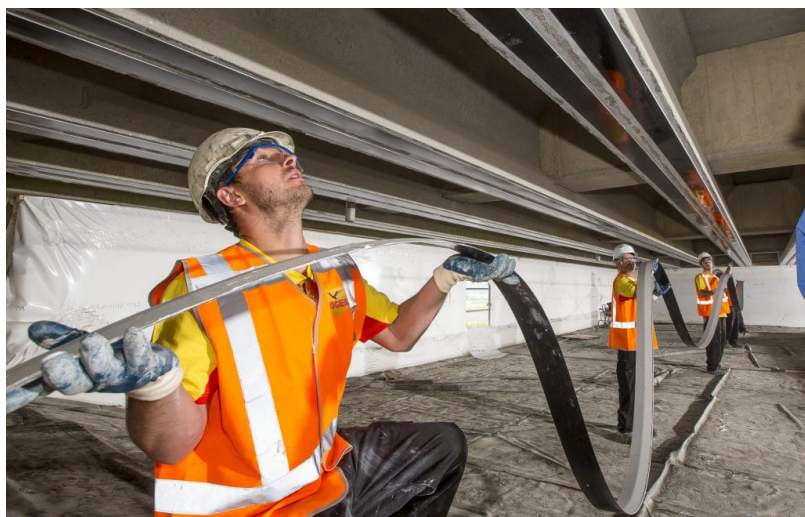
Bij nieuwbouw is het verstandig bewust na te denken over flexibiliteit, zie ook [paragraaf 7.2](#).



7.15 Oude Pius X-kerk in Den Haag is nieuw medisch centrum met dragende staalframebouw inbouw (foto: Bart van Hoek).



7.16 Nederlands paviljoen voor de wereldtentoonstelling in Dubai in 2020. Het gebouw is na de tentoonstelling gedemonteerd en alle materialen, inclusief de fundering, zijn als losse componenten hergebruikt (foto: Jeroen Musch).



7.17 Toepassing van uitwendige lijmwapening om een bestaande betonconstructie te versterken.

Bij onderzoek naar de mogelijkheden van hergebruik van bestaande gebouwen moet een aantal logische stappen worden gezet. Met archiefonderzoek wordt gekeken of en welke gegevens van de bestaande constructie beschikbaar zijn. Wanneer deze niet voorhanden zijn, kan een digitale scan de maatvoering van een gebouw goed in beeld

brengen. Daarnaast is het goed te kijken in welke conditie de constructie verkeert. Is de constructie aangetast door de tijd? Is er sprake van zichtbare scheurvorming of scheefstanden, mogelijk door verzakkingen? Aangetaste wapening (corrosie) of aangetaste houten paalkoppen kunnen de draagkracht verminderen. Aan de hand van deze gegevens kan worden bepaald wat de draagcapaciteit is van de bestaande constructie, en of er mogelijk sprake is van een mate van reserve. Die reserve kan worden gebruikt om het gebouw uit te breiden met extra vierkante meters of specifieke vloerbelastingen.

Telkens is van belang of er sprake is van een historisch monument of cultureel erfgoed. In dat geval spelen er bijzondere eisen ten aanzien van bouwkundige en constructieve aanpassingen, waarbij de historische waarde meer of minder wordt beschermd. De Pius X-kerk in Den Haag Zuid West is 'omgedoopt' tot centrum voor gezondheidszorg en maatschappelijke dienstverlening. Woningcorporatie Vestia nam het gebouw over van het bisdom Rotterdam en onderzocht met projectontwikkelaar Ceres Projecten de mogelijkheden voor een tweede leven van de kerk. Slopen was bij voorbaat geen optie vanwege de prima bouwtechnische conditie van het gebouw uit 1959. De keuze is gevallen op staalframebouw voor de nieuwe binnenconstructie, vanwege het geringe eigen gewicht, de slanke dimensionering en de droge bouwmethode (afb. 7.15).

Normen

In de loop van de tijd zijn er in de bouw verschillende normen geweest. Een gebouw is ooit ontworpen en berekend met de normen die destijds van toepassing waren. Echter, nieuwe normen hebben nieuwe benaderingen en werken met andere factoren. Het beoordelen van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeur ligt vast in NEN 8700. En deze norm vormt de leidraad voor aanpassingen aan bestaande bouw. Daarnaast bevat NEN 8701 de voorschriften voor de aan te houden belastingen voor verbouwingen en het beoordelen van bestaande constructies. Er zijn verschillende normen in voorbereiding (bijvoorbeeld NEN 8702 voor bestaande betonconstructies en NEN 8704 voor bestaande staalconstructies) die samen met de Eurocode de grondslag vormen voor de berekening van bestaande gebouwen. Er is echter wel een praktisch dilemma voor een eigenaar van bijvoorbeeld een oude woning die zich afvraagt of zijn fundering, balklaag of stabiliteitsconstructie nog wel voldoet. Het materiaal is in goede staat en de constructie, na een levensduur van meer dan honderd jaar, vertoont geen schade. Maar volgens de huidige bouwregelgeving voldoet de constructie niet en moet dan worden afgekeurd. In dat geval kan een beroep worden gedaan op het gelijkwaardigheidsbeginsel, waarmee wordt voorkomen dat de constructie moet worden versterkt, terwijl het gebruik hetzelfde blijft. Om inzicht te krijgen in (de reserve van) de draagkracht van een bestaande fundering van een gebouw met palen kunnen de volgende stappen worden doorlopen.

- Onderzoek de belastingen op de constructie op basis van de Eurocode. Dat betekent bijvoorbeeld voor een gebouw in gevolgklasse CC2, rekenen met een factor 1,2 voor de permanente belasting en een factor 1,5 voor de veranderlijke belasting.
- Onderzoek de belasting op het gebouw uitgaande van de vereiste veiligheid bij verbouw: dat betekent een factor 1,15 voor de permanente belasting en een factor 1,3 voor de veranderlijke belasting.
- Bereken de paalcapaciteit aan de hand van de sondering en de beschikbare gegevens. Dus specifiek per locatie.
- Het berekende paal draagvermogen mag met 5% worden overschreden.
- Onderzoek of er restcapaciteit is voor bijvoorbeeld een lichte optop of opbouw.

Hergebruik op een andere locatie

Een bijzondere vorm van hergebruik is het volledig demonteren van een bouwwerk en dat daarna op een nieuwe locatie weer geheel of grotendeels op te bouwen.

Eén van de vele voorbeelden is het Nederlands paviljoen op de wereldtentoonstelling in Dubai in 2020 ([afb. 7.16](#)). De constructie van het gebouw is gemaakt van stalen damwanden en ronde buizen als dakconstructie. Na de tentoonstelling zijn alle constructie-onderdelen hergebruikt en is de bouwplaats ‘schoon’ opgeleverd.

Slimme nieuwe technieken

De technieken om bestaande bouwwerken te hergebruiken zijn enorm toegenomen. Digitale scans kunnen een project goed in kaart brengen. Met digitale 3D-prints en snijtechnieken kunnen onderdelen exact op maat worden gemaakt. Een andere techniek is het herstel van deels weggerot hout door de aangetaste delen aan te gieten met een epoxy-houtvervanger. Voor beton bestaan er methoden om liggers en vloeren te versterken met opgelijmde wapening van koolstof lamellen ([afb. 7.17](#)). En aan staal kan gemakkelijk worden gelast of gebout/geschroefd om het te verstevigen. Ook zijn er volop renovatietechnieken voor funderingsherstel. Zo kunnen in lage kelders bijvoorbeeld nieuwe, geschakelde funderingspalen worden aangebracht.

NTA 8713

In 2023 is op initiatief van Bouwen met Staal, in samenwerking met de NEN en het Rijksvastgoedbedrijf, een NTA 8713 ‘Hergebruik Constructiestaal’ opgesteld. Deze NTA beschrijft de procedure om de geometrische en materiaaleigenschappen van staalprofielen die uit een donorbouwwerk gedomonteerd worden en in een andere constructie opnieuw gebruikt worden, te bepalen. De NTA 8713 is gratis beschikbaar via nen.nl.

7.5 Staalframebouw en duurzaamheid

Constructies opgebouwd met koudgeformde profielen hebben gemiddeld een lager staalgewicht per m² bruto vloeroppervlak in vergelijking met een staalconstructie opgebouwd uit warmgewalste profielen. Dit wordt onder andere veroorzaakt door

toepassing van hogesterktestalen (S300-S500) en grotere flexibiliteit in de toe te passen profielen. Uit een analyse van Cor van Zandwijk^[1] voor hallen met een maximale overspanning van ongeveer 25 m, blijkt dat een gewichtsreductie in kg staal per m² van ongeveer 33% mogelijk is door het toepassen van koudgeformde profielen in plaats van walsprofielen.

De productie van koudgeformde profielen heeft echter een hogere milieu-emissie omdat het bandstaal (moedermateriaal) na het warmwalsen nog verdere processtappen ondergaat in de vorm van koudwalsen, gloeien enzovoort. Hierdoor zijn de milieukosten (MKI = MilieuKostenIndicator) van koudgeformde profielen ongeveer 25% hoger (vergelijk MKI zwaar constructiestaal (16% hergebruik): € 0,12 per kg^[2] en MKI staalframebouw^[3] (16% hergebruik): € 0,15 per kg). Per saldo geeft toepassing van koudgeformde profielen een MKI-reductie van: 33% – 25% = 8%. De toepassing van koudgeformde profielen geeft bovendien een verdere milieuverbetering door gewichtsbesparing van de fundering.

Literatuur

1. C. van Zandwijk, *Lightweight cold rolled steel construction systems design and application for singular factory buildings*, Master Thesis, TU Delft, Delft 2006.
2. *Zwaar constructiestaal (7820 kg/m³, incl. conservering)*, milieuverklaringnummer #nmd_91193, Bouwen met Staal, Zoetermeer 2022.
3. *Staalframebouw-frame als een constructieve wand, vloer, of dak*, milieuverklaringnummer #nmd_95697, Metaalunie, Nieuwegein 2024.

8 Conservering

Staalframebouw profielen worden van oudsher gemaakt van staalplaat met een zinklaagdikte van 20 μm . Dat komt overeen met 275 gr/m^2 . Het verzinken geeft een vrijwel levenslange corrosiebescherming, mits de detaillering en afwerking van de onderdelen zorgvuldig zijn uitgewerkt en uitgevoerd.

Andere legeringen voor corrosiebescherming zijn zink-aluminium of aluminium-zink (afhankelijk van de volumeverhoudingen) en zink-magnesium, dat een langere beschermduur heeft bij gelijke laagdikte, of andersom, dezelfde beschermduur bij een dunnere laag.

De zinklaag staat ter discussie vanuit duurzaamheid (uitputting grondstoffen) en al of niet recyclebaarheid. Enige nuance is wel op z'n plaats. Bij staalframebouw is de zinklaag feitelijk niet meer dan een tijdelijke bescherming gedurende opslag van het basismateriaal (staalrol, al of niet geslit) en productie, en opslag van profielen, frames en prefab onderdelen. Na montage heeft het geen andere functie dan bescherming tegen vocht door calamiteiten (lekkage) of onbedoelde condensatie. De zinklaag lijkt dan onnodig en is feitelijk 'verspilling'.

Maar de zinkbescherming is wel een handig hulpmiddel wanneer de frames worden hergebruikt, en bij recycling kan het worden gescheiden van het staal, herwonnen en opnieuw worden ingezet. Meestal wordt het eenvoudig meegesmolten (schroot) als (chemisch) ingrediënt van het nieuwe staalbad (badge).

De zinklaag is enigszins gevoelig voor mechanische beschadiging tijdens transport en opslag van de profielen, bijvoorbeeld door hard stoten of krassen. De transportverpakking moet deze beschadigingen voorkomen (afb. 8.1). De profielen moeten zo worden opgeslagen dat geen vuil en water in de profielen terecht kan komen (afb. 8.2).

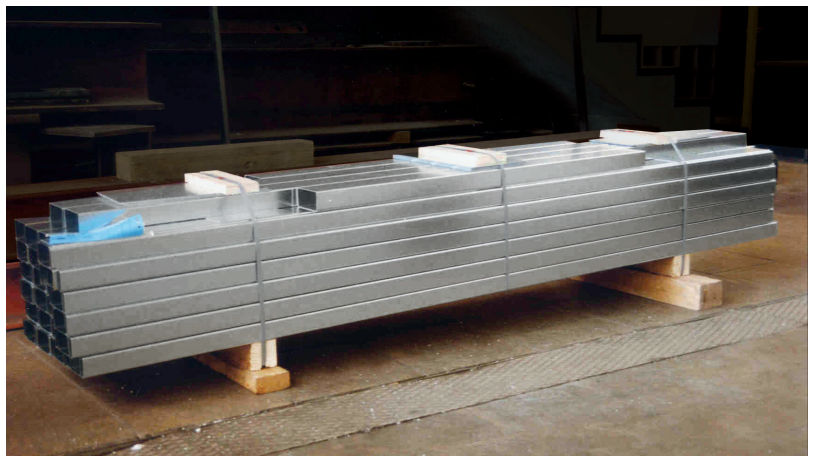
8.1 Kathodische bescherming

Theoretisch gaat bij corrosieklasse C2 $\pm 0,1 \text{ gr/m}^2$ zink per jaar verloren aan corrosie. Dat is van belang bij bijvoorbeeld dak- en gevelbeplating, maar bij inwendige constructies niet. Bij buitentoepassing houdt een zinklaag van 275 gr/m^2 dus ruimschoots stand gedurende de theoretische levensduur van een woning (50 jaar) (afb. 8.3).

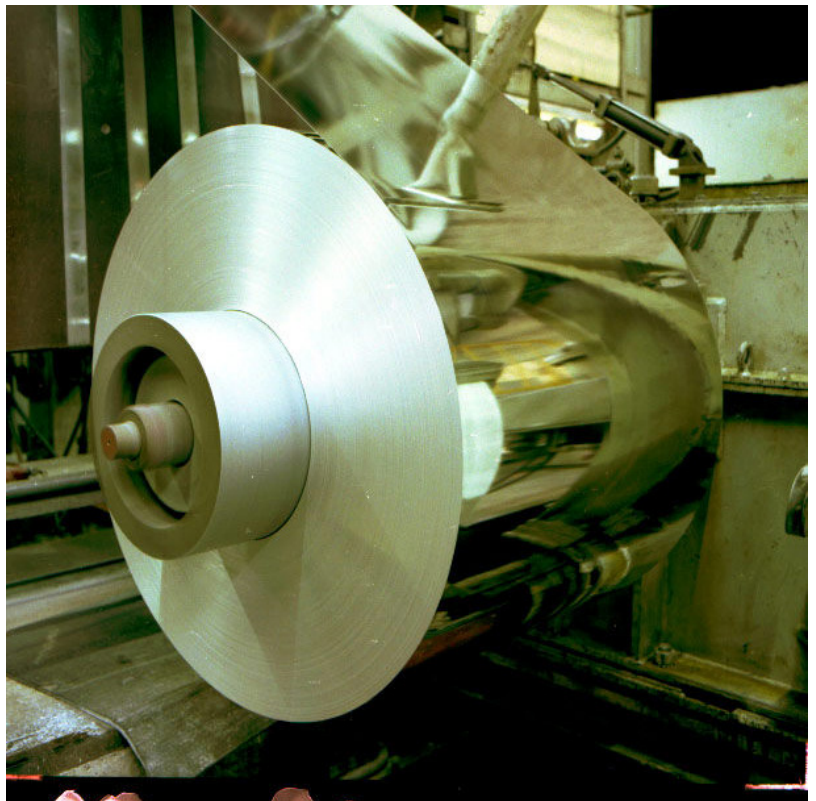
Zink heeft de eigenschap om beschadigingen in de zinklaag te beschermen. Dat komt voort uit het onderlinge verschil in elektrisch potentiaal tussen staal en zink. Het onedele zink (het metaal met het minst hoogste potentiaal) offert zich op ten gunste van het edelere staal. Zodra een deel onbeschermde staal met vocht in aanraking komt, 'verplaatst' het zink zich naar het onbeschermde deel om het tegen corrosie te beschermen. Hierdoor hoeven de zaag- of knipkanten bij (dunwandige) staalprofielen bijvoorbeeld ook niet extra te worden behandeld.



8.1 Transport: stootbescherming en afstandhouders voor hijslint (foto: Finish Profiles).



8.2 Beschermd voorraad van koudgevormde profielen.



8.3 Staalrol of coil. De zinklaag als bescherming is bij staalframebouw uitsluitend tijdens de bouwphase van belang.



8.4 Woonconcept uit België. De corrosiesnelheid van de zinklaag in corrosieklasse C2 (platteland) is $\pm 0,1-0,7 \mu\text{m/jaar}$.



8.5 De zinklaag beschermt de constructie tijdens de ruwbouwfase (foto: BeSteel).

8.2 Opslag

Nieuwe, pas verzinkte staalproducten hebben een opvallende glans, die echter binnen een paar weken dof grijs wordt. Deze vergrijzing wordt veroorzaakt door een laag zinkcarbonaat, dat ontstaat door het corroderen van het zink: het is een reactie van zink met water, zuurstof en kooldioxide, die alle drie in de lucht voorkomen. Deze laag zinkcarbonaat is niet in water oplosbaar en geeft het zink een goede bescherming tegen verdere corrosie. Dat betekent niet dat de profielen zonder meer kunnen worden

opgeslagen in weer en wind. De profielen moeten tegen regen en vocht zijn beschermd en voldoende worden geventileerd.

Als staal kort na de productie met vocht, onvoldoende zuurstof en kooldioxide in aanraking komt, vormt zich een dunne laag 'witte roest'. Als deze poedervormige oxide makkelijk is te verwijderen zonder duidelijke sporen achter te laten op de zinklaag, dan is de corrosiewerende werking niet beïnvloed (afb. 8.4). Tekenend zijn wel duidelijke sporen af in de zinklaag, dan moet de beschermende werking tegen corrosie worden onderzocht en getoetst.

8.3 Duplex

Op de zinklaag kunnen één of meerdere verflagen worden aangebracht. Men spreekt dan van een duplexstelsel. Een duplexstelsel wordt doorgaans gebruikt als een zware belasting wordt verwacht, bijvoorbeeld bij gebouwen in een agressief milieu (maritiem of industrieel klimaat). De verflaag verhindert de vorming van zinkcarbonaat (zinkcorrosie) en voorkomt ook roestverspreiding. De bescherming van het duplexstelsel is, door de synergie van beide producten, ongeveer 1,8 tot 2,5 keer gunstiger dan de som van de aparte zink- en verflagen. Een duplexstelsel wordt ook vaak gebruikt om esthetische redenen, bijvoorbeeld wanneer de onderzijde van een staalframebouw vloer in het zicht blijft.

De verzinkte staalplaat kan ook fabrieksmatig worden voorzien van een verflaag (bandlakken of coilcoating). Zo kan met minder inspanning en tegen lagere kosten een hogere kwaliteit worden bereikt dan wanneer de verf door rollen, schilderen of natlakken (spuiten) achteraf wordt aangebracht. Vocht bevordert corrosie. Daarom worden profielen vaak met de open zijde naar beneden gemonteerd of ze zijn voorzien van een vochtdoorlatende perforatie. Zo wordt vermeden dat zich tijdens de ruwbouw vocht in de profielen ophoopt (afb. 8.5). Open ruimtes, zoals bij koppelingen en verbindingen tussen de elementen, dienen zo ontworpen te worden dat indringend water direct weer afvloeit. Bij projecten in kustgebieden zijn waarschijnlijk aanvullende maatregelen nodig. Verder landinwaarts speelt corrosie nauwelijks nog een rol.

8.4 Contactcorrosie

Bij de keuze van verbindingsmiddelen moet men rekening houden met contactcorrosie (electrochemische corrosie). Contactcorrosie wordt ook hier veroorzaakt door het onderlinge verschil in elektrisch potentiaal. Bij verzinkte profielen moeten daarom verzinkte bevestigingsmiddelen worden gebruikt. Buiten, dat wil zeggen bij direct contact met regenwater of daar waar condens kan voorkomen, moet men roestvast stalen bevestigingsmiddelen of een verzinkte uitvoering met speciale kunststoffen bekleding gebruiken. Meestal wordt het contactoppervlak gereduceerd met kunststoffen onder- of volgringen.

Binnenshuis kan men ook gefosfateerde schroeven toepassen. Daarbij moet men er wel zeker van zijn dat er geen vocht bij kan komen.

9 Projectvoorbeelden (van weleer)



Wachtersgebouwtje in Den Haag (foto's: Tata Steel Nederland).



Best Western-hotel, Amsterdam. Als een zelfdragende 'carrosserie' zijn vier bouwlagen van staalframebouw opgetrokken. Nadien is daaraan nog een laag toegevoegd en de rest van het hotel ook opgetopt.



Smarthouse in Rotterdam (Kralingen). Het bouwconcept biedt particuliere opdrachtgevers totale vrijheid in indeling en afwerking. Ook achteraf is de woning te veranderen.



Achttien 'Multiple Choice'-woningen, Almere. De staalframebouw vloeren en dakgordingdozen zijn gemonteerd in een hoofddraagconstructie van warmgewalste profielen.



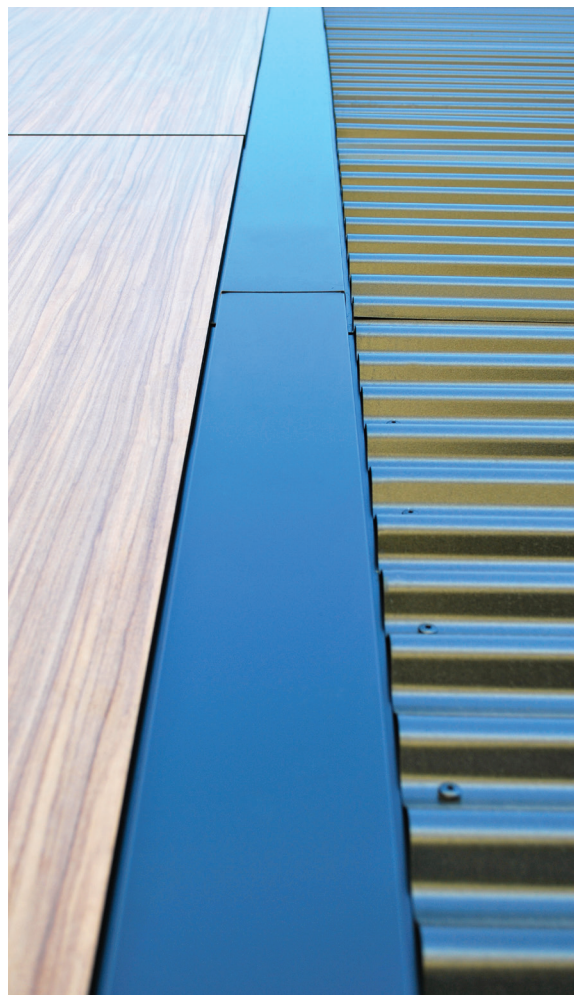
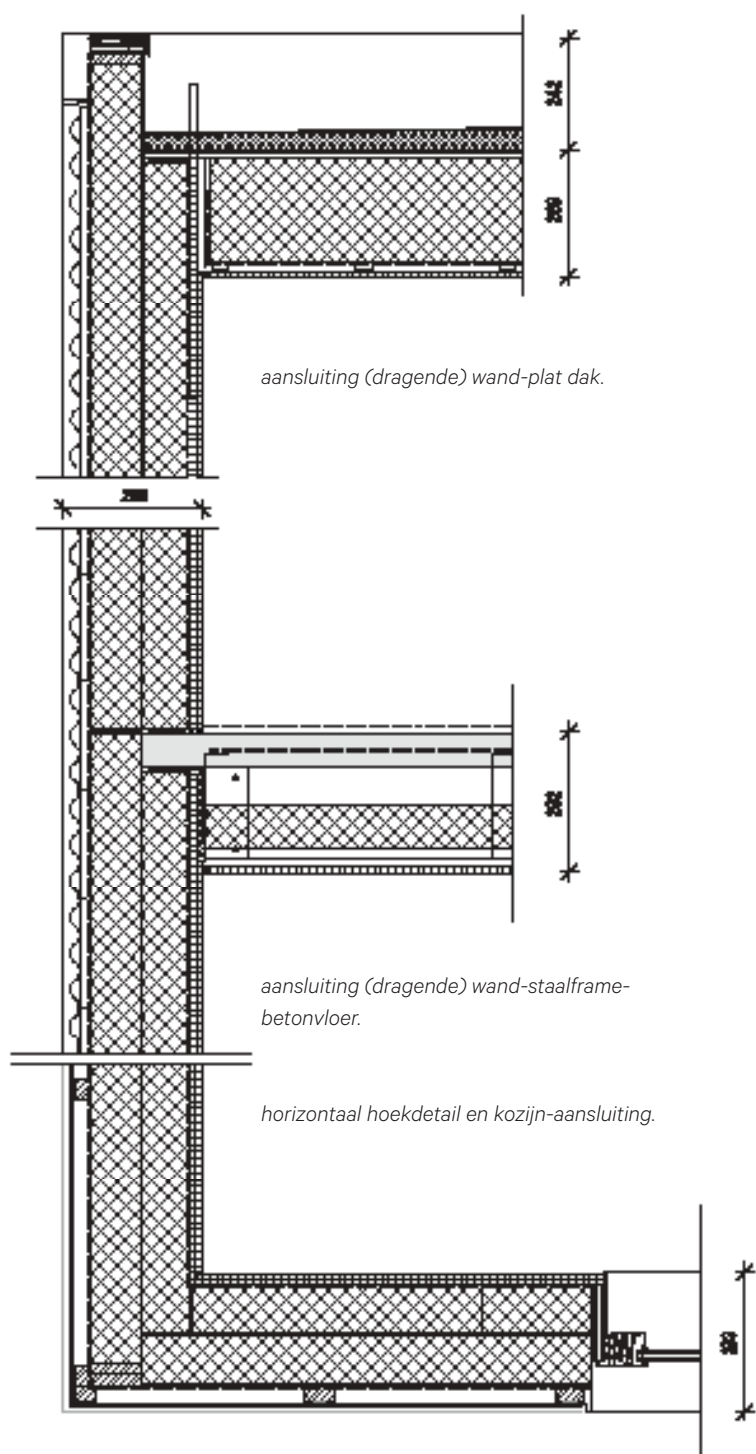
Wenswonen te Zaltbommel. De huidige en toekomstige bewoners hebben de optie op een extra verdieping en/of een grotere leefruimte op de begane grond. De staalframebouw optop- en aanhangmodules worden gemonteerd aan een betonnen casco.

Twintig woningen Zonne Entree, Apeldoorn

De Zonne Entree is een nieuwe wijk in Apeldoorn bestaande uit twintig woningen. Meerdere opdrachtgevers vormden een CPO, een Collectief Particuliere Opdrachtgever. Zo'n CPO oprichten betekent keuzes maken.

De Quantum Deckvloer bestaat uit een frame van koudgewalste (C-)profielen van verzinkte staalplaat die gedeeltelijk zijn ingestort in een gewapende betonschil van 50 tot 70 mm dik aan de bovenzijde van de vloer. Conceptueel behoort deze vloer tot de staalframe-beton vloer. De profielen liggen in de richting van de overspanning, hoe groter de overspanning hoe zwaarder de profielen (hoogte en staaldikte). Het frame en de betonschil werken constructief samen. De profielen zijn op de koppen verbonden via een hoeklijn, tevens de oplegging.

Het geheel wordt geprefabriceerd op de bouwplaats aangeleverd. De gangbare afmetingen zijn 8x3 m. Bij de Quantum Deckvloer is het drager-inbouwprincipe (functiesplitsing) toegepast. Als er hoge geluidseisen gesteld worden, kan de vloer worden gecombineerd met een speciaal (vrij hangend) plafond en/of een extra (isolatie)dekvloer. De vloerelementen laten zich uitstekend combineren met staalskeletbouw, kalkzandsteen, houtconstructies en prefabbeton. Door de vloerelementen te combineren met compact gedimensioneerde stalen liggers steken deze niet onder de vloerprofielen uit. Verder zijn veel karakteristieke gelijk aan die van een staalframebouw vloer, hoewel deze betonvariant per definitie beter scoort, bijvoorbeeld op trillingsgedrag en schijfwerking.



Dakstudio's, Rotterdam

Zoals bij veel optopprojecten vormde gewichtsbeperking een logische opstap naar staalframebouw. Een ander, minder gangbaar keuzemotief was de mogelijkheid van grote, vrije overspanningen. De architect wilde grote, ononderbroken studioruimten tussen twee scheidingswanden met daarop het dak. Daarop bedacht de constructeur portalen van koudgeformde profielen, 600 mm hart-op-hart. De profielen zijn momentvast verbonden; schoren blijven achterwege. De uitvoering van dit idee bleek

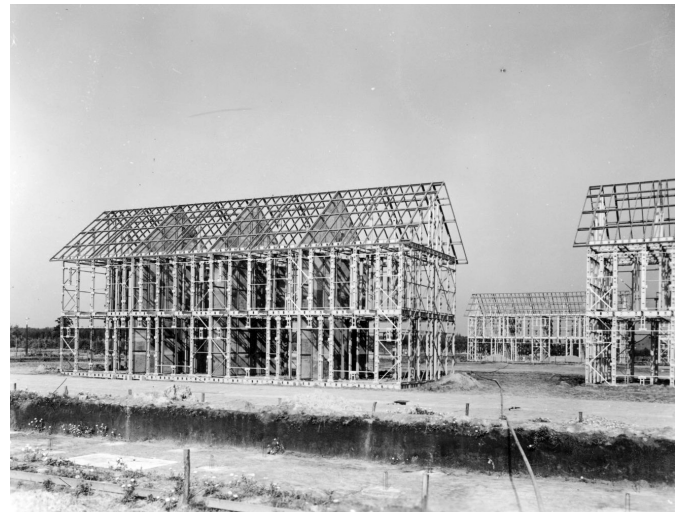
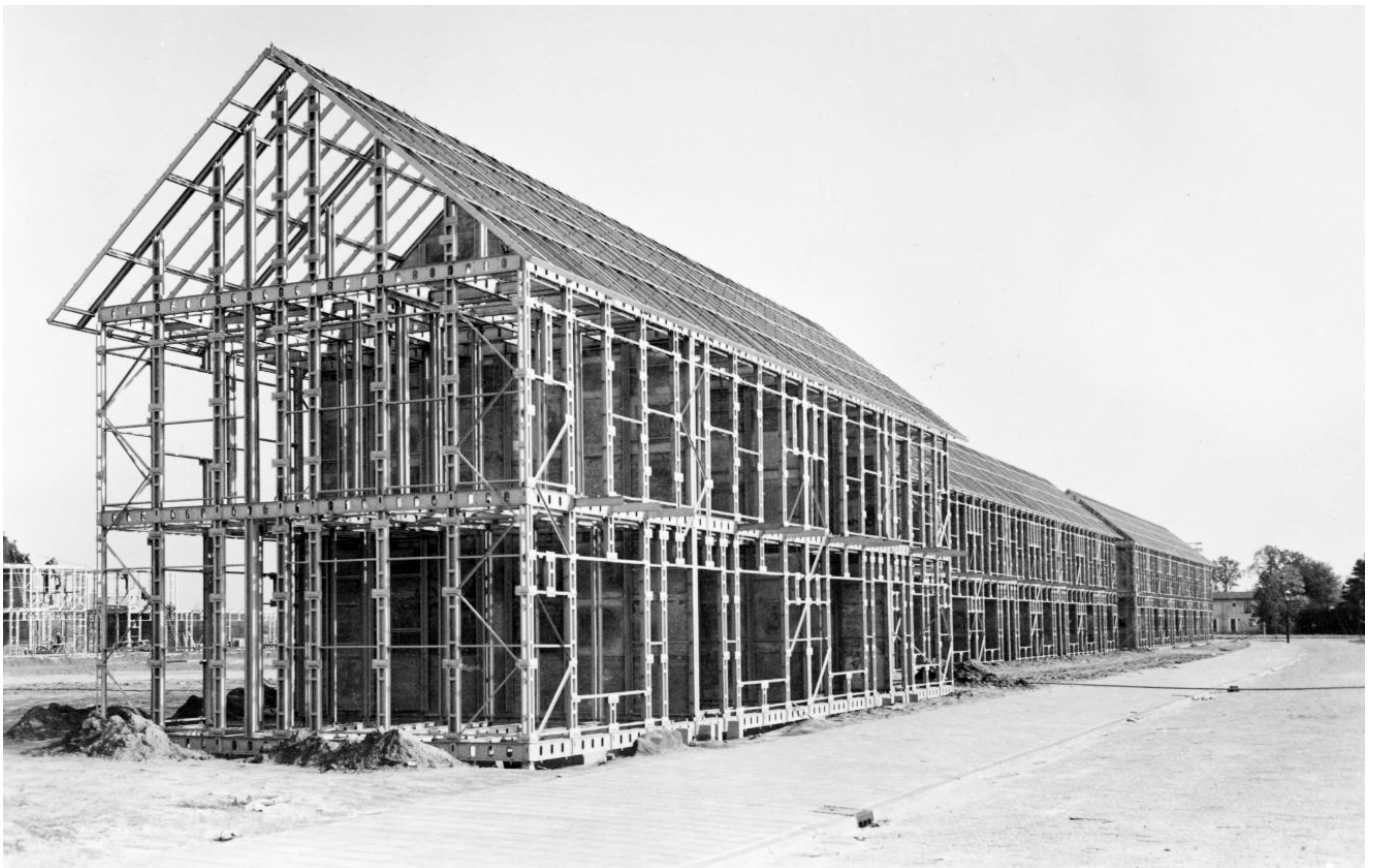
eenvoudig: de dakprofielen tussen de scheidingswanden monteren, met zes boutverbindingen per aansluiting. De bouwplaats van Hordijkerveld viel destijds (2004-2005) op, niet alleen door staalframebouw, maar ook door een grote groep jonge vakmensen: de 'Leerling bouwplaats'. Tijdens hun ROC-opleiding werkten ze vier dagen per week op de bouwplaats, van start bouw tot oplevering. Begeleid door 'leermeesters' deden ze ervaring op in de bouwpraktijk.



Polynormwoningen, Eindhoven

De 1.200 Polynormwoningen in Eindhoven zijn een van de eerste toepassingen in de Nederlandse woningbouw van een industrieel bouwsysteem met staalframebouw. Philips Woonbedrijf bouwde de woningen tussen 1950 en 1952 voor medewerkers in het zuiden des lands. Speciaal voor de productie van de staalframes werd een fabriek opgericht, Polynorm NV in Amersfoort. In november 2005 zijn de woningen verwijderd vanwege asbest in de binnenbekleding. Destijds was het Polynorm-bouwsysteem van Alexandre 'Sacha' Horowitz zijn tijd behoorlijk vooruit. Alle onderdelen van de staalframebouw elementen werden geprefabriceerd, in standaard-maten en op de millimeter nauwkeurig. Op de bouwlocatie hadden de bouwers voldoende aan een schroevendraaier. Na het monteren en stellen

werden betonnen gevelplaten direct aan de buiten-zijden van de frames gemonteerd met schroeven en klemmen. Als isolatie van de buitengevels dienden steenwolmatten in de frames. Aan de binnenzijden werden houtvezelcement- of asbestcementplaten aangebracht. De scheidingswanden werden bekleed met platen brandwerend houtbeton. De stalen rastervloeren werden gemonteerd compleet met slijtvaste platen voor direct stofferen. Bij demontage bleken de woningen nog in opmerkelijk goede staat. Tijdens de sanering van een woning eind jaren '90, liet een werkmans van het eerste uur een bewoonster het volgende al weten: 'Ach vrouwke, dees schrufkes draai ik nog effe gemakkelijk los as da ik ze vruger vastgezet hê.' En bij het bekijken van het staalframe: 'Ziet, d'r zit enkel her en der 'n klein spikkeltje roest.'



Trap en gevelsluitende elementen

Spectaculair! Zo moest het nieuwe, inpandige kantoor worden van FeNB2 Staalframebouw in hun productielocatie destijds (2005) aan de Lagedijkweg te Schagen. Nico Bresser, directeur-eigenaar, zocht het niet *in* het gebouw, maar *aan* het gebouw met een speciale staalframebouw trap. Het idee deed hij op tijdens een bezoek aan een Engelse importeur van rolvormers die een (eenvoudige) steektrap van staalframebouw tentoon stelde. Bresser vertaalde het Britse gedachtegoed naar een dubbele steektrap met een tussen- en eindbordes. De eerste steek en het tussenbordes rusten op een opslagruimte, de tweede steek en het eindbordes steunen af op een console.

All in the family

Vormgeving en constructief ontwerp bleven binnen de familie. Zoon Maarten Bresser en bedrijfsleider van de productie, ontwierp onder meer de console. Deze constructie verdeelt de (druk)kracht over de onderliggende staalframebouw wand. De trap is aan de andere kant van de productieloods geprefabriceerd in rechthoekige, handzame staalframes en ter plaatse geassembleerd met zelftappende schroeven. Speciaal voor hun hond Djerbo zijn de treden niet bekleed met bijvoorbeeld persroosters, maar met vuren houten treden. Anders durfde de achtjarige rottweiler de trap niet te beklimmen, en hij hoorde immers bij de familie.



Foto: Herman H. van Doorn

Appartementencomplex Schuttersveld, Delft

Waar eens de boeken van vloer tot plafond stonden opgestapeld en generaties studenten werden opgeleid, zijn inmiddels honderd woningen, vier ateliers en een groot volume aan kantoorruimtes geprojecteerd. Met deze herbestemming van de voormalige Centrale Bibliotheek en het gebouw van Civiele Techniek is in Delft een historisch TU-complex voor sloop behoeft. Om het plan rendabel te maken, moesten er ook in de oude kapverdiepingen woningen komen, maar dan zonder dat de houten paalfundering en de bestaande, dunne betonvloeren daardoor extra zouden worden belast. De keuze viel op de gecombineerde toepassing van staalframebouw en metalstud: de eerste voor de dragen-

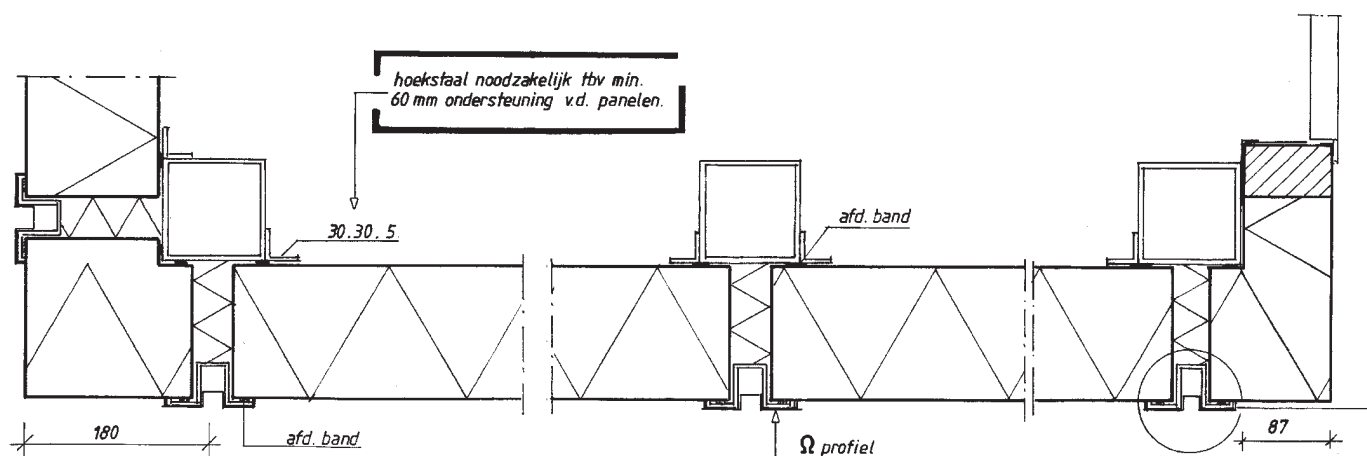
de wanden en vloeren, de laatste voor de niet-dragende wanden. Ten opzichte van houtskeletbouw had staalframebouw belangrijke voordelen. Zo konden er grotere vrije overspanningen worden gemaakt tot een maximum van 7,5 m. Deze maat had men ook daadwerkelijk nodig als de traveemaat van de woningen. Staalframebouw kon bovendien goed gecombineerd worden met de hoofdconstructie van warmgewalste profielen. Het bouwsysteem gaf een betere stabiliteit in de dwarsrichting en het kon probleemloos worden gecombineerd met metalstud, waarvan het alleen in de afmetingen van de staalframeprofielen verschilt.



Steel Study Houses, Zoetermeer

Architect Robert Winkel, inmiddels directeur van Mei Architects and Engineers in Rotterdam, koppelde in 2000 al standaardisatie aan individualiteit om te voldoen aan de stijgende woonbehoeftes met eigen identiteit. Een standaard staalskelet van koerprofielen geeft grote flexibiliteit in plattegronden, die naar wens kunnen worden ingevuld. De gevel is van staal (boven), hout en zelfs baksteen, ook naar wens. De vloeren en daken zijn van staalframe-

bouw vanwege de grote overspanningen en het lage eigengewicht. In 2000 werden drie experimenten opgeleverd in Zoetermeer. Niet zonder slag of stoot – daarom werd het systeem doorontwikkeld tot het zogenaamde Smarthouse – maar toen is ook het beroemde en veelvuldig toegepaste opleg/ophangdetail van de huidige staalframebouw vloeren ontwikkeld. Ook in die zin zijn de Zoetermeerse woningen voorlopers.

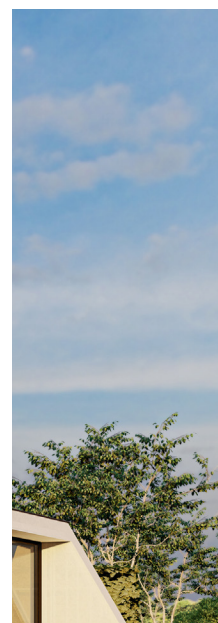
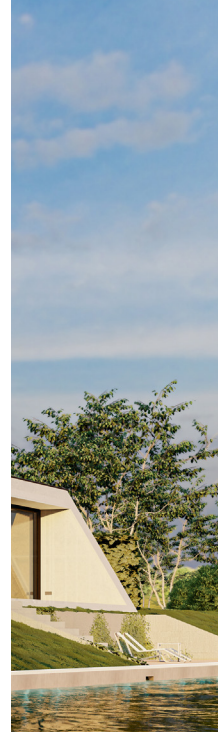


Gevelsluitende elementen Gelderlandplein

Aan het Gelderlandplein-Noord in de Amsterdamse wijk Buitenveldert staat sinds 2003 een gebouwencomplex met een opmerkelijk uiterlijk. Het complex vloeit voort uit een grootschalig, multifunctioneel plan van architect Erick van Egeraat. Het programma omvat 152 patiowoningen, penthouses en appartementen, gecombineerd met onder meer twee basisscholen, enkele kinderdagverblijven, een wijkontmoetingscentrum en een ondergronds

parkeergebied. De straatgevels van de appartementen bestaan uit verticale stroken van natuursteen, afgewisseld met glas. In overleg met geveltechnisch adviesbureau B&S Consultants is deze 'streepjes-code' uitgevoerd in staalframebouw, vanwege het geringe constructiegewicht en de mogelijkheid om het systeem vóór de vloeren langs te monteren.





bouwen met
staal!

Handboek Staalframebouw
Bouwen met Staal
Louis Braillelaan 80
2719 EK Zoetermeer
tel. (088) 353 12 12
www.bouwenmetstaal.nl/themas/staalframebouw
www.lichterbouwen.nl

