

1. Intro

Staal is een veelzijdig bouw materiaal dat in verschillende vormen verkrijgbaar is: als profielen, platen en buizen bijvoorbeeld. Staalbouw wordt vooral toegepast in de Nederlandse utiliteitsbouw, maar komt nu ook steeds vaker voor in de woningbouw. De markt voor staalbouw groeit nog steeds. De belangrijkste redenen voor die groei zijn de sterk verbeterde technologieën en geautomatiseerde productieprocessen. Een andere reden is dat het nieuwe staal goed bestand is tegen corrosie. Staalbouw komt meestal voor in combinatie met prefab betonnen vloeren en prefab daken. De twee meest toegepaste methoden in de staalbouw zijn staalskeletbouw en staalframebouw. Beide methoden komen in deze leereenheid aan bod. De verdieping behandelt brandveiligheid bij staalbouw.



Afbeelding 1 Voormalig hoofdkantoor ING de Schoen: combinatie van staalframebouw en staalskeletbouw



2. Kern

Bij staalskeletbouw maak je een staalskelet van bijvoorbeeld profielen. Die vul je op met niet-constructieve delen: vulmateriaal zoals houten panelen, metselwerk en stalen beplating. Bij staalframebouw construeer je het bouwwerk uit dragende frames, die uit stijlen en regels bestaan. Staalbouw heeft een grote sterkte en een laag eigen gewicht. Rond 1850 kwamen de eerste staalbouwconstructies in fabriekshallen in Engeland en de Verenigde Staten. Dat begon met staalskeletbouw. Staal maakte het mogelijk om met relatief lichte materialen enorme hoogtes en bouwvolumes te bereiken. Daardoor begon met staalskeletbouw rond 1870 de ontwikkeling van wolkenkrabbers in de Verenigde Staten. In Europa was de constructie van de Eiffeltoren van 1887 tot 1889 het grote voorbeeld van de opkomst van staalbouw in Europa.



Afbeelding 2 Bouw van de Eiffeltoren



Staalskeletbouw en staalframebouw hebben voor- en nadelen.

De voordelen van staalskeletbouw zijn:

- Er zijn grote overspanningen en uitkragingen mogelijk. Daardoor hoeven de binnenwanden de constructie niet te dragen. Op deze manier is het mogelijk verschillende binnenruimten onafhankelijk van de draagstructuur in te delen.
- Lage profielen kunnen zware puntlasten opnemen. Zo geven ze de constructie voldoende draagvermogen.

Nadelen van staalskeletbouw zijn:

- De afzonderlijke elementen zijn zwaar: er is een zware kraan nodig om de elementen op hun plaats te zetten.
- Koppelingen met lassen moeten voldoen aan nieuwe kwaliteitseisen, waardoor ze vaak al in de fabriek moeten worden gemaakt. Daarom vindt voormontage van het staalskelet vaak al plaats in de fabriek, maar daardoor ontstaan grotere en dus zwaardere elementen. Het is lastiger die grotere elementen naar de bouwplaats te vervoeren en op hun plek te hijsen.

Staalframebouw heeft de voordelen van houtskeletbouw én van staalbouw:

- Meestal is het mogelijk de stalen frames in de fabriek en op de bouwplaats te monteren. De situatie op de bouwplaats bepaalt of dat kan: door ruimtegebrek bijvoorbeeld is het niet altijd mogelijk deze delen op de bouwplaats te monteren. Bovendien zijn zware en grote constructiedelen moeilijk te vervoeren. Op moeilijk bereikbare plaatsen kan het juist handig zijn om onderdelen voor te monteren in de werkplaats. Op die manier is het met een goede planning mogelijk de bouwtijd op de bouwplaats aanzienlijk in te korten.
- Stalen frames zijn lichter dan stalen profielen uit de staalskeletbouw, ze zijn maatvast en minder gevoelig voor klimaatinvloeden dan hout. Bovendien zijn ze ongediertebestendig.
- Door het gebruik van vakwerkenspannten zijn bij staalframebouw grotere overspanningen en uitkragingen mogelijk dan bij bijvoorbeeld traditionele bouw, stapelbouw en gietbouw.
- Veel fabrikanten van staalframebouw maken de frames op maat: elk profiel krijgt de juiste lengte, schroefgaten en doorvoeropeningen die passen bij het frame. Dat geeft veel ontwerpvrijheid.

Het nadeel van staalframebouw is dat de frames minder geschikt zijn voor grote constructies en grote overspanningen.

2.1 Eigenschappen van staal

Staal heeft verschillende constructieve en bouwfysische eigenschappen.

Constructieve eigenschappen

Staal is taai en heeft een hoge stijfheid: $E = 210\,000\text{ N/mm}^2$. De druksterkte van staal is net zo hoog als de treksterkte.

Bouwfysische eigenschappen

Bij het gebruik van staal moet je rekening houden met de volgende bouwfysische eigenschappen ervan:

- De voorplantingssnelheid van geluid in staal is hoog. Daarom moet je contactgeluid zo veel mogelijk voorkomen.
- Staal heeft een hoge warmtegeleidingscoëfficiënt: bij verhitting warmt onbeschermd staal snel op, en zolang het blootstaat aan extreme hitte is het minder sterk. De kritische temperatuur van staal ligt tussen 400-600 °C. Bij hogere temperaturen vervormt het staal definitief en smelt het uiteindelijk.
- Door de hoge warmtegeleidingscoëfficiënt vormen niet-geïsoleerde stalen constructiedelen, zoals kolommen en liggers, hinderlijke koudebruggen. Bij de detaillering van de constructie moet je daar rekening mee houden.
- De uitzettingscoëfficiënt van staal is vrij groot, maar ongeveer gelijk aan die van beton. Daarom is het gebruik van een stalen wapening in beton een goede combinatie. Maar bij de aansluiting van staal op een ander materiaal of op een bouwdeel met een hogere of lagere uitzettingscoëfficiënt, moet je rekening houden met lengteveranderingen door temperatuurinvloeden in de staalconstructie of stalen liggers. Daarom breng je tussen die bouwdeelen dilatatiekieren aan: kieren die het staal de ruimte te geven om te werken.

2.2 Fabricage van stalen onderdelen

Staal geeft een grote vrijheid in vormgeving: je kunt het in veel vormen gieten, walsen, zetten, lassen of verbinden met moeren en bouten. Bouwen met staal is altijd bouwen met prefab onderdelen. Een staalconstructiebedrijf verwerkt de halffabricaten, profielen en platen in de werkplaats tot prefab onderdelen. Alle bewerkingen vinden meestal in de fabriek plaats, zoals profielen afkorten, gaten erin boren, kopplaten lassen en het stralen en verven van onderdelen, zie afbeelding hieronder. Die onderdelen gaan naar de bouwplaats, waar een snelle montage volgt.



Afbeelding 3 Bewerking van staalprofielen in de werkplaats

Doordat metaal makkelijk in de gewenste vorm te maken is, beschikt de architect over veel vrijheid in vormgeving. Staal dat aan de buitenkant van het bouwwerk bloot staat aan weersinvloeden, moet je tegen corrosie beschermen door het te verzinken of schilderen. Bij de constructie op de bouwplaats moet je veiligheidsvoorzieningen voor de monteurs toepassen, zoals veiligheidslijnen en vangnetten.

Stalen profielen

Staal is een veelzijdig bouw materiaal dat in veel verschillende vormen voorkomt. Er zijn warmgewalste en koudgevormde profielen. Warmgewalste profielen zijn bij hoge temperaturen in hun vorm gewalst. Koudgevormd staal is niet opgewarmd, maar bij omgevingstemperatuur in de vorm gewalst of gezet. Koudvormen is daardoor alleen mogelijk bij vrij dunne platen. Daardoor zijn koudgevormde profielen vaak dunner dan warmgewalste profielen.

Warmgewalste profielen

De meeste warmgewalste profielen hebben standaard, genormaliseerde afmetingen. Met deze profielen kun je daarom ontwerpen zonder dat intensief overleg met de leverancier nodig is. In tabellenboeken staan alle profielen en profielgegevens die je nodig hebt om de staalconstructies te berekenen en te tekenen. De meest bekende profielen hebben een H-, I-, L- of U-vormige doorsnede.

Koudgevormde profielen

Koudgevormde profielen maak je van dunne staalplaat met dikten van 0,5-8 mm. Meestal zijn deze profielen verkrijgbaar als C-, U-, I- en Z-vormige profielen of raatliggers. Deze profielen zijn herkenbaar aan de afgeronde hoeken. Ze zijn geschikt voor lichte constructies, zoals dak- en wandbeplating, stijl- en regelwerk voor gevels en binnenwanden, gordingen, en vakwerkspanten. Ze komen veel voor in staalframebouw.



Afbeelding 4 Raatliggers in dakconstructie



2.3 Staalskeletbouw

Een staalskeletstructuur bestaat uit structurele elementen en opvulling:

- De structurele elementen dragen het gebouw. Dit zijn lijnvormige elementen, zoals kolommen en IPE liggers, zie afbeelding hieronder. Ook andere I-profielen of holle onderdelen zoals kokerprofielen, rechthoekige buisprofielen en raatliggers komen veel voor. Vaak hebben de elementen standaardmaten, bijvoorbeeld 1,5 m lengte of een veelvoud daarvan. Verticale lasten worden in een staalskelet meestal via puntbelasting doorgegeven. Je verbindt de verschillende elementen tot een staalskelet door ze te bouten of te lassen.
- De opvulling bestaat uit bijvoorbeeld houten panelen, stalen platen, kalkzandsteen of glas.



Afbeelding 5 Staalskeletbouw



Stalen utiliteitsgebouwen bestaan uit vier bouwdelen:

- **Fundering**
Meestal is dit een balk- of poerenfundering. Kijk voor meer informatie over de poerenfundering in de leereenheid **Fundering op staal** en over de balkfundering in **Paalfundering en kelder**.
- **Gevel**
Vaak gaat het om stalen spanten met gevelbekleding van glas, metaal, natuursteen of een combinatie ervan. Kijk voor meer informatie over zulke gevels in de leereenheid **Gevel met metaal en glas** en in de leereenheid **Gevel met beton en natuursteen**.
- **Vloer**
Meestal zijn dit kanaalplaatvloeren. Kijk voor meer informatie over de kanaalplaatvloeren in de leereenheid **Betonvloer**.
- **Dak**
Meestal zijn dit geïsoleerde dakplaten. Kijk voor meer informatie over daken in de leereenheden **Plat dak** en **Hellend dak**.

Doordat de verschillende bouwdelen elkaar steunen, vormen ze samen een stabiele constructie. De raamwerken worden bevestigd met ankerbouten op kolomvoetplaten aan de fundering. Die fundering bestaat meestal uit betonnen poeren, zie afbeelding hieronder.



Afbeelding 6 Kolomvoet met schetsplaat en verbinding met schoor

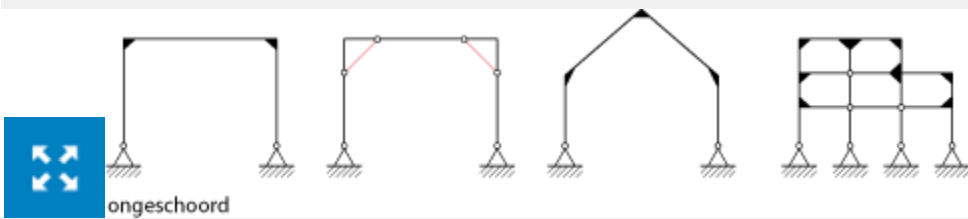


Raamwerken zijn in Nederland de meest toegepaste constructiesystemen voor utiliteitsgebouwen met een staalskelet, vaak in combinatie met vakwerkspanten. Dat staalskelet bestaat uit kolommen, liggers en eventueel spanten. Je kunt het skelet op twee manieren uitvoeren:

- Het is mogelijk de verbindingen momentvast uit te voeren als ongeschoord raamwerk, zie de twee afbeeldingen hieronder. Bij ongeschoorde raamwerken breng je de horizontale belastingen via dwarskrachten, normaalkrachten en buiging in de liggers en kolommen naar de fundering over.



Afbeelding 7 Kolommen en liggers met schoren en windverbanden



Afbeelding 8 Ongeschoord, momentvast raamwerk



Afbeelding 9 Ongeschoord raamwerk in NS-station Rotterdam Centraal



- Schoren

Meestal dragen stabiliteitsvoorzieningen, zoals schoren, horizontale belastingen over, zie afbeelding hierboven. Schoren zijn diagonale trek- of drukstaven. De schoren in de voor- en achtergevel geven de gevel stabiliteit in dwarsrichting. De fundering onder de schoren vangt de reactiekrachten op. Meestal vereist een geschoord raamwerk minder materiaal dan een ongeschoord raamwerk.

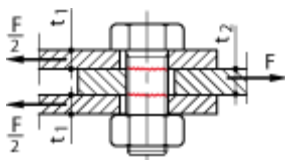
Kijk bij de **Extra informatie** voor een animatie over de stabiliteit van staalbouw.

Verbindingen

In staalconstructies bestaat $\pm 25-30\%$ van de totale kosten van de staalconstructie uit de kosten voor verbindingen. Daarom maak je die verbindingen zo eenvoudig mogelijk. Bovendien moet de verbinding zo onderhoudsarm mogelijk zijn. Bij het maken van die verbinding heeft de constructeur de keuze tussen bouten of lassen.

- Schroefbouten in ruime gaten

Verbindingen met bouten zijn: schroefbouten in ruime gaten, passende schroefbouten en voorspanbouten. Bij boutverbindingen in ruime gaten zorg je dat de te verbinden delen een beetje kunnen verschuiven, zie afbeelding hieronder. Dat heet gatspeling. Die gatspeling kan gewenste en ongewenste werking in de constructie voldoende opvangen. Schuifbewegingen in de constructie geven namelijk druk op de bouten en doen de bouten bezwijken. Door gatspeling kan de bout zich binnen de ruimte van het gat iets verplaatsen. Bovendien drukt de bout niet meteen op de constructie.



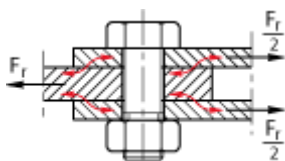
Afbeelding 10 Boutverbinding in ruim gat

- Passende schroefbouten

Passende schroefbouten passen precies in het gat, waardoor er geen speling ontstaat. Daarom breng je deze aan op plekken waar geen verschuiving kan optreden.

- Boutverbindingen met voorspanbouten

Via wrijving tussen de contactvlakken van de verbonden delen dragen de voorspanbouten de krachten over die op deze verbindingen inwerken, zie afbeelding hieronder. Door die wrijving ontstaat een stijve verbinding die niet verschuift. De voorspankracht in de bout en de wrijvingscoëfficiënt van de contactvlakken bepalen hoe groot de overdracht van krachten is.



Afbeelding 11 Boutverbinding met voorspanbout

- Lasverbindingen

Het lassen van staalconstructies gebeurt bijna nooit op de bouwplaats, omdat het arbeidsintensief is en omdat de werkomstandigheden lastig zijn. Daarom doe je laswerk zoveel mogelijk in de constructiewerkplaats. Bij staalskeletbouw zitten de lasverbindingen aan kolommen in voetplaten en consoles, in kopplaten bij de liggers, in buisverbindingen, in schetsplaten voor knooppunten, in verstijvingsschotten en in de steunen of beugels voor de bevestiging van gordingen of wandbeplating.



Afbeelding 12 Kopverbindingen lassen



Vloer

In de utiliteitsbouw komen stalen vloerconstructies steeds vaker voor. Daarmee zijn namelijk grote overspanningen mogelijk. Door de combinatie van staal en beton ontstaan veel constructieve oplossingen. Kijk voor meer informatie over stalen vloeren in de leereenheid **Stalen vloer**.

Een andere mogelijkheid voor verdiepingvloeren zijn prefab betonnen vloerelementen op stalen vloerliggers. Vooral prefab kanaalplaatvloeren van beton op stalen vloerliggers komen in de utiliteitsbouw veel voor, zie afbeelding hieronder.



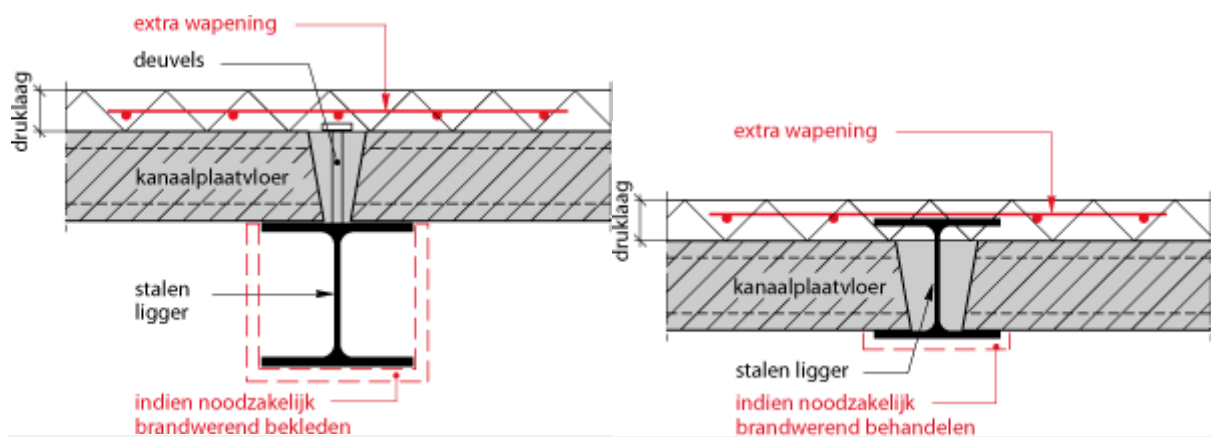
Afbeelding 13 Kanaalplaatvloeren in staalbouw



Er zijn twee mogelijkheden om de kanaalplaten te verbinden:

- De kanaalplaten rusten op of in de flenzen van de liggers, zie afbeelding hieronder. Deuvels of een wapening zorgen voor de verankering van de vloer aan de gevel.
- De kanaalplaten lopen over de liggers door met een overstek. Aangelaste ankers tussen de naden verankeren de platen met de stalen ligger.

De brandwerendheid van de stalen liggers vormt meestal geen probleem als de liggers geheel of bijna helemaal zijn opgenomen in de betonvloer, zodat het beton als een isolerende laag om de stalen liggers zit.



Afbeelding 14 Verschillende opleggingen van kanaalplaatvloeren in staalconstructie

Dak

Met staal is het mogelijk alle mogelijke dakvormen te maken: plat, schuin, gebogen en alle combinaties daarvan. De meeste platte daken hebben de volgende opbouw:

- dakbedekking
- isolatiepakket
- dakbeschot, meestal van stalen platen
- liggers

Kijk voor meer informatie over platte daken in de leereenheid **Plat dak**.

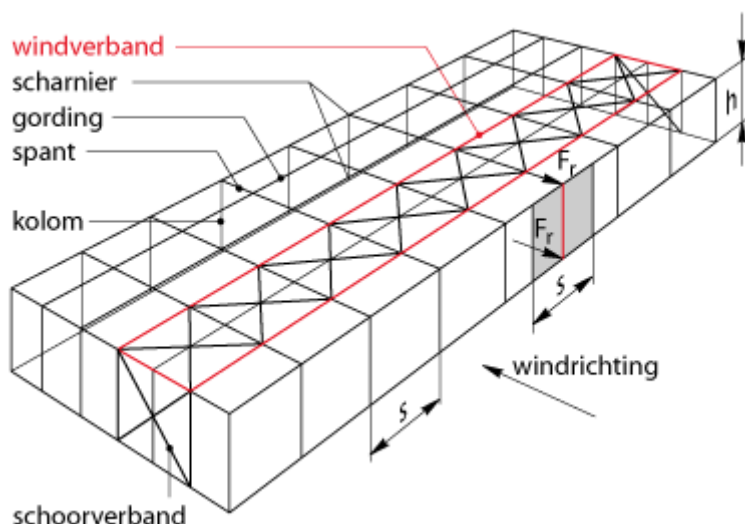
Het dakbeschot of de draagconstructie voor de dakbedekking is bij staalbouw vaak een geprofileerde staalplaat, zie afbeelding hieronder. Bij een plat dak van beton kies je meestal voor kanaalplaten of een lichte platen van cellenbeton als dakbeschot. De verankering van het beton aan de staalconstructie is belangrijk. Direct op de dakliggers komen de geprofileerde staalplaten of betonplaten. Als de afstand tussen de liggers te groot is, gebruik je stalen gordingen om de overspanning te verkleinen. De dakliggers kunnen doorbuigen onder hun eigen belasting en onder de belasting van sneeuw of regen. Zorg daarom voor voldoende afschot en geef de dakliggers een zeeg of toeg, zie afbeelding hieronder. Een zeeg is een opwaartse ronding in de hele ligger. Bij de fabricage of montage van de liggers breng je die zeeg aan.



Afbeelding 15 Geprofileerde stalen dakplaten met vangnetten met zeeg



In het dak kun je voor extra stabiliteit windverbanden aanbrengen. Windverbanden zijn horizontale vakwerken in het dak, die de windbelasting van het dak afvoeren naar de schoren in de gevels. Zo gebruik je de schijfwerking van geprofileerde stalen dakplaten, die je met elkaar en met de staalconstructie verbindt. Daardoor kunnen de platen niet onderling verschuiven, en nemen ze krachten van de wind op.



Afbeelding 16 Windverbanden in staalskelet

2.4 Staalframebouw

De wandvullende elementen die bij staalskeletbouw alleen voor de opvulling zijn bedoeld, zijn bij staalframebouw juist het constructieve uitgangspunt. Ieder onderdeel is een dragend frame: een raamwerk van stijlen en regels. Omdat deze delen zelf de constructie kunnen dragen, is het mogelijk ze lichter uit te voeren dan een staalskelet, waar de staanders de hele constructie

moeten dragen. Bij staalframebouw wordt het gewicht verdeeld over de volle breedte van het frame. Staalframebouw geeft verticale lasten gespreid door, zie afbeelding hieronder. Daardoor treden bij staalframebouw minder puntlasten op dan bij bijvoorbeeld skeletbouw.



Afbeelding 17 Staalframebouw

De elementen zijn meestal koudgeformde, slanke, stalen profielen met beperkte afmetingen. Meestal gebruik je enkelvoudige profielen: C-, U-, sigma-, omega-, en kruisprofielen, zie afbeelding 19. Samengestelde profielen zijn ook mogelijk. Je kunt een frame maken door de onderdelen van de frames aan elkaar te koppelen, en je kunt de frames aan elkaar bevestigen. Dat doe je met popnagels ofwel klinknagels, zelftappende schroeven, of met bouten en moeren. Vaak is lassen niet handig, omdat het materiaal te dun is. Bevestiging met klinknagels komt bijna niet meer voor, omdat dat arbeidsintensief is en daardoor kostbaar.

Aandachtspunten voor staalframebouw

Bij staalframebouw is het lastig grote momentlasten op te nemen. Dit vereist extra aandacht in de ontwerpfase. Vaak is het goedkoper om soms een kolom of een balk op te nemen in het ontwerp dan het geheel uit te voeren in staalframebouw, omdat daarvoor extra materiaal en een meer complexe constructie vereist is. Het frame kan dan naadloos op die kolom of balk aansluiten, zie afbeelding hieronder.



Afbeelding 18 Combinatie van staalframebouw en staalskeletbouw



Elementen van staalframebouw

Koudgevormde staalprofielen zijn de dragende structuur voor staalframebouw. Je kunt ze gebruiken voor veel verschillende toepassingen: woningbouw, appartementen en optopping. Optopping is verhoging van het bouwwerk met een extra bouwlaag.

Kijk bij de **Extra informatie** voor meer uitleg over optoppen met staalframebouw, verbouwingen en bijgebouwen.

Veel toegepaste profielen zijn C-profielen in verschillende afmetingen, zie afbeelding hieronder.



Afbeelding 19 C-profielen voor staalframebouw

Met isolatiemateriaal vul je de stalen elementen op, en je werkt ze af met beplating, gipsplaten of multiplex. Net zoals in de houtskeletbouw moet je extra constructieve elementen aanbrengen, die bijvoorbeeld wastafels en andere zware accessoires kunnen dragen. Ook zijn de vloeren net als in staalskeletbouw systeemvloeren. De daken zijn meestal stalen geprofileerde dakplaten of

geïsoleerde houten panelen. Soms liggen daar dakpannen als afwerking bovenop, zie afbeelding 17. Vooral bij kleinere stalen gebouwen liggen er geprofileerde stalendakplaten of houten panelen met een afwerking van dakpannen op. Als er een buitenspouwblad is, bestaat die vaak uit traditioneel metselwerk of uit gevelbeplating van hout, metaal, glas, beton, natuursteen. Staalframebouw komt niet zo vaak voor in Nederland als staalskeletbouw, waarschijnlijk doordat staalframebouw een langere bouwtijd heeft en door de relatieve onbekendheid met staalframebouw. Daarom kiezen Nederlandse architecten en opdrachtgevers eerder voor houtskeletbouw dan voor staalframebouw.

Kijk bij de **Extra informatie** voor meer uitleg over optoppen met staalframebouw, verbouwingen, en bijgebouwen.

3. Verdieping

Hieronder komen de eisen uit het Bouwbesluit aan de brandwerendheid van staalconstructies aan bod en de maatregelen die je daarvoor moet nemen. Staal vervormt snel bij hoge temperaturen. Daarom moet je maatregelen nemen om het staal tegen die hoge temperaturen te beschermen.

3.1 Brandwerendheid

Brandwerendheid van stalen gebouwen roept bij iedereen beelden op van afgebrande fabriekshallen, waarvan de stalen profielen als luciferstokjes vervormd zijn. Omdat aanwezige mensen in het gebouw genoeg tijd hebben gehad om te vluchten, zijn er bijna nooit slachtoffers. Als die slachtoffers er al zijn, is dat vaak het gevolg van explosies of rookontwikkeling. Daarom gelden voor hallen en loodsen minder strenge eisen aan de constructieve veiligheid bij brand. Niet het constructiemateriaal, maar vooral de zaken die in het gebouw opgeslagen liggen, bepalen hoe groot de brandschade is. Om brandschade te beperken is het effectiever om deze gebouwen te compartimenteren of er een sprinklerinstallatie in aan te leggen. Er zijn ook stalen gebouwen met verdiepingen, zoals een kantoor, hotel of ziekenhuis. Bij branden is het moeilijker om snel uit zulke gebouwen te vluchten. Voor deze gebouwen gelden daarom wel eisen aan de constructieve veiligheid bij brand.



Afbeelding 20 Fabrieksbrand

Eisen uit het Bouwbesluit

Het Bouwbesluit stelt duidelijke eisen aan de brandwerendheid van constructies en geeft methoden om te bepalen of die constructies aan de normen voldoen. Die staan in NEN 6081: Brandveiligheid van gebouwen. Er zijn twee soorten eisen:

- Eisen om ongevallen bij brand te beperken
Dit zijn eisen aan vluchtwegen, compartimenteringen, meld- en bestrijdingsapparatuur.
- Eisen om schade bij brand te beperken
Dit zijn eisen aan de compartimenteringswanden, brandwerendheid van de draagconstructie en voorzieningen voor het ontdekken, melden en bestrijden van de brand. Het doel van compartimenteringen is om de brand tijdelijk te beperken tot bepaalde delen van het gebouw, zodat het mogelijk blijft om te vluchten voor delen die niet in brand staan. Daarom is het gebouw verdeeld in enkele compartimenten. Jouw school bestaat waarschijnlijk ook uit verschillende compartimenten.

De brandwerendheid is volgens het Bouwbesluit:

... de tijd gedurende welke een constructieonderdeel bij verhitting volgens de standaardbrand weerstand kan bieden aan de erop werkende belasting.

Het Bouwbesluit stelt dat constructiedelen bij brand 30 minuten brandwerend moeten blijven, omdat het gebouw en de vluchtroute bij brand onbruikbaar zouden worden als deze delen zouden bezwijken. Een voorbeeld van zulke constructiedelen zijn branddeuren. Gebouwen die niet zijn bestemd voor bewoning, hebben géén brandwerendheidseis voor de hoofddraagconstructie, als ze tenminste geen verblijfsgebieden hebben met een vloer hoger dan 5 m boven het aansluitende terrein. Voorbeelden van zulke gebouwen zijn school- en kantoorgebouwen. Ook voor hallen die uit één bouwlaag bestaan, geldt géén brandwerendheidseis aan de hoofddraagconstructie. Zulke gebouwen moeten wel voldoende

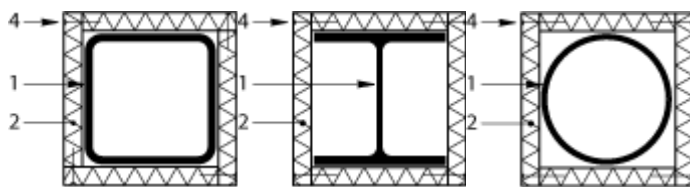
vluchtwegen hebben, en er moet genoeg afstand tot de omringende bebouwing zijn, zodat brandoverslag niet mogelijk is.

Kijk bij de **Extra informatie** voor brandveiligheid met staal.

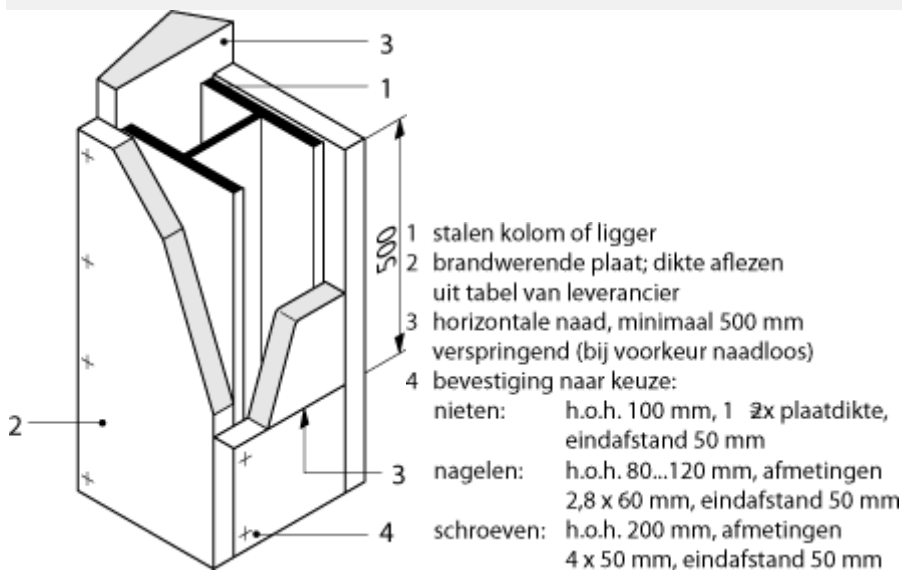
3.2 Constructieve veiligheid

Het doel van bescherming van staalconstructies bij brand is afscherming van overmatige hitte, waardoor de constructie niet vervormt. Dat kan op de volgende manieren:

- Vullen met beton
Daarmee krijgt de constructie meer massa, waardoor het langer duurt voordat de constructie is opgewarmd. De kokerprofielen waaruit het skelet bestaat, vul je met beton.
- Kokervormig bekleden
Hierbij komt rondom het profiel een brandwerend materiaal: meestal een bekleding van een isolerend plaatmateriaal van gips, silicaat, vermiculiet, of minerale wol, zie afbeelding hieronder.



Afbeelding 21 Bekleding stalen kolom met brandwerende laag



Afbeelding 22 Bekleding staalconstructie

- Profielvolgend bekleden
Hierbij spuit of smeert je brandwerend materiaal op het profiel: geëxpandeerde vermiculiet of minerale vezels met een bindmiddel. Dat materiaal breng je in lagen aan. Eén laag van 20 mm dikte levert een brandwerendheid van 60 minuten op. Het is ook mogelijk schuimvormende verven op het profiel aan te brengen.

3.3 Bouwdetails

De bouwdetails voor stalen constructies in de woningbouw verschillen niet veel van de bouwdetails van de traditionele bouw. Het belangrijkste verschil is dat de geluidseisen een

grotere rol spelen, want geluid plant zich snel voort in staal. Ook is het bij staalbouw belangrijk koudebruggen te voorkomen.

Voor bouwdetails is het handig te kijken op de site van de organisatie Bouwen met staal, waar veel informatie over staalbouw staat.

Kijk bij de **Extra informatie** voor detailleringen van staalskeletbouw in de utiliteitsbouw.

Kijk bij de **Extra informatie** voor detailleringen van staalframebouw.

Kijk bij de **Extra informatie** voor detailleringen van stalen gevelbekleding.

4. Extra informatie

Hieronder vind je extra informatie bij deze leereenheid.

- [PDF Bewoond optoppen met staalframebouw](#)
- [PDF Staalskeletbouw referentie bouwdetails](#)
- [PDF Staalframebouw referentie bouwdetails](#)
- [PDF Stalen gevelbekleding referentie bouwdetails](#)
- [Website Brandveilig met staal](#)
- [Website Bouwen met staal](#)
- [Animatie Stabiliteit bij staalbouw](#)