



Kansen voor lichte verdiepinggebouwen



Inhoud

Proloog	3
Infra+ vloer: A+ woningen, Etten-Leur, Infra+	4
IDES-vloer: Kantoorgebouw Cepezed, Delft, IDES	5
Hoge staalplaat-betonvloer: World Port Center, Rotterdam, Comflor 210	6
Hoge staalplaat-betonvloer: Parkeergarage In den Bogaard, Rijswijk, Additiv Decke	7
Lage staalplaat-betonvloer: St. Annakerk, Breda, Hody SB60	8
Lage staalplaat-betonvloer: Kennedytoren, Eindhoven, Super Floor 77	9
Staalframevloer: Appartementen Schuttersveld, Delft, Staalframevloer	10
Staalframe-betonvloer: School en Kinderdagverblijf, De Meern, Staalframe-betonvloer	11
Geluidwering tussen woningen in woongebouwen met een stalen draagconstructie en lichtgewicht vloeren en wanden	12
1 Inleiding	12
2 Bouwelementen: lichtgewicht wanden en vloeren	12
3 Lichtgewicht gebouwconcepten	15
4 Aandachtspunten voor verdere ontwikkeling van lichtgewicht gebouwconcepten	19
5 Referenties	20
Eisen voor geluidwering tussen woningen en installatiegeluid	21
Geluidoverdracht via lichtgewicht, meerlagige vloerconstructies	21
Geluidsisolerende prestaties in het laboratorium en in de praktijk	22
Trillingen en laagfrequent geluid	23

Deze brochure informeert constructeurs en architecten over de voordelen van lichtgewicht, stalen vloerconstructies in meerlaagse kantoor- en woongebouwen. Er worden details gegeven die voldoen aan de eisen voor geluidwering in appartementengebouwen.

Colofon

Uitgave: © Bouwen met Staal, Rotterdam, oktober 2004.

Auteurs: ir. Paul van Deelen, bouwkundig journalist, Rotterdam (projectpagina's) en ir. Susanne Bron-van der Jagt en prof.ir. Eddy Gerretsen, TNO, Delft ('Geluidwering tussen woningen in woongebouwen').

Samenstelling: Mic Barendsz en dr.ir. Ralph Hamerlinck, Bouwen met Staal, Rotterdam.

Fotografie projectpagina's: Dries van Bergeijk, Mierlo (A+ woningen), Foto Studio Fix, IJmuiden (Kantoorgebouw Cepezed), Tom de Rooij, Moordrecht (World Port Center), Fas Keuzenkamp (Parkeergarage In de Bogaard), dondigi, Breda (St. Annakerk), Bouwen met Staal (Kennedytoren, Appartementen Schuttersveld), Trio Bouwsystemen (School en kinderdagverblijf).

Illustraties 'Geluidwering tussen woningen in woongebouwen': Bouwen met Staal en Bouwwereld.

Grafische productie: Schelkers communicatie, Rotterdam.



Boerhaavelaan 40
2713 HX Zoetermeer
Postbus 190
2700 AD Zoetermeer
tel. +31(0) 79 353 12 77
fax +31(0) 79 353 12 78
e-mail info@bouwenmetstaal.nl
internet www.bouwenmetstaal.nl

Proloog

Steeds meer verdiepinggebouwen gaan 'in staal'. Éénderde van alle meerlaagse nieuwbouw in Nederland heeft tegenwoordig een draagconstructie van staal. Maar ook in de vloerconstructie is staal in opmars! Deze stalen vloeren zijn licht van gewicht en maken het aanbrengen van leidingen en installaties eenvoudig. Er zijn verschillende typen met elk hun eigen voordelen.

Deze vloertypen kunnen bij een bepaalde bouwopgave de bouwtijd bekorten en daardoor de bouw- en exploitatiekosten gunstig beïnvloeden, ze geven vormgevings- en afwerkingsmogelijkheden en bieden optimale indelingsvrijheid en gemakkelijke aanpasbaarheid.



Woongebouw La Fenêtre, Den Haag



Kennedytoren, Eindhoven

Het doel van deze brochure is om de mogelijkheden van lichte vloeren in de vorm van onder andere constructieve en bouwfysische prestaties te belichten en daarmee een bijdrage te leveren aan de toepassing van de vloeren in Nederland.

In het eerste deel van deze brochure wordt aan de hand van gerealiseerde projecten een overzicht gegeven van de vloertypen. Bij elke projectbeschrijving zijn de criteria vermeld waarom bij dat project voor dat type vloer is gekozen.

Bij lichte constructies is de geluidsoverdracht een aandachtspunt. Eisen aan geluidwering zijn met name van belang bij woongebouwen. Deel twee van de brochure draagt hiervoor oplossingen aan. Er wordt getoond hoe de stalen draag- en vloerconstructie uitgevoerd moeten worden. En hoe aan hogere eisen kan worden voldaan door zwevende dekvloeren of verlaagde plafonds toe te passen. De auteurs van TNO gaan uit van laboratoriumproeven en praktijkmetingen en hun ervaringen als akoestisch adviseur.

Wellicht moedigt deze brochure u aan om de kansen voor lichte verdiepinggebouwen te benutten. Woongebouw La Fenêtre in Den Haag en de overige voorbeelden kunnen daarbij als lichtend voorbeeld dienen.



leidingen blijven bereikbaar badkamer en keuken verplaatsbaar

A+ WONINGEN, ETTEN-LEUR De toekomst is aan woningen die bewoners veel keuzevrijheid bieden. Dat was voor de opdrachtgever een van de belangrijkste uitgangspunten bij dit nieuwbouwproject. Een woning moet goed aansluiten bij de verschillende leefstijlen. Direct bij oplevering, maar ook in de toekomst, bijvoorbeeld als de gezinssamenstelling verandert. Dit geldt weer opnieuw voor volgende bewoners.

Dit vraagt om lichte binnenwanden die eenvoudig zijn te verplaatsen of verwijderen. Ook kabels en leidingen voor elektra, data, water, riolering en ventilatie moeten die veranderingen gemakkelijk kunnen volgen, dus zonder hak- en breekwerk. Vooral bij de badkamer en keuken gaat het om heel wat leidingen. De oplossing is gevonden in Infra+ vloeren, waarbij de leidingen altijd goed bereikbaar blijven voor aanpassingen.

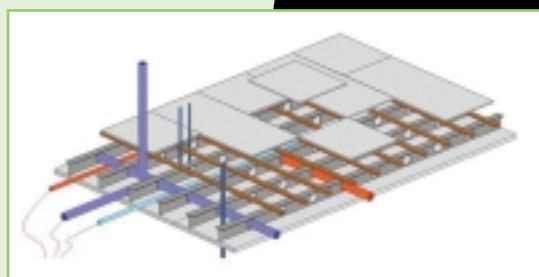
Er was keuze uit zestien indelingsmogelijkheden: een open of gesloten en een grotere of kleinere keuken, twee of drie slaapkamers en meer of minder bergruimte. Verlaat een huurder de woning, dan kan de verhuurder de indeling zonodig aanpassen. Zelfs is het mogelijk twee woningen zonder zware ingrepen horizontaal te koppelen.

Deze A+ woning is geheel samengesteld uit prefab onderdelen: het stalen skelet, de vloeren, het dak, de binnenwanden (ook de woningscheidende) van gipsplaat op metal-studprofielen, zelfs de gemetselde gevels. Alle onderdelen worden op de bouwplaats 'droog' gemonteerd; binnen enkele weken is de woning wind- en waterdicht.

Dit project won de Nationale Bouwprijs op de Bouwrai 2002.

INFRA+ Drager van deze vloer zijn stalen IPE-liggers, waarvan de onderflenzen zijn ingestort in een betonnen vloerplaat. Op de bovenflenzen rust een dekvloer; de holle ruimte tussen beton en dekvloer biedt plaats aan leidingen. In de stalen liggers zijn sparingen opgenomen zodat leidingen de liggers kunnen kruisen. Deze opbouw houdt de constructiehoogte klein. De leidingen blijven van bovenaf bereikbaar, via uitneembare elementen van de dekvloer. Deze worden gemaakt van cementgebonden vezelplaat en met messing en groef. Ook mogelijk is een staalplaat met gietvloer.

Ondanks het lage gewicht is de vloer geschikt als woningscheiding. Hij voldoet aan de akoestische eisen, met de extra maatregelen van het 'I_{co}-pakket' zelfs ruimschoots, en aan eisen van brandwerendheid (120 min.). Ook voor kantoren is de vloer geschikt. De vloer laat zich combineren met verschillende typen draagconstructies: zowel een skelet als dragende wanden. De prefab dragende elementen worden 'droog' gemonteerd. Dat levert een korte bouwtijd en bijna geen afhankelijkheid van het weer. In standaard uitvoering haalt de vloer een overspanning tot 9,6 m, bij een veranderlijke vloerbelasting van 3 kN/m²; grotere overspanningen en uitkragingen zijn mogelijk. In 1999 verleende SEV/SBR het A+ concept de status 'Demonstratieproject Industrieel, Flexibel en Demontabel Bouwen.'



▲ De stalen liggers (h.o.h. 600 mm) zijn ingestort in een betonnen vloerplaat (70 mm dik). De leidingen kruisen de liggers via sparingen.

PROJECTGEGEVENS ■ Twintig huur- en zestien koopwoningen, 2001, Etten-Leur ■ Vloer leverancier Prefab Limburg (www.prefab-limburg.nl) ■ Vloer ontwikkeling concept/productontwikkeling Buro A+, Kelpen en Bouwbedrijven Jongen, Landgraaf ■ Opdracht Bouwbedrijven Jongen, Landgraaf en Woonstichting Etten-Leur ■ Architect P.A.M. van de Veeken architecten, Roosendaal ■ Constructief ontwerp Ingenieursbureau Snellen, Meulemans en Van Schaik-DHV ■ Uitvoering Aannemersbedrijf Van Agtmaal, Oudenbosch en Bouwbedrijven Jongen, Landgraaf ■ Staalconstructie Van Gerwen Metaalbouw, Uden



extra verdieping door leidingintegratie binnenwanden en armaturen met magneten bevestigd

KANTOORGEBOUW CEPEZED, DELFT Binnen de toegestane bouwhoogte was met traditionele vloeren en verlaagde plafonds ruimte voor vier bouwlagen. Met de dunne IDES-vloer lukte het om vijf lagen te maken. Alle horizontale kabels en leidingen zijn in deze vloer opgenomen. De armaturen en glazen scheidingswanden zijn met magneten aan de vloer erboven bevestigd.

Het architectenbureau heeft in dit eigen kantoorpand zijn idealen tot uitdrukking gebracht: gebouwen terugbrengen tot de kale essentie. Dat betekent weinig materiaal, integratie van functies en veel bruikbare ruimte. Deze vloer voldoet daaraan; door het lage eigen gewicht kunnen ook de draagconstructie en fundering licht blijven.

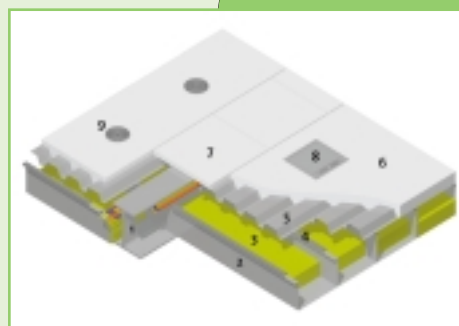
De vloerelementen overspannen 4,5 m tussen de gewalste geïntegreerde liggers, die vrijwel binnen de hoogte van de cassettevloer blijven. Deze liggers, in breedterichting van het gebouw, overspannen 2,5 m langs de zijkanalen en 10 m in het midden. Ondanks de betrekkelijk kleine verdiepinghoogte ontstaan zo royale vrije ruimten met een minimum aantal slanke kolommen. De cassettevloer is afgeleid van een systeem uit de offshore, waar snel en licht bouwen belangrijk is. Bij verwarming hoeft maar heel weinig massa te worden opgewarmd. 's Zomers voeren ventilatiekanalen in de vloer relatief koele lucht aan.

IDES Totale dikte van het vloerpakket is 200 tot 400 mm. Dragende elementen van deze vloer zijn cassettes van staalplaat van 1,25 tot 1,5 mm dik. Dwars daarop ligt een geprofileerde staalplaat met een calciumsulfaatgebonden ('anhydriet') dekvloer. Die rust op verende strips om contactgeluid te reduceren. De dekvloer is ook van triplex te maken. De stalen cassettes, over de helft van de hoogte gevuld met minerale wol, bieden ruimte aan luchtkanalen, andere leidingen en kabelgoten. Boven de oplegging zijn de cassettes afgeschuind om plaats te maken voor kabels in kruisende richting. Waar nodig heeft de dekvloer uitneembare panelen, luikjes of vloerroosters.

De gehele klimaatbeheersing kan in de vloer worden opgenomen: verwarming, door een combinatie van straling en luchtverplaatsing, en koeling met koelwaterspiralen.

De onderzijde van de cassettes wordt in de fabriek verzinkt en transparant of in kleur gecoat. Ook roestvast staal is mogelijk. Het reflecterend plafondoppervlak is zeer geschikt voor indirecte verlichting.

De elementen kunnen overspannen tot 9,2 m bij een veranderlijke vloerbelasting van 3 kN/m². Als regel worden ze opgelegd op stalen liggers met brede onderflens. Ze zijn ook geschikt als tussenvloeren in bestaande gebouwen. Door het extreem lage eigen gewicht van 80 tot 175 kg/m² volstaat een lichte draagconstructie en lichte fundering. Ook de kleine constructiehoogte levert besparingen op. Door de kleine thermische capaciteit reageren verwarming en koeling snel. Doordat de flenzen van de cassettes goed zijn ingepakt in steenwol, is een brandwerendheid tot 120 min. haalbaar. De cassettes worden op maat en afgewerkt geleverd. Alle onderdelen zijn met de hand te tillen. De montage is 'droog'; alleen een 'natte' dekvloer wordt ter plaatse gestort.



- ▲ 1 geïntegreerde ligger
- 2 cassette (breedte 333 tot 500 mm; hoogte 160 tot 300 mm)
- 3 isolatie
- 4 rubberstrip
- 5 staalplaatvloer
- 6 anhydriet afwerklaag
- 7 anhydriet tegel
- 8 vloerdoos voor elektra/data
- 9 ventilatiestrooster

PROJECTGEGEVENS ■ 1999, Delft ■ Vloer leverancier ZNS Van Dam Geveltechniek (www.van-dam.nl)
 ■ Vloer ontwikkeling concept/productontwikkeling Cepezed, Delft, ZNS Van Dam Plaatwerken, Ridderkerk en Corus, IJmuiden ■ Opdracht M.E. Cohen en J.H. Pesman, Delft ■ Architect Architectenbureau Cepezed, Delft
 ■ Constructief ontwerp ECCS, Hoofddorp ■ Uitvoering Bouwteam General Contractors, Delft ■ Staalconstructie Wijnker en Van Lint Staalbouwers, Schagen

hoge staalplaat-betonvloer



grote vrije overspanning, kleine constructiehoogte hoog bouwtempo weinig kraaninzet nodig

WORLD PORT CENTER, ROTTERDAM Voor deze toren van 33 bouwlagen op de 'Kop van Zuid' is een staalplaat-betonvloer gekozen omdat die het best voldeed aan alle eisen. Zo moesten het aantal hijsbewegingen en de windgevoeligheid klein zijn om een hoog bouwtempo te kunnen halen. Met kleine en lichte onderdelen is een staalplaat-betonvloer dan in het voordeel. Daarnaast was een laag eigen gewicht belangrijk om zettingen te beperken. Verder was een eis dat de vloer een ruime overspanning haalt, zodat de gevel zo veel mogelijk vrij kan blijven van kolommen en liggers. Daarbij mocht de constructiehoogte niet te groot zijn om de hoogte van het gebouw beperkt te houden. De staalplaat-betonvloeren van in totaal 300 mm dik overspannen tot 7,2 m; tijdens de uitvoering zijn ze onderstempeld. De vloeren rusten op de verbrede onderflens van liggers die zijn opgenomen binnen de hoogte van de staalplaat-betonvloer. Deze liggers, samengesteld uit een half HE-profiel met aangelaste onderflens, zijn aan de onderkant bekleed om de vereiste 60 min. brandwerendheid te halen. De constructiehoogte van liggers is verkleind door ze momentvast met de gevelkolommen te verbinden. De constructieve samenwerking tussen staal en beton houdt de dikte van de staalplaat-betonvloer beperkt.

COMFLOR 210 Deze staalplaat-betonvloer met zijn betrekkelijk hoge ribben ligt niet op, maar tussen de stalen liggers, op een brede onderflens. Deze opbouw geeft de vloer in zijn geheel een laag eigen gewicht en kleine constructiehoogte bij ruime overspanningen. De overspanning is altijd enkelvelds en haalt zonder onderstempeling tot 5,4 m; met een tijdelijke onderstempeling is 8 m haalbaar.

Tussen ribben is ruimte voor leidingen. Plaatselijk kunnen liggers worden gekruist via sparingen. Een plafond is gemakkelijk aan de ribben op te hangen doordat de onderlinge afstand correspondeert met standaardmaten van plafonds (0,6 m).

De staalplaten komen op maat op het werk aan. Ze zijn gebundeld zodat er weinig transporten nodig zijn. Het hijsen vraagt weinig kraaninzet en de montage gaat snel. Direct na montage vormen de platen een veilige werkvloer en bescherming tegen regen. Het storten van het beton ligt niet op het kritieke pad.

Een wapeningsstaaf in de ribben zorgt samen met de profilering van de staalplaat voor de constructieve samenwerking tussen staal en beton. De brandwerendheid bedraagt zonder extra maatregelen 60 tot 120 min., afhankelijk van de uitvoering.



PROJECTGEGEVENS ■ 2000, Rotterdam ■ Vloer leverancier Dutch Engineering (www.dutch-engineering.nl)
■ Opdracht ING Vastgoedontwikkeling, Den Haag ■ Architect Foster & Partners, London ■ Constructief ontwerp Aronsohn raadgevende ingenieurs, Rotterdam ■ Uitvoering HBG Utiliteitsbouw regio West, Capelle aan den IJssel ■ Staalconstructie Oostingh Staalbouw, Katwijk

▲ De hoogte van de geprofileerde staalplaat is 210 mm; de dikte van de vloer is 270 tot 350 mm. De ribafstand is 0,6 m. De leidingen kruisen de liggers via sparingen.

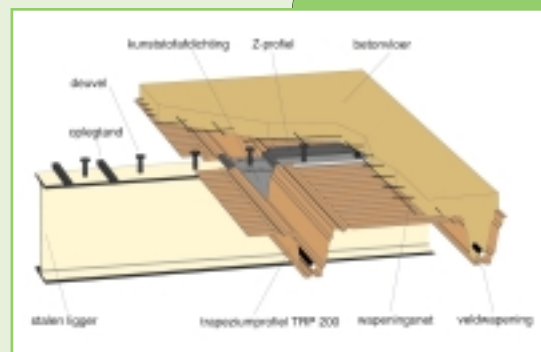
hoge staalplaat-betonvloer



krappe bouwplaats gemakkelijk bereikbaar snelle, eenvoudige montage

PARKEERGARAGE IN DE BOGAARD, RIJSWIJK Na zo'n veertig jaar was het winkelcentrum toe aan uitbreiding en vernieuwing. Parkeerruimte, indertijd juist een van de pluspunten, was in de loop van de tijd schaars geworden. De oplossing van dit probleem, de bouw van een parkeergarage, is niet opzienbarend maar wel de locatie daarvan: een bevoorradingshof, aan alle vier kanten omsloten door winkels en slechts toegankelijk door een nauwe inrit. De garage zou de hof van 90x35 m bijna geheel vullen terwijl de bevoorrading van de winkels geen hinder mocht ondervinden, zowel tijdens de bouw als bij normaal gebruik daarna. De hof zelf was de volledige bouwplaats. Extra ruimte was er niet. Een split-levelgarage met twee vrije overspanningen van 17 m paste het best in de gegeven situatie. De stramienmaat van de winkels (4,5 m) was dwingend in lengterichting. Zeer kritisch in de ruimtelijke puzzel was de hellingbaan naar de eerste parkeerlaag: gegeven de benodigde vrije ruimte voor de bevoorrading moest de constructiehoogte van de vloer minimaal blijven. De gekozen staalplaat-betonvloer voldoet aan die eis. Ook belangrijk was dat onderstempeling bij deze vloer niet nodig was om het vrachtverkeer niet te storen. Verder verliep de montage van staalskelet en vloer eenvoudig en vlot, en volstond een lichte fundering.

ADDITIV DECKE Bij deze speciaal voor parkeergarages ontwikkelde vloer hangt een staalplaat tussen de bovenflenzen van stalen liggers. Ten opzichte van een vloerplaat op de flenzen betekent dat minder constructiehoogte. De hoogte van de ligger is beperkt doordat het beton constructief samenwerkt met de ligger via daaraan gelaste deuvels. Doordat er geen schuifverbinding is tussen staalplaat en beton vormen ze geen staal-betonconstructie. Daarom ligt in de trog een wapeningsstaaf. Staalplaat en betonnen vloer dragen elk afzonderlijk een deel van de belasting. De geprofileerde stalen vloerplaten rusten op 'tanden' aan de bovenflenzen van de liggers. Zo verlenen ze de liggers kipstabiliteit bij het storten van het beton. Deze liggers zelf kunnen wel constructief samenwerken met het beton door op de bovenflens stiftdeuvels te lassen. Zonder tijdelijke onderstempeling zijn overspanningen tot ongeveer 6 m haalbaar. Montage van de lichte bouwelementen gaat snel en met weinig kraaninzet. Zonder verdere toevoeging bedraagt de brandwerendheid F90 volgens DIN 4102 wat ook volgens Nederlandse normen voldoende is. De verzinkt stalen platen zijn leverbaar met een coating in verschillende kleuren en kwaliteiten, zodat de onderzijde in het zicht kan blijven.



PROJECTGEGEVENS ■ 2000, Rijswijk ■ Vloer leverancier Hobone, Veenendaal (www.hobone.nl)
■ Opdracht GUO, Zoetermeer (belegging) en Multi Vastgoed, Gouda (ontwikkeling) ■ Architect Architectencombinatie Derks Stevens, Den Bosch en Buro Van der Goes, Hilversum ■ Constructief ontwerp Ingenieursbureau Molenbroek, Rotterdam ■ Uitvoering Bouwbedrijf Van der Waal, Vlaardingen
■ Staalconstructie Constructiebedrijf Buchinhoren, Moerdijk

lage staalplaat-betonvloer



eenvoudige logistiek en montage hoge bouwsnelheid

ST. ANNAKERK, BREDA De kerk in het centrum van Breda is opgeknapt en verbouwd tot kantoorruimte. Een belangrijke eis was dat het oorspronkelijke interieur onaangetast zou blijven en toevoegingen gemakkelijk zijn te verwijderen. Zo is de kerk desgewenst weer in oude luister terug te brengen. De oplossing was een 'gebouw in een gebouw'. De inbouw is constructief zelfstandig op enkele ankers in het metselwerk na. Visueel is deze zelfstandigheid tot uitdrukking gebracht in vormen en materialen die sterk contrasteren met het zware metselwerk.

Alle onderdelen voor de inbouw moesten door de voordeur naar binnen kunnen.

Aan al deze eisen voldeed een staalconstructie met staalplaat-betonvloeren het best. De stalen vloerplaten van ruim 1 m breed en 4,5 m lang zijn licht en eenvoudig aan te brengen waarna het beton met een buiten opgestelde betonpomp wordt aangevoerd. De staalplaat-betonvloer van 170 mm dik overspant 4,5 m bij veranderlijke vloerbelasting van 3,5 kN/m². De staalplaat-betonvloeren liggen soms op de bovenflens en soms op de onderflens van de liggers. De schijfwerking van de vloer zorgt voor de kipstabiliteit van de liggers.

De buisvormige kolommen zijn slank en de liggers maken de grote uitkragingen mogelijk bij beperkte constructiehoogte.

De constructie is licht zodat weinig extra fundering volstaat. In korte tijd is de constructie gemonteerd.

De constructie is standaard 30 min. brandwerend. Alleen aan de onderkant van de ligger zijn brandwerende voorzieningen nodig.

HODY SB60 Basis van deze vloer zijn omegavormig geprofileerde staalplaten met een hoogte van 60 mm, een werkende plaatbreedte van 1010 mm en een lengte tot 12 m. Deze dienen tegelijkertijd als verloren bekisting en wapening voor het ter plaatse gestort betonnen dek. De profielvorm en noppen in opstaande randen zorgen dat staal en beton hechten en daardoor constructief samenwerken. Bij bevestiging op de bovenflenzen van stalen liggers zijn meerveldoverspanningen mogelijk. Bij enkelveldoverspanningen kan de vloer ook tussen de liggers worden opgenomen. Bij een nuttige veranderlijke vloerbelasting van 2,5 kN/m² is een overspanning tot 2 m haalbaar (zonder tijdelijke onderstempeling) of 9,6 m (met onderstempeling). De vloerdikte loopt tot 300 mm.

De brandwerendheid bedraagt standaard 60 min., afhankelijk van de betonsoort en overspanning. Met extra onderwapening is deze te verhogen tot 120 min. en met een bekleding van steenwol tot 180 min.

Kenmerkend aan staalplaatbetonvloeren is het lichte gewicht, wat kostenbesparend werkt voor de rest van de draagconstructie en de fundering, de gemakkelijke hanteerbaarheid en snelle montage, en het feit dat ze eenvoudig passend zijn te maken voor onregelmatige plattegronden.

Standaard is de staalplaat verzinkt; de zichtzijde kan ook worden gecoat. De onderzijde is direct geschikt als plafond en geschikt voor bevestiging van een verlaagd plafond. De vloer is zowel geschikt voor de woning- als utiliteitsbouw.



▲ De hoogte van de geprofileerde staalplaat is 60 mm; de dikte van de vloer loopt bij dit project tot 300 mm.

PROJECTGEGEVENS ■ 2004, Breda ■ Vloer leverancier Reppel Bouwspecialiteiten (www.reppel.nl)
■ Opdracht De Bonth Van Hulten Bouwonderneming, Nieuwkuijk ■ Architect Oomen Havermans Waltjen, Breda ■ Constructief ontwerp Sterk Adviesbureau, Breda ■ Aannemer De Bonth Van Hulten Bouwonderneming, Nieuwkuijk ■ Staalconstructie Barendsen, Vorden

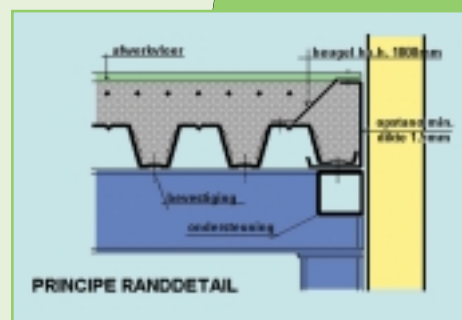
lage staalplaat-betonvloer



afgeschuinde plattegrond gemakkelijk te maken direct beloopbaar, dus veilig beperkte kraaninzet korte bouwtijd

KENNEDYTOREN, EINDHOVEN De 83 m hoge toren is een echte blikvanger in het centrum van Eindhoven met zijn geheel glazen gevel, daarachter uitbundig zichtbaar de kolommen en schoren, de inspringing over de onderste zes bouwlagen en de parallellogramvormige plattegrond. Deze vormgeving leidde tot de keuze voor een staalplaat-betonvloer. Die is namelijk licht van gewicht wat aanzienlijke besparingen oplevert voor de constructie die de 7,2 m uitkragende vloeren vanaf de zesde bouwlaag draagt. Ook de afgeschuinde plattegrond is met zo'n vloer gemakkelijk te maken. Alleen de staalplaten moeten schuin worden afgeknipt wat weinig bouwafval oplevert. Het beton volgt later vanzelfsprekend de schuine vorm. Daarnaast gelden natuurlijk de eisen die een staalplaat-betonvloer voor elke hoogbouw bij uitstek geschikt maken zoals weinig kraaninzet, eenvoudige logistiek en montage, beperking van de windgevoeligheid, een korte bouwtijd en een veilige werkomgeving op de bouw. Het betonnen dek werkt constructief samen met de stalen liggers, via daarop gelaste deuvels, waardoor een minder zware staalconstructie voldoet. In deze HE- en UB-liggers zijn standaard ovale sparingen aangebracht voor de doorvoer van leidingen. De vloer voldoet zonder extra maatregelen aan de eisen van 30 min. brandwerendheid. Doordat het gehele gebouw is voorzien van een quick respons sprinkler gelden drie bouwlagen samen als brandcompartiment; om de drie bouwlagen en zijn de liggers daarom bespoten met vermiculite. De kolommen en verbanden zijn brandwerend geverfd.

SUPER FLOOR 77 De vloer, bestaande uit een geprofileerde staalplaat van 77 mm hoog en een ter plaatse gestort betonnen dek tot ongeveer 150 mm hoog, ligt op de bovenflenzen van stalen liggers. Dit maakt meerveldoverspanningen mogelijk. Bij enkelveldoverspanningen kan de vloer ook tussen de liggers worden opgenomen. De staalplaat dient tegelijk als verloren bekisting en als onderwapening. Beton en staalplaat werken constructief samen doordat een extra ingewalste profilering ze schuifvast aan elkaar verbindt. Met dit type vloer zijn overspanningen haalbaar tot ongeveer 3,5 m (zonder tijdelijke ondersteuning) of 6 m (met ondersteuning). Soms is afzonderlijke bovenwapening nodig, afhankelijk van het krachterspel. De brandwerendheid van tenminste 30 min. is te verhogen met extra wapening. Extra wapening kan ook de toelaatbare veranderlijke belasting verhogen. Kenmerkend aan staalplaatbetonvloeren is het lichte gewicht, wat kostenbesparend werkt voor de rest van de draagconstructie en de fundering, de gemakkelijke hanteerbaarheid en snelle montage, en het feit dat ze eenvoudig passend zijn te maken voor onregelmatige plattegronden. Wanneer de staalplaat-betonvloer op de ligger rust, is het mogelijk die te betrekken in de krachtafdracht van de ligger. Door op de bovenflens van de ligger stalen stiften te lassen, ontstaat een schuifvast verbinding tussen staal en beton zodat het een staal-betonligger wordt. Voor toepassingen in het zicht is de staalplaat leverbaar met gecoatete onderzijde.



▲ De hoogte van de geprofileerde staalplaat is 77 mm; de dikte van de vloer loopt bij dit project tot 227 mm.

PROJECTGEGEVENS ■ 2004, Eindhoven ■ Vloer leverancier Kempes Koolen Bouwsystemen Arcelor Groep (www.kempesenkoolen.nl) ■ Opdracht Ontwikkelingscombinatie Eindhoven ■ Architect Van Aken Architectuur & Stedenbouw, Eindhoven ■ Constructief ontwerp Adviesbureau Tielemans, Eindhoven ■ Uitvoering Hurks Bouw & Vastgoed, Eindhoven en Heijmans IBC, Rosmalen ■ Staalconstructie ZNS Hollandia Keizersveer, Raamsdonkveer



grote vrije overspanning gering gewicht korte bouwtijd

APPARTEMENTEN SCHUTTERSVELD, DELFT Twee voormalige gebouwen van de TU, de Centrale Bibliotheek uit 1917 en Weg- en Waterbouw uit 1923, stonden al enkele jaren leeg. Herbestemming tot woningen behoeftte het beeldbepalend gebouwencomplex aan de rand van de binnenstad voor sloop. De gebouwen konden grotendeels blijven staan; wel is de houten kap vervangen door een staalconstructie om daarin drie lagen woningen te kunnen onderbrengen. Zonder die ingreep zou het plan niet haalbaar zijn.

De meeste nieuwe vloeren zijn uitgevoerd als staalframevloeren. Daarvoor waren verschillende redenen. Met deze oplossing bleef het inbouwpakket licht wat van belang was omdat de paalfundering maar weinig overcapaciteit had. Daarnaast kunnen deze vloeren de gegeven traveemaat van 7,5 m zonder tussensteunpunt overspannen terwijl er niet veel constructiehoogte beschikbaar was. Daarbij is een voordeel dat de vloer betrekkelijk stijf is en niet kruipt. Verder is een staalframevloer goed te combineren met andere constructies zoals warmgewalste profielen. Afwijkende systeemmaten en vides zijn er gemakkelijk mee te maken.

De staalframevloeren zijn in dit project alleen toegepast binnen woningen, dus niet woningscheidend. Ze zijn afgewerkt met een 'droge' zwevende dekplaat om geluid en voelbare trillingen te dempen. De koudgewalste stalen profielen van 2 tot 3 mm dik liggen op een onderlinge afstand van 0,6 m zodat plafonds gemakkelijk zijn te bevestigen.

STAALFRAMEVLOER Drager van de vloerelementen zijn koudgevormde stalen C- en U-profielen van 1 tot 4 mm dik die in de werkplaats worden samengesteld tot frames. De in de staalfabriek aangebrachte zinklaag is ruim voldoende corrosiewerend om in een niet-agressief binnenklimaat aan een technische levensduur van vijftig jaar te voldoen. Overspanningen tot ruim 7 m en uitkragingen zijn mogelijk. Kenmerkend is het lichte gewicht van circa 175 kg/m² voor het gehele vloerpakket, wat verschillende voordelen heeft. Zo zijn transport en montage relatief eenvoudig, en volstaat een lichte fundering. Dat laatste is vooral bij renovatie van belang.

De frames worden op de bouwplaats samengevoegd volgens de constructieprincipes van houtskeletbouw. De maatvastheid is zeer hoog, zowel tijdens de bouw als de gebruiksperiode. De droge montage is vrijwel niet afhankelijk van het weer.

Staalframevloerelementen kunnen worden toegepast in volledige staalframebouw of worden gecombineerd met een betonnen casco of staalskelet. De vloeren zijn geschikt voor nieuwbouw en renovatie in woning- en utiliteitsbouw; ze voldoen aan alle eisen van een woningscheidende vloer.

Opvallend vaak worden staalframevloeren toegepast bij herbestemming van bestaande (monumentale) panden, 'optoppen' en binnenstedelijke bouwopgaven. Door hun samenstelling voldoen staalframevloeren goed aan de doelstellingen van industrieel, flexibel en demontabel bouwen.



staalframe-betonvloer



stijve, trillingvrije vloer doorontwikkeling van unitbouw

SCHOOL EN KINDERDAGVERBLIJF, DE MEERN Voor een tijdelijk gebouw zijn schakelbare, geprefabriceerde 'units' een veelgebruikte oplossing. Dit schoolgebouw was bedoeld voor minstens vijf jaar en de opdrachtgever wilde niet dat de school het tijdelijk karakter kreeg dat unitbouw nogal eens kenmerkt. Daarom is het gebouw voor zo'n driehonderd scholier-tjes zowel van binnen als van buiten met zorg vormgegeven. Allerlei verbijzonderingen zoals trappen, luifels en de entree maken van het gebouw meer dan een verzameling geschakelde units.

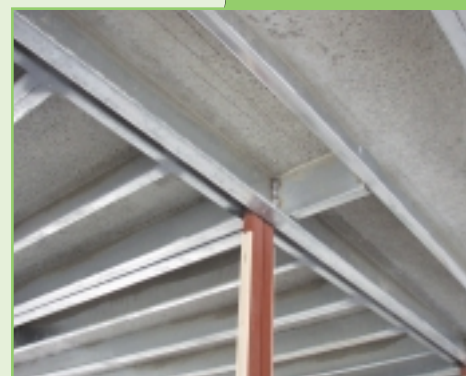
Ook moest er een solide vloer in komen die niet hinderlijk trilt en geen geluidsoverlast veroorzaakt. Daarom is de lichte (meestal houten) vloer die gangbaar is voor units hier vervangen door een staalframe-betonvloer.

Het gebouw van 3.800 m² is opgetrokken uit tweehonderdtien units. Door de extreem doorgevoerde prefabricage stond het binnen zes maanden overeind. Tijdens deze korte bouwperiode is de overlast klein; er is betrekkelijk weinig materieel nodig. Na gebruik van enkele jaren worden units opnieuw ingezet, eventueel na in de fabriek te zijn aangepast of gerenoveerd.

STAALFRAME-BETONVLOER Deze vloer bestaat uit een dragend frame van thermisch verzinkte, koudgeformde U-en C-profielen. Daarop ligt een gewapend betonlaag van ongeveer 60 mm. Staal en beton werken constructief samen; via een wapeningsnet zijn ze schuifvast aan elkaar verbonden. Het frame is licht getoogd om uiteindelijk een vlakke vloer te krijgen.

De vloerelementen worden in de fabriek geprefabriceerd. Deze elementen kunnen worden toegepast in prefab units (zoals bij de hierboven beschreven school), maar ook in combinatie met andere bouwsystemen zoals het 'Snelbouw Montagesysteem' (SBM). Bij dit systeem worden op de bouwplaats modules samengesteld uit vrijwel kant-en-klare vloeren, gevels, binnenwanden, daken, trappen enz. De hoofdconstructie is gemaakt van slanke, warmgewalste kokerkolommen op de hoeken en UNP-profielen langs de randen. Door de standaard knoop zijn modules gemakkelijk te stapelen en schakelen. De ruimten zijn flexibel in te delen. Leidingen lopen door sparingen in de dunwandige staalprofielen of eronder door. De plafonds (of isolatie bij begane-grondvloeren) worden op de bouw aangebracht, evenals de brandwerende bekleding van kolommen. Standaard zijn de modules 3x6 m of 2,5x7,5 m. Staalframe-betonvloeren lenen zich voor toepassing in semi-permanente (senioren)woningen, scholen, kantoren en extra bouwlagen op bestaand (flat)gebouwen.

Door de sterk doorgevoerde prefabricage gaat de montage op de bouw snel en met weinig overlast. Hetzelfde geldt later voor de demontage. Na enige jaren gebruik zijn bouwelementen of units in te zetten voor een volgende bestemming. De vloer past dus goed in industrieel, flexibel en demontabel bouwen.



PROJECTGEGEVENS ■ 2002, De Meern ■ Vloer leverancier Trio Bouwsystemen ■ Opdracht Gemeente Vleuten-De Meern ■ Architect Architectenburo De Zeeuw, Herwijnen ■ Constructief ontwerp Bouwkundig adviesbureau Henk Docter, Ridderkerk en Bouwkundig adviesbureau Van den Berg, Rotterdam ■ Uitvoering en productie Trio Bouwsystemen (BUKO groep), Vuren ■ Staalconstructie Buik, Hardinxveld ■ Begeleiding en ontwikkeling (tevens systeembeheerder Corus Star-Frame Bouwsysteem) GeNie Consult en Partners (www.genieconsult.nl), Alphen aan den Rijn

GELUIDWERING TUSSEN WONINGEN IN WOONGEBOUWEN MET EEN STALEN DRAAGCONSTRUCTIE EN LICHTGEWICHT VLOEREN EN WANDEN

ir. Susanne Bron-van der Jagt, TNO, s.bron@bouw.tno.nl
prof.ir. Eddy Gerretsen, TNO, gerretsen@tpd.tno.nl

1 INLEIDING

Geluid is een belangrijk aspect bij het ontwerpen en de realisatie van woongebouwen. In het algemeen geldt: hoe meer massa de scheidingsconstructies hebben, hoe beter de geluidwering. Maar hoe zit dit met lichtgewicht constructies? Leiden die automatisch tot een beperkte geluidwering? Of vindt de geluidoverdracht via lichtgewicht bouwconstructies op een andere wijze plaats?

Dit deel van de brochure richt zich op de geluidwering in woongebouwen die zijn opgebouwd uit een stalen draagconstructie en lichtgewicht vloeren en wanden. Twee geluidtechnische aspecten worden hierbij onder de loep genomen: (1) de geluidwering tussen woningen; (2) geluid in woningen ten gevolge van installaties. Voor beide aspecten gelden wettelijke eisen zoals opgenomen in het Bouwbesluit 2003.

Ook aan de geluidwering binnen woningen en aan de wering van geluid van buiten worden eisen gesteld.

De vloeren en wanden binnen in de woning en de gevels en daken dienen hieraan te voldoen. Dit brochuredeel gaat niet verder op dit aspect in.

De geluidwering tussen twee ruimten wordt niet alleen bepaald door de geluidisolerende eigenschappen van de directe scheidingsconstructie tussen deze ruimten. Ook de daarop aansluitende constructies en bouwkundige knooppunten spelen een belangrijke rol.

Over de toepassing van lichtgewicht vloeren en wanden in combinatie met stalen draagconstructies in woongebouwen in Nederland bestaat nog niet veel ervaring. Bij de productontwikkeling vindt onderzoek plaats, zeker ook op geluidtechnisch gebied. Dit deel van de brochure gaat dan ook niet alleen over de geluidisolatie van losse vloeren en wanden, maar ook over andere aspecten die van belang zijn voor voldoende geluidwering in woongebouwen.

2 BOUWELEMENTEN: LICHTGEWICHT WANDEN EN VLOEREN

2.1 Lichtgewicht woningscheidende wanden

Lichtgewicht wandsystemen waarmee in woongebouwen aan de eisen van het Bouwbesluit 2003 tussen woningen kan worden voldaan zijn reeds jaren beschikbaar. Deze wanden bestaan uit een gescheiden stijl- en regelwerk waartegen aan weerszijden gipskartonbeplating wordt aangebracht. De spouw tussen de bladen is relatief groot: minimaal 150 mm, meestal meer. In de spouw bevindt zich minerale wol. Er zijn alternatieven voor het plaatmateriaal en de opbouw.

Zonder nader in te gaan op specifieke varianten en leveranciers is met deze wanden een hoge geluidisolatie te realiseren.

In het laboratorium zijn waarden behaald die groter zijn dan $R_A = 60 \text{ dB(A)}$. Daarmee is $I_{u,k} = +5 \text{ dB}$ haalbaar.

2.2 Lichtgewicht woningscheidende vloeren

Pas sinds een aantal jaren worden complete, lichtgewicht vloersystemen ontwikkeld waarmee aan de huidige Bouwbesluit-eisen voor woongebouwen is te voldoen.

Deze vloeren zijn opgebouwd uit uitsluitend lichtgewicht constructielagen of uit een combinatie van lichtgewicht en zwaardere constructielagen. Maar zelfs bij toepassing van een zwaardere constructielaag blijft de totale oppervlaktemassa van de vloer nog altijd ver onder de oppervlaktemassa van 600 kg/m^2 en meer van betonvloeren.

De dubbele vloeren kunnen worden onderverdeeld in vier groepen:

- vloeren uitsluitend bestaande uit lichtgewicht constructielagen;
- vloeren uitsluitend bestaande uit relatief zware constructielagen;
- vloeren met een relatief zware constructielaag onder en een lichte constructielaag boven;
- vloeren met een relatief zware constructielaag boven en een lichte constructielaag onder.

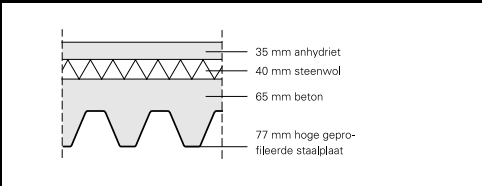
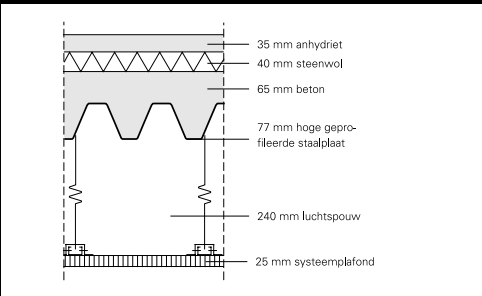
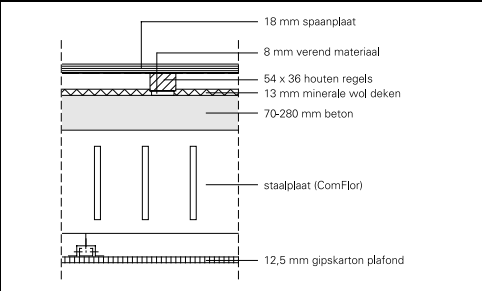
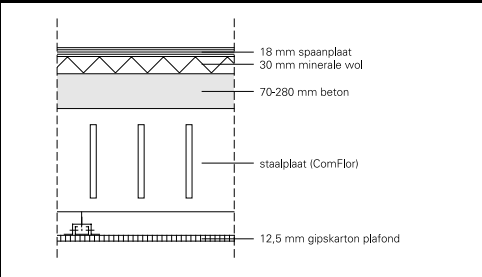
Vloeren met drie constructielagen bezitten meestal een relatief zware constructielaag en twee lichte constructielagen.

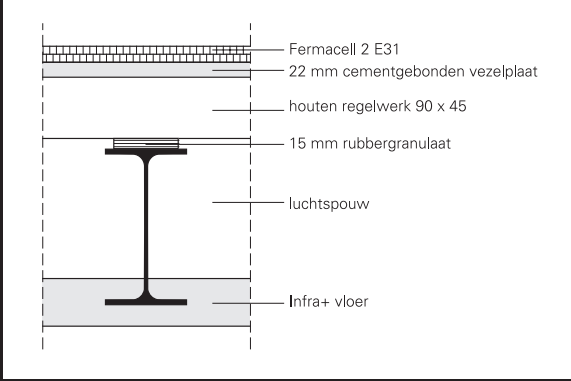
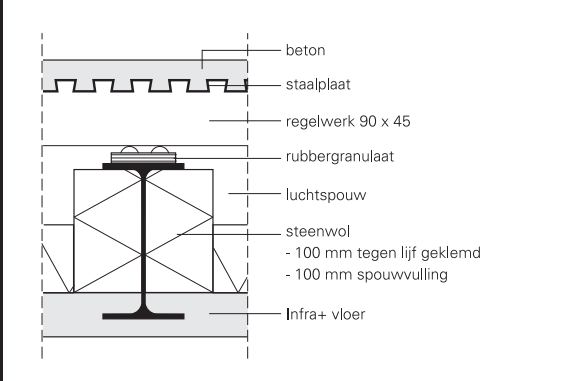
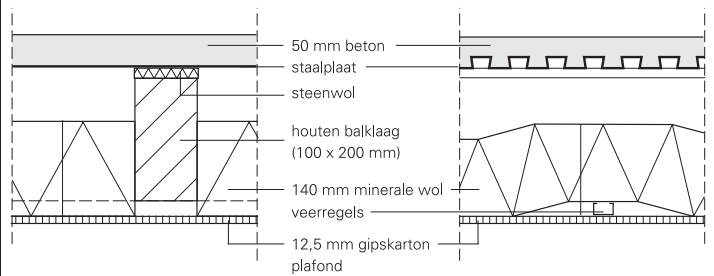
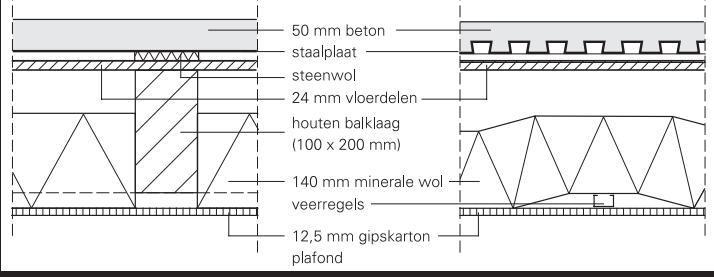
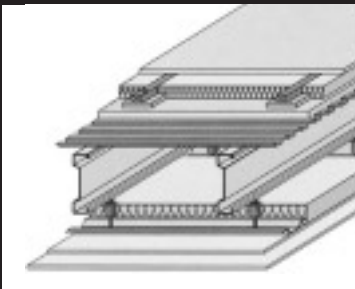
Van diverse lichtgewicht vloersystemen is de lucht- en contactgeluidisolatie in het laboratorium bepaald. Deze proeven werden in Nederland of in het buitenland gedaan. Uit de laboratoriummetingen is de verwachting afgeleid, dat met lichtgewicht vloersystemen aan het Bouwbesluit 2003 kan worden voldaan. Voorwaarde is een goed totaal gebouwconcept (zie kaders en het navolgende onderdeel). Ter illustratie is een aantal bekende vloersystemen opgenomen in tabel 1. In deze tabel staan eveneens de in het laboratorium behaalde lucht- en contactgeluidisolatiewaarden.

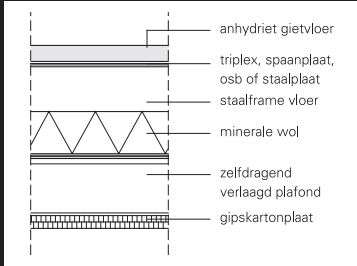
Per systeem zijn twee voorbeelden van vloeren opgenomen. Voor verdere voorbeelden wordt verwezen naar de productinformatie van de leveranciers.

Tabel 1

Voorbeelden van lichtgewicht vloersystemen en in het laboratorium bepaalde lucht- en contactgeluidisolatie; vloerafmetingen ca. 10 m².

Fabrikaat /leverancier	Illustratie vloeropbouw	R _A [dB(A)] ¹	L _{n,A} [dB(A)] ²
'lage'staalplaat-betonvloer [6], 270 kg/m ²		54	51
'lage'staalplaat-betonvloer [6], 270 kg/m ²		58	47
Slimdek/Dutch Engineering [7], 255 kg/m ²		59	47
Slimdek/Dutch Engineering [7], 260 kg/m ²		57	52

Fabrikaat /leverancier	Illustratie vloeropbouw	R_A [dB(A)] ¹	$L_{n,A}$ [dB(A)] ²
A+/PreFab Limburg [8], 265 kg/m ²	 Fermacell 2 E31 22 mm cementgebonden vezelplaat houten regelwerk 90 x 45 15 mm rubbergranulaat luchtsponw Infra+ vloer	60	47
A+/PreFab Limburg [8], 300 kg/m ²	 beton staalplaat regelwerk 90 x 45 rubbergranulaat luchtsponw steenwol - 100 mm tegen lijf geklemd - 100 mm spouwvulling Infra+ vloer	60	45
Lewis/Reppel [9], 120 kg/m ²	 50 mm beton staalplaat steenwol houten balklaag (100 x 200 mm) 140 mm minerale wol veerregels 12,5 mm gipskarton plafond	59 ⁴	52 ⁴
Lewis/Reppel [9], 185 kg/m ²	 50 mm beton staalplaat steenwol 24 mm vloerdelen houten balklaag (100 x 200 mm) 140 mm minerale wol veerregels 12,5 mm gipskarton plafond	57 ⁴	47 ⁴
Sadef [15], 200 kg/m ²		53 ⁴	55 ⁴

Fabrikaat /leverancier	Illustratie vloeropbouw	R_A [dB(A)] ¹	$L_{n,A}$ [dB(A)] ²
Corus Star-Frame [14], 200 kg/m ²		≥ 51 ⁴	≤ 54 ⁴

1 in het laboratorium bepaalde gewogen luchtgeluidisolatie voor binnengeluid; isolatie-index $I_{lu,lab} \approx R_A - 51$ dB.

2 in het laboratorium bepaalde gewogen contactgeluidisolatie voor loopgeluid; isolatie-index $I_{co,lab} \approx 59 - L_{n,A}$ dB.

3 dit figuur is ontleend aan het artikel "Kansen voor lichte, woningscheidende vloeren", Bouwwereld nr.12, 2002 [11]

4 schatting op basis van een combinatie van berekeningen, laboratorium- en/of praktijkmetingen

Naast de directe geluidoverdracht door de vloerconstructies spelen ook andere geluidtransmissiewegen een rol. Daarom, én vanwege het verschil tussen laboratorium- en praktijkprestaties (zie kader), moeten de akoestische prestaties van een vloer tenminste $R_A \geq 55$ dB(A) en $L_{n,A} \leq 50$ dB(A) zijn om aan de eisen in het Bouwbesluit 2003 te kunnen voldoen. Uit tabel 1 zijn enkele trends af te leiden. Vloeren die uit twee constructielagen bestaan, zijn minder geschikt voor toepassing in woongebouwen. Een uitzondering hierop vormen vloeren met twee zware constructielagen, die verend gekoppeld zijn. Hiermee zijn in het laboratorium hogere geluidisolatiewaarden behaald. Voor een aantal van de weergegeven vloeren voldoen de akoestische prestaties net niet aan de gestelde eisen. Met vloeren met drie, verend gekoppelde, constructielagen zijn de genoemde laboratorium-prestaties haalbaar. Dit impliceert dat lichtgewicht vloeren bij voorkeur uit minimaal drie constructielagen of twee (relatief zware) zeer goed ontkoppelde (verend gekoppelde) constructielagen moeten bestaan om in de praktijk voldoende geluidwering in woongebouwen te kunnen realiseren. De constructielagen zijn op één plaats of twee plaatsen verend gekoppeld.

3 Lichtgewicht gebouwconcepten

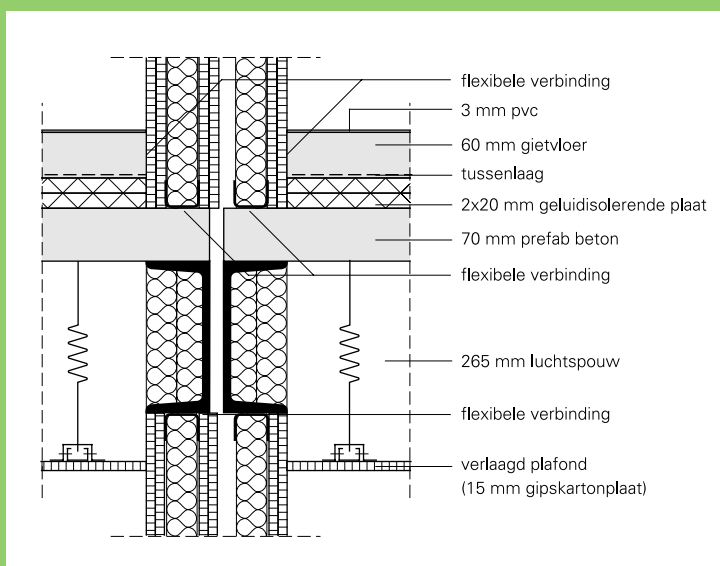
3.1 Stalen (hoofd)draagconstructies en bouwkundige knooppunten

Zoals vermeld gaat het bij de geluidwering tussen ruimten niet alleen om de geluidisolatie van afzonderlijke wand- en vloerelementen, maar vooral ook om de geluidverzwakking in de bouwkundige knooppunten. Over de geluidverzwakking van bouwkundige knooppunten in woongebouwen met lichte constructies zijn weinig gegevens bekend. Praktijkvoorbeelden zijn er nog niet veel, althans niet in Nederland. In Scandinavië, Groot-Brittannië, Canada, de VS en Japan is het echter gebruikelijker woongebouwen op te bouwen uit lichtgewicht constructies.

Hier zijn voorbeelden gegeven van woningscheidende constructies en detailleringen waarmee in principe aan de geluideisen van het Bouwbesluit 2003 is te voldoen. De eerste twee voorbeelden zijn in de praktijk gerealiseerd. De laatste twee voorbeelden zijn ontwerpen van details voor Nederlandse woongebouwen, zoals verkregen van de leveranciers. Er zijn geen voorbeelden bekend van in de praktijk gerealiseerde woongebouwen met bouwknopen behorende bij exact dezelfde vloeren zoals opgenomen in de tabel. Daarom zijn in deze paragraaf voorbeelden opgenomen van bouwknopen behorende bij vergelijkbare vloeren. Het gaat hierbij meer om het principe van detailleren dan om de exacte dimensionering en het exacte materiaalgebruik. Daarvoor kunnen ook andere oplossingen worden gezocht. Overigens zal de uiteindelijke toepassing van lichtgewicht vloeren, wanden en de bijbehorende details per bouwproject beoordeeld dienen te worden, in ieder geval indien de verwachte geluidtechnische prestaties dichtbij de eisen liggen.

De vloeren hebben een wezenlijk verschillende opbouw. De opbouw van de vloerconstructies bepaalt in belangrijke mate hoe de detaillering van de bouwkundige knooppunten eruit ziet. Een zwaar vloerdeel (zie de vorige paragraaf) is vaak (via geïntegreerde liggers) gekoppeld aan de hoofddraagconstructie van het gebouw. Maar als de vloer uitsluitend uit lichtgewicht vloerdelen bestaat zijn de vloerliggers verbonden met de hoofddraagconstructie. De (hoofd)draagconstructies zijn vaak opgebouwd uit warmgewalste stalen kolommen en liggers. De gebouwconcepten in deze brochure onderscheiden zich hiermee van andere, gangbare concepten met veelal een relatief zware draagconstructie en toegevoegde lichtere bouwdelen als voorzetwanden, verend opgelegde dekvloeren en verlaagde plafonds.

Uit de voorbeelden blijkt dat een dubbele wandopbouw, een twee- of drielagige vloeropbouw en/of een verregaande ontkoppeling van verschillende delen van de stalen (hoofd)draagconstructie gebruikelijk zijn voor de realisatie van een goede geluidwering. De verschillende lagen in de woningscheidende wand- en vloerconstructies zijn ontkoppeld of verend gekoppeld. Woningsscheidende wanden, verend opgelegde dekvloeren en verlaagde plafonds zijn ontkoppeld of verend gekoppeld aan andere constructies. Dit geldt zowel voor de regels, stijlen, plafondhangers enz., als voor de beplating of andere constructielagen. Overigens wordt opgemerkt dat niet van alle voorbeelden bekend is hoe de detaillering van de aansluiting van vloerliggers op kolommen gerealiseerd is. De wijze van aansluiting bepaalt mede de te behalen geluidwering. De hoofddraagconstructie kan, afhankelijk van het gebouwconcept, worden opgenomen in de woningscheidende wanden, de gevels of beide. De plaats van de hoofddraagconstructie bepaalt in belangrijke mate de ontwerpvrijheid en flexibiliteit bij aanpassingen in de toekomst. Als de hoofddraagconstructie in de woningscheidende wanden wordt opgenomen ligt de plaats van deze wanden vast. Als in de toekomst behoefte is aan vergroting van woningen kunnen de nieuwe, woningscheidende wanden alléén op deze plaatsen worden toegepast. Verkleining van woningen is in dat geval moeilijk, tenzij vooraf in het gebouwconcept mogelijkheden worden ingebouwd voor de plaatsing van extra woningsscheidende wanden, bijvoorbeeld door het opnemen van extra (nu nog niet benodigde) dilataties in de vloerconstructie en gevels. Als de hoofddraagconstructie in de gevels wordt opgenomen, is het opnemen van extra dilataties in de vloerconstructie op plaatsen waar in de toekomst mogelijk woningscheidende wanden worden gesitueerd gemakkelijker. In dat geval dient echter extra aandacht aan dilataties of flexibele bevestigingen in de gevel te worden besteed, op plaatsen waar nu woningsscheidende wanden worden gesitueerd, maar ook op plaatsen waar daarvoor in de toekomst mogelijkheden worden geboden. Deze problematiek zal minder spelen bij de vloeren, tenzij bijvoorbeeld een appartement dat thans uit twee woonlagen bestaat in de toekomst kan worden opsplitst in twee boven elkaar gelegen appartementen. Daarvoor dienen dan nu dilataties in de gevels en ontkoppelingen van de hoofddraagconstructie en woningsscheidende wanden ter plaatse van de vloeren te worden voorzien.



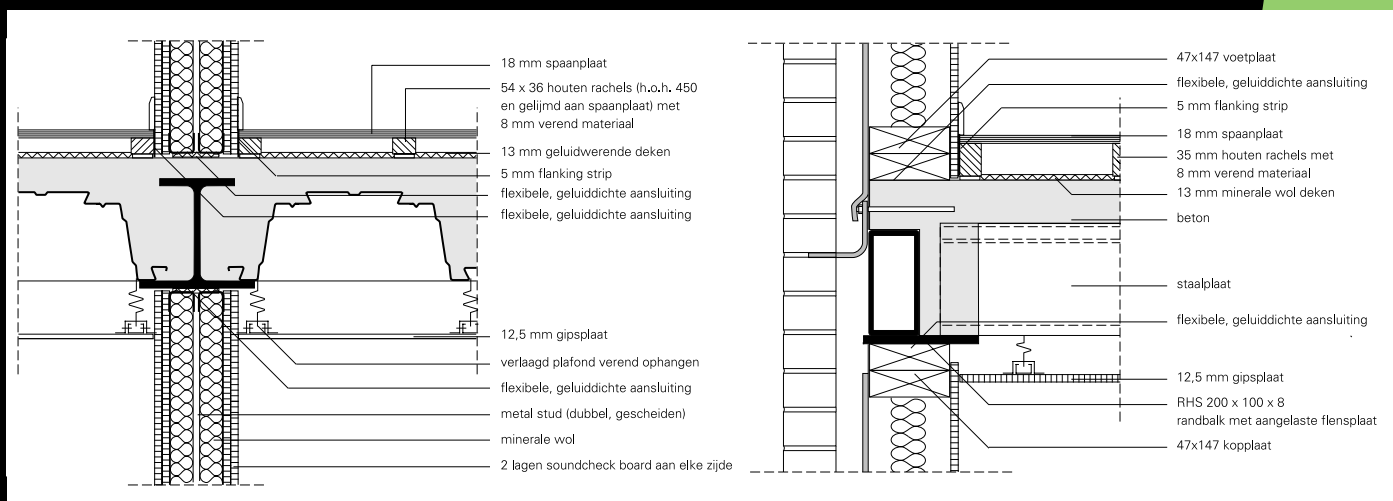
Figuur 2

Voorbeeld van een detail woningscheidende vloer – woningscheidende wand in een woongebouw in Wenen, Oostenrijk [12]

Naast elkaar gelegen woningen: $I_{L;K} = +3$ dB

Boven elkaar gelegen woningen: $I_{L;K} = +5$ dB;

$I_{C0} = +14$ dB



Figuur 3

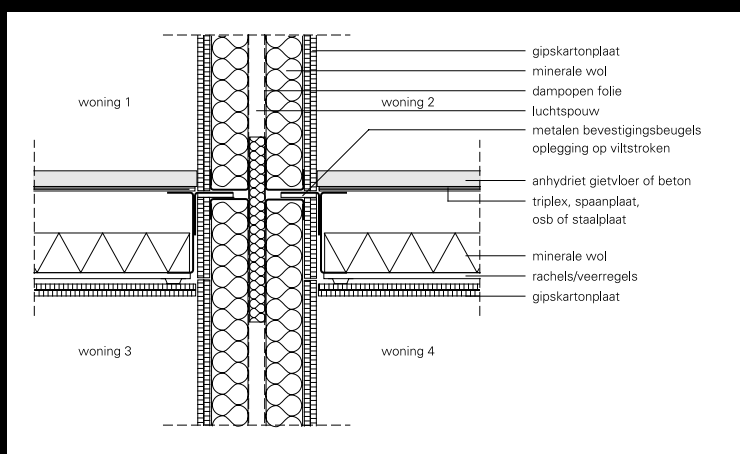
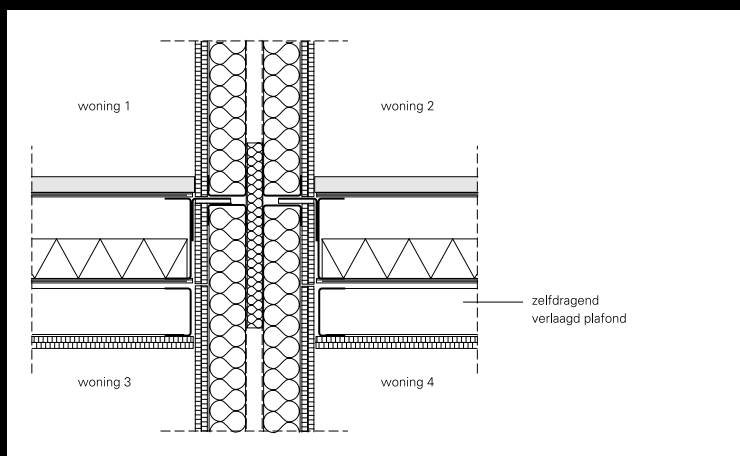
Voorbeelden van details voor een Slimdek vloer (totale vloerhoogte circa 420 mm) in een woongebouw in Glasgow, Groot-Brittannië [13]

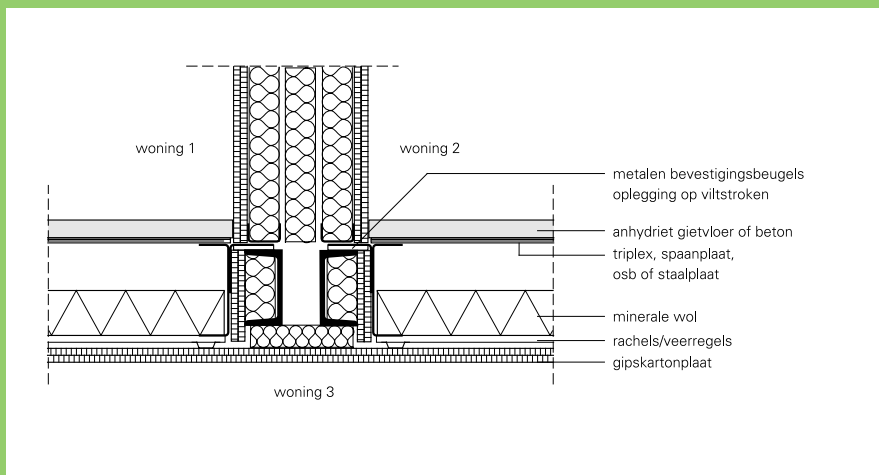
Linkerdetail: woningscheidende vloer – woningscheidende wand;

Rechterdetail: woningscheidende vloer - gevel

Naast elkaar gelegen woningen, gemiddeld: $I_{LW,k} = +3 \text{ dB}$

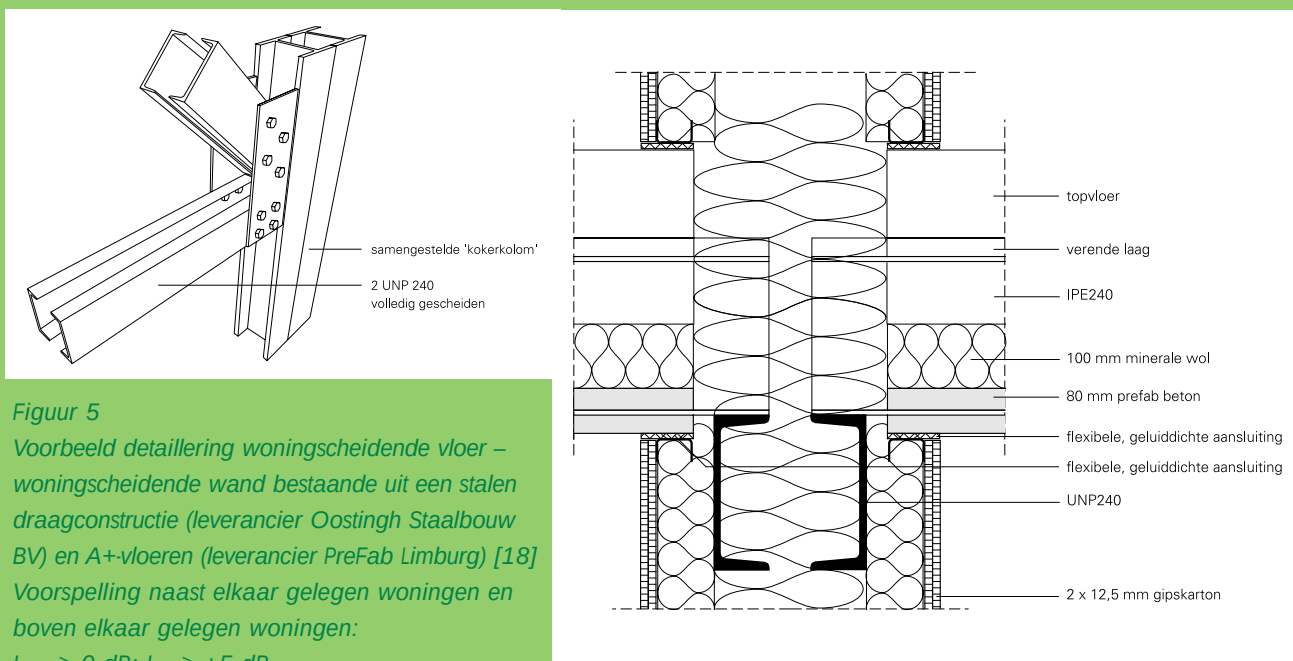
Boven elkaar gelegen woningen, gemiddeld: $I_{LW,k} = +10 \text{ dB}$; $I_{CO} = +10 \text{ dB}$





Figuur 4

Voorbeeld detaillering woningscheidende vloer – woningscheidende wand bestaande uit een constructie van het fabrikaat Corus Star-Frame [14] Voorspelling naast elkaar gelegen woningen en boven elkaar gelegen woningen: $I_{L_{u;k}} \geq 0$ dB; $I_{C_0} \geq +5$ dB [14]



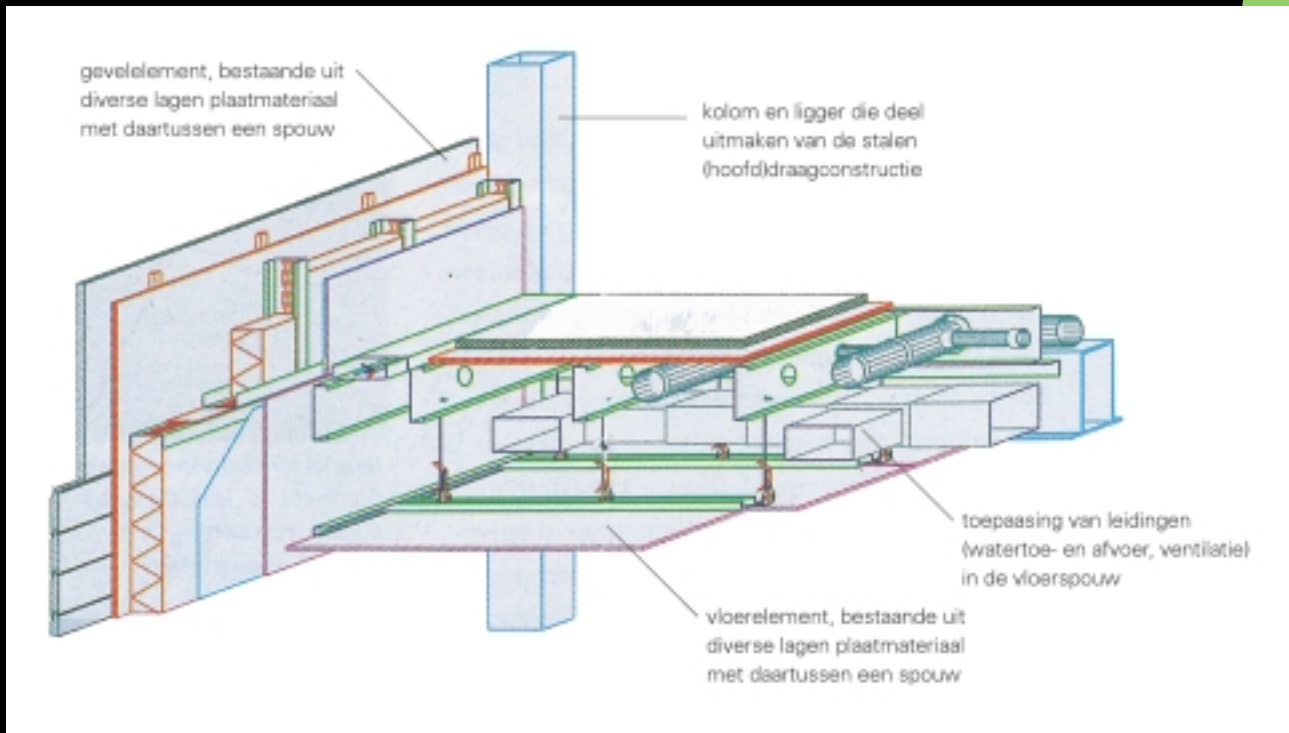
Figuur 5

Voorbeeld detaillering woningscheidende vloer – woningscheidende wand bestaande uit een stalen draagconstructie (leverancier Oostingh Staalbouw BV) en A+-vloeren (leverancier PreFab Limburg) [18] Voorspelling naast elkaar gelegen woningen en boven elkaar gelegen woningen: $I_{L_{u;k}} \geq 0$ dB; $I_{C_0} \geq +5$ dB

3.2 Toepassing van leidingen in en installaties op lichtgewicht woningscheidende vloeren

De spouw in meerlagige vloerconstructies is ruimtetechnisch gezien zeer geschikt voor de plaatsing van drinkwater- en afvoerleidingen en luchtkanalen. Bij de plaatsing dient echter rekening gehouden te worden met de eis voor installatiegeluid in het Bouwbesluit 2003 (zie kader). Als de leidingen in de spouw van een woningscheidende vloer worden opgenomen doen zich twee mogelijkheden voor. Als de leidingen uit de boven de vloer gelegen woning komen, moet de geluidisolatie van de zich onder de leidingen bevindende constructielaag aan de eis voldoen. Wanneer de leidingen aan de onder de vloer gelegen woning toebehoren dient de geluidisolatie van de zich boven de leidingen bevindende constructielaag voldoende te zijn. Het kan voorkomen dat leidinggeluid meer bepalend is voor de opbouw van de constructielagen dan lucht- of contactgeluid. Een ander aspect dat een belangrijke rol speelt is de wijze van bevestigen van zowel de leidingen als toestellen, zoals ketels, toiletpotten, enz. Flexibele materialen die de geluidoverdracht van de installatie naar bijvoorbeeld een traditionele betonnen vloer reduceren, werken mogelijk niet of nauwelijks bij de toepassing tussen de installatie en een lichtgewicht bouwconstructie. Maatregelen die voortvloeien uit de toepassing van installaties op en leidingen in lichtgewicht bouwconstructies zijn sterk product- en projectgebonden. Daarom wordt in dit brochuredeel niet verder op dit aspect ingegaan.

Door de keukens en sanitaire ruimten in woongebouwen boven en naast elkaar te clusteren worden de maatregelen sterk gereduceerd. Door clustering worden leidingen zo min mogelijk over grote afstanden door de vloer gevoerd, maar kunnen deze naar leidingsschachten op korte afstand van de genoemde ruimten worden geleid.



Figuur 5

*Opbouw lichtgewicht vloer- en gevelelementen en toepassing van installaties
(uit: Corus Star-Frame productdocumentatie [14])*

4 AANDACHTSPUNTEN VOOR VERDERE ONTWIKKELING VAN LICHTGEWICHT GEBOUWCONCEPTEN

De ontwikkeling van lichtgewicht, woningscheidende vloerconstructies met een hoge geluidisolatie is in volle gang. De geluideisen voor woongebouwen beperken zich niet tot de geluidisolatie van aparte vloer- of wandconstructies, maar richten zich op de geluidwering tussen ruimten. De geluidoverdracht tussen ruimten wordt in het algemeen door verschillende overdrachtswegen bepaald. Naast de geluidisolatie van vloeren en wanden is daarom ook de geluidverzwakking in bouwkundige knooppunten van belang. Afhankelijk van de toegepaste vloer- en wandconstructies en bouwkundige knooppunten is de geluidoverdracht via flankerende overdrachtswegen (zie kader) kleiner dan, gelijk aan of zelfs groter dan de geluidoverdracht via de directe scheidingswand of -vloer tussen woningen. De geluidoverdracht via flankerende geluidoverdrachtswegen kan dermate groot zijn dat niet aan de geluideisen wordt voldaan. Dit betekent dat, naast de ontwikkeling van afzonderlijke vloer- en wandsystemen, met name de ontwikkeling van gebouwconcepten van belang is. Een gebouwconcept beschrijft naast de afzonderlijke vloer- en wandconstructies ook de opbouw en detailering van bouwkundige knooppunten.

Teneinde effectieve lichtgewicht gebouwconcepten te ontwikkelen is het van belang in ieder geval de volgende aspecten integraal te beschouwen:

- constructieve aspecten;

- brandtechnische aspecten;
- geluidtechnische aspecten: geluidwering tussen ruimten, installatiegeluid, geluidwering van uitwendige scheidingsconstructies;
- uitvoeringstechnische aspecten;
- kostentechnische aspecten.

Het uiteindelijk gerealiseerde gebouw dient aan de eisen te voldoen. De maakbaarheid van constructies en detailleringen zijn hierbij zeer van belang.

5 REFERENTIES

- [1] Bouwbesluit 1992, Stb 680, 1991 e.v.
- [2] Bouwbesluit 2003, Stb 410, 2001 e.v.
- [3] NEN 5077, *Geluidwering in gebouwen - Bepalingsmethoden voor de grootheden voor luchtgeluidisolatie, contactgeluidisolatie, gevelgeluidwering en geluidniveaus veroorzaakt door installaties*, 1991.
- [4] NEN 1070, *Geluidwering in gebouwen - Specificatie en beoordeling van de kwaliteit*, 1999.
- [5] NPR 5079, *Geluidwering in gebouwen - Het weergeven in één getal van de geluidwering in gebouwen en het gebruik van de ééngetalsaanduidingen van bouwelementen*, 1999.
- [6] TNO rapport TPD-HWM-RPT-90912057, *Lucht- en contactgeluidisolatie van vier staalplaat-betonvloeren*, 1990 i.o.v. Metal Profil, Vasim, Rockwool, Akzo, Vereniging van Betonmortelfabrikanten en Project Analyse Bureau van het Centrum Staal en met speurwerkgelden van TNO.
- [7] Productinformatie Dutch Engineering. Test report number BTC 2782A, *Acoustic test report covering laboratory sound insulation test to BS 2750: part 3: and part 6:1980 on a 397 mm composite floor with a Durabella walking surface and a Gyproc gyplyner ceiling system, lined with a single layer of 12.5 mm Gyproc wallboard*", i.o.v. SCI, maart 1995 en test report number BTC 2791A, *Acoustic test report covering laboratory sound insulation test to BS 2750: part 3: and part 6:1980 on a 391 mm composite floor with a Rockfloor walking surface and a Gyproc gyplyner ceiling system, lined with a single layer of 12.5 mm Gyproc wallboard*", i.o.v. SCI, april 1995.
- [8] Productinformatie PreFab Limburg. TNO rapport HAG-RPT-010135, *lucht- en contactgeluidisolatie van verend opgelegde dekvloeren op basis van het INFRA+ vloersysteem*, november 2001, i.o.v. PreFab Limburg".
- [9] Productinformatie Reppel. KOMO-atteest (nr. K7470/04, januari 2001) Lewis®-Zwaluwstaartplaten®
- [10] Productinformatie Starframe en KOMO-atteest (nr. ATT 0436/02) Corus Star-Frame Bouwsysteem en aanvullingen 2003.
- [11] Bron- van der Jagt, G.S., *Kansen voor lichte, woningscheidende vloeren*, Bouwwereld 12, juni 2002.
- [12] ECCS/CECM/EKS-publicatie no. 104, *Multi-Storey Buildings in Steel – Thermal and Acoustic Insulation*, november 2002.
- [13] Productblad project Glasgow, SCI Case Study 4, *Acoustic Performance of Slimdek in Residential Buildings*, 2002.
- [14] Productbladen Corus Star-Frame met inschatting geluidwerende prestaties door Kupers en Niggebrugge.
- [15] Productinformatie Sadef.
- [16] ECSC-rapport, *Development of Dry Composite Construction Systems: ECSC-project 7210-PB-115; Thermal and Acoustic performance of floors and walls*, januari 2000.
- [17] Diverse publicaties van het Steel Construction Institute.
- [18] TNO rapport 2002-GGI-R021, *Lucht- en contactgeluidisolatie in het project La Fenêtre te Den Haag – geluid-overdracht tussen naast elkaar gelegen woningen*, i.o.v. PreFab Limburg en Oostingh Staalbouw BV, juni 2002.

EISEN VOOR GELUIDWERING TUSSEN WONINGEN EN INSTALLATIEGELUID

In het Bouwbesluit 2003 zijn eisen opgenomen voor de geluidwering tussen woningen. Deze eisen betreffen de geluidwering tussen ééngesinswoningen en tussen woningen in woongebouwen. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de wering van luchtgeluiden (bijvoorbeeld spraak) en contactgeluiden (bijvoorbeeld lopen).

De eisen zijn vervat in zogenaamde ééngetalsaanduidingen die representatief zijn voor de geluidwering in de octaafbanden 125, 250, 500, 1000 en 2000 Hz. De eisen staan in onderstaande tabel. Voor een nadere beschrijving van de gehanteerde begrippen en de bepalingsmethoden wordt verwezen naar het Bouwbesluit [1], [2] en NEN 5077 [3].

Eisen in het Bouwbesluit 2003 voor geluidwering tussen woningen [2]

	$I_{lu;k}$ [dB] ¹	I_{co} [dB] ²
van besloten ruimte naar verblijfsgebied	0	+5
van besloten ruimte naar besloten ruimte, niet zijnde een verblijfsgebied	-5	0

1 karakteristieke isolatie-index voor luchtgeluid

2 isolatie-index voor contactgeluid; deze eisen zijn in de Bouwbesluit-versie 2003 [2] met 5 dB verzwakt ten opzichte van de versie van 1992 [1]

In de beoordeling is de geluidoverdracht via alle mogelijke overdrachtswegen meegenomen. Dit houdt in dat niet alleen de geluidisolatie van de directe scheidingsconstructie (vloer of wand) van belang is, maar ook de geluidisolatie van de op deze constructie aangesloten constructies en de geluidverzwakking in de bouwkundige knooppunten. Een nadere toelichting staat in het kader "Geluidoverdracht in gebouwen".

Ook voor installatiegeluid zijn eisen in het Bouwbesluit 2003 opgenomen. Het karakteristieke geluid-niveau in een woning, dat wordt veroorzaakt door installaties in een andere woning of elders in het woongebouw, mag niet meer bedragen dan 30 dB(A).

De eisen in het Bouwbesluit 2003 zijn wettelijke minimeisen. Door een betere geluidwering tussen woningen te realiseren wordt bewoners meer comfort geboden. Hiervoor worden aan het gebouw strengere eisen gesteld. Vaak gebeurt dit als maatregel in het kader van duurzaam bouwen en worden eisen gehanteerd die minimaal 5 dB strenger zijn dan de in het Bouwbesluit 2003 opgenomen eisen. NEN 1070 [4] beschrijft vijf kwaliteitsniveaus en de daarbij behorende eisen aan de geluidwering van woningen voor diverse typen geluiden, waaronder ook geluiden van binnen de eigen woning. Deze norm geeft tevens een bepalingsmethode voor de totale geluidweringsklasse van de woning.

GELUIDOVERDRACHT VIA LICHTGEWICHT,

MEERLAGIGE VLOERCONSTRUCTIES

Wat zijn lichtgewicht, meerlagige vloerconstructies?

Belangrijk is de definiëring van het begrip 'lichtgewicht vloerconstructies'. Hieronder vallen niet de traditionele betonnen vloerconstructies in woongebouwen. Bedoeld worden vloerconstructies die bestaan uit twee of meer lagen met een (zeer) beperkte oppervlaktemassa. Tussen de lagen bevindt zich een luchtsponw, die eventueel gevuld is met minerale wol. De totale oppervlaktemassa van de vloerconstructies bedraagt maximaal 450 kg/m² en is dus beduidend lager dan van gebruikelijke, enkele betonnen vloerconstructies in woonge-

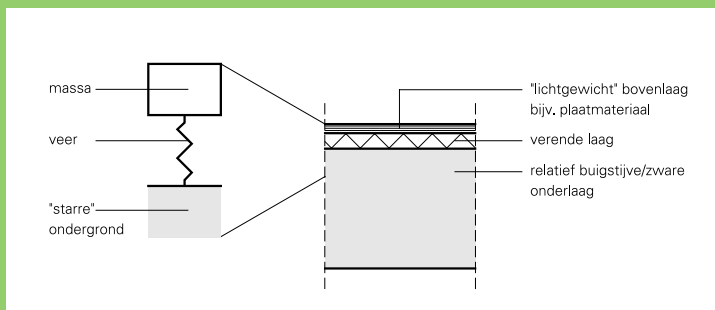
bouwen (minimaal 600 kg/m² ten gevolge van Bouwbesluit versie 1992 [1], minimaal 800 kg/m² ten gevolge van Bouwbesluit versie 2003 [2]). De oppervlaktemassa van de vloerconstructies in dit brochuredeel verschilt overigens sterk (zie tabel 1).

Waarom is met lichtgewicht, meerlagige bouwconstructies een hoge geluidisolatie te behalen?

Om een goede geluidisolatie te behalen, is van twee principes uit te gaan: (1) het toepassen van voldoende massa en (2) het toepassen van dubbele of driedubbele, constructies die 'ontkoppeld' zijn ten opzichte van elkaar. De ont koppeling wordt gerealiseerd door volledige dilatatie (geen koppeling) of door verende elementen toe te passen.

Een lichte, dubbele vloerconstructie kan worden gemodelleerd als een massa-veer-systeem (zie onderstaande figuur).

Zo'n systeem bezit een resonantiefrequentie, waarbij het systeem zeer gemakkelijk in trilling kan worden gebracht. Onder deze frequentie heeft de ont koppeling geen effect. Boven deze frequentie vindt een duidelijke geluidisolatieverbetering plaats ten opzichte van massieve (enkellagige) systemen met dezelfde totale oppervlaktemassa. Doel is de resonantiefrequentie van het massa-veer-systeem ruim onder de octaafband van 125 Hz te houden, bij voorkeur onder de 50 Hz. De resonantiefrequentie wordt bepaald door de massa van het lichtste element en de dynamische veerstijfheid van de verende (ontkoppelende) laag. De verende laag bestaat meestal uit minerale wol, (kurk)rubbergranulaat of vilt. Om een goede ont koppeling te realiseren dient het 'zwaardere element' buigstijf en/of zwaar genoeg te zijn om te kunnen dienen als 'star lichaam' voor de ont koppeling van het andere element.

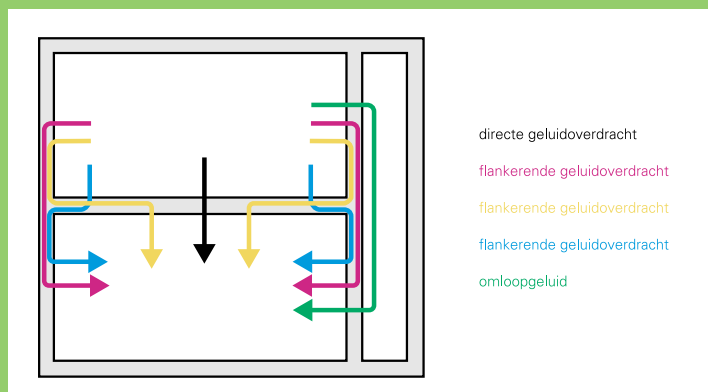


Voorbeeld vloerconstructie en weergave als massa-veer-systeem

GELUIDISOLERENDE PRESTATIES IN HET LABORATORIUM EN IN DE PRAKTIJK

In het laboratorium kunnen de geluidisolerende prestaties van vloer- en wandelementen op basis van geluidmetingen worden bepaald. De lucht- en contactgeluidisolaties van een element voor directe geluidoverdracht werden altijd weergegeven als $I_{lu,lab}$ en $I_{co,lab}$ -waarden. Dit zijn dus onder laboratoriumomstandigheden bepaalde isolatie-indices voor lucht- en contactgeluid. Inmiddels zijn deze bepalingsmethoden Europees genormaliseerd. Voor Nederland betekent dit dat de prestatie in het laboratorium voor de luchtgeluidisolatie wordt weergegeven als $R_A (=R_W + C)$ en voor de contactgeluidisolatie als $L_{n,A} (=L_{n,w} + C_I)$. Deze nieuwe grootheden hebben overigens een vrij directe relatie met de oude grootheden, zodat de overgang geen wezenlijke consequenties heeft: $I_{lu,lab} \approx R_A - 51$ en $I_{co,lab} \approx 59 - L_{n,A}$. Een toelichting hierop wordt gegeven in de praktijkrichtlijn NPR 5079 [5].

Tussen naast of boven elkaar gelegen ruimten vindt echter niet alleen geluidoverdracht plaats via de directe scheidingswand respectievelijk -vloer. Er vindt ook zogenaamde flankerende geluidoverdracht plaats via de op de scheidingsconstructie aangesloten constructies en bouwkundige knooppunten. Verder kan geluidoverdracht via bijvoorbeeld



een gang, ventilatiekanaal of plafondplenum van belang zijn in de geluidoverdracht tussen ruimten. Deze vorm van geluidoverdracht wordt omloopgeluid genoemd.

De diverse geluidoverdrachtswegen zijn hieronder weergegeven.

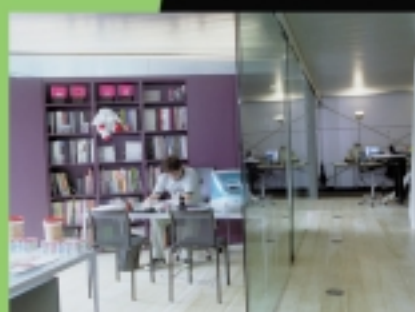
Geluidoverdrachtswegen voor twee boven of naast elkaar gelegen ruimten

De in de praktijk behaalde prestaties van de geluidwering liggen daardoor in het algemeen lager dan die in het laboratorium. In concrete situaties kan die praktijkinvloed vaak wel door berekeningen worden geschat. Als globale benadering is het gebruikelijk voor de praktijk met 2 tot 5 dB meer geluidoverdracht te rekenen. Voor een prestatie in de praktijk van $I_{u,k} \geq 0$ dB en $I_{co} \geq +5$ dB betekent dit globaal een prestatie van de scheidingsconstructie in het laboratorium van tenminste $R_A = 55$ dB(A) en ten hoogste $L_{n,A} = 50$ dB(A); zie ook NPR 5079 [5]. Voor een kwaliteitsklasse beter kan hiervoor $R_A \geq 60$ dB(A) en $L_{n,A} \leq 45$ dB(A) worden aangehouden.

TRILLINGEN EN LAAGFREQUENT GELUID

De eisen in het Bouwbesluit 2003 voor de geluidwering in woongebouwen betreffen de octaafbanden met middenfrequenties 125 tot en met 2000 Hz. Dit betekent dat laagfrequent geluid (onder de 100 Hz) buiten de wettelijke eisen valt. Bouwconstructies hoeven wat betreft het aspect laagfrequent geluid derhalve wettelijk niet getoetst te worden. In het algemeen isoleren bouwconstructies met een lager gewicht minder goed laagfrequent geluid: zij bezitten minder massa en verende materialen werken vaak niet ontkoppelend in het laagfrequente gebied. Teneinde bewoners hetzelfde geluidtechnisch comfort te bieden als bij de toepassing van bijvoorbeeld (zware) betonvloeren, dient onderzoek naar dit aspect te worden gedaan. Dit is met name van belang omdat het aantal laagfrequent geluidbronnen in en in de omgeving van woongebouwen toeneemt: bijvoorbeeld toename van geluidinstallaties die lage tonen produceren en verdichting in de stedelijke omgeving.

Hetzelfde geldt voor voelbare trillingen van lichtgewicht vloeren tijdens lopen of ten gevolge van installaties, verkeer en dergelijke.



bouwen met
stcicl:

Boerhavelaan 40

2713 HX Zoetermeer

Postbus 190

2700 AD Zoetermeer

tel. +31(0) 79 353 12 77

fax +31(0) 79 353 12 78

e-mail info@bouwenmetstaal.nl

internet www.bouwenmetstaal.nl