

ir. B. Potjes

Bennie Potjes is bouwkundig ingenieur en werkzaam als technisch adviseur bij Bouwen met Staal.

De hoofdfuncties van een vloer zijn tamelijk eenvoudig: belastingen afdragen en ruimten van elkaar scheiden, vooral voor geluid en brand. Maar het kiezen van de optimale vloerconstructie is niet zo eenvoudig. Daarbij spelen vele aspecten, met in de hoofdrol de installaties. Integraal kiezen is dus het devies en een onlangs afgerond onderzoek van Bouwen met Staal helpt daarbij. Veranderende eisen aan gebouwen en de wens tot verbetering van bouwprocessen maken lichte vloerconcepten interessanter dan ooit, zo stelt het onderzoek. En een nieuw ontwikkeld kostenmodel laat zien dat lichte vloeren kunnen concurreren in appartement- en kantoorgebouwen.

vooral tot doel kennis te verzamelen. Nu is het afgerond en vastgelegd in een eindrapport. Als vervolg daarop organiseert Bouwen met Staal op 18 september 2008 een seminar, dit najaar verschijnt ook een praktisch gericht brochure. Dit artikel is in grote lijnen gebaseerd op het genoemde onderzoek.

Concurreren

De belangrijkste conclusie uit het onderzoek is dat lichte vloeren inderdaad kunnen concurreren met traditionele betonnen vloeren. Welk type vloer de beste keuze is, hangt vooral af van de specifieke eisen per project. Bij de keuze moeten alle relevante aspecten worden meegewogen. Oftewel, de keuze moet 'integraal' worden gemaakt. Het grootste voordeel van lichte vloeren is niet bij uitstek dat de harde basisfuncties van een vloer (dragen en scheiden) voor de

deelactivering of door het toepassen van PCM's (Phase Change Material) die eenzelfde effect hebben (zie *kader p. 53*).

Daarbij vormt een staalconstructie met een lichte vloer een lagere belasting voor het milieu. Stalen producten zijn volledig recyclebaar, zodat uiteindelijk minder grondstoffen nodig zijn. Voor het transporteren van stalen constructie-onderdelen zijn weinig transporten nodig. Door licht en efficiënt te bouwen kan 10% tot 15% worden bespaard op het totale vrachtverkeer; ongeveer een kwart van al het huidige vrachtverkeer is bestemd voor de bouw. Dat vermindert de verkeersdruk en de CO₂-uitstoot dus aanzienlijk. Installateurs en bouwkundigen zullen de komende jaren de uitdaging moeten aangaan om goede oplossingen te ontwikkelen waarbij installaties in bouwkundige onderdelen worden geïntegreerd. Dat geldt overi-

Integrale keuze van vloeren loont

Lichte vloerconstructies met stalen componenten bestaan al lang en sommigen worden inmiddels betrekkelijk vaak toegepast. Maar er lijkt iets te veranderen. De laatste jaren zien regelmatig nieuwe concepten het levenslicht en ook daarvan neemt de toepassing toe, al is het in veel gevallen voorzichtig. De markt lijkt gevoeliger te worden voor de voordelen die de bedenkers van deze concepten claimen.

De veranderende eisen die de markt stelt en de introductie van nieuwe concepten vormden in 2006 aanleiding een onderzoek te beginnen. De commissie 'Integraal ontworpen vloer voor de staalbouw' onder leiding van prof.ir. J.W.B. Stark onderzocht de toepassing van stalen vloerconcepten met stalen draagconstructies. Met speciale aandacht keek deze commissie naar de relatie tussen installaties en vloeren. Het onderzoek had

laagste inkoopprijzen worden vervuld. De voordelen zijn indirecter, en daardoor vaak minder goed zichtbaar, maar kunnen wel doorslaggevend zijn. De laatste jaren zijn juist die minder opvallende eigenschappen van lichte vloeren zwaarder gaan wegen, door veranderende eisen aan gebouwen en de wens tot verbetering van bouwprocessen. Dat verklaart het toenemend succes van lichte vloerconcepten.

Zwaar bouwen achterhaald

Er is allang geen noodzaak meer om zwaar te bouwen om zo te voldoen aan de eisen van comfort en geluidisolatie. Lichte vloeren opgebouwd uit meerlaagse, ontkoppelde constructies presteren uitstekend op geluidisolatie. En net als zware vloeren kunnen lichte vloeren een bijdrage leveren aan een thermisch aangenaam klimaat door bouw-

gens niet uitsluitend voor de vloer, maar ook voor de wanden. Prefabricage van installatie-onderdelen moet het bouwproces simpeler maken, wat uiteindelijk tot een kortere bouwtijd zal leiden.

Het kostenmodel dat in het kader van het onderzoek 'Integraal ontworpen vloer voor de staalbouw' is ontwikkeld, toont aan dat met lichte vloeren economisch aantrekkelijke gebouwen kunnen worden gemaakt.

Vijf typen vloeren

In dit artikel worden vijf lichte stalen vloeren vergeleken (zie *tabel 1*):

- stalen cassettevloer (Ides);
- holle staal-betonvloer (Infra+-vloer, nu bekend als Slimline);
- staalframebouw vloer;
- hoge staalplaat-betonvloer;
- lage staalplaat-betonvloer.



Lichte staalframebouw vloer maakt extra lagen mogelijk.



Het Kraanspoor in Amsterdam kreeg Slimline vloeren voor een beperkte verdiepingshoogte.



Staalskelet en staalplaat-betonvloeren economisch door laag eigengewicht en bouwsnelheid.

Tabel 1 geeft de algemene gegevens van deze vijf vloertypen. Tabel 2 geeft een overzicht van de fysische en technische eigenschappen, en van de meest geëigende toepassingen. Elke vloer heeft immers door zijn specifieke eigenschappen een toepassingsgebied waar de voordelen het best worden benut. Voor een vergelijking met traditionele vloeren zijn ook de eigenschappen van de breedplaatvloer en de kanaalplaatvloer opgenomen.

Alle aspecten meewegen

Voor een goede keuze van de vloer moeten, zoals gezegd, alle aspecten meewegen. Om te beginnen gelden voor elke vloer in principe dezelfde basiseisen, die afhankelijk van de toepassing worden gekwantificeerd.

- Dragen van verticale belasting. De vloer moet voldoende sterk en stijf zijn, en trillingsongevoelig.
- Overbrengen windbelasting naar stabiliteits-elementen. Voor deze functie moet de vloer als schijf werken.
- Scheiden van ruimten. Hiervoor moet de vloer voldoende geluidisolatie hebben en voldoende brandwerend zijn.

Naast bovengenoemde basiseisen zijn het meestal andere randvoorwaarden die bepalend zijn voor de vloerkeuze.

- Plattegrond, met positie van kolommen of wanden. De keuze van de vloer hangt af van de overspanningen en de vorm van de plattegrond. Denk daarbij aan onregelmatige of niet-rechthoekige vormen, sparingen.
- Warmte- en koudebuffering. De vloer kan bijdragen aan het binnenmilieu. Voorwaarde is dat de onderkant 'vrij' moet blijven; er kan dan geen doorgaand plafond worden toegepast.
- Leidingen in het vloerpakket. Met leiding-integratie zijn dunne vloeren mogelijk. Van leidingintegratie wordt gesproken als de leidingen zijn opgenomen in het vloerpakket maar wel bereikbaar blijven.
- Afwerking onderzijde. Sommige vloeren zijn al voorzien van een afgewerkte onderzijde, zodat een systeemplafond niet nodig is. Zo kan het vloerpakket dunner zijn en worden bespaard op de kosten van een plafond.
- Zichtbaarheid van liggers onder de vloer. Liggers die onder de vloer uitkomen, kunnen het beeld van een vlak plafond verstoren.
- Flexibiliteit. Bij vloeren met de mogelijkheid tot leidingintegratie kan de vloer betrekkelijk eenvoudig worden aangepast.
- Logistiek. Bij binnenstedelijke locaties is de bouwplaats vaak moeilijk bereikbaar, ontbreken opslagmogelijkheden en is er weinig manoeuvreerruimte voor bouw-

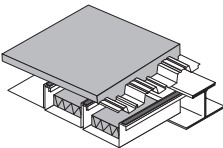
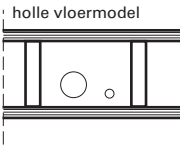
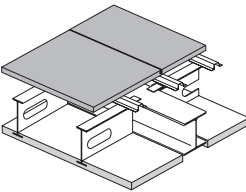
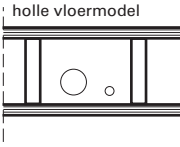
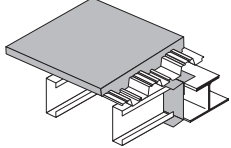
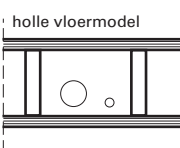
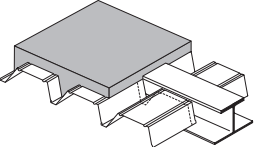
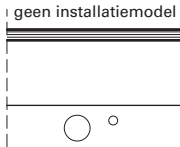
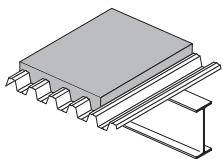
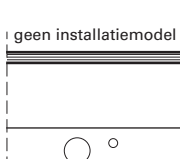
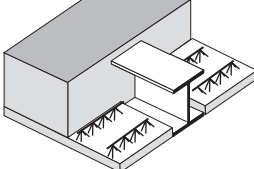
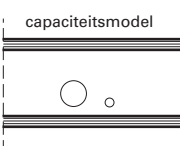
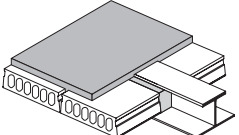
elementen. Dan zijn handzame vloeren in het voordeel.

Een belangrijk criterium bij de keuze is vanzelfsprekend de kosten. Daarbij gaat het niet alleen om de inkoopkosten van de vloer zelf. Ook 'vervolgkosten' moeten worden meegewogen, met daarbij besparingen door een kortere bouwtijd, een kleiner geveleppervlak en lager gebouwgewicht. Van bovenstaande randvoorwaarden worden de belangrijkste toegelicht.

Warmte- en koudebuffering

Een van de maatregelen om het energieverbruik van een gebouw te beperken is bouwdeelactivering (ook bekend als betonkernactivering), oftewel de inzet van (dragende) bouwdeelen voor de warmte-opslag of '-buffering'. Doordat een bouwdeel warmte of koude tijdelijk opslaat en vervolgens weer afgeeft, blijft de binnentemperatuur constanter en is dus minder verwarming of koeling nodig. Voor bouwdeelactivering blijkt de vloer het beste medium om te verwarmen terwijl het plafond het beste medium is om te koelen. Dit omdat koude lucht zwaarder is en dus daalt, terwijl warme lucht opstijgt. Vanuit comforteisen is het prettig

Tabel 1. Opbouw, flexibiliteit en toepassingsgebied van vijf 'stalen' vloeren, vergeleken met twee betonnen vloeren.

vloertype	beschrijving		flexibiliteit		toepassingsgebied
			installatiemodel ¹⁾	toegang leidingen ²⁾	
Ides vloer	Vloer opgebouwd uit doors- c.q. gootvormige koudgevormde, verzinkte stalen delen. Open bovenzijde afgewerkt met b.v. multiplex of anhydriet.			ja	Gebouwen waarbij een dunne en zeer lichte vloer is gewenst.
Slimline	Vloer bestaat uit prefab betonplaat waarin onderflens van staalprofielen zijn meegestort. De rest van het profiel steekt boven de plaat uit. De stalen liggers zijn voorzien van sparingen t.b.v. installaties.			ja	Gebouwen waarbij leidingintegratie en bouwdeelactivering is gewenst.
staalframe- bouw vloer	Draagsysteem wordt gevormd door koudgevormde, verzinkte stalen C-profielen. Onderkant wordt afgewerkt met gipsplaten en bovenkant met plaatmateriaal of anhydriet.			ja	Gebouwen waarbij een dunne en zeer lichte vloer is gewenst.
staalplaat- betonvloer (hoog)	Vloer bestaat uit hoge geprofileerde staalplaat die constructief samenwerkt met betonopstorting.			ja	Gebouwen met een grillige plattegrond. Gebouwen waarbij een hoge bouwsnelheid is gewenst.
staalplaat- betonvloer (laag)	Vloer bestaat uit lage geprofileerde staalplaat die constructief samenwerkt met betonopstorting.			ja	Gebouwen met een grillige plattegrond en kleine overspanningen. Gebouwen waarbij een hoge bouwsnelheid is gewenst.
breedplaat- vloer	Prefab betonplaat die op de bouwplaats wordt afgestort tot massieve betonvloer.			nee	Beton- en staalskeletbouw.
kanaalplaat- vloer	Prefab betonplaat voorzien van kanalen.			ja	Gebouwen met rechthoekige plattegrond met grote overspanningen.

Toelichting

1. De vloeren zijn onderscheiden naar de volgende installatiemodellen^[6].

- capaciteitsmodel: leiding meegestort;
- geen installatiemodel: geen directe relatie installaties met de vloer, leiding onder de vloer;
- holle vloermodel: installatie in de vloer.

Bij de bepaling van de installatiemodellen is uitgegaan van installaties met een doorsnede van maximaal 150 mm.

Grotere installaties (zoals luchtbehandeling) moeten veelal onder de vloer worden aangebracht.

2. Mogelijkheid om bij leidingen te komen.

Phase Change Materials Een alternatief voor vloeren zonder bouwdeelactivering is het toepassen van fase-overgangsmaterialen (beter bekend als PCM). Bij de fase-overgang van vast naar vloeibaar wordt een grote hoeveelheid thermische energie (ook wel latente warmte) verbruikt zonder dat de temperatuur van het materiaal verandert. Met dit principe werken ook ijsblokjes in een glas frisdrank: het ijsblokje absorbeert bij het smelten warmte, waardoor de frisdrank langer koel blijft. Voor de toepassing in gebouwen zijn vooral PCM's interessant met een faseovergang bij zo'n 23 tot 26 °C. Komt de luchttemperatuur daarboven, dan zal de PCM warmte gaan bufferen, waardoor de ruimte langer koel blijft zonder energieverbruik. PCM's kunnen tien tot twintig keer meer energie bufferen dan traditionele steenachtige materialen. 10 mm PCM heeft ongeveer dezelfde capaciteit als 100 mm beton. En dat met een massa die te verwaarlozen is ten opzichte van beton. Momenteel zijn er PCM's op de markt die zijn gebaseerd op paraffine. Deze kunnen worden toegepast als dunne stroken die in een holle vloer kunnen worden gelegd. Ze zijn dus geschikt voor de toepassing in de Ides vloer en de staalframebouw vloer. Er zijn ook gipsplaten op de markt waarin PCM zit verwerkt. Deze zijn toe te passen als plafond.

in de winter warme voeten en in de zomer een koel hoofd te hebben.

Lichte vloeren

Voor bouwdeelactivering zijn zware betonnen vloeren niet noodzakelijk. Uit de praktijk blijkt dat voor een 24-uurs cyclus (dag-nacht) slechts zo'n 50 mm betondikte nodig is om de energie te bufferen. De Slimline en de staalplaat-betonvloeren lenen zich dus uitstekend voor bouwdeelactivering. Omdat ook de grootte van het vloeroppervlak een maat is voor het koel- en verwarmend vermogen van de vloer hebben vloertypen met een vergroot oppervlak, zoals de staalplaat-betonvloeren, een grotere warmteoverdracht. Daarmee kunnen deze dus sneller reageren op temperatuurveranderingen^[4]. Behalve passief kan bouwdeelactivering ook actief worden gebruikt. Daarbij wordt gebruikt gemaakt van watervoerende leidingen. Het instorten van watervoerende leidingen is zowel bij de Slimline als de staalplaat-betonvloer goed mogelijk.

Geluidisolatie

Traditionele, zware vloeren kunnen uitstekend presteren op het gebied van geluidisolatie. Maar daarvoor is wel veel massa nodig. Vloeren bestaande uit één laag, zoals breedplaatvloeren en kanaalplaatvloeren, moeten een massa hebben van minimaal 800 kg/m² om te voldoen aan de minimale geluidseisen uit het Bouwbesluit 2003. Dit komt overeen met een breedplaatvloer van 290 mm met een cementdekvloer van 50 mm. Vaak worden strengere eisen gesteld, bijvoorbeeld in het kader van duurzaam bouwen. Dan voldoet zelfs een betonvloer van 800 kg/m² niet meer. Dat maakt een lichte vloer met meer lagen aantrekkelijker. Meerlaagse vloerconstructies combineren goede prestaties met een laag eigen gewicht. Ze bestaan uit twee of drie lagen die akoestisch zijn 'ontkoppeld'^[3]. De lagen kunnen ontkoppeld zijn met alleen een luchtlaag ertussen, zoals bij een vrijdragend plafond, of met verende elementen zoals bij een 'zwevende' dekvloer. De geluidisolierende werking berust op het principe van het massa-veer-systeem. De verende laag bestaat meestal uit minerale wol, (kurk)rubbergranulaat of vilt.

De geluidisolatie is afhankelijk van de massa en stijfheid van de verschillende lagen en de gekozen materialen. De uiteindelijke prestaties hangen niet alleen af van de vloeropbouw; ook de aansluitingen aan de rest van de constructie moeten akoestisch zijn ontkoppeld. Dit vraagt een zeer zorgvuldige detaillering en uitvoering. Daar moet al in een vroeg stadium van het bouwproces rekening mee worden gehouden. Meerlaagse lichte vloeren bestaan in verschillende vormen^[3].

- Doorgaande 'verende' laag. Bijvoorbeeld een minerale wol met daarop de topvloer. Deze oplossing is geschikt voor staalplaat-betonvloeren.
- 'Verende' laag met regelwerk en daarop de topvloer. Deze oplossing is geschikt voor de Slimline en de hoge staalplaat-betonvloer. Bij de hoge staalplaat-betonvloer wordt over het algemeen ook nog een plafond toegepast. De Slimline vloer heeft al een afgewerkt plafond.
- Oplegging op stroken verend materiaal. Deze opbouw zien we bij de holle vloeren zoals de staalframebouw vloer en de Ides-vloer. De holten in de vloer worden gevuld met minerale wol. De staalframebouw vloer wordt ook nog voorzien van een vrijdragend plafond. De Ides vloer heeft al een afgewerkt plafond; met deze standaard oplossing voldoet de Ides vloer niet aan de geluidseisen voor de woningbouw.

Leidingen in het vloerpakket

Vooraf in de vloer zijn leidingen en bouwkundige constructies sterk verweven. Dat maakt het bouwproces chaotisch. Het boek *Slimbouwen*^[1] en het eindrapport van de commissie 'Integraal ontworpen vloer voor de staalbouw'^[2] doen aanbevelingen hoe de vloer een cruciale rol kan spelen bij het verbeteren van het bouwproces.

Scheiding casco en installaties

Het aanbrengen van de leidingen en installaties gebeurt tijdens de ruwbouwfase en de afbouwfase. De installateur kan zijn werkzaamheden niet in één keer afmaken, maar moet tijdens het bouwproces een aantal keren terugkomen. De bouwkundige en installatie-technische werkzaamheden

zijn dus niet goed op elkaar afgestemd. Het boek *Slimbouwen* pleit voor het opknippen van het bouwproces in een aantal deelprocessen die elkaar opvolgen en zo weinig mogelijk van elkaar afhankelijk zijn. Belangrijk daarbij zijn plaats, toegankelijkheid en veranderbaarheid van installatiedelen die zijn ondergebracht in de vloer. Het boek pleit voor zogenoemde 'leidingintegratie': daarbij zitten de leidingen wel in de vloer, maar zijn de bouwkundige en de installatie-technische werkzaamheden ontkoppeld. De installateur kan zijn werkzaamheden in één arbeidsgang afmaken als de ruwbouwfase is afgerond. Leidingintegratie is mogelijk bij een installatiemodel met holle vloeren (zie tabel 1 en ^[6]). Alle lichte vloeren behalve staalplaat-betonvloeren lenen zich bij uitstek voor leidingintegratie. Bij holle vloeren is het ook mogelijk om de 'kanalen' rechtstreeks te gebruiken voor luchttransport, bijvoorbeeld voor het ventileren van een ruimte.

Gunstige neveneffecten

Leidingintegratie verbetert niet alleen het bouwproces, maar heeft ook nog andere voordelen. Zo wordt het vloerpakket dunner (afb. 1), wat de totale gebouwhoogte en dus ook de kosten voor gevels en dergelijke reduceert. Verder blijven de leidingen toegankelijk, zodat leidingverloop en de installaties in de toekomst zonodig kunnen worden aangepast. Indien er is gekozen voor een topvloer van plaatmateriaal is dit relatief eenvoudig uit te voeren; bij een steenachtige topvloer is dit lastiger. Ook biedt leidingintegratie kansen voor nieuwe oplossingen voor het verhogen van het comfort in de woning of op de werkplek. Het werk- of leefklimaat kan namelijk het beste worden beheerst vanuit de vloer of het plafond. Zo is het best rekening te houden met plaatselijke factoren die het klimaat bepalen. Vanuit de vloer kan bijvoorbeeld verwarmde verse lucht worden aangevoerd; het is ook mogelijk watergekoelde lucht vanuit het plafond aan te blazen.

Integrale kostenafweging

Bij de keuze van een verdiepingvloer wordt vaak alleen gekeken naar de inkoopprijs van de vloer. Secundaire kostenvoordelen als

Tabel 2. Algemene gegevens van de vijf stalen vloertypen.

vloertypen	eigenschappen									
	fysisch					technisch				
	lucht- geluid- isolatie ¹⁾ (dB)	contact- geluid- isolatie ²⁾ (dB)	brand- werend- heid ³⁾ (min.)	massa ⁴⁾ (kg/m ²)	mogelijkheid bouwdeel- activering ⁵⁾	vloer- afwerking	dikte vloerafw. (mm)	dikte vloer ⁶⁾ (mm)	dikte vloer- pakket ⁷⁾ (mm)	over- spanning ⁸⁾ (m)
Ides vloer	-3 ⁹⁾	0 ⁹⁾	60 120 ¹⁰⁾	80 180	nee	dekvloer	30	200 340	200 340	5,0 7,0
Slimline	10 ¹¹⁾	10 ¹¹⁾	120	250 320	ja	dekvloer	50	300 500	300 500	5,5 11
staalframebouw vloer	≥ 0 ¹²⁾	≥ 5 ¹²⁾	60	130 160	nee	dekvloer	35	260 400	260 400	3,6 7,2
staalplaat- betonvloer (hoog)	8 ¹²⁾	12 ¹²⁾	60	260	ja	dekvloer	50	330	530	9,0
staalplaat- betonvloer (laag)	3 ¹²⁾	8 ¹²⁾	60	180 300	ja	dekvloer	80	180 280	380 480	2,5 5,5
breedplaatvloer	≥ 6 ¹³⁾	≥ 0 ¹³⁾	90	460 920	ja	dekvloer	50 100	200 400	200 400	4,5 9,5
kanaalplaatvloer	≥ 5 ¹³⁾	≥ 0 ¹³⁾	60 120	360 750	ja	dekvloer	50 100	200 500	400 700	7,5 17

Toelichting

- De genoemde waarden hebben betrekking op de kleinste resp. de grootste vloeroverspanning.
- Bij alle vloeren wordt uitgegaan van een steenachtige afwerkvloer.
- Er wordt uitgegaan van enkelvelds vloeroverspanningen.
- Alle vloeren, met uitzondering van de breedplaatvloer en de staalplaat-betonvloeren, zijn tijdens de uitvoeringsfase ongestempeld.
- De minimale prestaties zijn aangegeven; in sommige situaties zijn betere prestaties mogelijk.

1. $I_{lu,k}$ is karakteristieke isolatie-index voor luchtgeluid. Eis voor woningen volgens Bouwbesluit: $I_{lu,k} \geq 0$ dB.

2. I_{co} is isolatie-index voor contactgeluid. Eis voor woningen volgens Bouwbesluit: $I_{co} \geq +5$ dB.

3. Uitgegaan is van een brandwerendheid zonder extra voorzieningen.

4. Massa voor gehele vloerpakket, exclusief eventueel vrijdragend systeemplafond.

5. Andere mogelijkheid is het toepassen van faseovergangsmaterialen.

6. Dikte exclusief eventuele installatieruimte onder de vloer. De dikte is afhankelijk van de gekozen overspanning.

7. Totale dikte inclusief eventuele installatieruimte van 200 mm onder de vloer. De dikte is afhankelijk van de gekozen overspanning.

8. Gangbare range van overspanningen van de vloerplaat (dus zonder gebruikmaking van tussenliggers) bij een veranderlijke belasting van 2,5 kN/m².

9. Waarde volgens^[7].

10. Indien voorzieningen zijn getroffen voor membraanwerking van vloer. Daarbij gaat de vloer werken als een soort net.

11. Waarde volgens leverancier.

12. Waarde volgens^[3].

13. Waarde volgens^[8].

Tabel 3. Invloed van vloertype op de verschillende kosten van een gebouw.

vloertype	onderdelen waarvan kosten door de vloer worden beïnvloed					
	vloer zelf	draagconstructie	fundering	gevel	plafond	bouwtijd
Ides vloer	-	0	+	+	+	+
Slimline	0	0	+	+	+	0
staalframebouw vloer	0	0	+	+	0	0
sb-vloer hoog	0	0	+	0	-	+
sb-vloer laag	+	-	+	0	-	+
kanaalplaatvloer	+	+	0	-	-	0
breedplaatvloer	0	-	-	0	+	-

Toelichting

- + gekozen vloer leidt tot lagere kosten 0 neutraal - gekozen vloer leidt tot hogere kosten

Meer informatie • Meer informatie over het rapport 'Lichte vloerconcepten voor de staalbouw'^[2] is te verkrijgen bij de auteur van dit artikel (bennie@bouwenmetstaal.nl)

• Op donderdag 18 september 2008 organiseert Bouwen met Staal het seminar 'Integrale keuze van vloeren'. Na enkele inleidingen over het keuzeproces en de keuze-criteria komen specialisten aan het woord die ieder de nieuwste ontwikkelingen bij een bepaald vloertype bespreken. Bij dit eerste vloerenseminar is de keuze gevallen op de volgende vloeren in combinatie met een staalskelet: kanaalplaatvloeren, staalplaat-betonvloeren en holle staal-betonvloeren (Slimline). Aanmelden kan via info@bouwenmetstaal.nl

• Met de SBR-praktijkrichtlijn *Trillingen van vloeren door lopen*^[14] is het vloercomfort te beoordelen en in de ontwerpfase te verbeteren. Op 11 november 2008 start Bouwen met Staal een cursus over dit onderwerp

• Eind 2008 verschijnt de brochure *Integrale keuze van vloeren* met meer praktische informatie over de verschillende vloersystemen

• SBR ontwikkelt een Vloerenwijzer, een verfijning en verbreding van de Keuzewijzer Verdiepingsvloeren. Deze is gratis te bestellen via info@slimbouwen.nl.



1. Relatie dikte van het vloerpakket, constructiehoogte en installatiehoogte, tussen een geïntegreerde en niet-geïntegreerde vloer.

gevolg van een kortere bouwtijd, een kleiner geveleppervlak en lager gebouwgewicht worden vaak niet meegenomen. Kostenonderzoek toont aan dat dit niet altijd terecht is.

Kostenmodel lichte vloeren

In opdracht van de commissie 'Integraal ontworpen vloer voor de staalbouw' heeft Vitruvius Consultancy een kostenmodel ontwikkeld voor lichte vloeren. Dit model berekent de totale bouwkosten, afhankelijk van de gekozen vloer. De exploitatiekosten (waaronder energiehuishouding) zijn buiten beschouwing gelaten. Ook voordelen met betrekking tot flexibiliteit, comfort en dergelijke zijn niet meegenomen. De elementprijs van de vloer wordt dynamisch bepaald. Dit betekent dat de prijs afhankelijk is van het totale vloeroppervlak, de overspanning van de vloer en de belasting. Een vloertype met een grote overspanning kost meer dan dezelfde vloer met een korte overspanning. Zo zal ook bij een groot vloeroppervlak de elementprijs afnemen. De berekening van de totale bouwkosten gebeurt op elementniveau. Het type vloer heeft invloed op de kosten van fundering tot en met begane grondvloer, skelet, gevels, inbouw en bouwkundige afwerking, bouwplaatskosten en overhead. De kosten van de elementclusters installaties en daken zijn onafhankelijk van de gekozen vloer.

Kostenconsequenties overzien

De secundaire voordelen van bouwen in staal met bekende lichte vloeren zijn met het kostenmodel nu ook gekwantificeerd. Zo blijken de kosten van de draagconstructie en

de fundering te dalen bij een staalconstructie met een lichte vloer. De kosten van de gevel nemen af als het vloerpakket compact is.

En door een korte bouwtijd nemen de tijdgebonden kosten, zoals de bouwplaatskosten af. Verder kan er bij de vloeren met leiding-integratie kosten worden bespaard voor een plafond. Tabel 3 geeft een overzicht van de relatieve kostenverschillen tussen de verschillende vloeren. Deze tabel geeft een richting voor een passende vloerkeuze.

Voor een goede kostenvergelijking tussen vloeren blijkt het belangrijk om altijd een integrale kostenafweging te maken. Op voorhand is het moeilijk aan te geven welke vloer leidt tot de laagste bouwkosten. Die afweging moet per project worden gemaakt. Zo zal het bijvoorbeeld bij een locatie met een slechte grondgesteldheid voordelig zijn een zo licht mogelijke vloer te kiezen.

Bij een ontwerp met een dure gevel is weer een compact vloerpakket voordelig. De kosten van de draagconstructie zijn naast het gewicht van de vloer ook afhankelijk van de vloeroverspanning. Bij een korte, goedkopere vloeroverspanning moeten er meer stalen liggers worden toegepast wat de kosten weer doet stijgen.

Omdat degene die de vloer inkoopt de kostenconsequenties meestal niet overziet, is het beter de vloerkeuze over te laten aan de partij die de opdrachtgever vertegenwoordigt, bijvoorbeeld de architect of de ontwikkelaar.

Literatuur

1. J.J.N. Lichtenberg, *Slimbouwen*, Aeneas, Bostel, 2005.
2. *Lichte vloerconcepten voor de staalbouw*. Eindrapport van de commissie Integraal ontworpen vloer voor de staalbouw, uitgave Bouwen met Staal, Zoetermeer, 2008.
3. *Kansen voor lichte verdiepinggebouwen*, Bouwen met Staal, Rotterdam, 2004.
4. *Thermisch actieve vloeren. Koelen en verwarmen met betonkernactivering*, SBR, Rotterdam, 2007.
5. *NEN 1070*. Geluidwering in gebouwen – Specificatie en beoordeling van de kwaliteit, 1999.
6. *Flexibele leidingvloeren in de praktijk*. Actualisatie van de brochure 'Variëren met Vloeren', SEV Realisatie en SBR, Rotterdam, 2005.
7. 'Themakatern vloeren', *Bouwwereld* 12 (2002).
8. P.E. Braat-Eggen en L.C.J. van Luxemburg, *Geluidwering in de woningbouw*, Spruyt, Van Mantgem en De Does, Leiden, 1993.
9. *NEN 5077*, Geluidwering in gebouwen – Bepalingsmethoden voor de grootheden voor luchtgeluidisolatie, contactgeluidisolatie, gevelgeluidwering en geluidniveaus veroorzaakt door installaties, 1991.
10. T. Jütte, 'Meer gebouw door intelligente vloer', *Bouwen met Staal* 151 (1999), p. 46-53.
11. 'Rembrandt Tower, Amsterdam', *Bouwen met Staal* 125 (1995), p. 26-47.
12. G.L.H.M. Henkens en P. Legendijk, 'Baken voor Kop van Zuid', *Bouwen met Staal* 162 (2001), p. 44-51.
13. I. ter Borch, *Bewoond optoppen met staalfraambouw*. Projectdocument 6. Renovatie vier woongebouwen Lage Land, Rotterdam, Bouwen met Staal, Zoetermeer, 2007.
14. *Trillingen van vloeren door lopen. Richtlijn voor het voorspellen, meten en beoordelen*, SBR, Rotterdam, 2005.