

Duurzaam bouwen op bestaande funderingen

In de jaren vijftig en zestig zijn in Nederland ruim 250.000 gestapelde woningen gebouwd. Bijna veertig jaar later voldoen deze flatgebouwen niet meer aan de huidige eisen: het vervangen van deze woningvoorraad vormt het komende decennium een belangrijke bouwopgave. In het kader van een afstudeeropdracht aan de Faculteit Bouwkunde van de TU Eindhoven zijn de mogelijkheden onderzocht voor vervangende nieuwbouw op bestaande funderingen. Het aspect 'duurzaam bouwen' speelde daarin een belangrijke afweging. Er is een methode ontwikkeld om ontwerpvarianten op duurzaamheid te kunnen beoordelen.

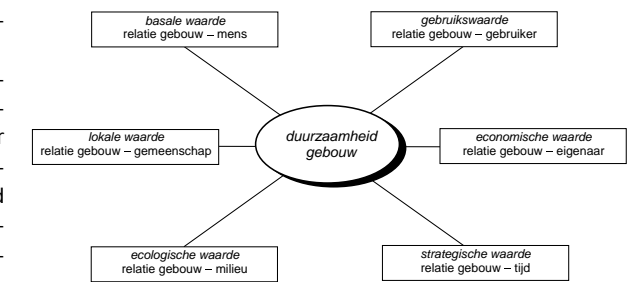


Drie- en vierkamerwoningen in flats van vijf bouwlagen in de Utrechtse wijk Kanaleneiland.

Staalskelet als hoofdconstructie op de bestaande fundering.

(foto: J.C. van Eschoten)

De zes specifieke waarden van het keuzemodel.



De Stichting Amnis beheert een groot aantal sociale huurwoningen in de Utrechtse wijk Kanaleneiland, die kort na de oorlog is gebouwd. Deze woningvoorraad is eenzijdig samengesteld en bestaat uit drie- en vierkamerwoningen in flats van vijf bouwlagen. Amnis wilde de flats op een duurzame manier vernieuwen, waarbij na sloop op de bestaande fundering nieuwbouw wordt gepleegd. Deze opgave is in een afstudeerproject onderzocht en verder uitgewerkt.

Het primaire doel van het afstudeerproject was het maken van een ontwerp voor een flatgebouw op de bestaande fundering van twee vijf-laagse flatgebouwen van elk achtenveertig woningen. Omdat het gewicht beperkt moest blijven hiervoor een staalconstructie gekozen. Daarnaast bleek er grote behoefte te bestaan aan een gebouw met een hoge duurzaamheid. Dat had te maken de wens om te beschikken over (flexibele) mogelijkheden voor inbouw, afbouw en ombouw (gevel). Deze laatste wens leidde tot het uitwerken van een keuzemodel om duurzaamheid te kwantificeren en te toetsen. Bovendien is een concept bedacht voor een nieuw vloersysteem dat volledig aan deze wensen tegemoet komt.

Duurzaam

Over het begrip duurzaamheid bestaat in de bouw de nodige onduidelijkheid. Het gaat dan niet alleen om de vraag wat duurzaamheid nu precies is, maar ook over hoe duurzaamheid is te kwantificeren. Om deze vragen te kunnen beantwoorden bestond er behoefte aan een keuzemodel, waarmee ontwerpvarianten op duurzaamheid kunnen worden beoordeeld. Uitgegaan is van een keuzemodel dat zes specifieke waarden onderkent (zie afbeelding). Het nut van dit keuzemodel is dat niet uitsluitend de ecologische waarde wordt meegewogen, maar dat ook andere waarden een rol spelen. Denk bijvoorbeeld aan een gebouw dat hoog scoort voor wat betreft milieu en strategische waarde (aanpasbaarheid), maar dat laag scoort op economische waarde. Een dergelijk gebouw is dan voor de markt te duur, staat (deels) leeg en is daarom niet duurzaam.

Keuzemodel

De verschillende relaties van een gebouwontwerp in het keuzemodel zijn te meten door hieraan prestatie-eisen toe te kennen. Zo is bijvoorbeeld de relatie van het gebouw tot de mens (de basale waarde) te benoemen in de mate

van veiligheid, behaaglijkheid en ruimtelijke beleving. *Tabel 1* geeft een overzicht van de specifieke waarden en de bijbehorende ontwerpaspecten. Tevens zijn voor het ontworpen flatgebouw de specifieke waarden ingevuld. Met deze 'checklist' worden alle betrokkenen in het bouwproces gedwongen over alle zaken met betrekking tot duurzaamheid na te denken. Voor de constructeur is het model bruikbaar voor de keuze van de hoofdconstructie en van het vloersysteem. Het model is bedoeld voor ontwerp en controlerend gebruik en verduidelijkt het spanningsveld waarbinnen het ontwerp moet plaatsvinden. Daardoor wordt de echte ontwerpoplegging helder.

Voor een *ontwerpend gebruik* moet elke specialist zijn of haar specialisatie (bijvoorbeeld constructie of installatie) invullen. De derde kolom – de beschrijving van de prestatie – vormt het eigenlijke programma van eisen. In de laatste kolom staan de ontwerpstrategieën. Een voorbeeld hiervan is demontabel ontwerpen. Deze term komt op verschillende plaatsen in de tabel voor. Het geeft een verbetering van de flexibiliteit en de aanpasbaarheid van het gebouw, dus een hogere strategische waarde. Daarnaast stijgt de ecologische waarde

van het gebouw, doordat ook aan hergebruik van het materiaal wordt gedacht. Door de tabellen van de diverse disciplines naast elkaar te leggen, wordt duidelijk welke ontwerpstrategieën elkaar bevestigen en welke elkaar tegenspreken. Ze verduidelijken het spanningsveld waarbinnen het ontwerp moet plaatsvinden en waardoor de echte ontwerpoplegging helder wordt.

Voor *controlerend gebruik* worden de laatste twee kolommen vervangen door één kolom met daarin een beoordeling van het bewuste aspect. Zo kunnen deelonderzoeken een beeld geven van de score van een ontwerpvariant per ontwerpaspect.

Staalconstructie

Het oorspronkelijke vijf-laagse flatgebouw heeft een betonnen draagconstructie. Deze constructie wordt tot op de fundering gesloopt. Gewichtsbeperking is hier een belangrijke randvoorwaarde, waardoor de hoofdconstructie in staal is uitgevoerd. Daarnaast biedt een skeletvormige draagconstructie een optimale indelingsvrijheid. De keuze voor staal is ook ingegeven door de herbruikbaarheid en de mogelijkheid tot het (de)montabel ontwerpen van de draagconstructie.

ir. G.P. Jacobs
Archimedes Raadgevend Ingenieurs
Nederland, Eindhoven en Technische
Universiteit Eindhoven

prof.dr.ir. J.G.M. Kerstens
Technische Universiteit Eindhoven
en Hollandsche Staalbouw
Maatschappij, Schiedam

prof.ir. P.G.S. Rutten
Technische Universiteit Eindhoven
en TNO Bouw, Rijswijk

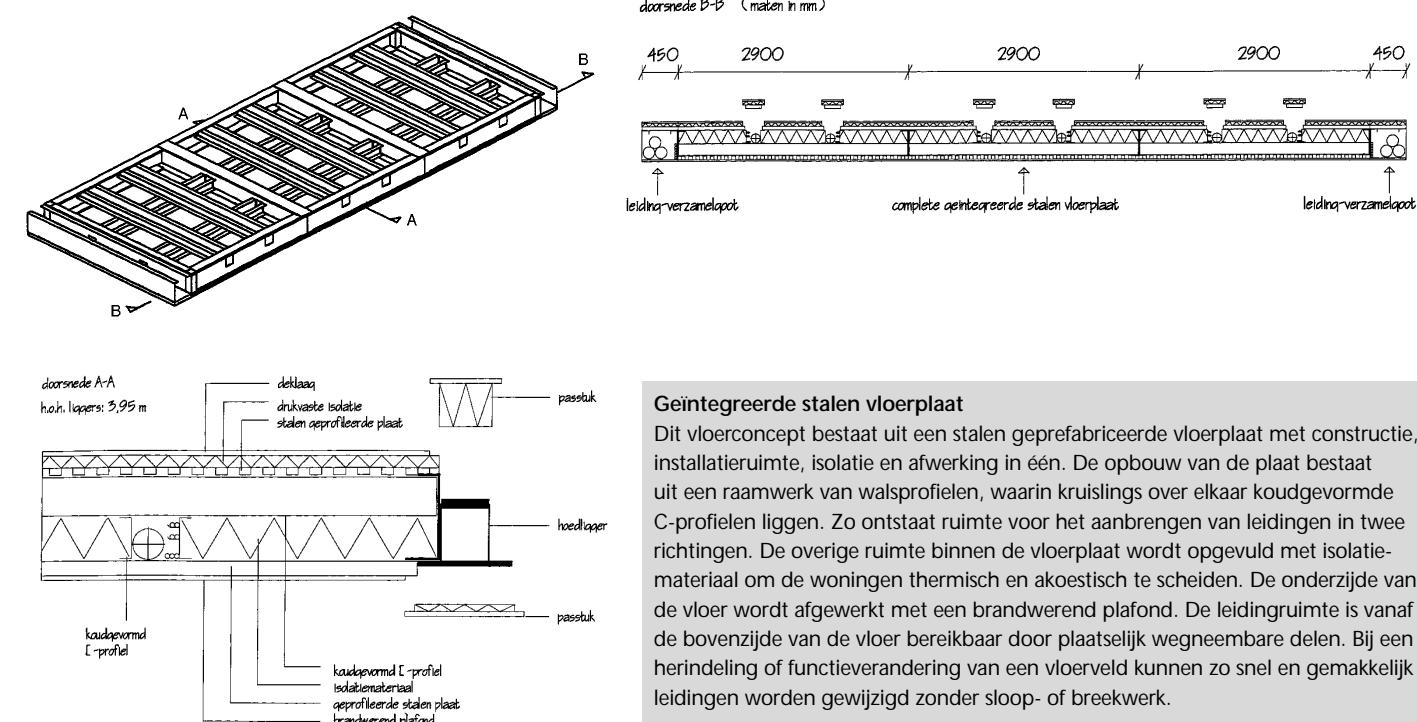
prof.ir. H.H. Snijder
Technische Universiteit Eindhoven
en Holland Railconsult, Utrecht

vloersysteem		max. overspanning (m)	specifieke waarde					strategische waarde
			basale waarde	gebruiks-waarde	locale waarde	economische waarde	ecologische waarde	
kanaalplaatvloer	(1)	14-16	+	+	+	0	0	0
breedplaatvloer	(1)	8-10	+	+	-	-	-	-
staalplaat-betenvloer	(1)	10-12	+	+	-	-	-	-
staalplaatvloer	(1)	6-8	+	+	+	0	0	0
betenvloer in het werk gestort		8-12	+	+	--	-	--	--
kanaalplaatvloer	(2)	14-16	+	++	++	++	+	++
breedplaatvloer	(2)	8-10	+	+	-	0	0	+
staalplaat-betenvloer	(2)	10-12	+	+	0	0	0	+
staalplaatvloer	(2)	6-8	+	+	+	+	++	++

Een staalplaatvloer bestaat uit een geprofileerde staalplaat, afgewerkt met een droge dekvloer. De beste score is ++.
1 = zonder geïntegreerde ligger; 2 = met geïntegreerde ligger.

maatregel	toename paalbelasting	afname paalbelasting
andere berekeningsmethodiek		afhankelijk van verhouding tussen permanente en veranderlijke belasting -20%
plaatsen kolommen in gevelvlak	toename gedragen vloeroppervlak per paal +50%	
toevoegen extra bouwlaag	toename gedragen vloeroppervlak per paal +20%	
reserveren draagkracht voor toekomstige functie	toename veranderlijke belasting per m ² vloeroppervlak +30%	
vervangen betonnen wanden door staalskelet met lichte vloer en afbouw		afname permanente belasting -75%
toepassen lichte afbouwsystemen		afname permanente belasting -10%

specifieke waarde	prestatie-eis	ontwerpaspect	kwantificering of beschrijving prestatie	ontwerpstrategie
basale waarde	veiligheid	sterkte stabiliteit brandveiligheid detaillering	zie NEN 6770 zie NEN 6770 90 minuten	dimensionering, conceptkeuze dimensionering, conceptkeuze materiaalkeuze, dimensionering,
	behaaglijkheid	thermisch comfort auditief comfort visueel comfort luchtkwaliteit	$R_c \geq 2 \text{ m}^2\text{K/W}$ zie NEN 1070 min. belemmering zichtveld niet van toepassing	detaillering; materiaalkeuze detaillering; materiaalkeuze overspanning; geen verticale schijven
	ruimtelijke beleving	psychisch comfort	waarborgen gevoel van veiligheid	vormgeving; stijfheid
gebruikswaarde	bewoonbaarheid	stijfheid trillingsgevoeligheid indelingsmogelijkheid	zie NEN 6770 en 6702 geen hinderlijke trilling minimale belemmering	dimensionering dimensionering/materiaal kolomvrij/vlakke vloer
	beheerbaarheid	gebruiksmogelijkheid onderhoudsbehoefte	geschikt voor diverse functies levensduur > 50 jaar	toekomstscenario ontwerpen materiaalkeuze/detaillering
locale waarde	beleving/uitstraling hinder omgeving	architectuur bouwtijd bouwactiviteit	beeldondersteunend totaal < 52 weken op bouwplaats minimaal	vormgeving montabel ontwerpen uitvoeringsmethode/planning
	economische waarde	stichtingskosten	materiaalintensivering arbeidsintensivering bouwtijd	overdimensionering < 10% minimale bouwactiviteit totaal < 52 weken
gebruikskosten		onderhoudsbehoefte energiebehoefte	levensduur > 50 jaar minimaal	materiaalkeuze/detaillering beperken verdiepingshoogte
ecologische waarde	energiegebruik	bouwennergie gebruiksenergie	op bouwplaats minimaal minimaal	prefabricage minimale verdiepingshoogte
	watergebruik materiaalgebruik	waterbehoefte materiaalintensivering levensduur	watergebruik beperken overdimensionering < 10% > 50 jaar	droog bouwen beperken constructiehoogte materiaalkeuze/detaillering
	afvalproductie	afvalreductie herbruikbaarheid repareerbaarheid	afval op bouw minimaliseren maximaal niet van toepassing	uitvoeringskeuze demonteerbaar ontwerpen -
	emissies	bouwemissie gebruiksemissie	op bouwplaats minimaal niet van toepassing	prefabricage -
strategische waarde	veranderbaarheid	flexibiliteit	vrije indeelbaarheid: minimale hinder bij: plattegrond, gevel en leidingverloop	grote overspanning vloerveld; niet-dragende gevel; demonteerbaarheid; horizontaal en verticaal ongehinderd leidingverloop; modulariteit in relatie tot bouw fysische kwaliteit; restcapaciteit
		aanpasbaarheid		



Geïntegreerde stalen vloerplaat
Dit vloerconcept bestaat uit een stalen geprefabriceerde vloerplaat met constructie, installatieruimte, isolatie en afwerking in één. De opbouw van de plaat bestaat uit een raamwerk van walsprofielen, waarin kruislings over elkaar koudgewormde C-profielen liggen. Zo ontstaat ruimte voor het aanbrengen van leidingen in twee richtingen. De overige ruimte binnen de vloerplaat wordt opgevuld met isolatiemateriaal om de woningen thermisch en akoestisch te scheiden. De onderzijde van de vloer wordt afgewerkt met een brandwerend plafond. De leidingruimte is vanaf de bovenzijde van de vloer bereikbaar door plaatselijk wegneembare delen. Bij een herindelings- of functieverandering van een vloerveld kunnen zo snel en gemakkelijk leidingen worden gewijzigd zonder sloop- of breekwerk.

De kolommen in het ontworpen staalskelet staan in het gevelvlak direct boven de aanwezige funderingspalen op afstanden van ongeveer 4 m. In de oude situatie stonden onder een dragende wand vier palen, waarvan in de nieuwe situatie slechts de helft zijn hergebruikt. De vloeren overspannen 9,6 m van gevel naar gevel. De stabiliteit wordt verzorgd door een aantal verticale vakwerken in de gevel en binnen in het gebouw. Bij het ontwerp is uitgegaan van een beperking van het eigen gewicht van de vloer tot ongeveer 1 kN/m². Daarvoor waren drie redenen.

- De eerste reden is de onzekerheid over de toestand van de bestaande fundering met het oog op eventuele zakkingsproblemen in de toekomst. De bestaande fundering is destijds berekend met toelaatbare spanningen, terwijl de huidige TGB 1990 rekent met belastingfactoren en bezwijkspanningen.
- De tweede reden is dat de belastingafdracht in de nieuwe situatie verandert van lijnlasten (betonnen wanden) naar puntlasten (stalen kolommen). Bovendien staan alle kolommen in de gevel, waardoor een aantal funderingspalen onder de binnenwanden niet worden

gebruikt. Bij projecten waar de indelingsvrijheid van de begane-grondvloer niet essentieel is, kan hiervoor een oplossing worden gevonden door het maken van een overgangconstructie.

- De derde reden is dat Amnis in de nieuwe situatie een extra bouwlaag wenste, waardoor het verhuurbaar oppervlak met 20% toeneemt. Ook was het gewenst extra draagkracht te reserveren voor een eventuele toekomstige wijziging in het gebruik. Het ontwerp is daarom gemaakt met een variabele vloerbelasting van 1,75 kN/m² (woningen) en met 2,5 kN/m² (kantoren).

In een nieuwbouwproject kan bovendien gewicht worden bespaard door te kiezen voor lichte afbouwsystemen. Het vervangen van een betonnen draagconstructie met gemetselde gevels en binnenwanden door een staalskelet met een lichte vloer en lichte afbouw betekent dan een behoorlijke gewichtsbesparing (tabel 2).

Vloersysteem
De vraag of een draagconstructie duurzaam is, hangt niet zozeer af van de vorm van het skelet, maar vooral van het

toegepaste vloersysteem. Daarom zijn alle mogelijke vloersystemen geïnventariseerd en beoordeeld (tabel 3). De beschouwde vloersystemen zijn getoetst op het programma van eisen uit tabel 1. De kanaalplaatvloer en de staalplaatvloer, beide met geïntegreerde liggers, scoren van de onderzochte vloersystemen het beste. Bij strategische waarde is aan beide systemen de hoogste score toegekend, omdat ze in vergelijking met de andere systemen een relatief grote mate van indelingsvrijheid kennen. Onder de vloer lopen immers geen balken. Echter in het algemeen ontbreekt het bij alle vloersystemen aan:

- voldoende plaatsingsvrijheid van leidingen voor installaties;
- demontabiliteit, met name door de veelzijdig combinatie met natte dekvloersystemen;
- hoge bouwsnelheid.

Deze beperkingen én de wens tot gewichtsreductie waren aanleiding binnen het afstudeeronderzoek te zoeken naar een nieuw vloerconcept (zie kader). De Technische Universiteit Eindhoven heeft inmiddels octrooi aangevraagd op dit vloerconcept.