

KUBUS MET KARAKTER

WONING IN GLAD INDUSTRIEEL BETON

ARCHITECTUUR | JULI 2018

82

(2-)

Gf2

(M)

BB/SfB

- FLEXIBILITEIT / AANPASBAARHEID
- CONSTRUCTIEF CONCEPT
- ENERGIE-EFFICIËNTIE





Foto & cover: Davy Nekkebroek

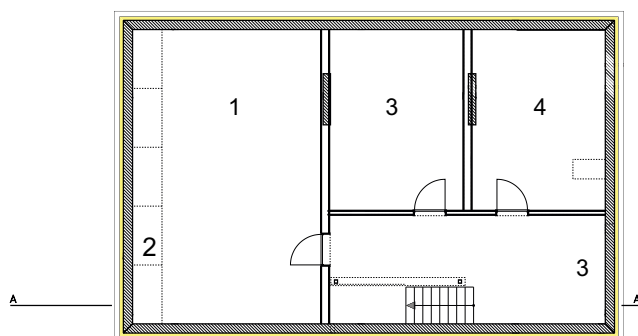
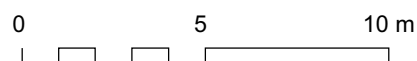
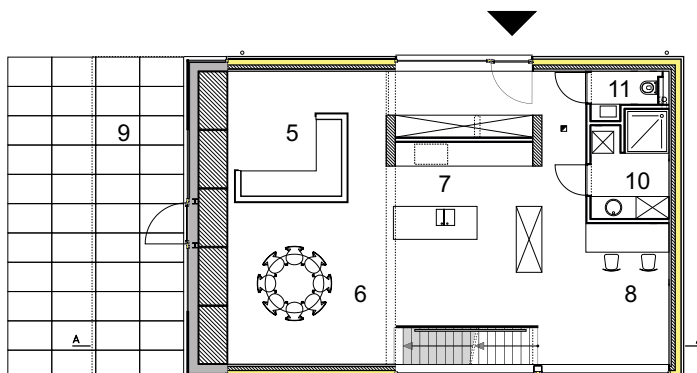
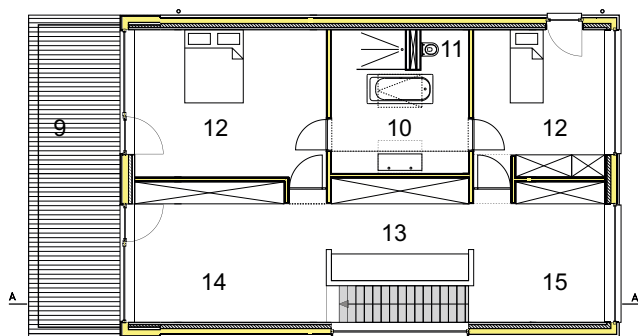
Beton heeft altijd wel een constructieve rol in een bouwproject. Maar het materiaal wordt vaak weggestopt. Nochtans kan het industriële aspect ook een esthetische meerwaarde bieden. Dat bewijst architect Davy Nekkebroek met een sober, maar toch opvallend concept voor een woning in Arendonk. Het gebouw is volledig in glad industrieel beton opgetrokken. De wisselwerking van gesloten betonpanelen en glaspartijen en een toets van hout in de achtergevel creëren een boeiende architectuur.

De woning is een rechthoekig volume waarin betonnen geveldelen afwisselen met grote raampartijen. In de voorgevel overheerst een strakke, koele betonlook. Die maakt in de zijgevels geleidelijk de overgang naar de open, warme achtergevel. De achterwand is afgewerkt in verduurzaamd hout en kreeg uitkragende terrassen die als zonwering fungeren. Die wisselwerking in de gevels brengt het totaalconcept in balans en geeft de woning als het ware twee gezichten.

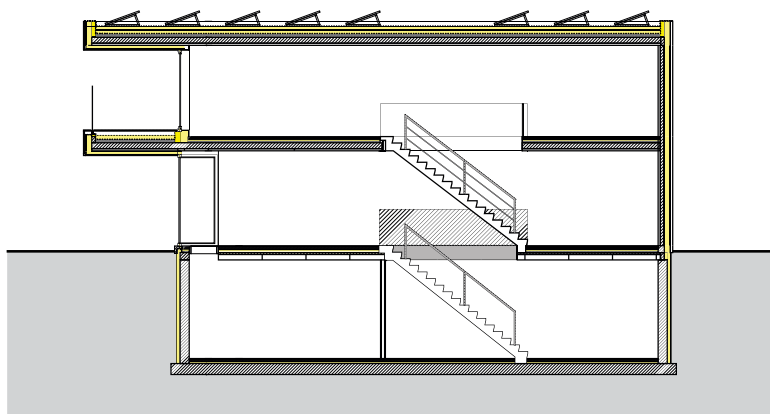
Ook in het interieur is beton alom aanwezig. Architect Davy Nekkebroek koos voor beton omdat het hier perfect beantwoordt aan de noden die hij diende in te vullen. De opdrachtgever zocht naar een open, onderhoudsvriendelijke en energiezuinige woning waarin het aangenaam verblijven is. Met betonwanden was het mogelijk snel een open structuur te creëren. De opdrachtgever viel ook wel voor de industriële look van het materiaal.







1. multifunctionele ruimte
2. lichtstraat
3. bergruimte
4. technieken
5. zithoek
6. eethoek
7. keuken
8. speelhoek / pc
9. overdekt terras
10. wasruimte / badkamer
11. wc
12. slaapkamer
13. dressing
14. zit- / lees- / studeerruimte
15. was- / droogruimte





FLEXIBELE LAY-OUT

De woning telt drie niveaus. De kelderverdieping is mee in het beschermd volume geïntegreerd omdat de opdrachtgever deze ook als leefruimte wil benutten. De ondergrondse verdieping is veelzijdig ingevuld en omvat bergruimte, een technische ruimte voor onder meer de warmtepomp, en tot slot een multifunctionele ruimte die ook als logeerkamer kan dienen. Deze laatste ruimte bevindt zich achteraan de woning. Dankzij die ligging kan ze via een glazen plafond genieten van daglicht. Aanvankelijk waren ook andere mogelijkheden – zoals een talud met buitenraam – onderzocht om daglicht binnen te halen, maar de huidige oplossing houdt geen risico op lekken in en is bovendien onderhoudsvriendelijk. Bovendien geeft deze aanpak een mooi spel van scheerlicht langs de betonnen wanden. Het buitenschrijnwerk in de achtergevel loopt om de hoek over de breedte van het glazen plafond om de lichtinval te optimaliseren.

Het gelijkvloerse niveau is opgevat als één grote ruimte. Alleen ter hoogte van de inkom zijn twee kleine betonnen wanden voorzien. De vloerplaten van de woning bestaan uit breedplaatvloeren. Achteraan de woning lopen die van zijgevel tot zijgevel. Vooraan liggen ze in de langsrichting. Tussen beide zones bevindt zich over de volledige breedte een stalen ligger. De hoogte van deze ligger is beperkt tot de dikte van het vloerpakket, maar dit kon niet zonder een extra ondersteuning. Vandaar het betonnen wandje op de scheiding tussen zitruimte en keuken. Omwille van symmetrie is aan de andere zijde van de keuken ook een betonwandje voorzien. Zo heeft het keuken aanrecht links en rechts een betonnen afscherming. Deze twee betonwandjes zijn ook in de kelder doorgetrokken.

De zithoek en eethoek liggen aan de verdiepingshoge beglaasde achterwand. Genieten van het tuinzicht en privacy ten opzichte van de straat waren leidend voor deze keuze. De centraal gelegen keuken fungeert als buffer om inkijk via de zijgevel vanaf de straat te blokkeren. De lange kastenwand van de keuken is tussen de twee betonwanden geschoven. Aan de rugzijde werd een vestiaire ingericht. Aan de straatzijde tot slot is een open thuishok voorzien. Het grenst aan de enige gesloten ruimtes op deze verdieping: een wasruimte en het toilet. Deze functies zijn bewust beneden

georganiseerd met het oog op de flexibiliteit en aanpasbaarheid. De technieken die nu hier aanwezig zijn, bieden de mogelijkheid in de toekomst heel eenvoudig een slaapkamer en badkamer in te richten. Zo kunnen de bewoners hun leven volledig op de benedenverdieping organiseren. Vanuit die optiek zijn de huidige ruimtes ook in lichte wanden opgetrokken.





De verdieping is in de diepte opgedeeld in een semi-daggedeelte en een nachtzone. De langgerekte dagzone is één open ruimte met daarin aan de achtergevel een zithoek annex bibliotheek. Hier vertoeven de bewoners om te lezen of muziek te luisteren. De zone aan de straatzijde is ingericht als wasberging. Een werktafel laat hier toe om kleding te sorteren of op te plooiën vooraleer ze in de dressing op te bergen. Deze langgerekte kastenwand vormt de grens tussen dag- en nachtgedeelte. Die laatste zone bestaat uit de ouderlijke slaapkamer, de badkamer en een kinderkamer.

De badkamer – met een inloopdouche, toilet, dubbele lavabo en ligbad – ligt tussen de twee slaapkamers om minimaal warmteverlies te hebben. Om de zijgevel sober te houden, werd er geen raam voorzien in de badkamer. Twee grote koepels – één boven de lavabo en één boven het bad – brengen toch een zee aan daglicht binnen. In de slaapkamer zijn bewust geen kasten of andere elementen geplaatst. Zo blijven ze maximaal stofvrij. Alles wat stof kan vasthouden, kreeg een plaats in de dressing.

Het terras op de verdieping is toegankelijk via de slaapkamer en blijft het hele jaar bruikbaar dankzij de ruime dakuitkraging. De vloer is afgewerkt met Ipé. Deze houtsoort komt wat betreft uitzicht heel dicht in de buurt van de houten gevelbekleding, maar kan wel dienen als terrasbeplanking.

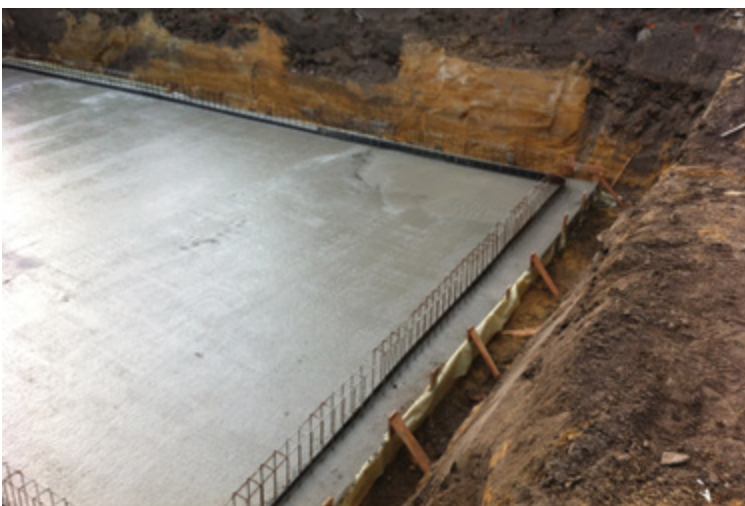


BETON ALS DECOR

De industriële look van het beton in het interieur was een bewuste keuze. Het materiaal vormt zo een canvas, een neutrale achtergrond waaraan de bewoners hun ziel kunnen geven door er elementen aan toe te voegen. De losse invulling maakt de woning tot wat ze is. De opdrachtgevers schuimden twee jaar lang rommelmarkten, faillissementen en tweedehandswinkels af op zoek naar vintage-elementen uit de jaren '50 en '60. Die aanvullingen zorgen voor een mooi contrast met het beton en brengen zo het interieur in evenwicht. Los van de huisraad zijn de parketvloer en de kastenwand op de verdieping en de tegelvloer op de benedenverdieping en in de badkamer de enige toevoegingen in het betonnen kader. Daarnaast zijn er nog de plinten in eik en de houten afkleding van de dagkanten aan de ramen, die zorgen voor een warm contrast met het beton. De afscheiding tussen trap en keuken was aanvankelijk ook in houten vinnen voorzien. Maar de trap bevindt zich naast een grote raampartij in de zijgevel. Om de openheid en lichtinval nog te vergroten, is uiteindelijk geopteerd voor een metalen balustrade op de trap en een glazen balustrade als valbeveiliging aan de keldertrap.

Niet alleen natuurlijke lichtinval kreeg veel aandacht in het ontwerp. Bij de detaillering van de plannen werd her en der indirecte verlichting ingewerkt. Zo is er een LED strip in de semi-dagzone op de verdieping en in de achterwand van het toilet. De indirecte verlichting is afgewisseld met ingebouwde spots.





Foto's: Davy Nekkebroek

CONSTRUCTIEVE UITDAGINGEN

Het bouwen van de betonstructuur vroeg enkele aandachtspunten. Dat begon al bij de werken op kelderniveau. Het grondwater stond op 1 m onder het maaiveld bij de start van de bouwwerken. Dat maakte het toepassen van bronbemaling noodzakelijk. Tijdens de graafwerken bleek bovendien dat het perceel vroeger winningsgebied voor zavel was. De put was later aangevuld met allerlei soorten aarde en andere materialen. Een hoek van de afgegraven bodem bleek daardoor niet voldoende stabiel. Dat probleem is opgelost door de slechte aarde te vervangen door gestabiliseerd zand. Vervolgens werd hierop de 30 cm dikke vloerplaat gestort. Ook de buitenwanden zijn ter plaatse gestort. De binnenwanden op kelderniveau zijn in gipskarton uitgevoerd. Dit omdat het een droogbouw systeem is dat snel werkt en bovendien zelf te realiseren is. De bouwheer had immers de ambitie zoveel mogelijk zelf te doen in de afwerkingsfase. De vloerplaat op de kelder is opgebouwd uit voorgespannen welfsels van 8 m op 1,2 m.

De bovengrondse verdiepingen zijn volledig opgetrokken in holle wandpanelen ('premuren'). De betonpanelen worden met afstandshouders in koolstofvezel uit elkaar gehouden. Koolstof is niet alleen sterk, maar fungeert ook als thermische onderbreking gezien zijn slechte warmtegeleiding. In de wanden zijn dus minimale puntbouwknopen aanwezig. In de kern tussen de twee betonpanelen zit 16 cm PUR isolatie verwerkt. De holte wordt na het monteren van een volledige verdieping volgestort met beton om de wanden hun stabiliteit te geven.

Tussen de twee bovengronds verdiepingen is in iedere zijgevel een HEB 260 stalen balk ingewerkt. De balken steken uit als een vork. Ze dragen de breedplaatvloeren van het terras op de eerste verdieping. Dit principe is herhaald op dakniveau om het uitkragend dak boven het terras te dragen. De metalen balken zijn volledig ingepakt in isolatie. Die zit vervolgens verborgen achter beton of werd afgewerkt met hout.

De verdiepingsvloer en het dak zijn in breedplaatvloeren uitgevoerd (variërend van 2,4 tot 3 m breed). Dat biedt het voordeel dat de onderzijde onafgewerkt kan blijven. Bovendien is het eenvoudig om technieken op deze breedplaatvloeren aan te brengen zonder dat dit invloed heeft op de hoogte van de vloeropbouw.

AANDACHTSPUNTEN

Aangezien de betonwanden geprefabriceerd zijn, moeten de indeling en de technische plannen (elektriciteit, verlichting, sanitair, ventilatie) volledig op punt staan voor de productie van de holle wandpanelen. Dat vraagt meer tijd in de voorbereidingsfase, maar die investering win je terug tijdens de bouwfase. Bovendien is de opdrachtgever al bewuster bezig met de indeling van de woning en de manier waarop hij ze zal gebruiken. Dat levert soms nuttige informatie op voor de verfijning van het ontwerp.

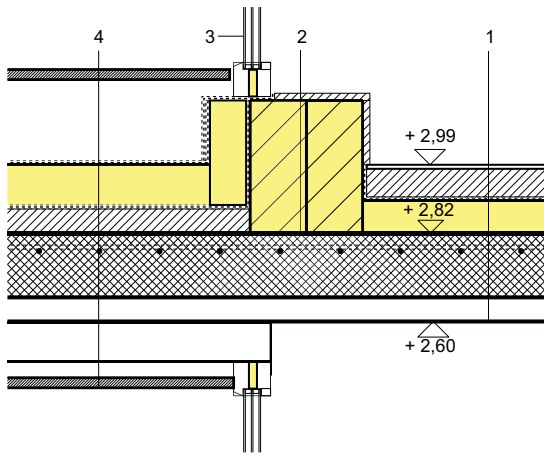
De keuze voor domotica biedt echter nog flexibiliteit in de elektra. Schakelaars kunnen eenvoudig aangepast of opnieuw geprogrammeerd worden.

De moeilijkste details in het ontwerp waren het plat dak voor het terras en de glazen borstwering op het terras. Om een esthetisch mooi en technisch correct resultaat te krijgen, is de uitvoering tot in de details met de betrokken aannemers op de werf besproken. Ook met aspecten als de waterdichtheid en de mogelijkheid om indien nodig de glasplaat te vervangen is rekening gehouden.

Tot slot is er één aandachtspunt dat tijdens de volledige werffase geldt: het beton is een afgewerkt product. Dat betekent dat alle aannemers met de nodige bedachtzaamheid met de betonnen wanden moeten omspringen. Een aanduiding of aantekening in potlood of stift is uit den boze, een boring moet met de nodige omzichtigheid gebeuren.

Dat betekent niet dat de betonwanden feilloos zijn. De productie van de wanden is zowel een industrieel als een ambachtelijk procedé. En ook al verloopt dat proces in de beschermde omgeving van een atelier, er kunnen altijd kleine onvolmaaktheden in de wanden zitten. Daar moet de opdrachtgever zich bewust van zijn.

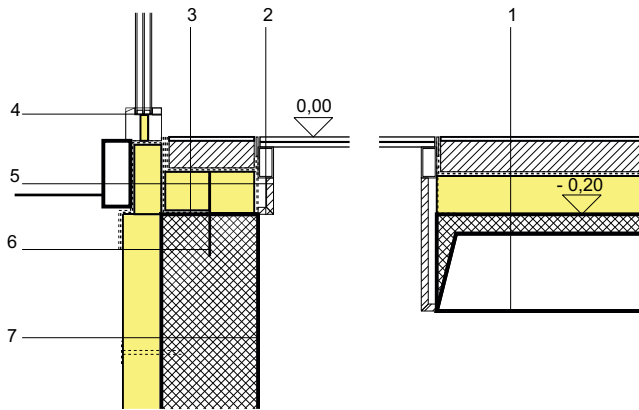
1



DETAIL 1

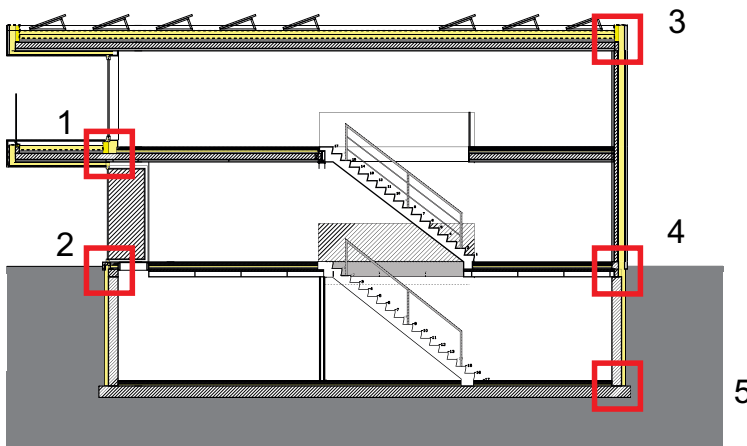
1. **VLOEROPBOUW**
 - parket op kant (eik)
 - chape (8 cm)
 - wapeningsnet (50/50/2)
 - vloerverwarming
 - PE folie
 - gespoten PUR (8 cm +)
 - PE folie
 - breedplaatvloer (zichtwerk)
 - prefab schil (5 cm)
 - druklaag (17 cm)
 - wapeningsnet (150/150/10)
2. **TREDE**
 - houten bekleding (eik) wand tot wand
 - cellenbetonblok
3. **VAST RAAM**
 - thermisch onderbroken alu structuurlak, mat
 - 3-voudige beglazing, gelaagd
 - verlijmde hoekverbinding
4. **TERRASOPBOUW**
 - houten latten Ipé (35 mm) op regelwerk
 - EPDM dakdichting
 - PIR isolatie (10 cm)
 - onderdak
 - hellingschape
 - druklaag (17 cm)
 - breedplaat (5 cm)
 - PIR isolatie (10 cm)
 - onderdakfolie (zwart)
 - regelwerk
 - Thermowood
 - 3 breedtes
 - open voeg (10 mm)

2



DETAIL 2

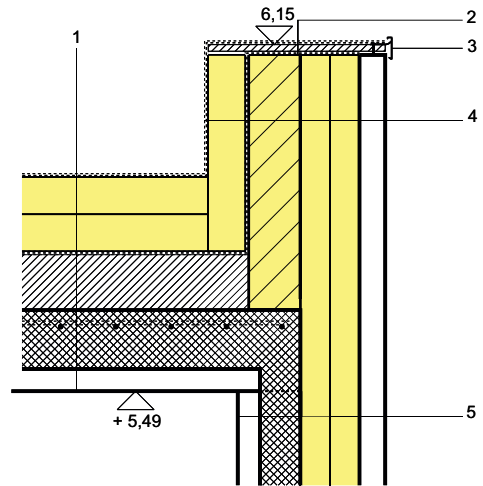
1. **VLOEROPBOUW**
 - keramische tegel
 - chape (8 cm)
 - wapeningsnet (50/50/2)
 - vloerverwarming
 - PE folie
 - gespoten PUR (10 cm +)
 - PE folie
 - druklaag (5 cm)
 - bovennet (150/150/10)
 - voorgespannen welfsels (VS FS 200-1200 mm)
2. **GLAZEN VLOER**
 - stalen kader (80/40/5)
 - rand (50/5)
 - dwarse verbindingen (80/80/5)
 - wit gepoederlakt
 - bevestiging met galva beugels
 - glasplaat
 - helder, gelaagd glas (12.12.2)
 - 5 delen
 - voegen zwart opgekit
 - afwerking MDF op onderstructuur in hout
 - wit gelakt
3. **VLOERSTROOK TUSSEN RAAM EN GLAZEN VLOER**
 - keramische tegel
 - uitvullingschape
 - XPS isolatie
4. **VAST RAAM**
 - thermisch onderbroken alu profiel
 - structuurlak, mat
 - 3-voudige beglazing, gelaagd
 - verlijmde hoekverbinding
5. **DETAIL DORPEL**
 - prefab betonnen dorpel
 - luchtdichting
 - XPS isolatie
 - randstrook
 - uitvullingschape
 - randstrook
 - omkasting wit gelakt MDF
6. **METALEN WATERKERING (KIMPLAAT 200 / 2 MM)**
7. **WANDOPBOUW KELDER**
 - betonwand (25 cm)
 - wapeningsvezels (EK-Fiber)
 - wapeningsnet (plaatselijk)
 - XPS isolatie (10 cm)
 - bevestiging met kunststofpluggen



DETAIL 3

1. DAKOPBOUW
 - dakrandhoogte minimaal 15cm
 - EPDM dakdichting
 - PIR isolatie (20 cm)
 - onderdak
 - hellingschape met leidingen
 - minimum dikte 30 mm, helling 2 %
 - breedplaatdak (zichtwerk)
 - prefab schil (5 cm)
 - druklaag (17 cm)
 - ingewerkte XPS isolatieplaten (2 x 250/500/10)
 - wapeningsnet (150/150/10)
2. DAKRAND
 - EPDM waterdichting
 - watervaste multiplex (18 mm)
 - helling 1 %
 - dampscherm
3. DAKRANDPROFIEL
 - gelakt aluminium
4. DAKRAND GEVEL
 - PIR isolatie (8 cm)
 - cellenbeton (14 cm)
 - PIR isolatie (16 cm)
 - thermische afstandhouders
 - buitenschil: industrieel beton (7 cm)
 - coating
5. WANDOPBOUW GEVEL (40 cm)
 - binnenschil: prefab beton (6 cm)
 - stortbeton (11 cm)
 - PIR isolatie (16 cm)
 - thermische afstandhouders
 - buitenschil: industrieel beton (7 cm)
 - coating

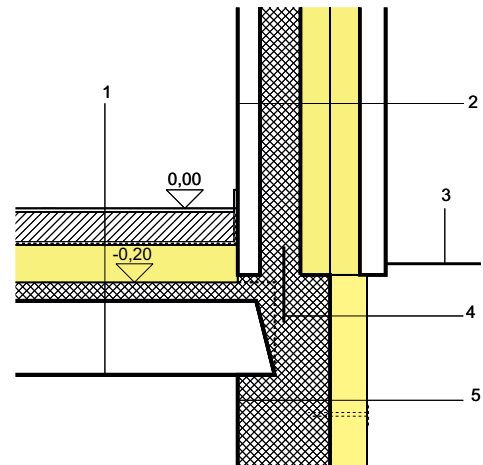
3



DETAIL 4

1. VLOEROPBOUW
 - keramische tegel
 - chape (8 cm)
 - wapeningsnet (50/50/2)
 - vloerverwarming
 - PE folie
 - gespoten PUR (10 cm +)
 - PE folie
 - druklaag (5 cm)
 - bovennet (150/150/10)
 - voorgespannen welfsels (VS FS 200-1200 mm)
2. WANDOPBOUW GEVEL (40 cm)
 - binnenschil: prefab beton (6 cm)
 - stortbeton (11 cm)
 - PIR isolatie (16 cm)
 - koolstof vezelversterkte spacers
 - buitenschil: industrieel beton (7 cm)
 - coating
3. MAAIVELD
4. METALEN WATERKERING (kimplaat 200 / 2 mm)
5. WANDOPBOUW KELDER
 - betonwand (25 cm)
 - wapeningsvezels (EK-Fiber)
 - wapeningsnet (plaatselijk)
 - XPS isolatie (10 cm)
 - bevestiging met kunststofpluggen

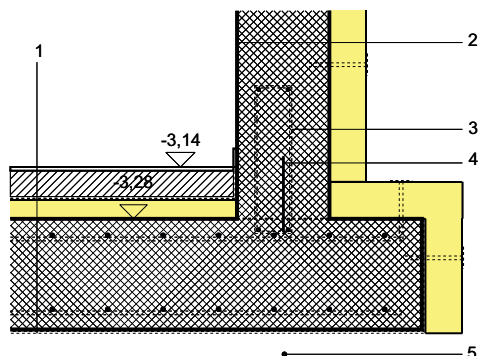
4



DETAIL 5

1. VLOEROPBOUW
 - keramische tegel
 - chape (7 cm)
 - wapeningsnet (50/50/2)
 - vloerverwarming (plaatselijk)
 - PE folie
 - PIR isolatieplaat (6 cm)
 - PE folie
 - betonplaat (25 cm)
 - bovennet (150/150/10)
 - ondernet (150/150/10)
 - PE folie
2. WANDOPBOUW
 - betonwand (25 cm)
 - wapeningsvezels EK-Fiber
 - wapeningsnet (plaatselijk)
 - XPS isolatie (10 cm)
 - bevestiging met kunststofpluggen
3. WAPENING BALK
 - staven (8 mm)
 - beugels (om de 100 mm)
4. METALEN WATERKERING (kimplaat)
5. AARDINGSLUS (koper 35 mm²)

5







NET NIET PASSIEF

De opdrachtgever beoogde een energiezuinige woning: richting passiefwoning zonder de ambitie deze te certificeren. De betonstructuur bleek een belangrijke rol te spelen in het behalen van die energiedoelstellingen. De woning scoort bijvoorbeeld een luchtdichtheid van $0,9_{n50}$ ofschoon daar weinig of geen aandacht aan werd besteed. De betonnen wanden op zich zijn luchtdicht. Alleen ter hoogte van de aansluiting van de betonwanden op de keldervloer en van de aansluiting met het buitenschrijnwerk is er zorg besteed aan de luchtdichtheid. De overgang kelder naar wand is met folies uitgewerkt. De aansluiting met het buitenschrijnwerk is afgekit en vervolgens zijn de dagkanten afgewerkt met aluminium plooierwerk.

De thermische prestaties van de buitenschil worden naast de PUR isolatie in de holle wandpanelen bepaald door de 2×10 cm PIR isolatie op het dak en de drievoudige beglazing ($U = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$) in het buitenschrijnwerk. Die inspanningen brengen het K-peil op 24.

Op technisch vlak is de woning uitgerust met fotovoltaïsche zonnepanelen, een lucht-water-warmtepomp en een balansventilatiesysteem. Die keuzes dragen er mee toe bij dat het E-peil op 10 ligt. Het totale energieverbruik van de woning ligt op $15 \text{ kWh/m}^2/\text{jaar}$, dat is maar net boven de eis voor een passiefwoning.

De leidingen van de technieken zijn op een vernuftige manier geplaatst. Via een koker van de technische ruimte in de kelder naar de vestiairekast op de benedenverdieping kunnen alle technieken waar nodig op de gelijkvloerse verdieping gebracht worden. Via die vestiairekast lopen de leidingen door naar de kastenwand van de dressing op de verdieping. Van hieruit bereiken de ventilatiekanalen alle nodige ruimtes in de woning. Alleen de extractie van vervuilde lucht in de leefruimte en keuken gebeurt via de kelder. Dankzij die aanpak zijn de leidingen altijd bereikbaar voor reiniging of aanpassingen.

De warmteafgifte in de woning gebeurt met vloerverwarming, zelfs in een deel van de kelder. De warmtepomp biedt de mogelijkheid de ruimtes via de leidingen van de vloerverwarming te koelen. De inertie van het beton is een belangrijke troef in deze klimatiseringsaanpak. Tijdens koude maanden buffert de massa de warmte en op warme dagen vlakt ze temperatuurpieken af, waardoor de woning trager opwarmt. Het ver uitkragende terras op de verdieping en de dakoversteek fungeren in de zomer als zonweringen.

SLIMMER ENERGIEGEBRUIK ALS VOLGENDE STAP NAAR ENERGIE-EFFICIËNTIE IN WONINGEN

LESSEN UIT PRESTATIEMETING BEN-WONINGEN IN GEPREFABRICEERD GLAD BETON

dr. ir. Glenn Reynders, EnergyVille - KULeuven

De laatste decennia hebben de grotere bewustwording rond rationeel energiegebruik in combinatie met een strengere energieprestatieregelgeving geleid tot een sterke toename van de energetische prestaties van woningen. Isolatie diktes nemen toe, luchtdichtheid verbetert, ventilatie- en verwarmingssystemen worden efficiënter... Bovendien wordt bij het ontwerp van energieperformante woningen sterk ingezet op het optimaliseren van passieve zonnewinsten (en passieve koeling) – maatregelen die erop gericht zijn een hoog thermisch comfort en goede binnenluchtkwaliteit in woningen te voorzien met een minimum aan energie. Resultaten van metingen tijdens het gebruik tonen echter dat er een belangrijk potentieel voor energiebesparing en comfortverbetering wordt gemist door een onaangepast gebruik van de woningen en hun installaties.

Tijdens een monitoringcampagne in 2016-2017 werden het energiegebruik en thermisch comfort gemeten in BEN-woningen gebouwd volgens het geprefabriceerd glad beton principe. Hiertoe werd in drie gelijkaardige woningen de binnentemperatuur en relatieve vochtigheid in verschillende ruimtes gemeten, alsook het totale elektriciteitsverbruik, het elektriciteitsverbruik van de warmtepomp en de lokale elektriciteitsproductie van de zonnepanelen.



Foto's: Concrete House

Alle drie de geselecteerde woningen zijn voorbeelden van BEN-woningen waarbij naast een hoge isolatiekwaliteit en goede luchtdichtheid zeer sterk wordt ingezet op de warmtebufferende capaciteit van het structureel beton. Deze beschikbare thermische massa heeft als doel schommelingen in de binnentemperatuur uit te dempen door pieken in de zonnewinsten gedurende de dag op te vangen en later langzaam weer af te geven. Naast dit passieve concept, moeten een lucht-water warmtepomp gekoppeld aan lage-temperatuur vloerverwarming en een mechanische ventilatie met warmterecuperatie ervoor zorgen dat de woningen heel het jaar een aangenaam binnencomfort leveren.

Twee woningen bevinden zich in Olen en hebben een zuidelijke oriëntatie om maximaal van zonnewinsten te kunnen profiteren. In beide gevallen moet een passieve zonwering in de vorm van een overkapping oververhitting tijdens de zomermaanden beperken. Eén van deze woningen ('modelwoning') is echter niet bewoond, maar wordt gebruikt als kijkwoning.

De derde woning ligt in Lier en is gekenmerkt door hoofdzakelijk noordoost georiënteerde ramen.

Figuur 1 toont de gemeten binnenluchttemperaturen in de leefruimte en slaapkamer van de drie woningen ten opzichte van de buitentemperatuur. De metingen zijn getoond voor de zeer warme periode in juli, waarbij een maximumtemperatuur van 34 °C werd opgemeten op 20 juli 2016. Tijdens deze warme week zien we hoe in alle woningen de temperatuur gestaag toeneemt. Noteer dat vanwege de grote thermische massa van de woning de maximale binnentemperatuur pas 4 dagen na de maximale buitentemperatuur gemeten wordt, wat de faseverschuiving door de thermische traagheid duidelijk illustreert. Ook de dagelijkse temperatuurschommelingen blijven zeer beperkt (algemeen minder dan 1 °C) en zijn het grootst voor de leefruimte in de modelwoning. Voor deze laatste is de passieve zonwering niet toereikend om de zonnwinsten door de grote glaspartij op te vangen. In de slaapkamer van de modelwoning wordt wel gewerkt met zonwering in het vlak wat opnieuw leidt tot zeer beperkte temperatuurschommelingen tussen dag en nacht. Ondanks de grote beschikbaarheid van thermische opslagcapaciteit van het beton, blijft een goed ontwerp en gebruik van zonwering dus steeds essentieel om het zomercomfort in deze BEN-woningen te garanderen.

Een tweede opmerkelijke vaststelling is dat de woningen 1 en 2 – die geen gebruik maken van actieve koeling – slechts zeer langzaam afkoelen na de hittegolf. Hoewel de temperatuur gedurende die periode 's nachts vaak tot 10 °C lager ligt dan de binnentemperatuur, wordt geen gebruik gemaakt van bijvoorbeeld nachtventilatie om de opslagcapaciteit van het beton te regenereren. Bovendien werd vastgesteld dat de bypass op de warmtewisselaar voor ventilatie vaak niet correct werd ingezet. De werking van de thermische massa – die ontworpen is om in eerste instantie de overtollige winsten op te slaan – wordt bijgevolg onderbenut door het niet optimaal gebruik van de woningen. Dit toont aan hoe belangrijk het is om de bewoners enerzijds voldoende te informeren en anderzijds de juiste technische oplossingen aan te bieden zodat ze in staat zijn hun BEN-woning op een optimale manier te gebruiken.



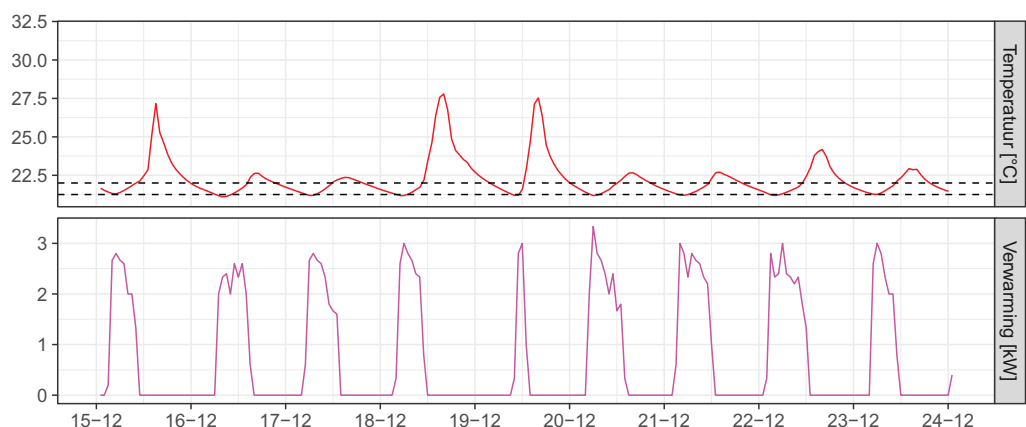
Figuur 1 - Zomercomfort: gemeten binnenluchttemperatuur in de leefruimte (midden) en slaapkamer (onder) voor de 3 bestudeerde woningen ten opzichte van de buitentemperatuur (boven)

Suboptimaal gebruik van de woning uit zich niet enkel in het zomercomfort, maar kan ook een belangrijke impact hebben op zowel het comfort als het energiegebruik tijdens het stookseizoen. Figuur 2 toont de metingen van de temperatuur in de leefruimte van de modelwoning alsook de geproduceerde warmte. De warmtepomp, die in deze woning niet kan moduleren, wordt gestuurd met behulp van een aan/uit-kamerthermostaat in de leefruimte. Dankzij deze thermostaat, ingesteld op 21,5 °C, wordt de warmtepomp ingeschakeld van zodra de binnentemperatuur onder de 21 °C zakt en weer uitgeschakeld als de temperatuur 22 °C bereikt. Beide grenzen zijn op figuur 2 met een stippenlijn aangeduid. Duidelijk is te zien dat deze sturing, in combinatie met de grote thermische traagheid van de vloerverwarming, steeds te laat uitschakelt. Op het moment van uitschakelen zit er namelijk nog heel wat warmte in de vloer, zodat de ruimte nog een hele tijd verder opwarmt. Op bewolkte dagen (b.v. 20 en 21 december 2016) warmt de ruimte daardoor op tot 23 °C, in plaats van de 21,5 °C die werd ingesteld op de thermostaat. Bovenop dit fenomeen toont figuur 2 sterk oplopende temperaturen op zonnige dagen, zoals 18 en 19 december. Deze pieken treden op omdat de passieve zonwering geen effect heeft door de lage positie van de zon tijdens de wintermaanden. De zoninstraling valt daarenboven in op een vloer die reeds werd voorverwarmd door de vloerverwarming. Bijgevolg wordt de bufferende werking van de thermische massa, waarop in dit ontwerp in grote mate wordt ingezet, grotendeels teniet gedaan. Een modulerende regeling van de verwarming – zoals toegepast in de overige twee woningen – kan deze grote schommelingen al grotendeels opvangen.

Echter, om optimaal gebruik te kunnen maken van de traagheid van het gebouw

en bijvoorbeeld te kunnen anticiperen op de zonnewinsten moet worden overgestapt naar slimme thermostaten. Die leren het thermisch gedrag van het gebouw en zijn gebruikers en kunnen dit koppelen aan bijvoorbeeld weersvoorspellingen, met het doel zowel het energiegebruik als het thermisch comfort te optimaliseren. Dergelijke intelligente regelstrategieën op basis van systeemoptimalisatie worden vandaag reeds in verschillende industrieën ingezet en vormen een belangrijk onderwerp voor wetenschappelijk onderzoek.

Op basis van deze analyse kunnen we besluiten dat ondanks een goed conceptueel ontwerp, waarbij sterk wordt ingezet op passieve technologieën van BEN-woningen, de energieprestaties van woningen vandaag niet altijd aan de verwachtingen beantwoorden, omdat de integratie van controlestrategieën niet altijd is aangepast aan deze nieuwe manier van bouwen. Bovendien wordt in dit soort gebouwen het binnenklimaat niet meer enkel en alleen geregeld door de verwarmingsinstallatie, maar is het een complex samenspel tussen ruimteverwarming, zonwering, ventilatie en bewoners. Deze bewoners weten daarbij niet altijd hoe ze met hun nieuwe BEN-woning moeten omgaan of hebben geen toegang tot de juiste technische hulpmiddelen, waardoor ze vaak niet of te laat reageren. Om bewoners het maximum uit hun woning te laten halen, moet er met andere woorden sterk worden ingezet op slimme en geïntegreerde controle van gebouwen en hun technische installaties. Dit laatste wordt eveneens erkend door de Europese Commissie die in de herziening van de Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) een introductie van een Smartness Readiness Indicator (SRI) onderzoekt. Deze SRI moet een maatstaf worden om de intelligentie in integratie van systemen en de interactie met gebruikers af te toetsen.



Figuur 2 – Meting van de binnenluchttemperatuur (boven) en de geproduceerde warmte (onder) ter illustratie van het gedrag van de aan/uit-controle





A-12

Dit bulletin is een publicatie van
FEBELCEM
Federatie van de Belgische Cementnijverheid
Vorstlaan 68 b11 - 1170 Brussel
tel. 02 645 52 11 - fax 20 640 06 70
www.febelcem.be
info@febelcem.be

Tekst: Tim Vanhove
Kaderstuk: Glenn Reynders (EnergyVille - KULeuven)
Foto's: Liesbet Goetschalckx (tenzij anders vermeld)

Wettelijk depot:
D/2018/0280/03

V. u.: A. Jasienski

infobeton.be

PROJECT: privéwoning Arendonk
ONTWERP: arch. Davy Nekkebroek - Arendonk
AANNEMER: Concrete House - Olen

Totale oppervlakte: 365,77 m²
Totaal volume: 1187,52 m³
Verliesoppervlakte: 681,97 m²
Compactheid: 1,74 m
Glasoppervlak: 91,92 m²
Gevels in beton: 195 m²
Nuttige oppervlakte: 294,78 m²
Start werken: mei 2014
Einde werken: juni 2016

Normen

NBN EN 13369 - Algemene bepalingen voor geprefabriceerde betonproducten
NBN B 21-600 - Nationale aanvulling bij NBN EN 13369
NBN EN14992 - Wandelementen
NBN B 21-612+AC - Nationale aanvulling bij NBN EN 14992

