

# DETAILLEREN VAN EEN CIRCULAIR GEBOUW

Als we circulair bouwen moeten we demontabel bouwen om op de juiste manier de materialen en elementen te kunnen hergebruiken. Tegelijkertijd moeten deze materialen en elementen de gebruiker beschermen tegen de elementen buiten en binnen een comfortabel klimaat geven. Dat vraagt aandacht bij de detaillering, daar waar al deze materialen en elementen elkaar ontmoeten. Met enkele simpele uitgangspunten zijn volledig demontabele oplossingen te bedenken die zorgen voor een duurzame, robuuste en comfortabele gevel.



ing. J. (Jitse) Pijlman,  
Nieman Raadgevende  
Ingenieurs B.V., Utrecht



ir. C. W. M. (Kitty)  
Huijbers, Nieman  
Raadgevende Ingenieurs  
B.V., Utrecht

## CIRCULAIR BOUWEN IS DEMONTABEL BOUWEN

Circulair bouwen is een heel breed begrip. Het gaat over het toepassen van hergebruikte materialen en systemen in gebouwen. Het gaat ook over flexibele, gezonde en robuuste gebouwen voor een lange levensduur. Het gaat tenslotte over het hergebruiken van elementen na de levensduur van een gebouw en over gesloten kringlopen tijdens het gebruik voor bijvoorbeeld energie en water. Al deze aspecten staan natuurlijk allemaal in dienst van de eindgebruiker, want we bouwen tenslotte voor de gebruiker. We streven dan ook naar een comfortabel binnenklimaat wat begint bij een goede gebouwschil. Een goede gebouwschil bestaat uit een heleboel aspecten: wind- en waterdichtheid, thermische isolatie, akoestische isolatie, brandveilig, hoge luchtdichtheid, enzovoorts. Een veilige, robuuste en warme jas. De afgelopen tijd is de bouwkundige schil veelal gerealiseerd door robuuste materialen toe te passen die gestort, gelijmd en gekit werden. Vaste verbindingen die na de levensduur niet meer te demonteren zijn.

Pure grondstoffen worden steeds schaarser in de wereld. Er komt veel sloopafval vrij dat bestaat uit meerdere grondstoffen die gemengd zijn of aan andere materialen zitten via vaste verbindingen. Vrijgekomen materialen verliezen hun oorspronkelijke waarde en kunnen alleen nog maar dienen als laagwaardig materiaal zoals vulling onder asfaltwegen. Om materialen te kunnen hergebruiken moeten ze demontabel zijn, terug te brengen naar componenten die waardevast zijn en hoogwaardig toegepast kunnen worden. Hoe kunnen we materialen en elementen demontabel toepassen waarbij tevens een robuuste, comfortabele gebouwschil wordt gerealiseerd?

## DETAILLEREN VAN EEN DEMONTABELE GEVEL

Vaak gaan projecten waarbij circulair bouwen een voorwaarde is, gepaard met hoge ambities ten aanzien van beperking van energieverbruik. Dit betekent in het kader van de Trias Energetica automatisch een schil met een lage luchtdoorlatendheid. Een lucht volumestroom ten gevolge van infiltratie ( $q_{v,10,spec}$ ) van  $0,30 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$  of lager is zeker niet ongebruikelijk. Dat is mooi, want dat is ook een voorwaarde voor een robuuste en comfortabele gebouwschil. Een hoge luchtdichtheid van de schil is namelijk niet alleen belangrijk voor de beperking van energieverlies maar zorgt ook voor verminderd risico op tochtklachten en is een voorwaarde voor een waterdichte gevel en een goede geluidwering. Al deze eigenschappen stellen hoge eisen aan de detaillering van de gevel.

Wat verder meespeelt in de gevel detaillering is de gevelafwerking. Er zijn heel veel gevelafwerkingen mogelijk. Bij een demontabel gebouw kan men echter niet onder een gevelafwerking uit op basis van een open voegen systeem, of dit nu gestapelde stenen zijn, gevelbeplating of andersoortige elementen. Van dergelijke gevelsystemen moet slim gebruik worden gemaakt om te zorgen voor een robuuste gevel. Door een juiste verhouding tussen open voegen en goede luchtdichting ontstaat ook een waterdichte gevel. Verderop in het artikel wordt dit principe van luchtdichting en zogenaamde drukvereffening nader toegelicht.

Een dichte schil in combinatie met demontabel bouwen vraagt een andere manier van detailleren dan gebruikelijk. En dan vooral in de manier waarop materialen op elkaar aansluiten. Zoals gezegd is de bouw wereld gewend te kitten, lijmen en vol te schuimen. Maar deze natte aansluitingen zijn niet gewenst en moeten, in ieder geval zo veel mogelijk, voorkomen worden. Dit wordt al heel lang geadviseerd, bijvoorbeeld vanuit de Dubo-catalogus [1] (voorheen het Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen). Blijkbaar is het toch niet eenvoudig van deze materialen af te stappen. Is dit omdat "we het altijd zo doen"? Of hebben deze materialen voordelen ten opzichte van andere oplossingen?

Voordat een aansluiting tussen twee elementen wordt ontworpen is het goed stil te staan bij de basisprincipes voor het realiseren van een luchtdichte en tegelijkertijd waterdichte aansluiting:

1. Een dichte aansluiting wordt gerealiseerd door een waterkerende laag aan de buitenzijde, een ruimte voor drukvereffening ("ontspanningsruimte") en een luchtdichting aan de binnenzijde.
2. De luchtdichting zo veel als mogelijk aan de binnenzijde (warme zijde) van de constructie aanbrengen. Dit om het risico op condensvorming in de constructie zo klein mogelijk te maken.
3. De luchtdichting rondgaand, sluitend en in één lijn aanbrengen.
4. De luchtdichting indien mogelijk in een aanslag aanbrengen zodat deze gecomprimeerd kan worden.
5. Het materiaal waarmee de luchtdichting wordt gemaakt, afstemmen op de te verwachten werking van de materialen waartussen het een luchtdichting vormt.
6. Het materiaal waarmee de luchtdichting wordt gemaakt afstemmen op de grootte van de voeg waarin het wordt aangebracht.

## DRUKVEREFFENING

Het eerste punt is extra belangrijk bij een open gevel systeem. De drijvende kracht bij vochttransport van buiten naar binnen is het drukverschil over de gevel. De hoeveelheid vocht dat getransporteerd kan worden hangt af van:

- optredende drukverschil
- regenintensiteit
- drukvereffening

Drukvereffening wil zeggen dat het drukverschil over de gevel lager wordt. Hierdoor dringt minder water de luchtsponw binnen. Het door de buitenste schil gedrongen regenwater bereikt de andere zijde van de spouw niet. De drijvende kracht, de wind, valt immers weg door de 'spouw'. Zie onderstaande figuur voor enige toelichting: 1 betreft de luchtdichting, 2 is de ruimte voor drukvereffening en 3 suggereert de winddruk.

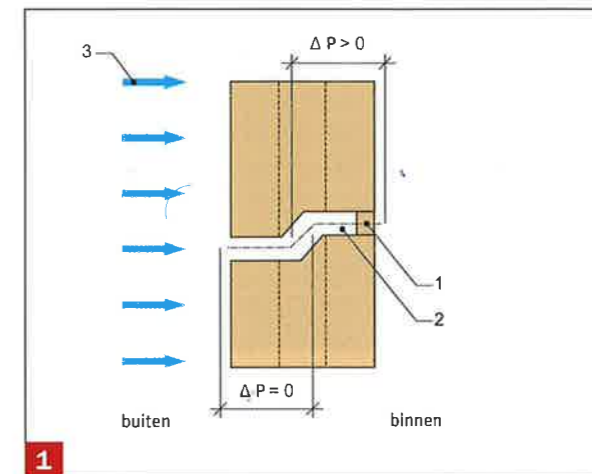
Het water dat nog wel de luchtsponw weet binnen te dringen loopt langs de binnenzijde van het buitensponwblad naar beneden. Drukvereffening kan worden gerealiseerd door het aanbrengen van open voegen in de gevelafwerking. Door het contact van de luchtsponw met de buitenlucht kan echter bij de hoeken van gebouwen een verhoogd drukverschil op de gevelafwerking optreden. Dit vormt een aandachtspunt in het ontwerp van het gebouw, c.q. de gevel. Het heeft de voorkeur nabij de hoeken geen gevelopeningen of andere doorbrekingen te maken.

Ondanks het drukverschil tussen buiten- en binnenruimte ( $\Delta P > 0$ ) ontstaat er door de luchtdichting aan de binnenzijde geen drukverschil tussen voeg en buitenlucht ( $\Delta P = 0$ ). Hierdoor is er geen drijvende kracht voor vochttransport naar binnen.

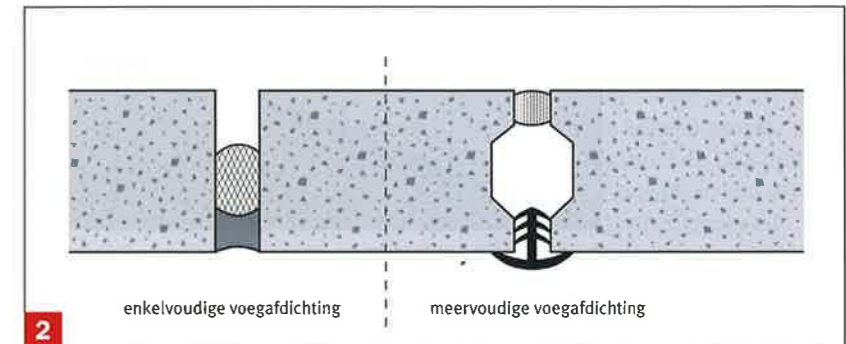
De ontspanningsruimte (de ruimte voor drukvereffening) zorgt ervoor dat de winddruk op de gevel en in deze ruimte zich steeds opnieuw vereffenen. Er is in theorie geen drukverschil tussen de druk op de buitenzijde van de gevel en in de ontspanningsruimte. Voorwaarde is een zeer goede luchtdichtheid van de binnenzijde. Die blijft zeer belangrijk omdat in de praktijk een volledige drukvereffening niet mogelijk is. Drukvereffening is wel belangrijk om de drijvende kracht te reduceren en water toevoer naar het binnensponwblad te verminderen.

De fluctuaties (in winddruk en -zuiging) geven een 'pompend' effect. Door de ontspanningsruimte wordt dit niet direct doorgezet op de luchtdichting. Er treedt een vertragend, en door de verbreding in de ontspanningsruimte, ook een dempend effect op. Het is dus correcter om te stellen dat de gemiddelde winddruk op de gevel praktisch gelijk is aan de (wind)druk in de ontspanningsruimte. Dat hangt ook af van de frequentie van de luchtsnelheid. De winddruk in de ontspanningsruimte hangt af van:

- Afmeting en vorm van de open voegen. Bij smalle open voegen kan het langs de gevel stromende water een gesloten film vormen voor de voegopeningen. Dit water wordt door luchtdrukverschil in de voeg geperst. Als de voeg smal genoeg is in vergelijking met de hoeveelheid langs de gevel stromend water, kan er een constante waterstroom in of door de voegen optreden. Bij brede voegen vormt het langs de gevel stromend water geen



1 Principe van drukvereffening



2 Enkelvoudige en dubbele naaddichting

gesloten waterfilm. De hoeveelheid naar binnen dringend water kan hierdoor kleiner zijn, maar het water kan wel verder de luchtsponw 'ingeblazen' worden. Voor zowel smalle als brede voegen geldt dat bij een luchtdicht binnensponwblad de hoeveelheid binnendringend water achter de gevelafwerking minder is dan bij een onvoldoende luchtdicht binnensponwblad.

- Plaats van de voegen (gevelopeningen). Hoe hoger de voegen zich in de gevel bevinden, des te groter is de windbelasting en hiermee ook de regenbelasting op deze voegen.

Van deze drukvereffenende eigenschappen van een open voegen systeem in combinatie met een hoge luchtdichtheid moet in het ontwerp dus slim gebruik worden gemaakt om de vochtbelasting op het binnensponwblad te minimaliseren.

## PLAATS VAN DE LUCHTDICHTING

Op dit moment worden luchtdichtingen vaak gerealiseerd met natte systemen als kit en pur. Als het niet mogelijk is gebruik te maken van nat aangebracht luchtdichtingen worden de mogelijkheden gereduceerd tot twee materialen: comprimeerbare banden en (verwijderbare) tape. Om een goede luchtdichting te realiseren, passend bij een  $q_{v,10,spec} \leq 0,30$ , is een dubbele naaddichting wenselijk of wellicht noodzakelijk.

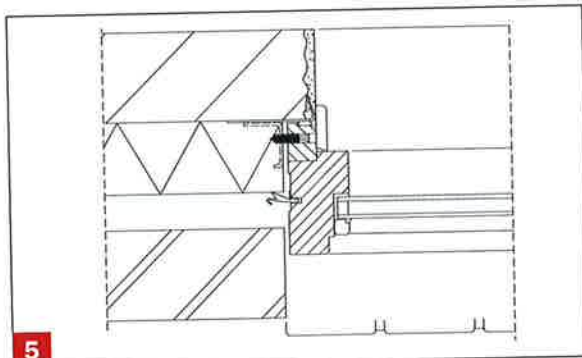
Het toepassen van een tweevoudige, droge luchtdichting moet op een juiste manier in de detaillering verwerkt worden. Het toepassen van tape in de spouw in combinatie met demontabel bouwen is niet mogelijk. Doordat er



Tape als luchtdichting



Zwelband als luchtdichting



Kapla systeem (bron: SBR CURnet)

sprake kan zijn van vochtbelasting worden in een spouw tapes toegepast met kleeflagen die daarop afgestemd zijn. Dat wil zeggen dat deze ook niet meer verwijderbaar zijn, of in ieder geval niet op zo'n manier dat er geen resten achterblijven. De gedemonteerde materialen zijn dan niet meer op een gelijkwaardige manier te hergebruiken.

Luchtdichting op basis van tape kan alleen aan de binnenzijde worden toegepast. Uiteraard heeft tape een zekere breedte nodig om voldoende kleefkracht te krijgen. Om esthetische redenen zal deze vervolgens afgewerkt worden met een ander materiaal. Hier moet in detaillering rekening mee worden gehouden.

De buitenste luchtdichting (dus in de spouw) moet uitgevoerd worden in een comprimeerbare band, zoals gesloten cellenband of een rubberprofiel. De eerste belangrijke voorwaarde bij toepassing van dergelijke dichtingen is dat er sprake moet zijn van een volledig vlakke ondergrond. Een band is niet geschikt om oneffenheden van meer dan enkele millimeters te overbruggen. Het binnenspouwblad moet hierop zijn afgestemd. Toepassing van binnenspouwbladen uit gestapelde elementen zoals kalkzandsteen en dergelijke zijn dus niet mogelijk.

De tweede voorwaarde is dat het zwelband in een aanslag wordt verwerkt zodat het band zoals bedoeld, gecompri-meerd wordt. Zwelband is pas luchtdicht als het samenge-drukt wordt tot de door de fabrikant voorgeschreven compressie, uitgedrukt in % van de maximale breedte van het band. Zwelband toepassen in een naad waar een element parallel langs wordt geschoven heeft dus weinig nut. Ten eerste omdat het zwelband niet tot nauwelijks gecompri-meerd wordt. Ten tweede omdat het band oprott bij plaat-sing van het element wat in de opening schuift. Bij de detail-lering moet de naad waarin de luchtdichting is bedacht dus altijd haaks op de montagerichting zijn bedacht.

Het oprollen van het dichtingsband is ook in een haakse aanslag nog een risico omdat dergelijke elementen nog gesteld moeten worden. Het heeft dan ook de voorkeur om luchtdichte aansluitingen zo min mogelijk in het werk uit te voeren. In plaats daarvan kan dit beter in een gecontroleerde fabrieksmatige omgeving waar de lucht-dichting ter plaatse nog gecontroleerd kan worden. Of kies voor een systeem waarbij nastellen tot een minimum is beperkt en de luchtdichting zichzelf bewezen heeft. Denk hierbij aan het Kapla systeem voor kozijnen. Dit advies tot prefabricage sluit weer mooi aan bij de duur-zzaamheidsgedachte van weinig transportbewegingen en een korte bouwtijd.

## CONCLUSIE

Om tot een duurzame, robuuste en comfortabele buiten-schil te komen die ook nog eens demontabel is, zal veel aandacht aan de detaillering geschonken moeten worden. Vooral een lage luchtdoorlatendheid is een belangrijke voorwaarde voor laag energieverbruik, geen tochtklach-ten, goede geluidwering en een waterdichte gevel. Als de luchtdichting niet met kit, PUR en aanverwante materia-len gerealiseerd mag worden moet er goed over de detail-lering van diverse aansluitingen nagedacht worden.

Ten eerste moet gebruik gemaakt worden van de drukver-effenende werking van de gevelafwerking. Hiermee wordt de vochtbelasting op de aansluitingen die ook nog de luchtdichting moeten verzorgen, minder. Daarnaast moet de aansluiting zodanig ontworpen zijn dat er een demon-tabele luchtdichting aangebracht kan worden. Tapes kun-nen alleen aan de binnenzijde toegepast worden en moe-ten om esthetische redenen weggewerkt worden. Zwelband kan alleen op een vlakke ondergrond, in een aanslag worden toegepast zodat compressie aanwezig is.

Dit vraagt in materiaalgebruik en vormgeving net even een stapje verder denken dan het 'standaarddetail'. Toch zijn er met enkele simpele uitgangspunten volledig demontabele oplossingen te bedenken. Een goede demon-tabele detaillering zorgt ervoor dat het gebouw een robuuste en kwalitatief hoogwaardige gevel heeft wat bij-draagt aan een gezond binnenklimaat. Tevens kunnen gevelmaterialen na de levensduur van het gebouw weer hergebruikt worden. ■

## BRONNEN

► [1] Materiaalblad O28 "Schuim- en kitarme detaille-ring", DuBo catalogus; SBR CURnet