**5. Isoleren, waarmee en hoe [CONCEPT]**

*Inleiding, thermische isolatie - denken aan ventilatie*

Bij thermische isolatie gaat het om dak, gevels en begane grond vloer. Thermische isolatie kun je altijd toepassen. Daar kan eigenlijk niets mee mis gaan. Soms hoor je dat na het isoleren er problemen ontstaan door koudebruggen (vochtige muren, schimmelvorming), maar dat komt niet door het isoleren. Het vochtiger worden van de binnen oppervlakken van muren is een samenspel van de temperatuur van dat oppervlak én de relatieve vochtigheid in huis. Door het isoleren wordt gegarandeerd de temperatuur aan het wandoppervlak hoger en dus de kans op condensatie (lagere relatieve vochtigheid aan het oppervlak) minder, maar … vaak worden bij het isoleren ook naden en kieren automatisch mee afgedicht en vermindert dus de continue ventilatie van de woning met als gevolg een hogere relatieve vochtigheid. Om die reden is het zaak om bij het treffen van isolatiemaatregelen ook meteen aandacht te besteden aan de ventilatievoorzieningen.
Zie hiervoor:
https://klimapedia.nl/publicaties/energie-besparen-en-een-gezond-binnenklimaat/
https://klimapedia.nl/publicaties/3-condensatie-en-schimmelvorming/

In deze notitie gaat het uitsluitend over het aanbrengen van thermische isolatie, welke materialen kunnen het beste worden gebruikt en hoe moet e.e.a. worden uitgevoerd als er ook dampremmende lagen en dergelijke nodig zijn.

Voor de verschillende manieren van isoleren wordt daarbij ook verwezen naar de website van Milieu Centraal: de praktische gids voor duurzame tips en adviezen.

*Bij voorkeur isoleren aan de buitenzijde*

Als het even mogelijk is kan een isolatielaag het beste aan de buitenkant, de koude kant van een constructie worden aangebracht. De massa van bijvoorbeeld een stenen) muur blijft dan beschikbaar voor buffering van warmte voor het achtergelegen vertrek. Omdat de constructie zelf warm blijft zal er ook geen inwendige condensatie kunnen optreden. Als de muur tenminste niet aan de buitenzijde dampdicht is afgewerkt (geglazuurde steen) of, zoals bij een dak, er geen dampdichte dakbedekking op ligt. Zie hiervoor bijvoorbeeld paragraaf 1.4 en 2.4 t/m 2.8 in het boek Bouwfysica (https://www.thiememeulenhoff.nl/hoger-onderwijs/techniek/bouw-en-civiele-techniek/9789006214994).
Bij isoleren aan de binnenzijde heeft de massa van de constructie geen gunstige (dempende) invloed meer op het binnenklimaat én bestaat er kans op inwendige condensatie omdat het oppervlak van de oorspronkelijke constructie veel kouder wordt. Dan moet er een dampremmende laag worden toegepast of dampremmend isolatiemateriaal.
Zie hiervoor https://klimapedia.nl/publicaties/5616-2/.

Op de bladzijden hierna wordt kort beschreven hoe er bij de verschillende gevels, vloeren en daken er het beste kan worden geïsoleerd met verwijzing naar informatie bij Milieu Centraal en op Klimapedia.

*Dakisolatie*

Goede informatie en uitleg over één en ander is te vinden bij Milieu Centraal
https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/isoleren-en-besparen/zelf-dak-isoleren/
https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/isoleren-en-besparen/dakisolatie/

Kort samengevat komt het hier op neer.

*Plat dak hout / buitenzijde / omgekeerd dak*

XPS platen, los leggen op de bestaande dakbedekking en afdekken met grind of tegels.

*Plat dak hout of beton / buitenzijde / isolatie op oude dakbedekking / nieuwe dakbedekking*

Alle harde kunststofschuimplaten. Ook stijf geperste mineraal wol behoort tot de mogelijkheden.
De oude dakbedekking functioneert als dampremmende laag.

*Plat dak hout / binnenzijde*

Liever niet. Buiten isoleren is altijd beter.
Enige oplossing mineraalwolplaten met “klimaatfolie”. Een folie die ’s winters dampremmend is en ’s zomers dampdoorlatend. De folie moet ook overal luchtdicht aansluiten om te voorkomen dat er lucht uit de onderliggende ruimte in de constructie kan komen.

*Plat dak beton / binnenzijde*

Liever niet. Buiten isoleren is altijd beter.
Dichte, dampremmende kunststofschuimplaten met goed afgedichte naden of een extra dampremmende en luchtdichte folie er onder.
Of mineraalwolplaten met “klimaatfolie”. Een folie die ’s winters dampremmend is en ’s zomers dampdoorlatend.
In beide gevallen moet de folie ook overal luchtdicht aansluiten om te voorkomen dat er lucht uit de onderliggende ruimte in de constructie kan komen.

*Hellend dak met bitumineuze of kunststof dakbedekking*

Alle mogelijkheden zoals die voor het platte dak zijn vermeld, behalve de omgekeerd dak variant.

*Hellend dak / houten dakbeschot / dakpannen / buitenisolatie*

Als dit gecombineerd kan worden met groot onderhoud/vernieuwing van het dak en eventueel ook nieuwe dakpannen, kan op het dakbeschot thermische isolatie worden aangebracht. Dat kunnen alle bekende materialen zijn. Onder de isolatielaag een goed aansluitende luchtdichte laag aanbrengen (is meestal ook wel dampremmend, maar dat hoeft in dit geval niet eens). Eventueel kan aan de bovenzijde van de isolatie nog een waterafvoerende maar “dampopen” laag worden aangebracht. Bij een goede kwaliteit pannen is dat echter niet nodig.

*Hellend dak / houten dakbeschot / dakpannen / binnenisolatie*

Dit is een andere situatie dan bij het platte dak, omdat, als het goed is, aan de buitenzijde geen dampremmende laag (dakbedekking) aanwezig is.
Toegepast kunnen worden alle typen isolatiemateriaal. Bij kunststofschuimplaten alle naden goed luchtdicht afwerken een dampremmende/luchtdichte laag is dan niet nodig.
Bij mineraalwol een dampremmende maar vooral luchtdichte, goed aangesloten folie onder de isolatie aanbrengen.

In het geval dat er aan de buitenzijde, onder de pannen een dampremmende laag aanwezig is, is aan de binnenzijde isoleren met mineraalwol en een “klimaatfolie” ’s winters dampremmend, ’s zomers dampopen, de beste oplossing.

*Reflecterende isolatiematerialen (multifoil)*
Bij daken wordt soms ook gebruik gemaakt van reflecterende isolatie materialen (multifoil) waarbij laagjes noppenfolie of dergelijke worden afgewisseld door lagen kuststoffolie met opgedampt aluminium. Door sommige fabrikanten worden hier heel hoge isolatiewaarden voor opgegeven die op verkeerde aannamen berusten. Door de stralingsonderdrukkende folie is er intern in het materiaal geen of maar heel weinig warmteoverdracht door straling. Doordat de lucht zit opgesloten in kleine kamertjes (noppenfolie) kan deze niet stromen en is er dus ook geen warmteoverdracht door convectie. Wat overblijft is warmteoverdracht door geleiding door de lucht in het materiaal. Stilstaande lucht heeft een warmtegeleidingscoëfficiënt $\lambda$ = 0,025 W/m.K. Dat betekent dat 100 mm lucht een warmteweerstand $R_m$ = 4,0 m2.K/W zou hebben. Beter kan zo’n multifoil dus ook niet presteren. Een equivalente warmtegeleidingscoëfficient $\lambda$ = 0,030 W/m.K lijkt reëel, ofwel een laagdikte van 120 mm voor een warmteweerstand $R_m$ = 4 $m^2$.K/W. Vergelijkbaar met andere isolatiematerialen.
Wel heeft de reflecterende folie aan het oppervlak nog een zekere invloed op de warmteovergangsweerstand aan het oppervlak omdat de stralingscomponent wordt onderdrukt. Maar dat geldt alleen als de spouw hermetisch is afgesloten. Aan de bovenzijde, gewoon onder het dakbeschot moet worden gerekend op vervuiling en kunnen slechts de normale warmteovergangsweerstanden of spouwweerstanden worden gehanteerd.
Zie ook https://klimapedia.nl/publicaties/reflecterende-isolatie-zin-en-onzin/.

*Gevel isolatie*
Ook hiervoor is er weer veel te vinden op de website van Milieu Centraal.
https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/isoleren-en-besparen/spouwmuurisolatie/
https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/isoleren-en-besparen/gevelisolatie-buitenkant/
https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/isoleren-en-besparen/gevelisolatie-binnenkant/

Hieronder lopen we de verschillende mogelijkheden kort door.

*Spouwmuur na-isolatie*
Alle beschikbare materialen, mineraalwol, ps-parels, pur-schuim, uf-schuim kunnen worden toegepast. Onder één voorwaarde dat de muren vooraf goed worden geïnspecteerd en dat de situatie eerst wordt verbeterd, of dat er van na-isoleren wordt afgezien als er sprake is van slecht scheuren, slecht voegwerk, speciebruggen in de spouw, een heel erg smalle spouw, een dampdicht afgewerkt buitenspouwblad (bijvoorbeeld geglazuurde of geverfde steen), enz.
Dit is allemaal goed beschreven in de uitvoeringseisen die behoren bij de certificering. Het is dus zaak altijd met een gecertificeerd bedrijf in zee te gaan.
Zie ook https://klimapedia.nl/publicaties/feiten-en-fabels-rond-spouwmuur-na-isolatie/ en https://klimapedia.nl/publicaties/na-isoleren-van-spouwmuren-bouwfysische-aspecten/.

Het enige nadeel van spouwmuur na-isolatie is dat de toegevoegde isolatie je maar een beperkt stuk op weg helpt naar de tegenwoordig normaal gevonden isolatiewaarden. Dat neemt echter niet weg dat het aan energiebesparing een goede maatregel is, omdat bij isoleren toch altijd “de eerste klap een daalder waard is”. Omdat spouwmuurisolatie ook binnen enkele jaren wordt terug verdiend kun je dit toch rustig doen, ook al verwacht je over 5 of 10 jaar een grotere renovatie te doen.

Zowel bij latere binnen- of buitenisolatie zit de spouwisolatie niet in de weg. Sterker nog, die voorkomt luchtstroming in de spouw waarmee extra warmteverliezen of vochtproblemen zouden kunnen worden geïntroduceerd.

*Buitenisolatie*
Tegen de buitenzijde van een gemetselde muur kan zonder enig bezwaar isolatie worden aangebracht. Dat kan zowel bij een massieve muur (enkelsteens, anderhalf- of tweesteens) als bij een spouwmuur. Alle mogelijke isolatiematerialen kunnen worden toegepast.
Doordat de isolatie aan de buitenzijde zit blijft de bestaande muur voortaan helemaal warm en is er geen sprake van inwendige condensatie in het bestaande metselwerk.
Zolang de isolatie aan de buitenzijde niet dampremmend wordt afgewerkt ontstaat daarin ook geen condensatie, zeker niet als er kunststofschuim als isolatie wordt toegepast omdat dat zelf een behoorlijke weerstand tegen damptransport heeft.
Bij toepassing van mineraalwol ontstaat er mogelijk iets meer condensatie achter de afwerklaag, maar dit is zo weinig dat dat geen problemen oplevert. En in de zomer verdampt het vocht weer.

Als afwerklaag kunnen plaatmaterialen worden gebruikt, houten (rabat)delen of wat dan ook op een zekere afstand voor de isolatie. Als de spouw achter de afwerking in verbinding staat met de buitenlucht is dat helemaal mooi.
Maar de afwerking, stuc of steenstrips kan ook direct op de isolatielaag worden aangebracht met daartussen nog een glasvezel doek of ander materiaal als wapening.

Bij buitenisolatie zijn kunststofschuimplaten met een hoge isolatiewaarde (lage warmtegeleidingscoëfficiënt) een goede keuze omdat er dan met een geringere dikte kan worden volstaan.
Bij spouwmuren wordt ook vaak het buitenspouwblad verwijderd, zodat de muurdikte als geheel ook bij het aanbrengen van 150 mm isolatie of meer niet echt toe neemt.

*Binnenisolatie*
Bij het aanbrengen van isolatie aan de binnenzijde van een buitenmuur ontstaat er kans op condensatie tegen het oorspronkelijke binnenoppervlak van de muur omdat de muur door de isolatie niet meer wordt opgewarmd en door de isolatiedringende waterdamp op de muur gaat condenseren. Dat betekent dat dampremming extra belangrijk wordt. Daarbij zijn kunststofschuimplaten met een hoge dampweerstand een aantrekkelijke keuze. Wel is het van groot belang dat de naden goed worden afgedicht voordat de wand verder wordt afgewerkt.
Bij toepassing van mineraalwolplaten moet aan de binnenzijde een goede dampremmende laag worden aangebracht. Dit blijft echter een kritische oplossing omdat de dampremmende laag soms weer wordt doorbroken voor stopcontacten of andere zaken.
Handig zijn de combinatieplaten van gipskarton en kunsstofschuim dan wel mineraalwol. Deze kunnen, kamerhoog, in één keer tegen de binnenzijde van de gevel worden geplaatst, waarbij de gipskartonplaat rechtstreeks kan worden afgewerkt.

Maar daarmee zijn we er nog niet. Doordat de bestaande muur kouder wordt, stijgt ook de relatieve vochtigheid (wateractiviteit) in de muur waardoor de kans bestaat dat in de muur opgelegde houten balken gaan rotten. Van heel groot belang is dat de muur in zeer goede staat verkeerd en dat het voegwerk aan de buitenzijde helemaal in orde is. Bij een enkelsteensmuur is het verder van belang om de muur waterafstotend te behandelen aan de buitenzijde.

Verder moet ook aandacht worden besteed aan tussenwanden en vloeren die aansluiten aan de gevel. Deze kunnen vormen een koudebrug. De eerste halve meter vanuit de gevel blijft koud en kan zelfs nog iets kouder worden dan voordat de gevel aan de binnenzijde werd geïsoleerd. Afhankelijk van de situatie kan het nodig zijn om de eerste halve meter van de binnenwanden en vloeren mee te isoleren. Dat hoeft niet zo dik. Het gaat alleen om het verhogen van de oppervlaktetemperatuur om oppervlaktecondensatie en schimmelgroei te voorkomen. Een laag isolatie van 30-50 mm is daarvoor voldoende.

Bij isolatie aan de binnenzijde is het verstandig om deskundig advies in te winnen (adviseur Bouwfysica of ervaren bouwkundige).
Zie voor verdere toelichting ook https://klimapedia.nl/publicaties/5616-2/.

Bij binnenisolatie is het vaak niet eenvoudig om erg dikke lagen isolatie toe te passen.
Het is ook de vraag of dat nodig is. Vaak is het stuk gevel waarom het gaat maar beperkt van oppervlakte (weinig $m^2$'s). Dan weegt de extra moeite en het ruimteverlies niet op tegen de (beperkte) extra winst door toepassen van een grotere isolatiedikte.
Zie https://klimapedia.nl/publicaties/2-waar-te-beginnen-met-isoleren-en-hoe-zwaar/.

*Vloerisolatie*

Eerst weer een verwijzing naar de informatie op de website van Milieu Centraal.
https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/isoleren-en-besparen/vloerisolatie/
https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/isoleren-en-besparen/zelf-vloer-isoleren/
https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/isoleren-en-besparen/bodemisolatie/

en kijk ook op https://klimapedia.nl/publicaties/vloer-en-bodemisolatie-besparingskentallen-en-aandachtspunten/

*Isolatie aan de onderzijde van de vloer*
Dit is de beste plaats voor de isolatie bij een vloer als daaronder tenminste een kruipruimte of andere niet verwarmde ruimte of de buitenlucht aanwezig is.
Ook hier geldt weer dat de vloer warm blijft en er dus geen kans is op inwendige condensatie.
Dit geldt zowel voor houten vloeren als betonvloeren.
Wel is van belang dat bij een houten vloer zo mogelijk de isolatie ook onder de balken door wordt aangebracht, zodat die ook in de warme zone zitten. Eventueel kan dat met een extra laag, al dan niet plaatselijk bij de balken.

Een heel handige oplossing zijn “thermoskussen”. Deze bestaan uit een kunststoffolie waarop een heel dunne laag aluminium is gedampt. De folies zijn zodanig aan elkaar gemaakt dat er twee lagen holle ruimten onder elkaar ontstaan met een diepte van ca. 150 mm. Met een minimum aan materiaalgebruik wordt er een uitstekende isolatiewaarde gerealiseerd doordat de opgedampte aluminiumlaag uitwisseling van warmte door straling zeer sterk beperkt.

In feite werkt dit systeem alleen onder een vloer, waar het bovenin de spouw (de kussens) het warmst is. “Warme lucht stijgt op” en dus blijft de lucht stil hangen aan de bovenzijde van de spouw, onder de warme vloer en ontstaat er geen luchtstroming die ook warmte uitwisselt. Hetzelfde materiaal in een dakspouw presteert aanzienlijk minder goed, omdat de lucht die onderaan wordt opgewarmd opstijgt en aan de bovenzijde wordt afgekoeld, zwaarder wordt en weer naar beneden zakt. Door deze luchtstroming (convectie) ontstaat bij toepassing in een dak een flinke warmte uitwisseling tussen onder- en bovenzijde van de spouw.

Doordat de onderlaag van de kussens ook van hetzelfde reflecterende materiaal is, is de stralingsoverdracht naar de kruipruimtebodem ook minder.

Verder kunnen voor isolatie onder vloeren alle materialen worden toegepast. Afhankelijk van het soort is het meer of minder eenvoudig om de platen goed aansluitend en zonder kans op doorzakken te bevestigen.

In alle gevallen moet een beperkte kruipruimteventilatie in stand worden gehouden. Een belangrijk aandachtspunt daarbij is dat de kruipruimtelucht niet in verbinding mag staan met de lucht in eventuele muurspouwen.

Ook moet aandacht besteed worden aan eventuele isolatie van randbalken (fundering/buitengevel).

*Reflecterende isolatiematerialen (multifoil)*
Zie hiervoor bij dakisolatie. Voor een goed resultaat zijn even dikke lagen nodig als van de andere isolatiematerialen dus minimaal ca. 120 mm.
Doordat de onderzijde van de mulktifoil ook van reflecterende materiaal is, is de stralingsoverdracht naar de kruipruimtebodem ook minder.

*Afdekken van de kruipruimtebodem*
Als het grondwater op korte afstand onder de kruipruimte bodem begint is het afdekken van de bodem met een “bodemfolie” een zinnige zaak. Als de kruipruimte goed droog is (zand) is dit niet nodig.

*Bodemisolatie*
Als er niet voldoende ruimte is in de kruipruimte kan er ook los gestort isolatiemateriaal op de bodem van de kruipruimte worden aangebracht.
De kruipruimteventilatie moet tot een minimum worden beperkt omdat koude lucht wordt binnen gebracht in een warme spouw.

Bij bodemisolatie is het extra belangrijk ook aandacht te besteden aan de isolatie van randbalken (fundering) en buitenmuur.

*Isolatie aan de bovenzijde van de vloer*
Als het maar even kan heeft isoleren aan onderzijde heeft de voorkeur. Maar als dat niet mogelijk is kan ook een isolatielaag op de vloer worden aangebracht.
Alle kunststofschuimplaten komen in aanmerking, maar ook stijf geperste minerale wolplaten. Bij deze laatste is nog een dampremmende laag aan de bovenzijde nodig.

Op de isolatie kan een zand-cement afwerkvloer worden aangebracht, maar ook afwerking met plaatmaterialen is mogelijk.

Omdat het van de binnenruimte af gaat zijn grote diktes niet zo makkelijk toe te passen.
Maar omdat bij isoleren "de eerste klap (40-60 mm) een daalder waard is", is dat niet zo erg.
Zie ook https://klimapedia.nl/publicaties/2-waar-te-beginnen-met-isoleren-en-hoe-zwaar/.
Om deze reden is ook de toepassing van een plaatmateriaal als afwerkvloer handiger dan een zand-cement afwerkvloer in verband met de geringere dikte.

*Vloerverwarming*
Als vloerverwarming wordt toegepast is goed isoleren van de vloer en bij voorkeur aan de onderzijde een noodzaak. Los daarvan is het zinvol ook nog een isolatielaag (minimaal 20-30 mm) onder de afwerkvloer met vloerverwarming te leggen. Hierdoor reageert het totale systeem sneller omdat de onderliggende vloer minder sterk mee opgewarmd behoeft te worden.

*Ramen en deuren*

*$HR^{++}$ glas, triple glas en degelijke:*
https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/isoleren-en-besparen/dubbel-glas-hr-glas-en-triple-glas/
https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/isoleren-en-besparen/isolerende-kozijnen-en-deuren/

*Naden en kieren:*
https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/isoleren-en-besparen/naden-en-kieren-dicht/

*Altijd het integrale plaatje bekijken*
Als er isolatiemaatregelen worden uitgevoerd verandert er meer dan alleen de thermische isolatie van de gebouwschil. Vaak worden ook, al dan niet bedoeld, ook allerlei naden en kieren gedicht. Dat is natuurlijk prima, dat voorkomt ongewilde luchtuitwisseling en daarmee minder op te warmen koude buitenlucht. Maar … in de bestaande situatie waren er misschien wel geen goede ventilatievoorzieningen aanwezig en ging het allemaal per ongeluk goed omdat er voldoende naden en kieren waren waardoor toevoer van verse lucht en afvoer van gebruikte lucht plaats vond.
Bij een plan voor thermisch isoleren hoort dus ook altijd een plan voor checken en eventueel verbeteren van de ventilatievoorzieningen. En zo is er meer.
Zie hiervoor onder andere https://klimapedia.nl/publicaties/energie-besparen-en-een-gezond-binnenklimaat/

Delft, 4 mei 2020
Kees van der Linden