

Een kruipruimte thermisch doorgemeten

118

Rotterdam, 1985



Stichting Bouwresearch

SAMENVATTING

Dit rapport is gebaseerd op de resultaten van een uitgebreide praktijkmeting bij een kruipruimte van een eengezinswoning waarbij de beganegrondvloer niet is geïsoleerd.

Het doel van de praktijkmetingen was een beter inzicht te verkrijgen in de bouwfysische aspecten van de kruipruimte en de begrenzingen daarvan.

De metingen hebben betrekking op het bepalen van temperatuurverdelingen, zowel van de luchttemperaturen als van de oppervlakte-temperaturen van constructiedelen en van de diverse warmtestromen. Verder zijn gegevens verzameld over de ventilatie van de kruipruimte en de invloed van de wind daarop. Ook de vochthuishouding van de kruipruimte is in het onderzoek meegenomen. In een aantal conclusies worden de verkregen resultaten samengevat.

Tenslotte wordt een beschouwing gegeven over het thermisch gedrag van kruipruimten in het algemeen op grond van de nu verkregen inzichten. Daarbij wordt een vergelijking gemaakt met gegevens van theoretische en experimentele studies uit beschikbare literatuur.

Eén van de meest opvallende resultaten van het onderzoek is dat de aangetroffen vloertemperaturen veel lager zijn dan men op grond van de huidige inzichten zou verwachten. De verwachting wordt dan ook uitgesproken dat het nut van het na-isoleren van beganegrondvloeren vooral zou kunnen liggen in het verbeteren van het wooncomfort. Als bewoners echter de lage vloertemperaturen, die zonder vloerisolatie optreden, compenseren door een hogere luchttemperatuur aan te houden dan zal het warmteverlies voor de gehele woning aanzienlijk toenemen. Dit extra warmteverlies wordt opgeheven als de bewoners na het aanbrengen van vloerisolatie de luchttemperatuur verlagen.

Ook is getracht een temperatuurverloop in het horizontale vlak van de vloer vast te stellen. Men zou temperatuurverschillen kunnen verwachten daar de broodjesvloer met liggers thermisch gezien verre van homogeen is. Inderdaad blijkt de temperatuur van de onderkant van een ligger iets lager te zijn dan die van de onderkant in het midden van een broodje; de verschillen zijn echter erg klein, minder dan $0,1^{\circ}\text{C}$.

Men moet dit echter wel zien in het licht van het feit dat de temperatuurverschillen in verticale richting over het algemeen klein zijn in de kruipruimte. Tussen onderkant vloer en bodem is dat ca. 6°C . De in tabel 1 opgegeven waarden zijn maandgemiddelde temperaturen. De momentane waarden wijken slechts weinig af door de grote thermische traagheid van de kruipruimte en zijn wanden. In Appendix A zijn de waargenomen temperatuurverdelingen voor de koudste en warmste week uit de meetperiode weergegeven.

In de woonkamer zijn geen verdelingen van oppervlakte-temperaturen gemeten. Er is steeds slechts op één plaats gemeten. Op grond van de lage temperaturen op enkele plaatsen aan de onderkant van de vloerconstructie en de sterke thermische stratificatie in de woonkamer kan men aan de bovenkant van de vloer temperaturen verwachten die lokaal in het gevarengedied voor oppervlaktecondensatie liggen. Navraag bij de bewoners leerde ons dat men inderdaad te kampen had met schimmelvorming op het tapijt tegen de noordgevel.

4.6 Ventilatie van de kruipruimte

Uit de drukverschilmetingen aan twee van de vier ventilatiekanalen zijn de ventilatiehoeveelheden van de kruipruimte berekend. Nadere inspectie bracht aan het licht dat het ventilatiekanaal bij de gevelaansluiting met de berging niet functioneerde, hiervoor is steeds gecorrigeerd. De ventilatie blijkt zeer sterk te variëren tussen een ventilatievoud van 0,1 tot 2 luchtwisselingen per uur, afhankelijk van de windsnelheid en de windrichting.

De gemeten drukverschillen blijken goed te correleren met die component van de ontbonden windsnelheidsvector die loodrecht op de noord- of zuidgevel staat (zie figuur B1 in Appendix B). Er is nagegaan in hoeverre de gemeten windsnelheid bij de meetwoning overeenkomt met de meteorologische van het dichtsbijzijnde weerstation: op de Luchthaven Rotterdam.

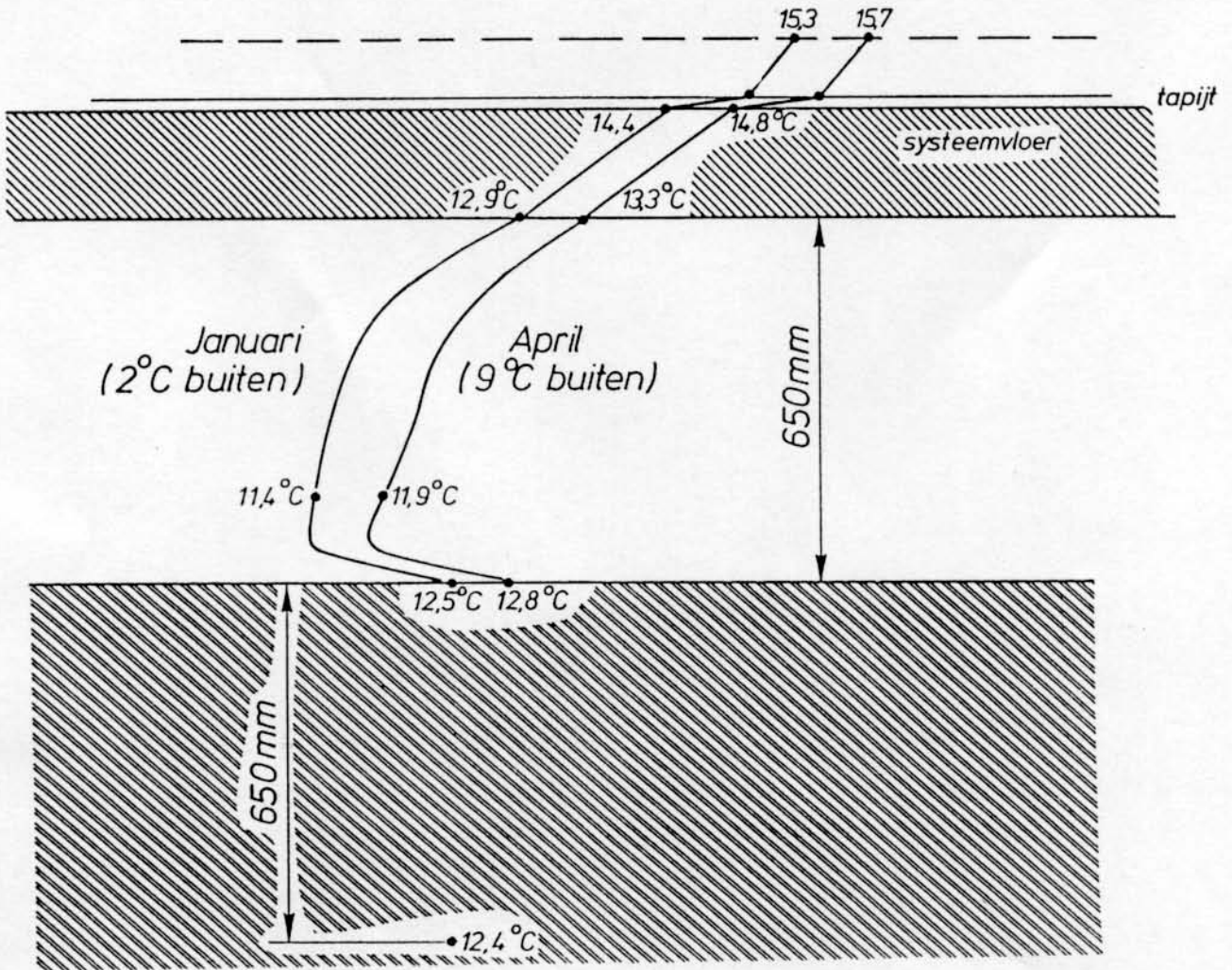


Fig. 5. Temperatuurprofiel langs een verticale lijn in het midden van de kruipruimte; weergegeven zijn de waargenomen gemiddelde temperaturen voor de maanden januari en april. Vertical temperature distribution underneath the crawl space. Monthly average temperatures January and April.

Daarbij wordt gebruik gemaakt van een dynamisch twee-dimensionaal rekenmodel. De resultaten van deze berekeningen zijn echter moeilijk zonder meer te vergelijken met onze meetresultaten doordat de uitgangspunten die bij de berekeningen gehanteerd zijn nogal afwijken van hetgeen wij in de praktijk aantreffen. De voornaamste discrepantie ligt in het feit dat bij de berekeningen van Vierveyzer hogere temperaturen aan de bovenzijde van de beganegrondvloer zijn opgelegd dan we in praktijk voor dit geval waarnemen. Ook is hij uitgegaan van andere waarden voor de warmteoverdrachtscoëfficiënten in vergelijking met de waarden die we nu experimenteel bepaald hebben bij de meetwoning. Dezelfde moeilijkheid ontstaat indien we de metingen willen vergelijken met de resultaten van simulaties met behulp van een stationair twee-dimensionaal (analogon) model, zoals beschreven in [2] en [4].

Een correcte vergelijking is mogelijk indien men in de berekeningen of simulaties de randvoorwaarden voor de warmte-overdracht, die afgeleid zijn uit deze praktijkmetingen, invoert.

Met betrekking tot het rekenen aan het thermische gedrag moeten we echter nog een fundamenteel probleem signaleren. Dit probleem houdt verband met de interactie tussen het thermische gebeuren boven de beganegrondvloer en die beneden de beganegrondvloer. We kunnen dit als volgt toelichten.

Een koude beganegrondvloer kan bij een matige vloerisolatie mede aanleiding geven tot een sterke temperatuurgelaagdheid in het woonvertrek met (oncomfortabele) koude luchtlagen vlak boven de vloer. De luchtcirculatie in het woonvertrek is bepalend voor de mate waarin deze temperatuurgelaagdheid kan worden verminderd of opgeheven. Onze praktijkmetingen voor een niet geïsoleerde vloer hebben duidelijk aangetoond dat dit een belangrijk aspect is.

Daarbij willen wij nogmaals benadrukken dat de onderzochte woning op normale wijze geventileerd werd door de bewoners. Ook is geen extra kierdichting aangebracht terwijl de mechanische ventilatie 24 uur per dag in bedrijf bleef.

Een ander aspect dat om een beschouwing vraagt zijn de waargenomen warmtestromen via de beganegrondvloer. Deze zijn niet hoog: gemiddeld 4 W/m^2 over het stookseizoen.

Deze lage waarde houdt eveneens verband met de reeds genoemde temperatuurgelaagdheid in het woonvertrek.

Aan deze lage gemeten warmteverliezen door de vloer mag niet de conclusie verbonden worden dat het na-isoleren van de beganegrond vloer niet zinvol zou zijn. Immers, de lage vloertemperaturen zullen gecompenseerd moeten worden door hoge luchttemperaturen in het woonvertrek om een acceptabel comfort te verkrijgen. Een verhoging van de warmteweerstand door isolatie van de vloer kan dan weliswaar een geringere verlaging van het warmteverlies door de vloer opleveren, daar zal echter wel een vermindering van het totale warmteverlies van de woning tegenover staan als gevolg van de mogelijkheid van het verlagen van de gemiddelde luchttemperatuur in het vertrek bij een goed comfort.

In Appendix C wordt een overzicht gegeven van theoretische en experimentele gegevens waarbij voor zo ver mogelijk een vergelijking wordt gemaakt tussen geïsoleerde en ongeïsoleerde beganegrondvloeren. Tevens wordt in deze Appendix een nadere beschouwing gewijd aan de weegfactor a uit NEN 1068.

Voor een groot deel van ons huidige bestand van eengezinswoningen dat voor 1982 gebouwd is zijn verder de volgende bevindingen van belang:

- Bij normale situaties kunnen dermate lage temperaturen bij de aansluiting van gevel- en vloerconstructies optreden dat er een gevaar voor oppervlaktecondensatie aanwezig is in de woonruimte, vooral indien energiebewust wordt gestookt en de kamertemperatuur daggemiddeld laag wordt gehouden. Als gevolg hiervan is er tevens gevaar voor schimmelvorming. Dit effect is ongewenst en kan mogelijk verholpen worden door middel van na-isolatie van de beganegrond vloer.

- Ook zonder vocht- en schimmelproblemen kan er sprake zijn van een verminderd wooncomfort vanwege de lagen vloertemperaturen. Alhoewel dit niet met cijfers aangetoond kan worden, mag men in de praktijk verwachten dat na-isolatie van beganegrondvloeren een belangrijke comfortverbetering kan opleveren;
- De verdamping van optrekkend grondwater speelt een belangrijke rol in de warmte- en vochthuishouding. Het aanbrengen van een dampremmende folie op de bodem van de kruipruimte kan zowel het warmteverlies door de beganegrondvloer als de luchtvochtigheid in de kruipruimte (en mogelijk ook in de woning) terugdringen;
- Straling is het belangrijkste effect van de warmte-overdracht van onderkant vloer naar kruipruimte. Na-isolatie met stralingsschermen zal in dit opzicht reeds een belangrijke verbetering geven.*)

*) Een kwantitatieve uitwerking is reeds gegeven in de publikatie van Den Boer [4]. (Bouwwereld 77 (1981), nr. 24).

7

CONCLUSIES

- In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd van praktijkmetingen in een kruipruimte bij een bewoonde woning. De geselecteerde woning is representatief voor een groot deel van het Nederlandse woningbestand. Het betreft namelijk een tussenwoning in een rij laagbouwoningen, zonder vloerisolatie en met centrale verwarming.
- In de warmtehuishouding van een kruipruimte speelt de warmte-uitwisseling door straling een zeer grote rol. Dit wordt nog benadrukt door de temperatuurgelaagdheid van de lucht in de kruipruimte waardoor de convectieve warmte-overdracht van de vloer naar de kruipruimtelucht beperkt wordt ($\alpha_{\text{conv}} = 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$).
Deze bevindingen worden gesteund door eerder uitgevoerde theoretische studies en laboratoriumexperimenten [9].
- Het aanbrengen van een stralingsscherm aan de onderkant van de vloer geeft een aanzienlijke vermindering van de warmte-overdracht door straling van de onderkant van de vloer naar de bodem.
- De verdamping van optrekkend grondwater is eveneens een belangrijke factor op de warmtebalans van de kruipruimte.
- De warmtestromen door de gevefunderingswanden zijn hoog ten opzichte van de overige warmtestromen. We vinden gemiddeld $13,8 \text{ W/m}^2$ voor de noordgevel en $8,3 \text{ W/m}^2$ voor de zuidgevel.
- De waargenomen gemiddelde vloertemperaturen in de woonruimte met ongeïsoleerde vloer zijn laag en liggen tussen 14 en $16 \text{ }^\circ\text{C}$. Dit zal niet alleen tot comfortklachten aanleiding geven, maar ook een risico inhouden van schimmelvorming als gevolg van oppervlaktecondensatie. Het laatste geldt vooral voor de vloeraansluitingen bij de gevels, waar de temperaturen nog lager zijn.
- De lage vloertemperaturen houden verband met de natuurlijke thermische gelaagdheid in het woonvertrek op de beganegrond. De waargenomen temperatuurgradiënt bedraagt $2 \text{ }^\circ\text{C}$ per meter.
- De ventilatie van de kruipruimte wordt sterk bepaald door de wind op de gevel en varieert tussen $0,1 \text{ h}^{-1}$ en $1,5 \text{ h}^{-1}$ met een gemiddelde van $0,6 \text{ h}^{-1}$ over het stookseizoen.

- De relatieve luchtvochtigheid van de kruipruimte ligt tussen 90 en 95% en blijkt nauwelijks te variëren over het stookseizoen.
- De waargenomen warmtestromen door de (ongeïsoleerde) beganegrondvloer zijn vrij laag (gemiddeld 4 W/m^2) en zijn vrijwel constant over het gehele stookseizoen. Deze lage waarde houdt verband met de temperatuurgelaagdheid in het woonvertrek.
- De luchttemperaturen in de kruipruimte variëren weinig over het stookseizoen. De gemiddelde waarde van de laagst gemeten temperatuur ligt bij $12 \text{ }^\circ\text{C}$. Bij een periode van strenge vorst is een lokale minimum luchttemperatuur van $10,5 \text{ }^\circ\text{C}$ gemeten.

Daarbij zijn eveneens het verloop van de woonkamertemperatuur en grondtemperatuur op 65 cm diepte weergegeven.

4. Het verloop van de warmtestromen over het stookseizoen

In figuur A4 zien we het verloop van de warmtestromen door de beganegrondvloer, door de bodem van de kruipruimte en op drie plaatsen door de gevefunderingswanden van de kruipruimte.

Hieruit blijkt dat de bodem gedurende de winter warmte afstaat aan de kruipruimtelucht. In figuur A4 is het teken van de warmtestroom via de bodem dan positief. Pas in maart-april draait het teken om en wordt er warmte via het bodemoppervlak naar de grond afgevoerd.

Uit de meetwaarden voor de warmtestromen bij de gevefunderingswanden blijkt dat hier aanzienlijke warmteverliezen optreden. Warmte-overdracht door condensatie van waterdamp uit de kruipruimtelucht speelt daarbij een rol.

Opvallend is het verschil in het verloop van de warmtestromen voor de noord- en de zuidoostgevel. In tegenstelling tot de noordgevel neemt de warmtestroom door de funderingswand aan de zuidoostgevel vrij snel af in de loop van het stookseizoen. Waarschijnlijk is dit een effect van bezonning aan de zuidkant van de woning. Het effect van de aangebouwde berging aan de zuidoostgevel is eveneens merkbaar doch minder duidelijk.

5. Minimale en maximale temperaturen voor enkele constructiedelen

Voor de overige meetpunten in de kruipruimte zijn de extreme meetwaarden weergegeven in de figuren A5 en A6. Figuur A5 geeft de gemiddelde temperaturen voor de koudste week (week 2, januari 1982) en figuur A6 geeft de temperaturen voor de warmste week van het stookseizoen (week 18, mei 1982).