

# Enkele resultaten van praktijkonderzoek naar vochtproblemen bij kruipruimten

door H. J. Oldengarm en H.C. Peetsman\*

## Samenvatting

Dit rapport geeft de belangrijkste bevindingen weer van een tweetal praktijkonderzoeken naar vochtproblemen als gevolg van vochtige kruipruimten.

Nader onderzoek is verricht naar drie mechanismen die een rol spelen: luchttransport via de vloer, vochtmigratie door de vloer en koudebrugwerking.

Extra aandacht wordt besteed aan het luchttransport omdat dit als één van de belangrijkste oorzaken voor vochtproblemen wordt gezien. Enkele conclusies die voor de bouwpraktijk van belang zijn:

- broodjesvloeren lijken gevoeliger voor vochtproblemen dan andere typen betonvloeren;
- het verbeteren van kruipruimteventilatie kan averechtse gevolgen hebben als de begane grond vloer niet gelijktijdig kierdicht gemaakt wordt.

Dit rapport is opgesteld in het kader van de doelsubsidie MVRM, thema Bouwfysica, deelonderzoek "Vocht- en schimmelproblemen in woningen".

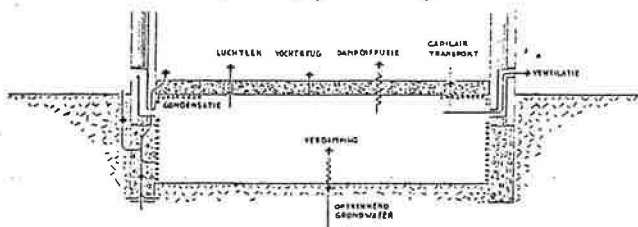
## 1. Inleiding

De Technisch Fysische Dienst TNO/TH heeft in de loop van 1985 een aantal praktijkonderzoeken uitgevoerd waarbij de problematiek van vochtige kruipruimten centraal stond.

Bij deze projecten zijn een groot aantal meetgegevens verzameld. Een deel van deze meetgegevens is nader uitgewerkt in het kader van de doelsubsidie MVRM. Het doel daarvan is een beter inzicht te verkrijgen in de invloed van kruipruimten op de vochtinhouding van woningen.

## 2. Vochtproblemen veroorzaakt door kruipruimten

Vochtproblemen veroorzaakt door kruipruimten kunnen op verschillende wijzen ontstaan. De belangrijkste factoren die een rol spelen zijn aangegeven in figuur 1. In



Figuur 1: Schematische aanduiding van de belangrijkste vochttransportverschijnselen bij kruipruimten.

\*Technisch Fysische Dienst TNO-TH te Delft

In hoofdzaak kan men de volgende mechanismen onderscheiden:

- Vochttransport van vochtige lucht die vanuit de kruipruimte via luchtlekken in de woning komt.
- Vochttransport via de vloerconstructie.
- Koudebrugwerking, met name die van de aansluiting van de vloer op de gevelconstructie.
- Optrekkend vocht via de funderingen.

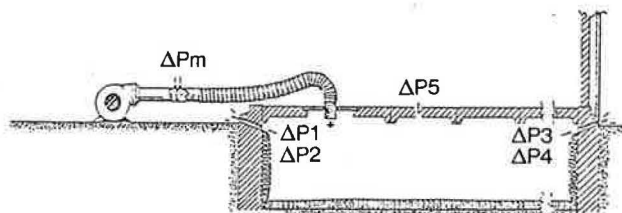
De voornaamste onderzoekresultaten met betrekking tot de eerste drie genoemde mechanismen worden in dit rapport in het kort besproken. Optrekkend vocht wordt niet verder behandeld, omdat dit geen rol speelde bij de onderzochte woningen.

## 3. Onderzoeksmethoden bij vocht-onderzoek

Bij praktijkonderzoek wordt men voor het probleem gesteld uit te maken of en in welke mate één of meer van de zojuist genoemde mechanismen een rol spelen. Daartoe staan diverse onderzoeksmethoden ter beschikking. Ons praktijkonderzoek heeft bestaan uit de volgende elementen:

- visuele inspecties en waarnemingen;
- enquêtering van de bewoners;
- bepaling van het materiaalvochtgehalte in bouwmaterialen;
- meting en/of registratie van luchtvochtigheid, luchttemperaturen en oppervlaktetemperaturen;

- meting en/of registratie van luchtdrukverschillen (ten behoeve van analyse van luchttransport door de woning) zo mogelijk onder diverse omstandigheden;
- rookproeven, voor de waarneming van luchtbewegingen;
- ventilatorproef, ter bepaling van luchtlekken (zie figuur 2);
- verzamelen weergegevens van het dichtst bijzijnde weerstation.



Figuur 2: Opzet van de ventilatorproef voor het bepalen van de plaats en de omvang van luchtlekken in de begane grond vloer.

Afhankelijk van de aard van het te onderzoeken probleem kan het nodig zijn dat het onderzoek zich over een lange periode dient uit te strekken.

Voor het registreren van de luchtvochtigheid is gebruik gemaakt van een door de TPD ontwikkeld meetsysteem dat reeds beschreven is in een eerder rapport [1]. Het betreft een automatisch meetsysteem dat luchtmonsters op 16 verschillende plaatsen kan nemen voor het bepalen van de dauwpunttemperatuur. Het systeem heeft uitstekende diensten bewezen bij verschillende vochtonderzoeken. Een belangrijk voordeel is dat de meetgegevens op digitale wijze opgeslagen worden zodat ze gebruikt kunnen worden voor meer diepgaande analyses van de vochtbalans. Het continu registreren van luchtdrukverschillen vormt een belangrijk element met betrekking tot luchttransportverschijnselen. In ons onderzoek is gebruik gemaakt van gevoelige drukopnemers. De meetgegevens zijn eveneens per computer verwerkt.

#### 4. De onderzochte woningen

De onderzoekresultaten in dit rapport zijn afkomstig van meetprojecten in Katwijk en Lelystad.

Daarbij was sprake van twee type vloersystemen. Het ene vloersysteem bestaat uit betonnen plaalementen, de ander bestaat uit de zogenaamde broodjeselementen.

In Katwijk is de kruipruimte op het oog droog; het grondwaterpeil bevindt zich enkele decimeters onder het bodemoppervlak.

Bij de woningen in Lelystad is periodiek water aanwezig in de kruipruimte. Bij dit project is tevens een leegstaande woning in het onderzoek betrokken. Op deze wijze zijn ter referentie meetgegevens verkregen zonder de storende invloed van bewoners. De leegstaande woning werd op de normale wijze, dus met nachtverlaging verwarmd. In deze woning vond echter geen opzettelijke vochtproductie plaats.

### 5. Luchttransport vanuit de kruipruimte

#### 5.1 Het mechanisme

De hoeveelheid lucht die uit de kruipruimte naar de woonruimte gevoerd kan worden, is afhankelijk van de volgende parameters:

- de plaats en omvang van luchtlekken in de begane grond vloeren;
- de ventilatieweerstand van de ventilatie-openingen in de kruipruimte;
- de onderdruk in de woning ten opzichte van de kruipruimte.

Een woning heeft altijd een onderdruk ten opzichte van de kruipruimte als gevolg van thermische trek die ontstaat door het temperatuurverschil binnen-buiten.

Luchttransport vanuit de kruipruimte naar de woonruimte is alleen mogelijk als er ook een toevoer is van buitenlucht naar de kruipruimte.

#### 5.2 Luchtlekken in de begane grond vloer

Voor één kruipruimte zijn de lekverliezen bepaald met een ventilatorproef. De ventilatie-openingen en de kieren naar de aangrenzende kruipruimte werden bij deze meting afgedicht. Een visuele inspectie vooraf had aangetoond dat de begane grond vloer vrij luchtdicht moest zijn.

Rookproeven tijdens de ventilatorproef bevestigden dit.

Desondanks gaf de ventilatorproef een lekverlies aan dat overeenkomt met een opening van 120 cm<sup>2</sup>. Voor een groot deel moet dit echter toegeschreven worden aan lekverliezen via de gevelspouw.

Een nadere inspectie leerde ons dat een dergelijk luchttransport inderdaad mogelijk is door kieren bij de gevelfundering en rondom de ventilatiekanalen.

#### 5.3 Ventilatieweerstand van de gevel ventilatie-openingen

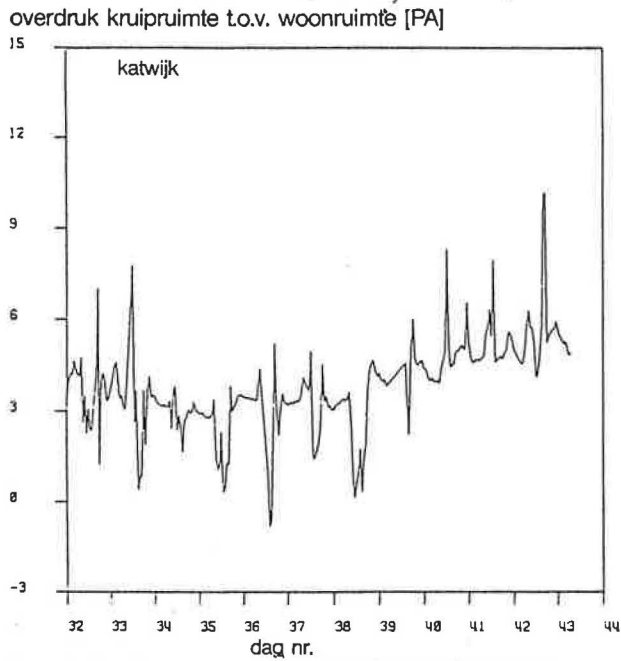
De ventilatiekarakteristiek van de ventilatiekanalen in de gevel (4 stuks) is bepaald door de ventilatorproef tweemaal uit te voeren: eenmaal met afgedichte kanalen en eenmaal met open kanalen. Uit het verschil volgt de gezamenlijke ventilatiekarakteristiek van de kanalen.

Het resultaat is gebruikt voor de bepaling van het luchttransport in par. 5.5.

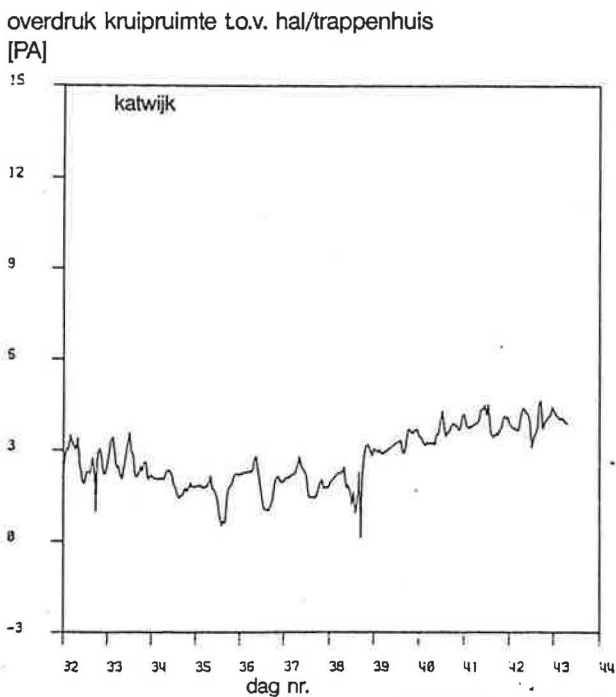
#### 5.4 Onderdruk van de woonruimte

Uit metingen blijkt dat het luchtverschil tussen woonruimte en kruipruimte door de thermische werking inderdaad mee varieert met het temperatuurverschil binnen-buiten. Er is een sterke invloed van het bewonersgedrag, zoals blijkt uit registraties als weergegeven in figuur 3. Het verloop vertoont uitschieters naar boven en naar beneden. De onderdruk in de woonruimte neemt toe als de afzuigkap in de open keuken gebruikt wordt, terwijl deze drukvereffening snel afneemt bij het openen van een klepraam. Er blijft echter praktisch altijd enige onderdruk aanwezig in de woonruimte. In figuur 4 is het verloop van het drukverschil tussen de hal en de kruipruimte weergegeven. Grote uitschieters komen hier niet voor.

Het bewonersgedrag kan men karakteriseren door het etmaal patroon te bepalen uit uurlijkse meetgegevens voor een aantal weken. Het resultaat is weergegeven in figuur 5.

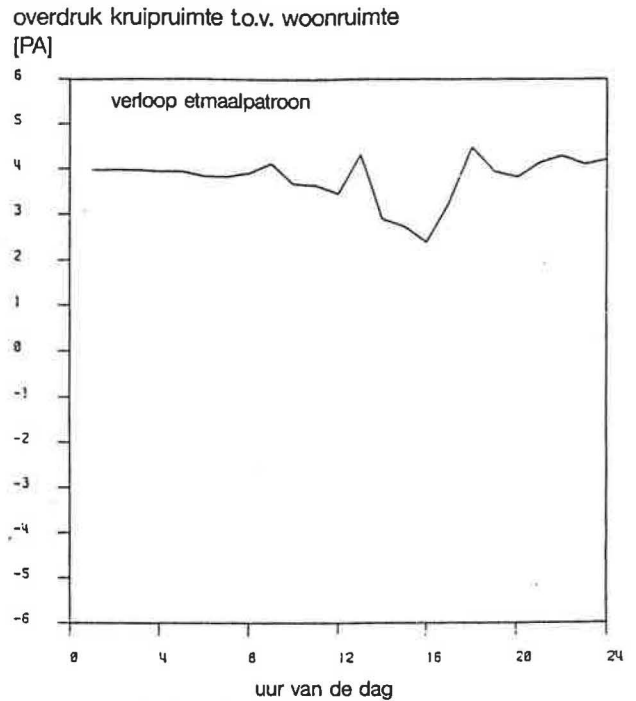


**Figuur 3:** Uurlijks verloop van het luchtdrukverschil kruipruimte-woonruimte over een periode van 12 dagen  
De uitschieters worden veroorzaakt door het gebruik van de afzuigkap (groter drukverschil) of het klappaam (kleiner drukverschil).

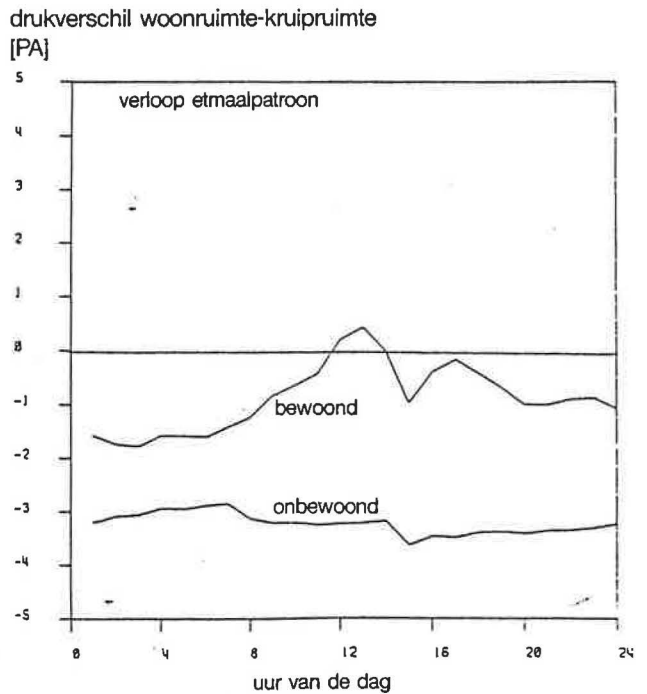


**Figuur 4:** Registratie drukverschil kruipruimte-hal. Zelfde condities als bij figuur 3.

Hetzelfde is gedaan voor een ander meetproject, waarbij het verschil tussen een bewoonde en onbewoonde woning is meegenomen. Het resultaat is weergegeven in figuur 6. Deze figuren spreken verder voor zichzelf.



**Figuur 5:** Projekt Katwijk.  
Verloop van het etmaalpatroon voor het drukverschil kruipruimte-woonruimte afgeleid van de uurlijkse meetgegevens van figuur 3. Gemiddelde buitentemperatuur 0°C.



**Figuur 6:** Projekt Lelystad.  
Verloop van het etmaalpatroon voor een bewoonde en een onbewoonde woning.  
(N.B.: het teken is omgekeerd ten opzicht van de presentatie in figuur 5). Gemiddelde buitentemperatuur 8°C.

### 5.5 Luchtransport naar de woonruimte

In figuur 7 is het verband aangegeven tussen het luchtdebiet en het drukverschil met als parameters het lekverlies van de begane grond vloer en de ventilatieweerstand van de ventilatiekanalen.

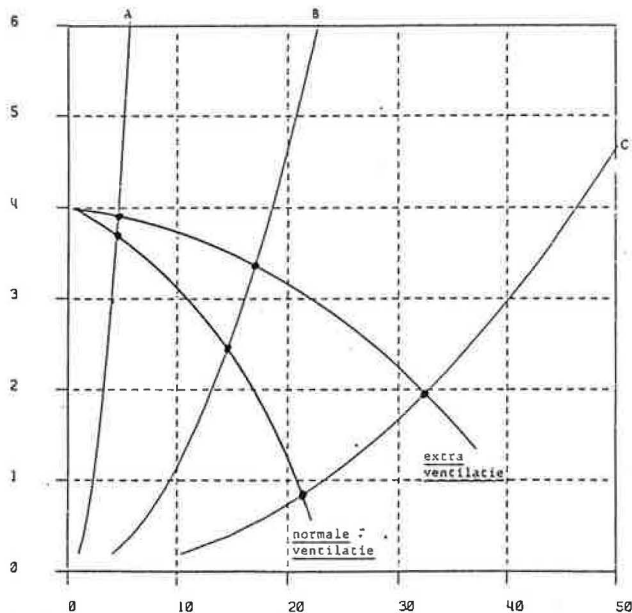
De kromme die is aangeduid met 'normale ventilatie' is gebaseerd op onze meetgegevens van de onderzochte kruipruimte. De kromme 'extra ventilatie' is gebaseerd op de veronderstelling dat de ventilatieopeningen een factor twee groter zijn.

Uit figuur 7 kan men de volgende conclusies trekken:

- Bij grote lekken in de begane grond vloer treedt drukverlies op door drukvereffening. Het luchtdebiet blijft daardoor beperkt.
- Het luchtransport vanuit de kruipruimte neemt toe met toenemende kruipruimteventilatie.

De laatste constatering betekent dat het verbeteren van kruipruimteventilatie een averechts effect heeft op het vochttransport naar de woning als niet tevens de lekken in de begane grond vloer gedicht worden.

drukverschil kruipruimte - woonruimte [PA]



luchtdebiet vanuit de kruipruimte [m<sup>3</sup>/uur]

Figuur 7: De luchttoevoer van kruipruimte naar de woonruimte als functie van het optredende drukverschil. Parameters zijn de lekverliezen van de begane grond vloer (drie gevallen met ventilatie-openingen van A - 5 cm<sup>2</sup>; B - 20 cm<sup>2</sup>; c - 50 cm<sup>2</sup>) en de kruipruimteventilatie (twee gevallen: "normaal" en "extra"). Het "normale" geval komt overeen met normgrootte van de ventilatie-openingen.

### 5.6 Het effect op de vochtbalans

Uit figuur 7 blijkt dat onder bepaalde omstandigheden (grote lekken in de vloer, extra kruipruimteventilatie) veel kruipruimtelucht naar de woonruimte kan verdwijnen. Als we uitgaan van een extreem geval van 25 m<sup>3</sup>/uur kruipruimtelucht naar de woning met een vochtverschilconcentratie van 5 g/m<sup>3</sup> betekent dat een extra bijdrage van 125 g/uur. Ten opzichte van een gemiddelde vochtpro-

duktie van 400 g/uur in een woning is dit een aanzienlijke bijdrage. Het getal van 5 g/m<sup>3</sup> is gebaseerd op onze metingen en betreft de gemiddelde verschilconcentratie van waterdamp tussen kruipruimtelucht en buitenlucht.

### 5.7 De invloed van de wind

In beide meetprojecten zijn meetgegevens verzameld waaruit de invloed van de wind op het ventilatiegebeuren van de kruipruimte afgeleid kan worden. Dit aspect vormt een punt van verder onderzoek. Een eerste analyse geeft de indruk dat wind weinig invloed heeft op het luchtransport vanuit de kruipruimte.

## 6. Vochtmigratie door de vloer

Uit ons praktijkonderzoek is gebleken dat bij de verdichte betonvloeren vochttransport door dampdiffusie of capillaire werking niet merkbaar aanwezig is. Zelfs langdurige condensatie aan de onderzijde geeft bij dit vloertype geen merkbare gevolgen aan de bovenzijde. Dit geldt echter niet voor de broodjesvloeren. Daar treedt in enkele gevallen een hoog vochtgehalte op in de afwerklaag aan de bovenzijde. Dit is mogelijk als gevolg van zwakke plekken in de vloer, bijvoorbeeld op plaatsen waar de 'broodjes' niet goed op elkaar aansluiten.

## 7. Koudebrugwerking

De koudebrugwerking van een bouwkundige constructie kan men karakteriseren door het bepalen van de temperatuurverhouding:

$$a = \frac{T_o - T_e}{T_i - T_e}$$

waarbij:

$T_e$  = buitenluchttemperatuur;

$T_i$  = binnenluchttemperatuur;

$T_o$  = temperatuur van het oppervlak aan de warme zijde.

Figuur 8 laat het resultaat zien van enkele metingen.

Voor het bepalen van het condensatie risico in praktijksituaties moet men het luchtvochtgehalte in de analyse meenemen.

Wij hebben daarvoor een methode ontwikkeld waarbij een etmaalpatroon bepaald wordt op grond van uurlijkse gegevens. Een directe meting van de dauwpunttemperaturen komt daarbij uitstekend van pas.

Figuur 9 laat het resultaat van een condensatie-analyse zien.

Opvallend is het trage verloop van de temperatuur van de koudebrug. De verwachte variatie als gevolg van variaties in binnen- en buitenklimaat treed nauwelijks op. In het getoonde voorbeeld zal geen langdurige condensatie optreden.

Overigens zij opgemerkt dat wij bij de doorgemeten koudebruggen geen vochtproblemen aantreffen.