Auteurs J. (Jasper) Goemans en O. (Onno) Leever van Leever installatie adviseurs B.V.

Onderzoek naar de gewijzigde vloertoeslag in ISSO 51

Hoe realistisch is het warmteverlies naar beneden bij vloerverwarming?

Vloerverwarming wordt in Nederlandse woningen veelvuldig toegepast als hoofdverwarming. De warmte wordt daarbij via leidingen in de vloer afgegeven aan de ruimte [2]. Niet alle warmte stroomt echter naar boven. Een deel van de warmte wordt via de vloerconstructie naar beneden afgegeven. Dit wordt in een warmteverliesberekening beschouwd als systeemverlies. In de herziene ISSO-publicatie 51 uit 2023 [1] is de wijze waarop dit verlies wordt meegenomen gewijzigd. Waar in de eerdere methodiek voornamelijk onderscheid werd gemaakt tussen goed en minder goed geïsoleerde vloeren, wordt in de nieuwe methodiek onderscheid gemaakt naar de Rc-waarde en het type vloer. Hierbij wordt gebruik gemaakt van forfaitaire ontwerpfactoren. Deze zijn aanzienlijk verhoogd. De maximale factor steeg van 0,40 in de methodiek uit 2017 naar 1,10 in de versie van 2023. Een hogere toeslag betekent echter niet automatisch dat de methode fysisch onjuist is. Bij een slecht geïsoleerde vloer is het aannemelijk dat een groter deel van de warmte naar beneden stroomt. De vraag is daarom vooral hoe realistisch de omvang van het door ISSO gehanteerde verlies is. In dit onderzoek is daarom gekeken naar de relatie tussen de Rc-waarde van de vloer, de situatie onder de vloer en het temperatuurverschil. De ISSO-factoren zijn vergeleken met twee vereenvoudigde thermische rekenmethoden en met tweedimensionale simulaties in HTflux [4].

Highlights

- De vloertoeslag voor vloerverwarming in ISSO 51 (2023) is aanzienlijk verhoogd ten opzichte van de methodiek 2017.
- Het warmteverlies naar beneden wordt niet alleen bepaald door de Rc-waarde, maar ook door de temperatuur onder de vloer, de vloerconstructie en de bedrijfstemperatuur van de vloerverwarming.
- Vooral bij lage Rc-waarden kunnen de verschillen tussen vloerconstructies en rekenmethoden aanzienlijk zijn.
- De vergelijking met vereenvoudigde thermische modellen en HTflux laat zien dat de ISSO-factoren niet altijd één-op-één overeenkomen met het fysisch berekende warmteverlies.
- De gekozen vloertoeslag kan aanzienlijke invloed hebben op het berekende verwarmingsvermogen, waardoor de uitgangspunten van de warmteverliesberekening kritisch moeten worden beschouwd.

In de versie van ISSO 51 uit 2017 [1] werd voor vloerverwarming gewerkt met twee standaardwaarden. Voor geïsoleerde vloeren met een Rc-waarde van minimaal 3 m²K/W werd 15% van het ontwerpvermogen van het vertrek als warmteafgifte naar beneden aangehouden. Voor overige vloeren bedroeg dit 40%.

De methodiek uit 2023 [1] is aanzienlijk gedetailleerder. De fvlw-factor is afhankelijk van de Rc-waarde en de situatie onder de vloer. Hierdoor kan de toeslag veel hoger uitvallen dan in de oude methode.

De nieuwe methodiek moet hierbij worden gezien als een forfaitaire benadering. De herkomst van de afzonderlijke fvlw-waarden wordt in ISSO 51 niet expliciet onderbouwd. De waarden worden daarom in dit onderzoek niet beschouwd als een exacte fysische waarheid, maar als ontwerprichtlijnen die vervolgens met thermische rekenmethoden zijn getoetst. Een belangrijk uitgangspunt hierbij is de warmteweerstand van de laag boven de vloerverwarming, de vloerafwerking. In de ISSO-methodiek wordt gerekend met een standaardwaarde van 0,15 m²K/W. Uit de analyse blijkt dat deze aanname vooral bij matig geïsoleerde vloeren invloed heeft. Bij een vloer direct op de grond met een Rc-waarde van 0,35 m²K/W leidt een vloerafwerking van 0,15 m²K/W tot ongeveer 25% meer verlies naar beneden dan een afwerking met een warmteweerstand van 0,10 m²K/W.

RC-waarde 30	fvlw		
	Verdiepingsvloer	beganegrondvloer boven kelder/berging	beganegrondvloer
<0,35	0,85	0,95	1,1
1,0	0,4	0,45	0,6
2,0	0,25	0,28	0,35
3,0	0,15	0,18	0,25
5,0	0,1	0,12	0.15
Rc > 5,0	0,1	0,12	0,15

Tabel 1. *fvlw-waarden bij verschillende isolatiewaardes en vloersituaties [1].*

Fysische berekening

Om de ISSO-factor te beoordelen zijn drie benaderingen naast elkaar gezet: de forfaitaire fvlw-factor van ISSO, een parallelle-weerstandsmethode en een temperatuurgecorrigeerde weerstandsmethode. Daarnaast zijn HTflux-berekeningen [4] uitgevoerd als validatiepunten.
Voor de ISSO-berekening wordt het additionele verlies naar beneden volgens ISSO 51 (2023, hoofdstuk 2.9.1) bepaald met:

Φverlies1 = (1/n) · fvlw · ΦHL,i

Hierin is Φverlies1 het additionele verlies van de vloerverwarming naar de onderzijde [W], fvlw de door ISSO bepaalde forfaitaire verliesfractie [-] (zie tabel 1), n het aantal etages bij een schilberekening (bij een vertrekberekening n = 1) en ΦHL,i het ontwerpvermogen van het vertrek of gebouw [W].
Bij de parallelle-weerstandsmethode wordt de warmtestroom verdeeld over deze twee warmtetransportrichtingen. De verhouding tussen de neerwaartse en opwaartse warmtestroom volgt daarbij uit de verhouding van de bijbehorende weerstanden:

F = Qbeneden / Qboven = Rboven / Rbeneden

De F-factor is hiermee een relatieve maat voor het aandeel van de warmte dat naar beneden wordt afgegeven ten opzichte van de nuttige warmteafgifte naar boven. Dit is nadrukkelijk een andere grootheid dan de forfaitaire fvlw-factor van ISSO.
In de temperatuurgecorrigeerde methode wordt daarnaast rekening gehouden met het temperatuurverschil tussen de afgifte van vloerverwarming en het verschil van de ruimtetemperatuur



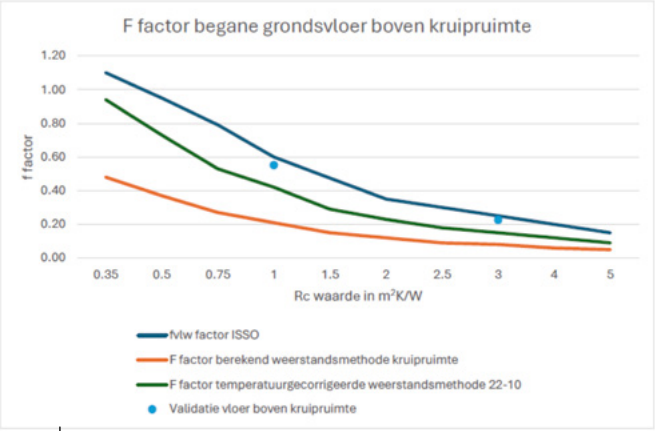
Foto 1. *Een verwarmde vloer geeft niet alleen warmte naar boven af. De neerwaartse warmtestroom kan groter zijn dan eerder werd aangenomen en daarmee ook andere installaties in de vloerconstructie beïnvloeden.*

boven de vloerverwarming en eronder. De formule is gebaseerd op onderstaande formule [2]:

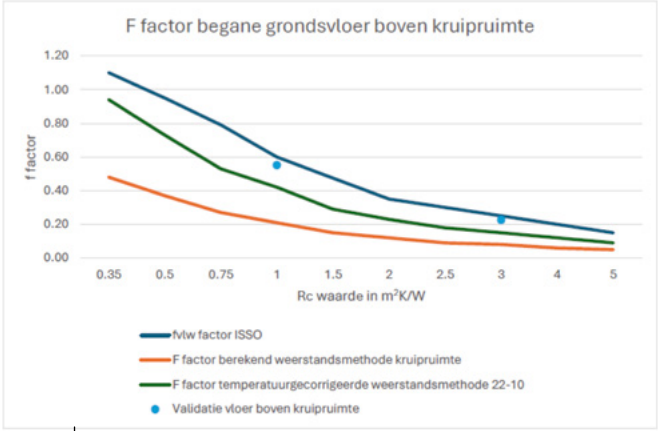
Φsp,u=1Ru (Ro. Φsp + θi– θu) [1]

Voor deze methode is in het onderzoek gerekend met een representatieve warmteafgifte van 50 W/m². De berekende neerwaartse warmtestroom wordt daarmee gerelateerd aan de nuttige warmteafgifte om de relatieve F-factor te bepalen.
De vergelijking is niet bedoeld als directe vervanging van de ISSO-methodiek. De ISSO-factor is een forfaitaire toeslag op het ontwerpvermogen van een vertrek, terwijl de F-factor uit het rekenmodel de verhouding tussen de warmtestroom naar beneden

en de nuttige warmtestroom naar boven beschrijft.
De berekeningen laten een duidelijke trend zien: bij lage Rc-waarden is de F-factor hoog en neemt deze sterk af wanneer de Rc-waarde wordt verhoogd. Vanaf ongeveer Rc = 1,0 m²K/W vlakt de curve af. Een verdere verhoging van de Rc-waarde heeft dan relatief minder



Figuur 1. *F-factor en fvlw als functie van de Rc-waarde.*



Figuur 2. *Verdiepingsvloer: F-factor bij 18 °C en 22 °C.*

invloed op het aandeel warmte dat naar beneden stroomt.
De parallelle-weerstandsmethode volgt deze trend goed, maar komt doorgaans lager uit dan zowel ISSO als de HTflux-resultaten. De temperatuurgecorrigeerde methode sluit beter aan wanneer de ruimte onder de vloer kouder is.

Temperatuur onder de vloer is bepalend

De Rc-waarde van de vloer is niet de enige bepalende parameter. Ook de temperatuur aan de onderzijde van de vloer heeft een duidelijke invloed. Bij een vloer tussen twee verwarmde ruimten is het temperatuurverschil bijvoorbeeld relatief klein. Bij een vloer boven een kruipruimte of direct op de grond kan het temperatuurverschil aanzienlijk groter zijn. Hierdoor verandert ook de verhouding tussen de opwaartse en neerwaartse warmtestroom. Dit is onderzocht met HTflux voor een verdiepingsvloer met een onderliggende ruimtetemperatuur van respectievelijk 18 °C en 22 °C. Bij 18 °C sluit de HTflux-validatie goed aan bij de temperatuurgecorrigeerde methode. Bij 22 °C liggen de resultaten dichter bij de parallelle-weerstandsmethode. Het temperatuurverschil tussen beide ruimten blijkt daarmee bepalend voor het relatieve warmteverlies naar beneden. Daarnaast blijkt uit de simulaties dat de gemiddelde vloerverwarmingstemperatuur invloed heeft op de verhouding tussen de opwaartse en neerwaartse warmtestroom. Bij een hogere vloerverwarmingstemperatuur neemt het relatieve aandeel van de warmtestroom naar beneden af. De opwaartse warmteafgifte neemt namelijk relatief sterker toe. Dit betekent dat dezelfde vloerconstructie onder verschillende bedrijfscondities een andere verliesfactor kan hebben.

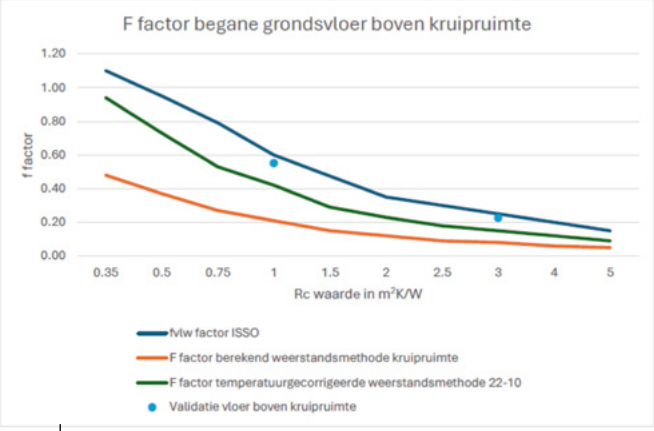
Vloer op de grond of boven een kruipruimte

De situatie aan de onderzijde van de vloer heeft eveneens invloed op het berekende warmteverlies. In het onderzoek zijn onder andere een vloer direct op de grond en een vloer boven een kruipruimte beschouwd [3,7]. Het belangrijkste verschil tussen beide situaties is de manier waarop de warmte aan de onderzijde wordt afgevoerd.
Bij een vloer direct op de grond wordt de warmte rechtstreeks vanuit de vloerconstructie aan de ondergrond afgegeven. Er is hierbij geen overgangsweerstand tussen de vloer en de lucht, zoals bij een kruipruimte. Vooral bij lage Rc-waarden leidt dit tot een relatief grote neerwaartse warmtestroom. De temperatuurgecorrigeerde methode komt in deze situatie bij lage Rc-waarden hoger uit dan de ISSO-factor. Ook de HTflux-simulaties laten zien dat de eenvoudige parallelle-weerstandsmethode het verlies hier kan onderschatten.
Bij een vloer boven een kruipruimte vindt de warmteoverdracht aan de onderzijde eerst plaats naar de lucht in de kruipruimte. De overgangsweerstand beperkt hierdoor de warmtestroom enigszins. In de berekeningen ligt de temperatuurgecorrigeerde methode daardoor onder de ISSO-factor. De HTflux-resultaten liggen tussen beide in, wat erop wijst dat de ISSO-benadering in deze situatie relatief conservatief is.
Het verschil tussen beide vloerconstructies is voornamelijk zichtbaar bij lage Rc-waarden. Bij slecht geïsoleerde vloeren heeft de situatie aan de onderzijde relatief veel invloed op de hoeveelheid warmte die naar beneden stroomt. Naarmate de

Rc-waarde toeneemt [8], wordt het verschil tussen een vloer direct op de grond en een vloer boven een kruipruimte zowel relatief als absoluut kleiner. De invloed van de extra overgangsweerstand bij de kruipruimte wordt dan relatief beperkt ten opzichte van de totale warmteweerstand van de vloer.
Dit laat zien dat niet alleen de warmteweerstand van de vloer bepalend is voor het systeemverlies. Ook de wijze van warmteoverdracht aan de onderzijde en de temperatuur van de ruimte onder de vloer spelen een rol.

Zeer lage Rc-waarden vragen aandacht

Een bijzonder aandachtspunt zijn vloeren met een zeer lage Rc-waarde. De laagste Rc-waarde waarvoor ISSO 51 een fvlw-factor geeft, is 0,35 m²K/W. Voor lagere waarden zijn in het onderzoek



Figuur 3. *F-factor en fvlw als functie van de Rc-waarde.*

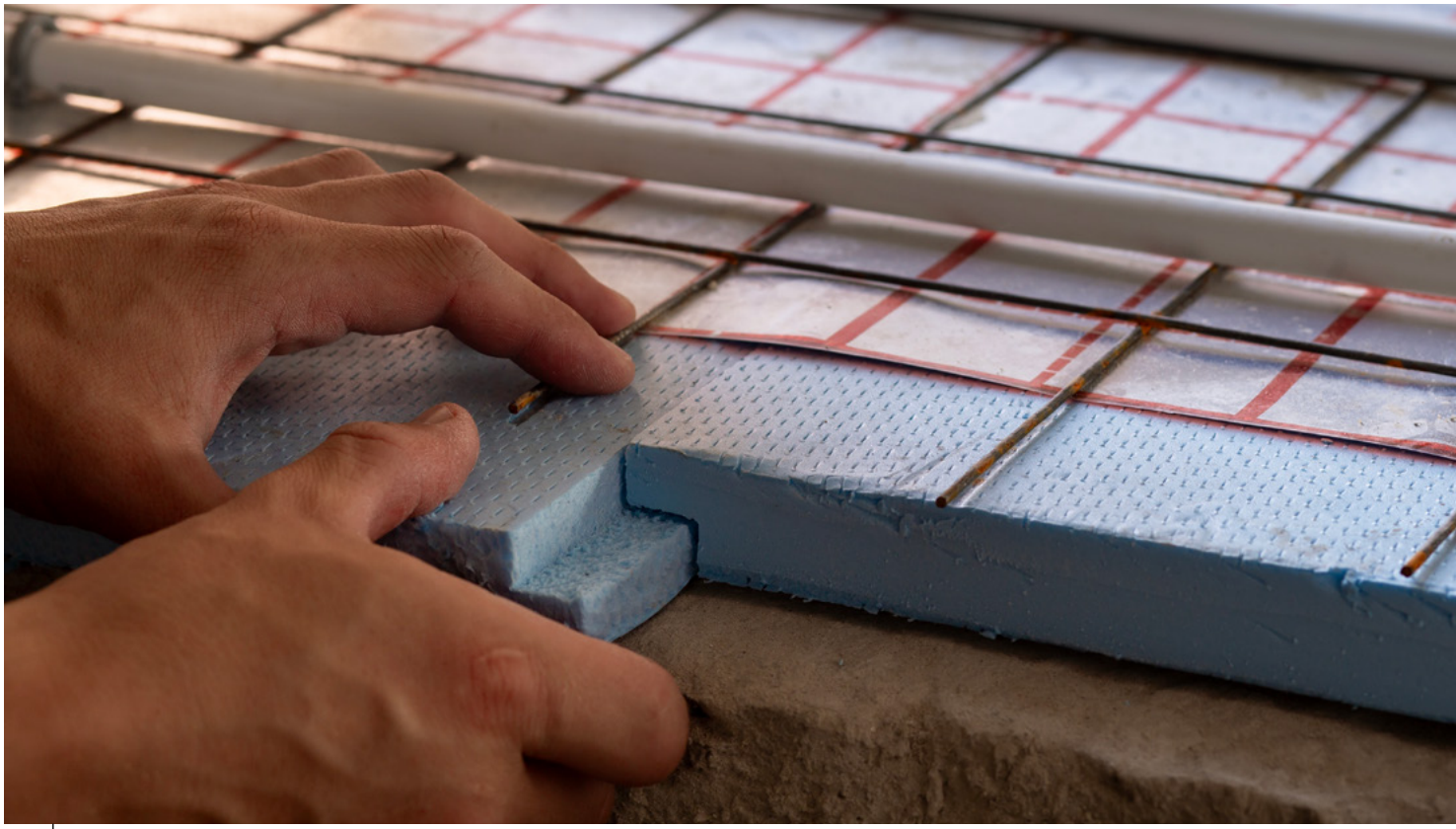


Foto 2. *De vloeropbouw en de warmteweerstand boven en onder de vloerverwarmingsleidingen bepalen mede hoe de afgegeven warmte zich over beide richtingen verdeelt.*

aanvullende berekeningen uitgevoerd. Bij een Rc-waarde van 0,15 m²K/W laten deze berekeningen zien dat de warmtestroom naar beneden aanzienlijk kan zijn. De ISSO-tabel kan voor deze lage Rc-waarden daarom niet zonder meer worden geëxtrapoleerd. Dit is relevant omdat juist bij lage Rc-waarden de F-factor sterk verandert. Een kleine verandering van de isolatiewaarde kan daar relatief veel effect hebben, terwijl de invloed van extra isolatie bij hogere Rc-waarden steeds kleiner wordt. De resultaten geven daarmee geen aanleiding om de algemene trend van ISSO 51 ter discussie te stellen. Ze laten wel zien dat de ondergrens van de toepasselijkheid van de tabel aandacht verdient.

Effect op het benodigde verwarmingsvermogen

De invloed van de gewijzigde vloertoeslag is onderzocht met verschillende warmteverliesberekeningen in Vabi Elements [5]. Daarbij zijn zowel een gestapelde situatie als een éénlaags

gebouw beschouwd. Het doel hiervan was niet om één specifieke woning te dimensioneren, maar om inzicht te krijgen in de orde van grootte van het effect van de vloertoeslag op het benodigde verwarmingsvermogen. In de gestapelde situatie volgens nieuwbouweisen met een tussenvloer van 0,20 m²K/W is een reeks identieke woningen boven elkaar gemodelleerd. De basiswarmteverliezen van de woningen liggen onderling relatief dicht bij elkaar. Het verschil in benodigd vermogen ontstaat vooral door de systeemverliezen van de vloerverwarming. Bij de woningen op de verdiepingen bedraagt de vloertoeslag in het onderzochte voorbeeld circa 4,7 tot 5,1 kW per woning. Daardoor ligt de berekende warmtebehoefte van deze woningen ongeveer 67 tot 71% hoger dan wanneer alleen het basisverlies en de overige verliezen worden beschouwd. Over alle woningen samen komt ongeveer 15,5 kW van het berekende opwekkervermogen uit de vloertoeslag; dat is iets meer dan 40% van het totale benodigde vermogen.

Deze percentages moeten worden gelezen als resultaten van de onderzochte voorbeeldsituatie en niet als een algemene verhouding voor alle woningen. De omvang van het effect wordt vooral bepaald door de vloeropbouw en de fvlw-factor die daarop volgens ISSO 51 wordt toegepast. De berekeningen laten daarmee vooral zien dat de vloertoeslag in een warmteverliesberekening een substantieel onderdeel van het totale ontwerpvermogen kan worden. Ook is gekeken naar het verschil tussen individuele en collectieve warmteopwekking. Bij een collectieve opwekker kunnen systeemverliezen van een woning op een verdieping in beginsel als warmtewinst voor de woning eronder worden beschouwd. Alleen het deel van het verlies dat niet binnen het gebouw kan worden benut, blijft dan als verlies voor de collectieve opwekker over. In de onderzochte gestapelde situatie daalde het benodigde vermogen van de collectieve opwekker hierdoor naar circa 23,5 kW. Voor een tweede controle is een éénlaags gebouw doorgerekend met een slecht geïsoleerde vloer (Rc = 0,35 m²K/W). Het basisvermogen van deze woning bedraagt ongeveer 6 kW. De volgens ISSO 51 berekende vloertoeslag bedraagt ongeveer 6,7 kW, waardoor het totale benodigde vermogen voor de opwekker uitkomt op circa 12,7 kW. Wanneer dezelfde woning wordt doorgerekend met een goed geïsoleerde vloer van Rc = 5,0 m²K/W, daalt de vloertoeslag naar circa 0,96 kW. In dit voorbeeld is de vloertoeslag daarmee ongeveer een factor zeven lager bij de goed geïsoleerde vloer. Deze berekeningen laten vooral het effect van de Rc-waarde zien. Ze zijn niet bedoeld om te stellen dat een vloertoeslag van 6,7 kW voor iedere vloer met Rc = 0,35 m²K/W geldt. De berekende waarde is afhankelijk van de omvang van het vertrek, het ontwerpvermogen en de situatie onder de vloer. De voorbeelden laten wel zien dat de gewijzigde ISSO-methodiek een grote invloed kan hebben op het uiteindelijke ontwerpvermogen.

Vergelijking van de berekende systeemverliezen

De waarden in tabel 3 zijn systeemverliezen naar beneden, uitgedrukt in W. Het gaat dus niet om het totale benodigde verwarmingsvermogen van de woning. De kolommen beschrijven vier verschillende rekengevallen uit het onderzoek: een éénlaags gebouw met een vloer boven een kruipruimte, een éénlaags gebouw met de vloer direct op de grond en de bovenste verdieping van een meerlaags gebouw bij een onderliggende temperatuur van respectievelijk 18 °C en 22 °C. De tabel maakt twee zaken zichtbaar. Ten eerste berekent ISSO-publicatie 51, versie 2023 in alle vier de onderzochte situaties een aanzienlijk hoger systeemverlies dan ISSO 2017. Ten tweede geven de fysische rekenmethoden geen eenduidig beeld ten opzichte van ISSO 2023. De parallelle-weerstandsmethode blijft in alle gevallen onder de ISSO 2023-waarde. De temperatuurgecorrigeerde methode komt bij de situaties met een koude onderzijde hoger uit dan de ISSO-waarde, terwijl bij de verdiepingsvloer met 22 °C juist een veel kleiner verschil ontstaat. De HTflux-resultaten laten eveneens zien dat de situatie onder de vloer bepalend is: bij de

Naam woning	Φbasis [W]	Φvloer-toeslag [W]	Φver-mogen opwekker [W]	Φver-mogen opwekker per opp. [W/m²]
Woning begane grond	5610	884	6493	69
Woning 1e verdieping	5560	4726	10285	109
Woning 2e verdie-ping	5560	4726	10285	109
Woning 3e verdie-ping	6015	5112	11127	118

Waarin:
Φbasis: transmissie-, ventilatie- en infiltratieverlies in watt
Φvloertoeslag: systeemverlies (vloerverwarmingstoeslag naar onderen) in watt
Φvermogen opwekker: totaal benodigd vermogen van de opwekker in watt
Φvermogen opwekker per opp. Het benodigde vermogen per m² in w/m2

Tabel 2. *Resultaten VABI-simulatie gestapelde bouw met individuele installatie.*

vloer direct op de grond is het berekende verlies het hoogst, terwijl bij een onderliggende ruimte van 22 °C het verlies aanzienlijk lager ligt. De vergelijking moet daarom niet worden geïnterpreteerd als een ranglijst van 'goede' en 'slechte' methoden. De parallelle-weerstandsmethode is een vereenvoudigd model op basis van thermische weerstanden; de temperatuurgecorrigeerde methode voegt het temperatuurverschil aan de onderzijde toe; HTflux simuleert de warmtestroom tweedimensionaal. De ISSO 2023-waarden zijn daarentegen forfaitaire toeslagen. De verschillen tussen de methoden laten juist zien hoeveel invloed de gekozen uitgangspunten hebben op het berekende systeemverlies.

Vergelijking tussen verschillende berekeningsmethodes Berekeningsmethodiek	Eenlaags (kruipruimte) [W]	Eenlaags (grond) [W]	Bovenste verdieping meerlaags 18°C [W]	Bovenste verdieping meerlaags 22°C [W]
ISSO 2023	6668	6668	5112	5112
ISSO 2017	2394	2394	2356	2356
Parallelle weerstandsmethode	2909	4304	2887	2887
Temperatuurgecorrigeerde methode	5698	8487	3789	2887
HTflux	8608	15034	4391	2767

Tabel 3. *Resultaten VABI-simulatie gestapelde bouw met individuele installatie.*

Mogelijke gevolgen voor drinkwaterleidingen

De grotere neerwaartse warmteafgifte kan ook relevant zijn voor koudwaterleidingen en warmwater-uittapleidingen die in of nabij verwarmde vloerconstructies zijn aangebracht. Wanneer meer warmte naar beneden wordt afgegeven dan bij het ontwerp van de leidingwaterinstallatie is verondersteld, kan de thermische belasting van nabijgelegen waterleidingen toenemen. Koudwaterleidingen kunnen daardoor sneller opwarmen en hogere temperaturen bereiken. Bij warmwater-uittapleidingen kan een verwarmde omgeving er juist aan bijdragen dat de leiding na gebruik minder snel afkoelt en langer op een verhoogde temperatuur blijft.
Daarmee ontstaat ook een relatie met de microbiologische kwaliteit van het drinkwater. Voor koud drinkwater is het gewenst ongewenste opwarming te beperken. De WHO beschrijft dat Legionella in drinkwatersystemen kan groeien in het bereik van circa 20 tot 50 °C en adviseert drinkwatertemperaturen waar mogelijk buiten 25 tot 50 °C te houden [9]. De CDC noemt gunstige groeiomstandigheden bij circa 25 tot 45 °C en wijst erop dat zowel gunstige temperaturen als langzaam stromend of stilstaand water de kans op groei vergroten [10]. Een warmere vloerconstructie kan daarom ongunstig uitwerken wanneer koud water sneller opwarmt of achterblijvend warm water langer in een gunstig temperatuurbereik verblijft. Vooral bij weinig gebruikte tappunten en langere perioden zonder waterafname kan de blootstellingsduur aan verhoogde temperaturen toenemen. Dit onderzoek heeft de leidingwatertemperaturen en microbiologische gevolgen echter niet gemeten; het signaleert hier een mogelijke interactie die nader onderzoek vraagt.
De resultaten roepen daarmee de vraag op of de huidige aanbevolen (statisch berekende) afstanden tussen (vloer)verwarmingsleidingen en waterleidingen, zoals gehanteerd bij het voorkomen van

hotspots, onder alle vloer- en bedrijfscondities, dus dynamisch, voldoende zijn. Dit mede omdat de temperatuur onder de vloer hoger kan zijn door het warmteverlies naar beneden. Ook zal een waterleiding, in een verlaagd plafond, onder een vloer met een hoog warmteverlies naar beneden, een groter risico hebben dan bij geen of een laag warmteverlies naar beneden. Wanneer de neerwaartse warmtestroom dus groter blijkt dan eerder werd aangenomen, kan ook een grotere thermische scheiding nodig zijn om dezelfde bescherming tegen ongewenste opwarming te behouden. Uit dit onderzoek kan niet worden afgeleid óf en hoeveel deze afstanden moeten worden vergroot. Daarvoor zijn aanvullende thermische berekeningen en metingen aan leidingwatertemperaturen bij verschillende vloeropbouwen, leidingafstanden en bedrijfstemperaturen nodig. Deze vraag wordt extra relevant doordat meerdere ontwikkelingen tegelijkertijd plaatsvinden. Het drinkwatergebruik neemt af door waterbesparing, terwijl bij de dimensionering van leidingwaterinstallaties meer aandacht ontstaat voor right-sizing en effectieve verversing. Minder gebruik kan de natuurlijke verversing verminderen; een passend leidingvolume kan die verversing juist ondersteunen. Warmtebelasting, leidingvolume en hydraulische verversing bepalen daardoor gezamenlijk hoe lang water lokaal aan verhoogde temperaturen wordt blootgesteld. Het thermisch ontwerp van het gebouw en het hydraulisch ontwerp van de leidingwaterinstallatie kunnen daarom niet volledig los van elkaar worden beschouwd.



Foto 3. *Een grotere thermische belasting van waterleidingen in of nabij de vloer roept de vraag op of bestaande afstanden en thermische scheidingen onder alle omstandigheden nog voldoende zijn om ongewenste opwarming te voorkomen.*

Conclusie

Het onderzoek bevestigt de algemene fysische trend achter ISSO 51: bij een lagere Rc-waarde neemt het relatieve warmteverlies van vloerverwarming naar beneden toe en bij hogere Rc-waarden vlakt deze relatie af. De hoogte van de forfaitaire ISSO-toeslag komt echter niet in iedere situatie overeen met de fysisch berekende warmtestroom. Vloerconstructie, vloerafwerking, temperatuur aan de onderzijde en bedrijfstoestand hebben daarop een duidelijke invloed. De Vabi-berekeningen laten zien dat de vloertoeslag in ongunstige onderzochte situaties een substantieel deel van het benodigde verwarmingsvermogen kan vormen. De verhoging van de toeslag in ISSO 51 (2023) kan daarom niet zonder meer als overschatting worden beschouwd, maar de forfaitaire waarden moeten evenmin als absolute fysische waarheid worden geïnterpreteerd. De grotere neerwaartse warmteafgifte roept bovendien een aanvullende installatievraag op. Koudwaterleidingen in of nabij de vloerconstructie kunnen mogelijk sneller of verder opwarmen. Nader onderzoek moet uitwijzen of bestaande aanbevolen afstanden tot vloerverwarming onder alle omstandigheden voldoende zijn of moeten worden vergroot. Daarmee raakt dit onderwerp niet alleen het verwarmingsvermogen, maar ook de samenhang tussen thermische belasting, leidingdimensionering en daadwerkelijke verversing van drinkwaterinstallaties. ■

Referenties:
[1] ISSO. (2023). ISSO-Publicatie 51: Warmteverliesberekening voor woningen en woongebouwen (Nr. 978-90-5044-363-0).
[2] ISSO. (2004). ISSO-Publicatie 49: Kwaliteitseisen vloer- en wandverwarming en vloer- en wandkoeling (Nr. 978-90-5044-122-3). https://bouwzo.nl/reader/publicatie/isso-publicatie-49-kwaliteitseisen-vloer-en-wandverwarming-en-vloer-en-wandkoeling/2004
[3] TNO. (2015). Bepaling RBF en RBW volgens NEN 1068:2012 bij toepassing kruipruimte-isolatie (Drowa chips en EPS-platen) (Nr. 0100281899).
[4] HTflux. (2014, 10 juli). HTflux. https://www.htflux.com/
[5] Vabi. (2025, 2 juni). Wat is Vabi Elements? Lees meer over ons gebouwprestatieplatform. https://support.vabi.nl/academy/elements/online-academy/wat-is-vabi-elements/
[6] De Vree, J. (z.d.). R-waarde. Joost de Vree. https://www.joostdevree.nl/r/r-waarde
[7] Cromwijk, J. (2012). Na-isolatie voorkomt opwarming kruipruimte. Intech Klimaat en Sanitair. https://tonzon.nl/webimages/files/2012-INTECH-K%26S-juni.pdf
[8] Van Werd, B. (2024, 7 februari). Rc-waarde en BENG | TiMaX – BENG – Bouwbesluit – GPR – energielabels. TiMaX. https://www.timax.nl/energie-prestatie/beng/rc-waarde/
[9] World Health Organization (WHO). (2018). Housing and health guidelines. Geneva: WHO. Water temperatures should, where possible, be kept outside the range 25–50 °C and preferably outside 20–50 °C for Legionella control. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/276001/9789241550376-eng.pdf
[10] Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2024). Monitoring Building Water – Control Legionella. Legionella grows best at approximately 25–45 °C; slow-moving or stagnant water increases water age and opportunities for growth. https://www.cdc.gov/control-legionella/php/guidance/monitor-water-guidance.html