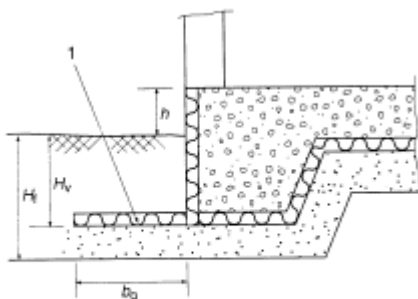

Notitie

Documentnummer: 14255-N01
Behandeld door: C.F. Veenink
Datum: 23 november 2017
Onderwerp: Hectar vorstvrij conform NEN-EN-ISO 13793

De Hectar funderingsvloer heeft een aanlegdiepte van minimaal 400mm onder maaiveld. Deze 400mm is minder diep dan de vorstgrens in de bodem kan komen te liggen. Het vorstvrij aanleggen is in Nederland geregeld via de NEN-EN 1997-1. In paragraaf 6.4 (3) wordt verwezen naar de NEN-EN-ISO 13793 voor alternatieve methoden om aan het vorstvrij aanleggen te voldoen. Onderstaand wordt toegelicht hoe door de Hectar funderingsvloer aan deze norm wordt voldaan.

Design principles

Allereerst worden de ontwerp uitgangspunten bepaald. De Hectar funderingsvloer is het type "Raft construction with ground insulation and vertical edge insulation". Zie ook de onderstaande afbeelding.



e) Raft construction with ground insulation and vertical edge insulation

Vervolgens is het klimaat van belang. Voor Nederland geldt geen hoge vorstindex. Er zijn geen overzichtskarten beschikbaar voor Nederland van de vorstindex. De vorstindex is bepaald conform Annex A uit de norm. Hiervoor is gebruik gemaakt van de weerstatistieken uit de jaren 1967 – 2016 (50 jaar referentieperiode). Maatgevend is het weerstation Twenthe, deze gegevens zijn verwerkt in de achterliggende berekening.

De vorstindex wordt per jaar bepaald. Over periode van vorst wordt de gemiddelde dagtemperatuur van alle dagen opgeteld en vermenigvuldigd met 24 (artikel A.1). Ter indicatie: voor het laatste jaar met vorst van enige betekenis (2013) levert dit een vorstindex op van 1351 Kh.

De design Freezing index is vervolgens bepaald conform artikel A4. Kort gezegd wordt uit alle 50 bepaalde vorstindexen de standaarddeviatie bepaald en aan de hand daarvan de design freezing index (formule A.4).

Voor Nederland geldt op basis van de jaren 1967-2016 een vorstindex van $F_{50d} = 4362$ Kh.

Dit is te vergelijken naar de wijze waarop we in Nederland standaard toetsen. De vorstdiepte wordt namelijk ook bepaald aan de hand van deze waarde. De formule is gegeven in artikel 6.2, formule 1. Met de hierboven bepaalde gegevens treedt op basis van de laatste 50 jaar een vorstindringdiepte op van 665mm.

Het laatste ontwerp uitgangspunt is de binnentemperatuur. De Hectar funderingsvloer is bedoeld voor de categorie "Gemiddelde maandtemperatuur binnen $> 17^{\circ}\text{C}$ " (verwarmd voor het verblijven van mensen), maar kan ook worden toegepast bij de categorie "Gemiddelde maandtemperatuur binnen $5^{\circ}\text{C} < 17^{\circ}\text{C}$ " (binnentemperatuur altijd vorstvrij, maar niet verwarmd voor het verblijven van mensen).

Hectar volgens de basisvoorschriften

In hoofdstuk 8 van de norm worden de eisen gesteld voor “Slab-on-ground floors for heated buildings”. Dit is de categorie waar de Hectar funderingsvloer toe behoort. Paragraaf 8.2 lid 3 omschrijft de oplossing van de Hectar funderingsvloer. “Using a restricted foundation depth (not less than 0,4m), with the same foundation depth all round the building, but increased at the corners, see 8.7.3”. In de volgende artikelen worden de eisen gesteld die gelden voor toepassing van deze basisvoorschriften.

- De gebouwbreedte dient minimaal 4,0m te zijn.
- De isolatiediepte (voor dit deel van de norm) mag niet dieper dan 0,6m bedragen.
- De buitenste meter van de vloer mag een maximale isolatiewaarde van 5,0 m²K/W bedragen (bij de Hectar funderingsvloer is dit 4,9 m²K/W).
- De minimale Rc-waarde van het verticale deel van de isolatie is voorgeschreven (artikel 8.6) en de eis is voor de Hectar funderingsvloer 2,0 m²K/W. De aanwezige isolatiewaarde is 3,5 m²K/W.
- In artikel 8.7 wordt de minimale aanlegdiepte voorgeschreven in combinatie met de afmetingen voor de grondisolatie. De tabellen 3 en 4 zijn onderstaand weergegeven. Formeel is hierbij in het Nederlandse klimaat helemaal geen grondisolatie vereist. Pas zodra de vorstindex boven de 30.000 komt is in deze situatie formeel grondisolatie vereist. Ter indicatie de grens voor de vorstindex van 30.000 loopt bijvoorbeeld door het uiterste zuiden van Finland.

Door Hectar is ervoor gekozen om ondanks dat de grondisolatie formeel niet nodig is, deze toch toe te passen voor de acceptatie en het begrip in Nederland.

Table 3 - Foundation depth for slab-on-ground floor without ground insulation

F_d K·h	H_f m	H_{fc} m	L_c m
$F_d \leq 30\ 000$	0,35	0,35	-
$30\ 000 < F_d \leq 35\ 000$	0,40	0,60	1,0
$35\ 000 < F_d \leq 40\ 000$	0,50	0,80	1,0
$40\ 000 < F_d \leq 45\ 000$	0,60	1,00	1,5
$45\ 000 < F_d \leq 50\ 000$	0,75	1,30	1,5
$50\ 000 < F_d \leq 55\ 000$	0,90	1,60	1,5
$55\ 000 < F_d \leq 60\ 000$	1,10	1,80	2,0
$60\ 000 < F_d \leq 65\ 000$	1,30	2,00	2,0
$65\ 000 < F_d \leq 70\ 000$	1,50	2,20	2,5

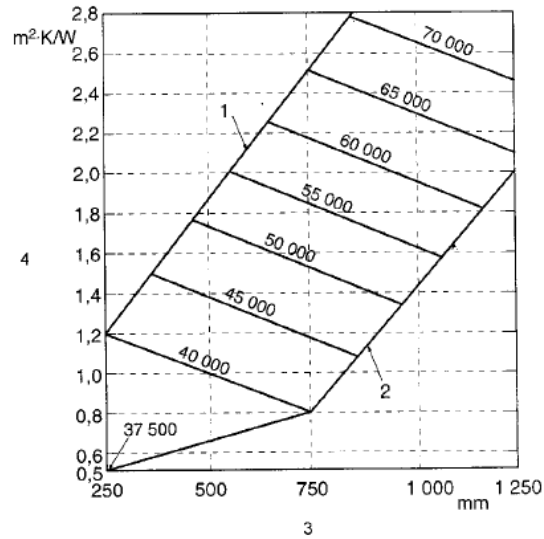
8.7.2 Ground insulation only at corners

If $F_d \leq 30\ 000$ K·h, ground insulation is not required.

Table 4 - Foundation depth and corner insulation for slab-on-ground floor

F_d K·h	H_f m	b_{gc} m	L_c m
$F_d \leq 30\ 000$	0,35	-	-
$30\ 000 < F_d \leq 35\ 000$	0,40	0,50	1,0
$35\ 000 < F_d \leq 40\ 000$	0,50	0,50	1,0
$40\ 000 < F_d \leq 45\ 000$	0,60	0,50	1,5
$45\ 000 < F_d \leq 50\ 000$	0,75	0,60	1,5
$50\ 000 < F_d \leq 55\ 000$	0,90	0,80	1,5
$55\ 000 < F_d \leq 60\ 000$	1,10	0,80	2,0
$60\ 000 < F_d \leq 65\ 000$	1,30	0,80	2,0
$65\ 000 < F_d \leq 70\ 000$	1,50	1,00	2,5

- In artikel 8.7.3 wordt de benodigde isolatiewaarde voor de grondisolatie voorgeschreven. Formeel vallen we buiten de grafiek (omdat er geen grondisolatie nodig is), maar de toegepaste isolatiewaarde met een breedte van 400mm zou ter plaatse van de wanden voldoen tot een vorstindex van 50.000 Kh (in dat geval gelden wel zwaardere eisen ter plaatse van de buitenhoeken). Het bijbehorende figuur 5 is onderstaand weergegeven.



Key

- 1 Minimum b_{gw}
- 2 Minimum R_{gw}

- 3 Width of ground insulation along walls, b_{gw}
- 4 Thermal resistance of ground insulation along walls, R_{gw}

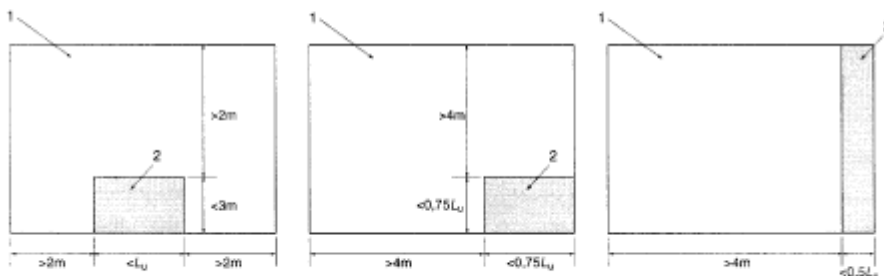
Figure 5 - Width and thermal resistance of ground insulation along walls, for slab-on-ground floor with $H_f \leq 0,4$ m

Hectar voor beperkt verwarmde ruimtes

Een pand kan ook (gedeeltelijk) voorzien van ruimtes die wel worden verwarmd om vorstvrij te blijven, maar niet voor het verblijven van mensen. Voor deze ruimtes geldt een gemiddelde maand binnentemperatuur van 5°C < 17°C. Zolang deze ruimtes deel uitmaken van de hoofdbouw van het pand, zijn er meestal geen maatregelen nodig. De maximale afmetingen voor deze ruimtes zijn weergegeven in artikel 8.5.2. Zie de onderstaande tabel en figuren voor de principes. Voor Hectar in Nederland geldt hier een L_u van maximaal 3,0m. Of maatregelen nodig zijn bij deze ruimtes wordt projectspecifiek meegenomen bij de engineering van de Hectar funderingsvloer.

Table 1 - Maximum unheated length L_u for limited unheated parts

F_d (K-h)	$\leq 30\ 000$	$> 30\ 000$ to $40\ 000$	$> 40\ 000$ to $50\ 000$	$> 50\ 000$
L_u (m)	3,0	2,5	2,0	1,5



Key
 1 Heated part
 2 Unheated part

Een veel voorkomende situatie waarbij niet aan deze voorwaarden wordt voldaan is een aan de woning gekoppelde half vrijstaande berging. Voor deze situatie geldt artikel 8.8. Dit artikel schrijft voor dat de aanlegdiepte moet worden verhoogd tot 0,6m in plaats van 0,4m. In deze situaties wordt gebruik gemaakt van de Hectar erfgranskist. Deze kist heeft een aanlegdiepte van minimaal 0,6m onder maaiveld, waarmee weer aan de voorwaarde wordt voldaan.

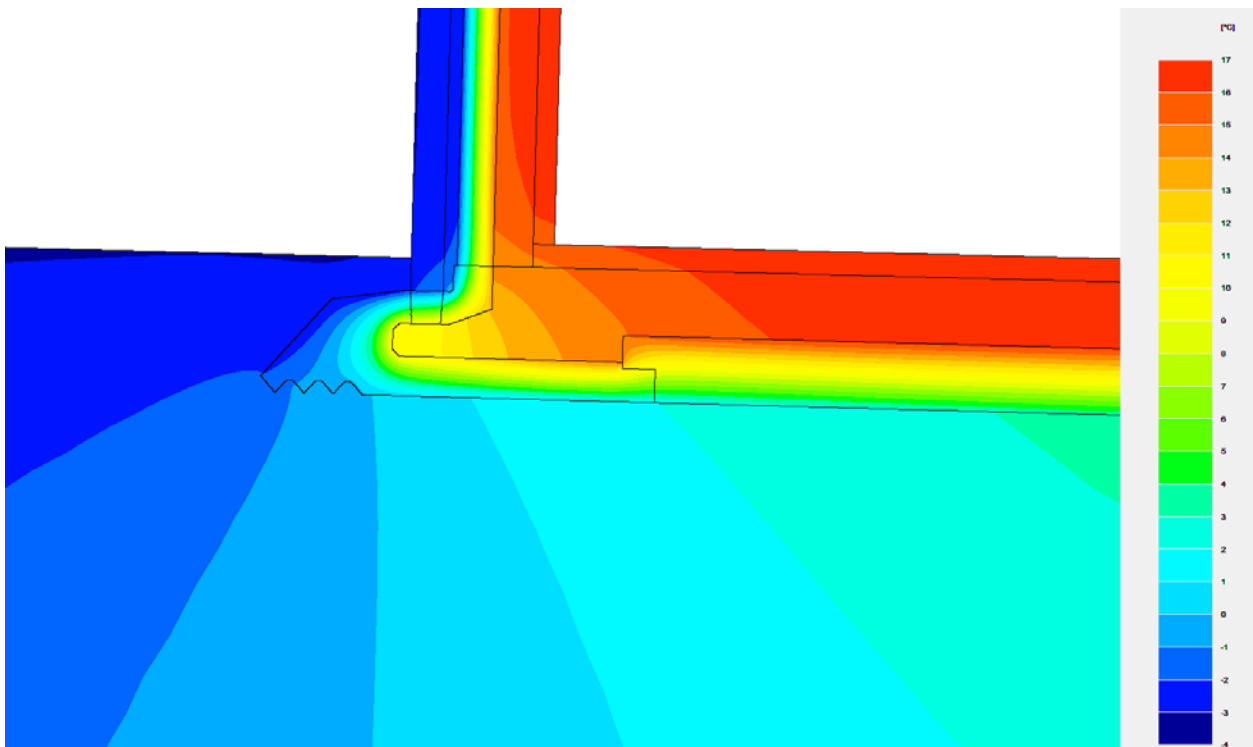
Nummerieke berekening conform Annex B

Er wordt met de Hectarvloer voldaan aan de basiseisen conform de norm. Een numerieke berekening is dan ook niet vereist. Deze berekening is wel uitgevoerd om een goed beeld te krijgen.

In artikel B.2.6 wordt de te rekenen equivalente buitentemperatuur voorgeschreven. Deze is gebaseerd op het cosinusvormige verloop van de temperatuur overeenkomstig de gehanteerde design freezing index. Dit verloop van de temperatuur wordt weergegeven in de formule B.1. Voor onze situatie levert dit het volgende resultaat:

$$\Theta_e = 9,2 \text{ (gemiddelde jaartemperatuur in Nederland)} + 12,4 \text{ (standaarddeviatie)} * \cos(2 * \pi * t / 365)$$

De laagste temperatuur in dat verloop is uiteraard $9,2 - 12,4 = -3,2$ °C. Met deze temperatuur is de vorstrand doorgerekend. De voorschriften bieden zowel de optie om de grens voor het bevriezen van de ondergrond op 0 °C als op -1 °C te zetten. De -1-lijn komt uit onder de eerste zaagsnede van de kist. De 0-lijn komt tot aan het einde van de zaagtand van de kist.



Uit de numerieke controle blijkt dat de vorstgrens ruimschoots buiten de dragende lijn van de fundering blijft. Conclusie: de numerieke berekening ondersteunt de basisvoorschriften in de norm, de grondisolatie van de Hectar funderingsvloer biedt voldoende bescherming tegen opvriezen.

Velp 23 november 2017

Ing. C.F. Veenink
conStabiel | Adviseurs in Bouwtechniek