

abt

vriesvloeren een 'hot' item!



Multidisciplinair en innovatief ontwerpen

Vriesvloeren vormen verreweg de grootste uitdaging voor een vloerontwerper. De vaak extreem hoge belasting en de lage temperatuur vergen een zeer gericht projectgebonden advies. Mede door de technische ontwikkelingen is daadwerkelijk geen vriesvloer hetzelfde. Deze flyer omschrijft de belangrijkste aandachtspunten en (on)mogelijkheden.

Van een vriesvloer is sprake wanneer de temperatuur in de ruimte zodanig laag is dat onder het isolatiepakket een verwarmingssysteem noodzakelijk is om bevroering van de ondergrond te voorkomen. Bij temperaturen iets beneden het vriespunt is dit niet altijd noodzakelijk.

Een en ander kan door middel van een bouwfysisch onderzoek worden vastgesteld. Bij temperaturen van beneden -18°C is sowieso een dergelijk verwarmingssysteem noodzakelijk.

Bij het ontwerp en de uitvoering van vriesvloeren krijg je maar één kans om het goed te doen. Het uitvoeren van reparaties, zoals bij scheurvorming of verzakkingen, is bij extreem lage temperaturen vrijwel onmogelijk. Schade als gevolg van een ondoordacht ontwerp of slechte uitvoering kan een veelvoud van de aanlegkosten van de vloer betekenen. Meer dan bij andere vloeren schuilt het risico in de details.

Bij het ontwerp van een vriesvloer spelen vele vakgebieden een rol, die ieder voor zich tot in het kleinste detail te werk moeten gaan. Gedacht moet worden aan de volgende specialismen:

- bouwfysica
- geotechniek
- betonconstructie
- vloertechniek
- betontechnologie
- bouwplaatstoetsicht

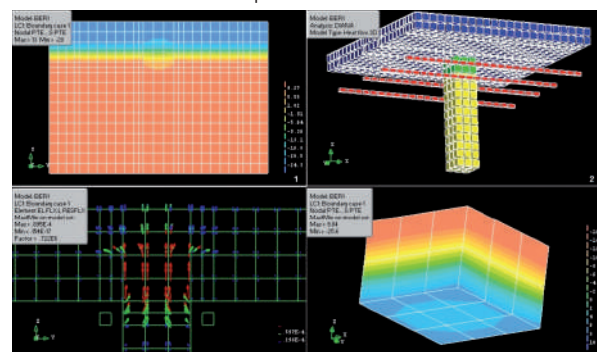
Op de verschillende vakgebieden zal nader worden ingegaan. Vervolgens zal in detail worden ingegaan op het in vier fasen uitgevoerde Vriesveem te Bergen op Zoom; het grootste vriesveem van Europa!

Als tweede voorbeeld wordt uitvoerig ingegaan op een vrieshuis welke in de stad Argentan (Frankrijk) staat. Opvallend detail van dit op staal gefundeerde vrieshuis, is dat de vloer aan de uiteinden aan de ondergrond wordt verankerd met groutankers.

Bouwfysica

Zonder kennis van bouwfysica kan er geen vriesvloer worden ontworpen. Enerzijds zal er een warmtetransport plaatsvinden van de 'warme' ondergrond naar de 'koude' vriesruimte, anderzijds zal er vochttransport plaatsvinden van de 'natte' ondergrond naar de 'extreem droge' vriesruimte. Energieverlies als gevolg van warmtebruggen of ijsgroei door vochttransport kunnen tot hoge gebruikskosten leiden.

Samen met de bouwfysici van de sector Bouwkunde kan ten aanzien van deze specifieke aspecten worden geadviseerd. Het plaatsen van de juiste isolatie en vochtschermen op de juiste plekken en het nauwkeurig uitwerken van aansluitdetails kan veel problemen voorkomen.



Berekening warmtestroom en temperatuurverloop

vriesvloeren

Geotechniek

Een groot volume met zo klein mogelijk omsluitend oppervlak is energetisch gezien het gunstigst. Om die reden worden vrieshuizen veelal relatief hoog uitgevoerd. Hoogtes van 30 meter of meer vormen beslist geen uitzondering. Doordat veelal gebruik wordt gemaakt van volledig geautomatiseerde stellingen is het mogelijk een zeer hoge dichtheid van pallets te realiseren. Tevens zijn de producten die ingevroren worden opgeslagen vaak relatief zwaar. Dit leidt vaak tot een zeer hoge vloerbelasting, tot wel 10 ton/m² of meer, die uiteindelijk op de ondergrond moet worden overgedragen. Tevens zijn de vervormingen die in de fundering optreden aan zeer strenge eisen gebonden, omdat bij de geringste scheefstand van de stellingen het geautomatiseerde systeem niet meer functioneert.

Door de hoge belastingen en de strenge vervormingseisen komt een fundering direct op de grondslag (op staal) in Nederland slechts sporadisch voor. Indien mogelijk wordt deze, zoals bij het project in Argentan (F), wel toegepast omdat dit kostentechnisch zeer interessant is.

Wanneer een fundering op staal niet mogelijk is wordt een paalfundering toegepast. Een keuze voor het 'juiste' paaltype kan van grote invloed zijn op de uiteindelijke bouwkosten. Ook de paalfundering wordt geoptimaliseerd, door rekening te houden met de specifieke eigenschappen van de belasting en de constructie.

Betonconstructie

Op een vriesvloer werken extreme krachten. Daarnaast moet rekening worden gehouden met de effecten van een zeer lage temperatuur. Doordat de stellingpoten een sterk repeterend karakter hebben (er staan er immers duizenden in een regelmatig stramien op de vloer) loont het om de vloerconstructies constructief te optimaliseren. Hogere ontwerpkosten kunnen hierdoor met gemak worden terugverdiend.

In het verleden werden vriesvloeren op palen standaard uitgerekend als een bovendvloer op een slap-elastische bedding (het isolatiepakket). Daaronder ligt een

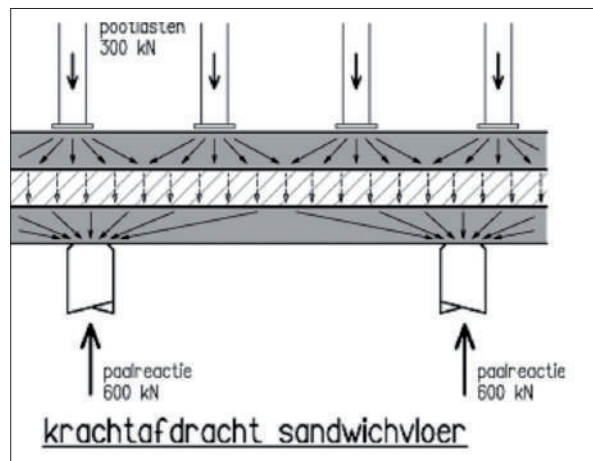
betonvloer op palen welke gelijkmatig wordt belast door de belastingoverdracht van het isolatiemateriaal (zie figuur krachtafdracht sandwichvloer). Aan deze rekenmethode valt echter veel te optimaliseren. Voorwaarde daarbij is dat de constructeur voldoende materiaaltechnische kennis heeft ten aanzien van de toe te passen isolatiematerialen. De belasting is namelijk zelden gelijkmatig en kan dus deels via 'boogwerking' plaatsvinden.

Tegenwoordig worden vriesvloeren door ABT ook uitgerekend als een bovendvloer op stijve opleggingen (de Azobé-blokken). Het isolatiemateriaal heeft geen dragende functie meer. De houten Azobé-blokken, welke tussen de palen en de bovendvloer geplaatst worden, nemen deze dragende functie over (zie figuur krachtafdracht enkelvoudige vloer). Hierdoor hoeft de ondervloer alleen haar eigen gewicht en de goedkope zachte persing isolatie te dragen om de 'vloerverwarming' onder de vloer op haar plek te houden.

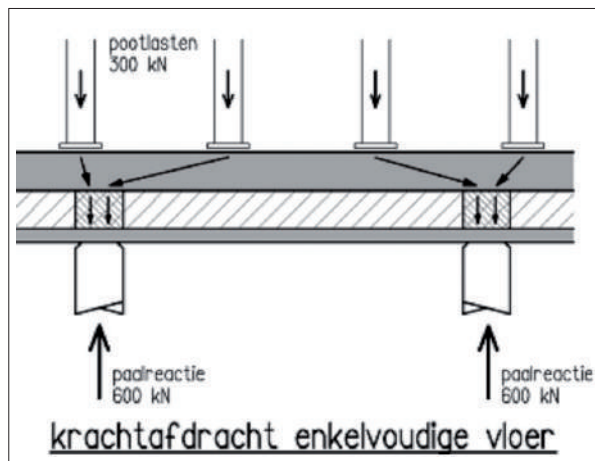
De posities van de palen zijn afgestemd op de stellingen, waardoor eveneens een optimaal ontwerp van de bovendvloer mogelijk is. Tevens kunnen de trekkrachten op de vloer direct op de palen worden overgedragen door de bovendvloer middels wapeningsstaven, die door de houten blokken worden gestoken, direct aan de palen te koppelen.

In een driedimensionale niet-lineaire eindige-elementen-berekening met het programma Diana kan het gedrag van de bovendvloer, de ondervloer en het tussenliggende isolatiepakket als geheel worden berekend. Deze nieuwste ontwikkeling maakt het mogelijk het vervormingsgedrag en de krachtwerking in de vloer nauwkeuriger te bepalen. Hierdoor kan op beton, isolatie én wapening worden bespaard.

Het is bij vrieshuisstellingen niet ongebruikelijk dat er trekbelastingen op de vloer worden uitgeoefend. Dit bijvoorbeeld doordat een geringe scheefstand tot trek in stabiliteitsbokken leidt. Ook komt het voor dat de gevels en het dak door de stellingen worden gedragen,



Krachtafdracht sandwichvloer



Krachtafdracht enkelvoudige vloer

vriesvloeren

waardoor de windbelastingen tot trekkrachten kunnen leiden. Door deze trekbelastingen kan een koppeling van de boven- en de ondervloer noodzakelijk zijn. Deze verbindingen verhinderen echter het vrije krimp- en vervormingsgedrag van de vloer waardoor extra spanningen kunnen optreden. Juist de extra aandacht voor deze effecten is cruciaal om tot een duurzaam ontwerp te komen.

Vloertechniek

Vloertechnisch gezien wijkt een vriesvloer niet sterk af van een 'standaard' bedrijfsvloer. De oppervlakkwaliteit en de vloervlakheid dienen te worden afgestemd op het gewenste gebruik; daarbij is wijde scheurvorming, net als bij de meeste vloeren, veelal niet toelaatbaar.

Het voegloze ontwerp principe dat door ABT wordt gehanteerd lijkt in eerste instantie in strijd met de grote krimpverkorting die een vloer als gevolg van thermische afkoeling ondergaat. Doordat de stellingen in de vrieshal echter dezelfde krimpverkorting ondergaan is het tegendeel waar. Vloerlengtes van meer dan 100 meter zijn inmiddels met succes uitgevoerd.

Ondanks alle genoemde mogelijkheden om tot besparingen te komen ten opzichte van een 'traditionele' ontwerp methode dient in ruime mate aandacht te worden besteed aan het belangrijkste uitgangspunt; een functionele duurzame betonvloer. Ten aanzien van de vloertechnische aspecten is reeds een groot aantal flyers beschikbaar welke via www.vloerenadvies.eu geraadpleegd kunnen worden.

Betontechnologie

Het juiste betonmengsel voor een vriesvloer bestaat niet; het juiste compromis wel. In aanvulling op de gebruikelijke eisen die in een separate flyer voor vloerenbeton zijn omschreven speelt er één aspect een belangrijke rol. Vóór het invriezen dient het beton van voldoende sterkte te zijn, omdat beton bij vorst niet of nauwelijks meer verhardt. De mengselkeuze is daarmee mede afhankelijk van de verdere planning van de uitvoering. Tevens moet bij het mengsel van de bovenzijde rekening worden gehouden met het storten op een folielaag.



Uitvoering isolatiepakket met Azobé-blokken

Een ander belangrijk aspect is het invriezen van het vrieshuis. De betonvloer moet bij voorkeur de tijd krijgen om te acclimatiseren. Het is beslist niet mogelijk de ruimte in een tijdsbestek van enkele dagen tot de bedrijfstemperatuur af te koelen. Door een langzaam afkoelprotocol toe te passen is het risico op scheurvorming in de vloer lager; 'langzaam aan, dan breekt het lijntje niet'.

Bouwplaatstoezicht

Omdat de uitvoering van een vriesvloer op veel punten afwijkt van de gangbare bouwpraktijk en de details het uiteindelijke succes bepalen, is frequent toezicht op de bouwplaats noodzakelijk om de gewenste kwaliteit te kunnen realiseren.

Door problemen tijdig te signaleren kunnen deze in een vroeg stadium worden opgelost. Een goede afstemming tussen de ontwerper en de uitvoerende partij op de bouwplaats leidt uiteindelijk tot een hogere uitvoeringskwaliteit, lagere uitvoeringskosten en een kortere bouwtijd.

Project: Vriesveem Bergen op Zoom

Met meer dan 100.000 palletplaatsen is het Vriesveem in Bergen op Zoom het grootste Vriesveem van Europa. Ondanks dat de vloeren van de eerste en de tweede fase naar wens functioneren is voor de derde fase geen kopie van de eerdere fasen gemaakt. De onlangs uitgevoerde vierde fase is op dezelfde wijze gebouwd als de derde fase.

Voor de eerste fase is een vloerconstructie toegepast waarbij tussen de boven- en de ondervloer strooksgewijs harde persing isolatie is toegepast. De harde isolatie is direct onder de stellingpoten aangebracht, waardoor de krachtwerking in zowel de bovenzijde als ook de ondervloer afneemt. De ondervloer is als staalvezelbetonvloer uitgevoerd met aanvullende traditionele wapening ter plaatse van de stroken harde isolatie. Bij de tweede fase heeft het isolatiemateriaal geen dragende functie meer, maar zijn Azobé houten blokken tussen de palen en de bovenzijde geplaatst.

Voor de derde en vierde fase is gekozen voor het uitvoeren van het opslaggedeelte van de bedrijfshal als siloconstructie. De krachtafdracht is hierdoor anders dan bij de eerste twee fasen.



Siloconstructie Vriesveem fase 4 te Bergen op Zoom

vriesvloeren

Bij een siloconstructie dragen de stellingen behalve de pallets ook het dak en de gevel. Hierdoor wordt een nog hogere belasting op de onder-liggende vloerconstructie uitgeoefend. Ook hier heeft het isolatiemateriaal geen dragende functie meer, maar zijn extra Azobé houten blokken tussen de palen en de bovenvloer geplaatst.

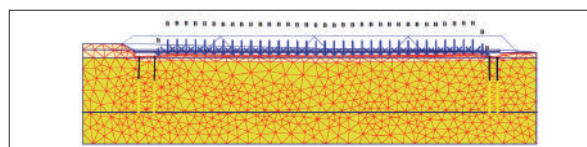
Project: Vrieshuis Argentan

Ten behoeve van het ontwerp van de op staal gefundeerde vriesvloer voor het Vrieshuis in Argentan (F) heeft ABT een ontwerp voorzien waarbij de vloer aan de uiteinden aan de ondergrond wordt verankerd met grout- ankers. De ankers zijn als type GEWI anker paal met dubbele corrosiebescherming uitgevoerd. Om de draagkracht en stijfheid van de vloer te vergroten en de rotatie te verkleinen zijn de ankers voorgespannen nadat de hal is ingevroren. Bij het aanspannen van de ankers wordt de temperatuur van de ankerstaaf boven -10°C gehouden.



Schematisering langdoorsnede

Met behulp van het rekenprogramma Plaxis zijn de vervormingen van de vloerplaat als gevolg van het belasten berekend. De navolgende figuur toont de vervormingsfiguur van de laatste belastingstap. Hieruit volgt dat de vloer aan de einden nauwelijks helt. Dit ondanks het éézijdig afgraven van het terrein, waardoor de ondergrond aan de linker zijde meer is voorbelast. Aan deze linker zijde zakt de grond derhalve normaliter veel minder als rechts.



Uitvoer rekenprogramma Plaxis

De vloer van dit vrieshuis is uitgevoerd als een sandwichvloer waarbij de isolatie een dragende functie heeft. Voor dit vrieshuis is eveneens gekozen voor stellingen die behalve de pallets ook de gevels en het dak dragen.

Resumé

Het ontwerp van een vriesvloer vergt kennis van een breed scala van specialismen. ABT heeft de beschikking over al deze specialismen, waardoor een optimaal ontwerp kan worden uitgewerkt. Dit ontwerp moet leiden tot een functionele en duurzame vloer die naar tevredenheid van de gebruiker functioneert.

Referenties van ABT civiele techniek

Project	Oppervlak	Jaartal
Cold Storage Rheine (D)	13.600 m ²	start 2011
Vrieshuis Ieper (B)	3.200 m ²	2010
Vrieshuis Argentan (F)	6.000 m ²	2010
Vrieshuis Georgië (GFF)	6.000 m ²	2008-2010
Vriesveem Bergen op Zoom	>10.000 m ²	2001, 2003 en 2007-2010
Vriesveem Waalwijk	5.600 m ²	2001
Coldstore te Hamm (D)	4.100 m ²	2003
Vrieshuis Gent (B)	3.500 m ²	1997
Vriesveem Remmerswaal	5.200 m ²	1996
Vriesvloeren HEMA Almere	2.800 m ²	1998
Vriesvloeren Eindhoven	1.900 m ²	2007
Vriesveem Lommel (B)	4.300 m ²	2002
Ijsbaanvloeren Alkmaar, Groningen, Nijmegen, Tilburg, Enschede en Apeldoorn		

ABT bv is een multidisciplinair advies- en ingenieursbureau op het gebied van constructies, bouwkunde, bouwmanagement, civiele techniek en installaties. Al ruim 50 jaar beschouwen wij bouwtechnisch ontwerpen als een creatief proces. Onze bedrijfsfilosofie is om (potentiële) opdrachtgevers kwaliteit op maat te leveren, ongeacht de omvang of de technische moeilijkheidsgraad van een bouwproject. Onze adviesdiensten zorgen afzonderlijk of gezamenlijk voor integraal advies bij projecten van iedere denkbare schaal. Onze werkwijze kenmerkt zich als 'grensverleggend, gedegen creatief en doelmatig innovatief'.

Verdere informatie is te verkrijgen bij:

ing. M. Keijzer
adviseur civiele techniek

ing. N.T. Loonen
sr. projectleider civiele techniek

m.keijzer@abt.eu

n.loonen@abt.eu

ABT bv

Arnhemsestraatweg 358 Velp
postbus 82 6800 AB Arnhem
T +31 (0)26 368 31 11

Delftechpark 12 Delft
postbus 458 2600 AL Delft
T +31 (0)15 270 36 11

Kammenstraat 18
2000 Antwerpen
T +32 (0)3 205 37 11

internet: www.abt.eu
e-mail: info@abt.eu