

MASTER

Weerbewust wonen

een studie naar weerkritische activiteiten en mogelijke maatregelen

Hazendonk, P.

Award date:
2011

[Link to publication](#)

Disclaimer

This document contains a student thesis (bachelor's or master's), as authored by a student at Eindhoven University of Technology. Student theses are made available in the TU/e repository upon obtaining the required degree. The grade received is not published on the document as presented in the repository. The required complexity or quality of research of student theses may vary by program, and the required minimum study period may vary in duration.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain



WEERBEWUST BOUWEN

Een studie naar weerkritische activiteiten en mogelijke maatregelen



Afstudeerverslag

Weerbewust bouwen

Een studie naar weerkritische activiteiten en mogelijke maatregelen

Auteur:

Peter Hazendonk, BSc.
0572137/ s041015

Afstudeerbegeleidingscommissie:

Voorzitter: Prof. ir. C.S. Kleinman
Hoofdbegeleider: ir. M.M.J. Vissers
Medebegeleider: Dr. ir. E. Vastert



Disclaimer:

Dit rapport is het verslag van een eindstudie die is gedaan voor het doctoraal examen van de Masteropleiding Architecture, Building and Planning. Het rapport heeft daarbij mede gediend als toetssteen voor de beoordeling van de studieprestatie. In het rapport voorkomende conclusies, resultaten, berekeningen en dergelijke kunnen verder onderzoek vereisen alvorens voor extern gebruik geschikt te zijn.

Wij beschouwen dit rapport daarom als een intern rapport dat niet zonder onze toestemming voor externe doeleinden mag worden gebruikt.

Master of Science opleiding 'Architecture, Building and Planning'
Master track Construction Technology
Faculteit Bouwkunde
Technische Universiteit Eindhoven

Voorwoord

De invloed van het weer op de bouwsector is een thema dat op meerdere manieren mijn aandacht heeft getrokken tijdens mijn studie. Met name tijdens diverse studiereizen kwam dit thema steeds aan de orde. Tijdens reizen naar Ghana en Kameroen heb ik ervaring opgedaan met bouwen in extreem warme omstandigheden. Tegenovergestelde weersomstandigheden zijn aangetroffen in Rusland en Canada: bij $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ wordt daar doorgebouwd. Bij de totstandkoming van dit verslag is regelmatig teruggedacht aan de aangename maar ook leerzame ervaringen van deze reizen.

Dit afstudeerverslag is gebaseerd op een vraag uit Nederland, te weten van het organiserend comité van de KOMAT-themadag van Bouwend Nederland over 'weersonafhankelijk bouwen'. Voor de themadag zijn drie studenten gevraagd om informatie over risico's voor de bouwsector met betrekking tot het weer en bijpassende maatregelen in kaart te brengen. Samen met medestudenten Felan Renjaan en Michiel Franssen is een aanzet gegeven om deze vraag te beantwoorden. Op de themadag zijn de eerste resultaten gepresenteerd. In dit verslag is die eerste opzet uitgewerkt en uitgediept.

Bij het totstandkomen van dit verslag is contact gelegd met diverse bedrijven en betrokken partijen. Velen waren bereid om informatie te delen, om zo mijn afstudeeronderzoek vorm te kunnen geven. Mijn dank gaat uit naar alle bedrijven die niet geschroomd hebben om hun productinformatie vrij te geven voor mijn onderzoek.

Naast de bedrijven heb ik ook prettig samen kunnen werken met enkele medestudenten. In het eerste plaats wil ik Felan Renjaan en Michiel Franssen bedanken, met wie ik samen de presentatie voor de KOMAT-themadag heb opgezet. Ook Sven Pörteners mag niet onbenoemd blijven. Zijn afstudeerproject, met de titel 'Weersonafhankelijk Bouwen', richt zich op dezelfde problematiek als mijn verslag. In goed overleg hebben we afspraken kunnen maken, zodat de afstudeertrajecten elkaar niet zouden overlappen, maar elkaar juist konden versterken.

Als onderdeel van dit afstuderen is er een computermodel ontwikkeld. E. Mulder MSc (onder andere programmeur van de knvb-website) heeft dit programma voor mij geprogrammeerd. Ik wil hem hartelijk bedanken voor zijn onbaatzuchtige hulp en expertise, die hij heeft gebruikt om mijn eindproduct te realiseren!

Tenslotte gaat mijn dank uit naar mijn begeleidend docenten, ir. M.M.J. Vissers en dr. ir. E. Vastert, voor de begeleidingen en de grote mate van vrijheid die ze mij hebben gegeven bij mijn afstuderen.

Peter Hazendonk

Samenvatting

Op 16 september 2009 organiseerde de KOMAT (Kontaktgroep Materieel) een themadag over 'Weersonafhankelijk Bouwen'. Het organiserend comité heeft de vraag neergelegd om informatie over weerkritische activiteiten en te nemen maatregelen in kaart te brengen. De voorlopige gegevens die tijdens de themadag zijn gepresenteerd, zijn in dit afstudeertraject uitgebreid en uitgediept.

Verscheidene weerscomponenten kunnen onwerkbaar weer veroorzaken. Daarbij spelen vorst, neerslag en wind de grootste rol in de Nederlandse bouwsector. Tezamen zijn ze verantwoordelijk voor 42 verletdagen per jaar. Gemiddeld kan 18% van de werkdagen niet gewerkt worden ten gevolge van deze weersomstandigheden.

In de Nederlandse bouwsector wordt weinig aandacht besteed aan weersomstandigheden. Verlet wordt in veel gevallen geaccepteerd. Dit blijkt uit de planning, waar verlet standaard wordt ingepland middels de prognoseschaal. Daarnaast geven bouwbedrijven er de voorkeur aan om risico's te verzekeren boven het nemen van preventieve maatregelen. Over de knelpunten en bijpassende maatregelen is overigens ook geen gestructureerde informatie aanwezig, op basis waarvan kan worden afgewogen om maatregelen te treffen.

Bouwbedrijven ondervinden negatieve gevolgen als ze verlet accepteren. In de eerste plaats brengt verlet kosten met zich mee. Uit onderzoeken blijkt dat bouwbedrijven geld kunnen besparen als er planmatig wordt gezocht naar geschikte maatregelen. Naast kostenbesparingen kunnen maatregelen ook zorgen voor tijdwinst, betere arbeidsomstandigheden en een hogere kwaliteit van het eindproduct. Het loont om aandacht te besteden aan preventieve maatregelen om door te bouwen bij onwerkbaar weer.

In de Nederlandse bouwsector wordt verlet veelal geaccepteerd, zonder te onderzoeken of er rendabele maatregelen te nemen zijn, waardoor onnodige kosten worden gemaakt. Deze probleemstelling leidt tot de doelstelling voor dit afstudeertraject:

Het ontwikkelen van een model op basis waarvan onderbouwde beslissingen kunnen worden gemaakt over het nemen van preventieve maatregelen bij onwerkbaar weer.

Bouwactiviteiten zijn geordend volgens de STABU-methode. Per activiteit is bepaald of de weerscomponenten vorst, neerslag en wind voor onwerkbaar weer zorgen. In sommige gevallen bepaalt de regelgeving dat een activiteit bij specifieke weersomstandigheden niet meer mag worden uitgevoerd. In andere gevallen bepaalt de praktijk dat een activiteit weerkritisch is. Er zijn ruim 200 knelpunten naar voren gekomen. Per knelpunt is bepaald vanaf welke grenswaarde de activiteit geen doorgang meer kan vinden.

Om de risico's van onwerkbaar weer in kaart te kunnen brengen, is informatie nodig over de kans op het overschrijden van de grenswaarde en het effect als de grenswaarde wordt overschreden. Het effect van de grensoverschrijding is uitgedrukt in tijd en kosten. De kosten ten gevolge van verlet kunnen uitgerekend worden door de loonkosten, algemene bouwplaatskosten, rentekosten en boetepremies ten gevolge van verlet bij elkaar op te tellen.

Om de kans op onwerkbaar weer te bepalen, is gebruik gemaakt van weerstatistieken. Daarbij speelt de locatie in Nederland een rol. In totaal zijn weerstatistieken van 26 verschillende weerstations door heel Nederland geraadpleegd. Ook lokaal treden er verschillen op in weersomstandigheden. Met name de hoogte ten opzichte van het maaiveld en de mate waarin de omgeving is bebouwd spelen een rol. Deze factoren zijn meegenomen in het onderzoek, waarbij is bepaald hoe vaak de grenswaarden van alle knelpunten in het verleden overschreden zijn. Op basis hiervan kan bepaald worden hoe vaak een grenswaarde in gemiddelde en extreme situaties overschreden zal worden. De statistieken geven slechts een indicatie van het aantal dagen onwerkbaar weer in de toekomst.

Nadat de risico's van weersomstandigheden op de bouw in kaart zijn gebracht, zijn maatregelen achterhaald waarmee doorgewerkt kan worden bij onwerkbaar weer. In totaal zijn ruim 100 verschillende maatregelen gevonden, die de gevolgen van weersomstandigheden beperken of elimineren. Om deze maatregelen (activiteiten) te kunnen uitvoeren zijn in veel gevallen hulpmiddelen (producten) nodig. In totaal zijn 125 verschillende hulpmiddelen achterhaald. Al deze maatregelen en hulpmiddelen zijn uitgewerkt. Daarbij zijn ook kostengegevens en levertijden vastgesteld. Op basis hiervan kan bepaald worden hoeveel geld en tijd het kost om een maatregel te nemen.

Hoewel er een groot aantal maatregelen is gevonden, bestaat de kans dat er geen geschikte maatregel tussen zit voor een specifieke praktijksituatie. Daarom is er een checklist opgesteld, waarmee structureel gezocht kan worden naar mogelijke maatregelen. Er zijn 15 verschillende oplossingsrichtingen geformuleerd, die in volgorde van wenselijkheid gerangschikt zijn. Door deze checklist te doorlopen kan structureel gezocht worden naar nieuwe maatregelen voor een knelpunt.

Met bovenstaande gegevens kan achterhaald worden welke knelpunten er zijn en welke maatregelen er getroffen kunnen worden. Op basis hiervan kan een kosten-baten-analyse worden uitgevoerd, waarna een weloverwogen beslissing gemaakt kan worden over het nemen van maatregelen. Om dit op een snelle en overzichtelijke manier te kunnen doen, zijn alle gegevens verwerkt in een computermodel: de verletverkenner.

Bij de ontwikkeling van dit model is eerst het doel ervan bepaald en een programma van eisen opgesteld. Op basis hiervan is een ontwerp gemaakt, wat door een informaticus is uitgewerkt tot een prototype.

In het computermodel moeten eerst algemene projectgegevens en specifieke activiteitgegevens worden ingevuld. In combinatie met de gegevens uit het onderzoek bepaalt het model vervolgens de knelpunten en bijpassende maatregelen. Over deze maatregelen en bijbehorende hulpmiddelen kan meer informatie worden opgevraagd. De gevolgen in tijd en kosten van de knelpunten en maatregelen worden daarbij weergegeven. Op basis hiervan kan besloten worden om maatregelen in te zetten. Het model sluit af met conclusies.

Omdat de verletverkenner gebruik maakt van weerstatistieken, kunnen er geen harde conclusies worden verbonden aan de getalsmatige uitvoer. In een gebruikershandleiding wordt uitgelegd welke conclusies er wel en niet aan de uitvoer van de verletverkenner mag worden gehecht. Ondanks enkele beperkingen voldoet het model aan het programma van eisen. Bouwbedrijven kunnen met de verletverkenner een onderbouwde beslissing maken over het nemen van preventieve maatregelen bij aankomend onwerkbaar weer.

Inhoudsopgave

Voorwoord	1
Samenvatting	2
1. Inleiding	8
2. Analyse	12
2.1 Inleiding	12
2.2 Invloed van het weer op de bouw	12
2.3 Aandacht voor weersomstandigheden in de bouw	14
2.4 Negatieve gevolgen van weersinvloeden op de bouw	15
3. Onderzoeksaanpak	18
3.1 Inleiding	18
3.2 Probleemstelling	18
3.3 Doelstelling	18
3.4 Taakstellingen	19
3.4.1 Weerkritische activiteiten	20
3.4.2 Weerstatistieken	20
3.4.3 Maatregelen	21
3.4.4 Model	21
3.5 Uitvoering van het onderzoek	22
3.5.1 Afbakening	22
3.5.2 Werkwijze ter volbrenging taakstellingen	22
4. Weerkritische activiteiten en grenzen	26
4.1 Inleiding	26
4.2 Weerkritische weerscomponenten	26
4.2.1 Vorst & lage temperaturen	26
4.2.2 Neerslag	27
4.2.3 Wind	28
4.3 Classificatie bouwactiviteiten	29
4.3.1 Bouwfasen	29
4.3.2 STABU-codering	29
4.3.3 Productiemiddelen	30
4.4 Weerkritische activiteiten en grenzen	31
4.4.1 Regelgeving	31
4.4.2 Vorstkritische activiteiten	33
4.4.3 Neerslagkritische activiteiten	34
4.4.4 Windkritische activiteiten	35
4.4.5 Weerkritische grenzen	36
5. Weerstatistieken	40
5.1 Inleiding	40
5.2 Nauwkeurigheid van weersverwachtingen	40
5.3 Landelijke verschillen in weersomstandigheden	41
5.4 Locale verschillen in weersomstandigheden	42
5.5 Gebruik van weerstatistieken	45

6. Maatregelen om door te bouwen bij onwerkbaar weer	48
6.1 Inleiding	48
6.2 Bestaande maatregelen en hulpmiddelen	48
6.3 Ontwikkelen van nieuwe maatregelen	50
6.3.1 Classificeren van maatregelen	50
6.3.2 Oplossingsrichtingen voor nieuwe maatregelen	52
6.3.3 Bepalen relevantie nieuw ontwikkelde maatregel	54
7. Verletverkenner	56
7.1 Inleiding	56
7.2 Programma van eisen	56
7.2.1 Doel van de verletverkenner	56
7.2.2 Het programma van eisen	57
7.3 Ontwikkeling van de verletverkenner	58
7.4 De verletverkenner	59
7.4.1 Structuur van de verletverkenner	59
7.4.2 Benodigde invoer in de verletverkenner	60
7.4.3 Gegeneerde uitvoer door de verletverkenner	62
7.5 Toepasbaarheid verletverkenner	66
7.5.1 Toetsen van de verletverkenner	66
7.5.2 Beperkingen van de verletverkenner	68
8. Conclusies en aanbevelingen	72
8.1 Inleiding	72
8.2 Conclusies	72
8.3 Aanbevelingen	72
Geraadpleegde bronnen	75
Bijlagen (apart gebundeld):	
Bijlage A: STABU	
Bijlage B: Weerkritische activiteiten	
Bijlage C: Kosten van verlet	
Bijlage D: Invloed locatie op weersomstandigheden	
Bijlage E: Weerstatistieken	
Bijlage F: Maatregelen	
Bijlage G: Hulpmiddelen	
Bijlage H: Ontwikkelen van nieuwe maatregelen	
Bijlage I: Verletverkenner	
Bijlage J: Feestdagen en bouwvak	
Bijlage K: DVD - Aanvulling weerstatistieken en Verletverkenner	

Hoofdstuk 1

Inleiding

1. Inleiding

17 december 2010. Amsterdam.

Meer dan de helft van de bouwvakkers moet van zijn werkgever gewoon doorwerken bij een gevoelstemperatuur van onder de min zes graden. Dat blijkt uit een onderzoek onder leden van FNV Bouw. In de cao Bouwnijverheid is vastgesteld dat dit niet is toegestaan.

Bijna 51 procent van de deelnemers aan het onderzoek meldt dat het bedrijf niet goed voorbereid was op de naderende winter. Veel bouwplaatsen waren niet winterklaar gemaakt [18].

Kader 1.1: Nieuwsbericht waaruit blijkt dat diverse bouwbedrijven niet goed zijn voorbereid op de winter.

Bovenstaand nieuwsbericht is tekenend voor de Nederlandse bouwsector. De invloed van het weer op de bouw krijgt te weinig aandacht van bouwbedrijven. Bouwbedrijven bereiden zich niet goed voor. Het ontbreekt in de bouwsector aan een structurele benadering van weersomstandigheden en mogelijk te treffen maatregelen. Met het afstudeertraject 'Weerbewust bouwen' wordt aandacht besteed aan deze problematiek. Dit afstudeertraject is uitgevoerd binnen de mastertrack Uitvoeringstechniek aan de faculteit Bouwkunde van de Technische Universiteit Eindhoven.

Omgaan met extremen in het buitenland

Tijdens de studie aan de Technische Universiteit is er meerdere keren kennis gemaakt met het thema 'weersonafhankelijk bouwen'. Dit begon met een studiereis van studievereniging SUPport naar Canada, waar onderzoek is gedaan naar dit thema. Bij temperaturen van $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ wordt het werk nog steeds doorgezet. Men blijkt daar gewoon door te bouwen tot de machines het niet meer aankunnen. In Nederland heeft men al de grootste moeite om bij vorst door te werken. Behalve Canada is ook Rusland aangedaan, waar tevens doorgebouwd wordt onder extreem koude omstandigheden. Naast deze koude landen is er ook praktijkervaring opgedaan in de hitte van Ghana en Kameroen, door daar zelf mee te bouwen aan woningen en een school. In de hitte, voor Nederland ongekend, wordt er gewoon doorgewerkt. Deze ervaringen in het buitenland waren de eerste directe kennismaking met bouwen in extreme weersomstandigheden. Hieruit bleek dat onder extreme omstandigheden wel doorgewerkt kan worden, als de juiste maatregelen maar worden genomen.



Afbeelding 1.2: Moskou: Russische bouwvakkers gebruiken een drillboor om ijs van het dak te breken.

KOMAT themadag: Weersonafhankelijk Bouwen

Op 16 september 2009 organiseerde de KOMAT (Kontaktgroep Materieel) een themadag over 'Weersonafhankelijk Bouwen'. In de voorbereiding op deze dag bleek dat er geen geordende informatie te vinden was over knelpunten en mogelijke maatregelen aangaande dit thema. Ir. M.M.J. Vissers, docent aan de TU/e, is toen gevraagd om drie studenten te vinden die deze informatie in kaart wilden brengen. Samen met Felan Renjaan en Michiel Franssen ben ik ingegaan op dit voorstel. In een kort tijdbestek zijn enkele knelpunten en bijbehorende maatregelen in kaart gebracht en uitgewerkt in een computermodel. Dit is tijdens de KOMAT themadag gepresenteerd.

Het gepresenteerde model had een beperkte inhoud, zowel in de breedte als in de diepte. Hierdoor gaf het model weinig informatie op basis waarvan afgewogen beslissingen gemaakt konden worden. Desondanks werd er tijdens de themadag enthousiast gereageerd op het model.

De KOMAT themadag is uiteindelijk een opstapje geweest naar dit afstudeertraject. Het ontbreken van geordende informatie waar wel interesse voor bleek te bestaan, vormde de aanleiding om daar een afstudeertraject aan te wijden.



Afbeelding 1.3: Michiel Franssen presenteert de bevindingen van de drie studenten op de KOMAT themadag.

Invloed van het weer in de praktijk

Als voorbereiding op het afstudeertraject is meegelopen met dakdekkersbedrijf Van der Meer dakbedekkingen BV, om zo een beeld te krijgen van de impact van weersinvloeden op de bouw. In het bijzonder de invloed van het weer op het dakdekken werd daarbij geobserveerd. Aangezien dakdekken een weerkritische activiteit is en er op de daken geen beschutting is tegen weersinvloeden, wordt er veel hinder ondervonden van weersomstandigheden.



Afbeelding 1.4: een dakdekker veegt neerslag van het dak, omdat bitumineuze dakbedekking anders niet kan worden aangebracht.

Leeswijzer

Na de praktijkperiode als dakdekker heeft het daadwerkelijke afstuderen plaatsgevonden. In dit verslag wordt dit afstudeertraject stapsgewijs toegelicht. In eerste instantie is de huidige invloed van de weersomstandigheden op de bouw geanalyseerd (hoofdstuk 2). Op basis van de analyse wordt de onderzoeksaanpak beschreven in hoofdstuk 3. Daarbij worden vier taakstellingen geformuleerd, die in navolgende hoofdstukken worden uitgewerkt. In hoofdstuk 4 wordt in kaart gebracht welke activiteiten hinder ondervinden van het weer. Hoofdstuk 5 behandelt de kans dat er onwerkbaar weer optreedt. Vervolgens beschrijft hoofdstuk 6 welke maatregelen er getroffen kunnen worden om bij onwerkbaar weer door te kunnen bouwen. In hoofdstuk 7 worden alle onderzoeksgegevens samengevoegd in een beslissingsondersteunend model. De conclusie en aanbevelingen zijn tenslotte te vinden in het laatste hoofdstuk. In bijbehorende bijlagenbundel zijn de nodige toelichtingen en onderzoeksresultaten opgenomen.

Hoofdstuk 2

Analyse

2. Analyse

2.1 Inleiding

Voor aanvang van het afstudeerproject is er een analyse uitgevoerd, waarin de invloed van het weer op de bouw is onderzocht. De analyse is in twee onderdelen opgesplitst. In het eerste gedeelte wordt beschreven welke invloed weersomstandigheden kunnen hebben op de bouw. Nadat deze theorie behandeld is, zal gekeken worden hoe Nederlandse bouwbedrijven omgaan met weersomstandigheden en welke gevolgen deze aanpak heeft. Op basis van dit vooronderzoek is een probleem geconstateerd, wat in de volgende hoofdstukken uitgewerkt zal worden.

2.2 Invloed van het weer op de bouw

Merendeel bouwbedrijven last van winterweer

25 februari 2010. Amsterdam

Door het winterse weer is in januari het werk op veel bouwplaatsen stil komen te liggen. 80 procent van de bedrijven in de grond- water en wegenbouw ondervond hinder van de kou [18].

Kader 2.1: Nieuwsbericht waaruit blijkt dat weersomstandigheden invloed hebben op de bouw.

Bovenstaand nieuwsbericht geeft aan dat bouwbedrijven hinder kunnen ondervinden van het weer, bijvoorbeeld omdat het buiten te koud is. In deze paragraaf zal behandeld worden welke weerscomponenten de bouw kunnen hinderen. Vervolgens zal gekeken worden welke componenten de meeste invloed hebben op de Nederlandse bouwsector.

Weerkritische weerscomponenten

Activiteiten die hinder kunnen ondervinden van weersomstandigheden, worden weerkritische activiteiten genoemd. Op het moment dat de weersomstandigheden de activiteit onmogelijk maken, wordt er een zogenaamde weerkritische grens overschreden: de activiteit moet worden stilgelegd en er is sprake van onwerkbaar weer. Op dat moment treedt er weerverlet op.

Er zijn een aantal weerscomponenten die voor weerverlet kunnen zorgen. Uit onderzoek zijn de volgende acht naar voren gekomen [5]:

- Temperatuur;
- Neerslag;
- Wind;
- Relatieve vochtigheid;
- UV-straling;
- Bliksem;
- Mist;
- Licht (afwezigheid van zonlicht).

De acht weerscomponenten die voor onwerkbaar weer zorgen, hebben niet allemaal een even grote invloed op de Nederlandse bouwpraktijk. In de eerste plaats komt dit omdat sommige negatieve weersinvloeden eenvoudig te verhelpen zijn. Als de zon nog niet opgekomen is, kan er toch doorgewerkt worden als er bouwlampen ingezet worden. Hierdoor zorgt de afwezigheid van zonlicht nauwelijks voor weerverlet. Ook speelt een rol hoe vaak en lang de weerkritische grenzen overschreden worden: bliksem komt minder vaak voor dan neerslag.

Weerverlet in Nederland

In Nederland wordt voornamelijk rekening gehouden met drie weerscomponenten die verlet veroorzaken. De overige weerscomponenten krijgen nauwelijks aandacht. Vorst, neerslag en wind zorgen voor gemiddeld 42 verletdagen per jaar [4]:

- Vorstverlet: 15 dagen per jaar;
- Neerslagverlet: 15 dagen per jaar;
- Windverlet: 12 dagen per jaar.

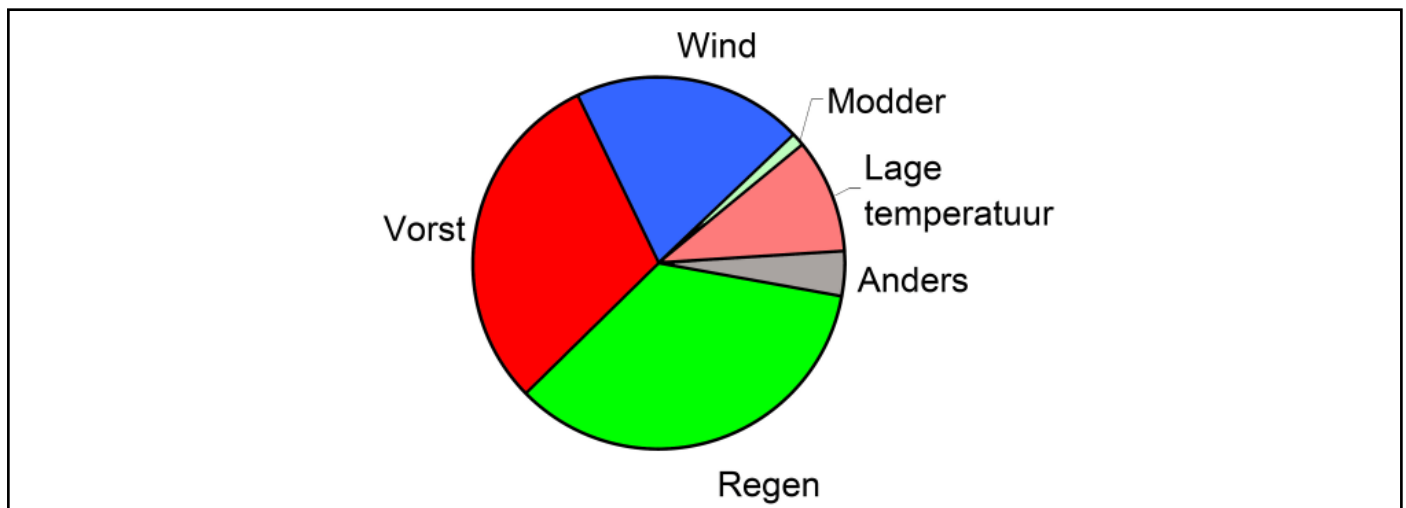
Van de 228 werkdagen per jaar gaan er gemiddeld 42 verloren aan weerverlet. Dit betekent dat gedurende 18% van de werkdagen weerverlet optreedt. Dit geldt overigens alleen zolang het gebouw nog niet wind- en waterdicht is. Als dat al wel het geval is, treedt er minder verlet op. Er kan dan onder geconditioneerde omstandigheden gewerkt worden. Wind en neerslag hebben geen invloed meer.

Opvallend is dat er bij de prognose van weerverlet over slechts drie weerscomponenten wordt gesproken [4]. De andere weerscomponenten die de bouw kunnen hinderen, worden niet besproken. Dit is ook terug te zien in regelgeving. Er zijn wel regels die aangeven wanneer een dag wettelijk gezien als verletdag geldt ten gevolge van neerslag, vorst of wind, maar over de andere weerscomponenten is geen regelgeving gevonden.

Het gebruik van alleen vorst, wind en neerslag in de statistieken en de wetgeving wekt de indruk dat de invloed van de andere weercomponenten dusdanig klein is, dat het niet relevant is om deze mee te nemen. Geprobeerd is om deze hypothese te toetsen.

In de eerste plaats is gezocht naar statistieken van optredend verlet. Een werkvoorbereider van Ballast Nedam houdt voor elk project bij hoeveel verlet er per dag en per werknemer is opgetreden. Bij het inzien van deze statistieken viel op dat alleen vorst- en neerslagverlet werden geregistreerd. Omdat het om laagbouwprojecten ging had wind weinig tot geen invloed op deze projecten.

Ook in de literatuur is gezocht naar studies naar de invloed van de verschillende weerscomponenten. In de meeste gevallen werd er aangenomen dat vorst, neerslag en wind de grootste invloed hadden. Eenmaal is er een onderzoek gevonden waarin is onderzocht welke weerscomponenten en afgeleide gevolgen voor verlet zorgen. Hierbij gaat het om de verletfrequentie: het aantal keren dat bepaalde vormen van verlet zijn voorgekomen. Er zijn geen conclusies over de lengte van dit verlet of de (financiële) gevolgen hiervan te trekken [12]:



Afbeelding 2.2: Verdeling van het aantal keren dat verlet zich voordoet naar weerscomponent (en afgeleide gevolgen) [13].

Uit bovenstaand diagram blijkt dat wind, vorst en regen (neerslag) samen voor circa 80% van het verlet zorgen. Daar komt bij dat modder in principe wordt veroorzaakt door neerslag en lage temperaturen aansluiten bij vorst. De andere weerscomponenten hebben slechts in circa 5% van de gevallen voor verlet gezorgd.

De hypothese dat vorst, neerslag en wind verantwoordelijk zijn voor de grootste hoeveelheid wind lijkt te kloppen. Zowel de registraties van een werkvoorbereider als literatuuronderzoek wijzen in deze richting. Er dient wel met enige voorzichtigheid met deze conclusie worden omgegaan. De Nederlandse bouwsector richt zich vanuit de traditie alleen op deze drie weerscomponenten. Andere weerscomponenten, zoals hitte en UV-straling, krijgen minder aandacht. Als deze componenten voor verlet zorgen, wordt dit daarom minder snel geregistreerd.

Concluderend kan gesteld worden dat de drie weerscomponenten vorst, neerslag en wind binnen de Nederlandse bouwsector de meeste aandacht krijgen en verantwoordelijk lijken te zijn voor een groot aantal verletdagen: gemiddeld kan 18% van de tijd niet doorgebouwd worden ten gevolge van deze weersomstandigheden.

2.3 Aandacht voor weersomstandigheden in de bouw

Nu bekend is dat weersomstandigheden, met name vorst, neerslag en wind, een aanzienlijke invloed hebben op de bouwsector, zal gekeken worden hoe de bouwsector met deze weersomstandigheden omgaat en hoeveel aandacht er aan besteed wordt. Daarbij moet de kanttekening gemaakt worden dat de bouwsector erg breed en veelzijdig is. De constatering die gedaan worden zijn generaliserend, waarbij er ongetwijfeld uitzonderingen mogelijk zijn.

Beperkte aandacht voor weersomstandigheden

De bouwsector besteedt weinig aandacht aan weersomstandigheden, maar laat over zich heen komen wat er gebeurt. Dit blijkt uit een aantal zaken.

In de eerste plaats wordt verlet ingepland. In Nederland werkt men met een prognoseschaal, waarbij op basis van statistieken wordt bepaald op hoeveel dagen er gemiddeld verlet optreedt. Deze schaal wordt praktisch overal toegepast: verlet wordt standaard geaccepteerd, zonder te kijken naar de mogelijkheden om verlet te voorkomen door maatregelen te nemen.

Een zelfde beeld geeft de begroting. Een inschrijvingsbegroting heeft namelijk wel speciale posten voor winst en risico, coördinatie, ABK en dergelijke, maar nergens is een post te vinden waarmee maatregelen tegen weerkritische omstandigheden te bekostigen zijn. Wel worden de kosten van verlet meegenomen: de extra ABK ten gevolge van verlet wordt bijvoorbeeld wel ingecalculiseerd, evenals de verloren manuren bij verlet.

De bouwsector lijkt niet te beseffen dat er maatregelen genomen kunnen worden om verlet te accepteren. Verlet wordt standaard ingepland en begroot, zonder vooraf naar alternatieven te zoeken. Op het moment dat zich problemen voordoen, wordt pas gereageerd op de situatie.

Afschaffing van het risicofonds

Tekenend voor de Nederlandse bouwsector is de situatie die is ontstaan na het afschaffen van het risicofonds in 2006. Het risicofonds voor het bouwbedrijf keerde bouwondernemers uit als zich onwerkbaar dagen voordeden ten gevolge van vorst. Elk bouwbedrijf betaalde mee aan deze regeling. Alleen als er verlet werd opgelopen, kreeg men uitbetaald. Bedrijven die investeerden om door te bouwen bij onwerkbaar weer betaalden wel mee, maar kregen niks. Het risicofonds is afgeschaft, zodat ondernemers gestimuleerd zouden worden om maatregelen te nemen.

In de praktijk bleek dit niet te gebeuren. In Nederland zijn de meeste winters namelijk zacht tot gemiddeld. Om de paar jaar komt een strenge winter voor, waarbij het aantal onwerkbaar dagen ongeveer drie keer zo hoog ligt als gemiddeld [4]. Met het risicofonds werden de 'goede jaren' gebruikt om de onkosten van de 'slechte jaren' te dekken. Bij de afschaffing van het risicofonds werd er geen verplichte buffer aangelegd voor strenge winters.

De winter van 2009-2010 was de eerste strenge winter na de afschaffing van het risicofonds. Ongeveer de helft van de bouwbedrijven was hier niet op voorbereid, waardoor deze bedrijven onverwacht extra kosten moesten maken. In combinatie met andere factoren, zoals de economische crisis, dreigden tientallen bouwbedrijven failliet te gaan. Door overheidsingrijpen hebben 2500 bouwbedrijven aanspraak kunnen maken op een tijdelijke vorst-WW. De financiële 'schade' werd gedeeltelijk vergoed. Deze 2500 bedrijven waren onvoldoende voorbereid op een strenge winter, die statistisch gezien wel te verwachten was.

Het beoogde effect van de afschaffing van het risicofonds was niet bereikt. Integendeel: de vakbonden roepen op om een permanente vorst-ww in het leven te roepen, die op eenzelfde manier zal gaan functioneren als het risicofonds. Daarnaast is er door Bouwend Nederland ook een weerverletdekking gelanceerd, waardoor bouwbedrijven het risico van onwerkbaar weer ten gevolge van bijvoorbeeld vorst, hitte of neerslag kunnen verzekeren.

Opvallend in bovenstaand verhaal is dat er weinig aandacht uitgaat naar het nemen van preventieve maatregelen om door te kunnen bouwen bij onwerkbaar weer. Bouwbedrijven zoeken kennelijk liever hun heil in een vorst-WW of een verzekering, dan dat er gesproken wordt over het gestructureerd inplannen van maatregelen.

Gebrek aan informatie over knelpunten en maatregelen

Voor de KOMAT-themadag zijn drie studenten benaderd om informatie over weerkritische activiteiten en mogelijke maatregelen in kaart te brengen. Dit verzoek uit het bedrijfsleven wekte de indruk dat hier nog geen structurele informatie over bestond. Deze indruk werd bevestigd op de themadag zelf.

Op verschillende vlakken ontbreekt informatie op basis waarvan een onderbouwde beslissing kan worden gemaakt over het nemen van maatregelen. Zolang op minstens één van deze drie vlakken geen geschikte informatie aanwezig is, kan er niet bewust omgegaan worden met de invloed van weersomstandigheden:

1. Weerkritische activiteiten: in de eerste plaats is nergens een overzicht van weerkritische activiteiten te vinden. Een combinatie van bouwactiviteiten en weersomstandigheden kan knelpunten opleveren, waarbij verschillende productiemiddelen weerkritisch kunnen zijn. Bouwbedrijven zijn aangewezen op ervaring om deze knelpunten te voorzien.

2. Risico's van onwerkbaar weer: als bekend is welke knelpunten er zijn, is nog niet bekend welk risico deze knelpunten met zich meebrengen. Risico kan als volgt worden gedefinieerd: "risico = kans x gevolg":
 - Kans: bouwbedrijven zijn aangewezen op hele algemene statistieken om te bepalen hoeveel verletdagen er gemiddeld optreden. Per weerkritische activiteit kan de weerkritische grens echter verschillen, waardoor de kans op het overschrijden van de grens ook verschilt. Tevens speelt de locatie van de bouwplaats een rol. Op activiteitsniveau is er geen methode om de kans op onwerkbaar weer te bepalen.
 - Gevolg: naast de kans op onwerkbaar weer zijn ook de gevolgen relevant. Hoe groter de gevolgen van onwerkbaar weer zijn, des te groter is het risico. Er is geen middel om de gevolgen van verlet (in kosten) te berekenen, waardoor bouwbedrijven niet kunnen bepalen welk financieel risico er gelopen wordt.
3. Maatregelen: er bestaat geen overzicht van maatregelen die getroffen kunnen worden bij een specifiek knelpunt. Op basis van ervaring, onderbuikgevoel of advies wordt besloten om een maatregel in te zetten. De baten van de maatregel zijn daarbij niet bekend. Ook is er geen overzicht van aanvullende informatie (technische gegevens, levertijden en dergelijke) beschikbaar, op basis waarvan maatregelen onderling vergeleken kunnen worden. Hierdoor kan er geen onderbouwde keuze voor een efficiënte maatregel worden gemaakt.

Er bestaat geen gestructureerde informatie over weerkritische activiteiten, risico's en mogelijke maatregelen. Mocht een bouwbedrijf van tevoren willen zoeken naar maatregelen om verlet te voorkomen, zal dit moeten gebeuren op basis van 'onderbuikgevoel' of ervaringen uit het verleden. Er is geen mogelijkheid om een onderbouwde keuze te maken om maatregelen al dan niet in te zetten.

Resumerend blijkt dat bouwbedrijven weinig aandacht besteden aan effecten van weersomstandigheden. Verlet wordt standaard ingepland middels de prognoseschaal, zodat de financiële en tijdsgebonden gevolgen duidelijk zijn. De risico's worden bij voorkeur afgedekt met een verzekering of een vorst-WW. Als er meer verlet optreedt dan verwacht zijn de gevolgen in ieder geval afgedekt. Mocht een bedrijf graag willen onderzoeken of het rendabel is om maatregelen te nemen om toch door te bouwen als zich onwerkbaar weer voordoet, dan is daar de benodigde informatie niet voor. Dit alles resulteert erin dat bouwbedrijven verlet accepteren. Alle bijbehorende nadelen worden voor lief genomen, zonder onderzocht te hebben of het nemen van maatregelen rendabel kan zijn.

2.4 Negatieve gevolgen van weersinvloeden op de bouw

Binnen de Nederlandse bouwcultuur is het gebruikelijk om verlet te accepteren. Hierdoor blijven mogelijkheden onbenut. Het accepteren van verlet heeft namelijk diverse nadelige gevolgen.

Financiële gevolgen van verlet

In de eerste plaats kost verlet geld. Dat het om grote bedragen gaat, illustreren twee voorbeelden uit de praktijk:

- Hendriks Bouw BV heeft 90 man personeel in dienst. Per onwerkbaar dag bedragen de kosten ruim € 60.000,-. Gemiddeld wordt er elk jaar voor 12.000 uur weerverlet geboekt. Dit komt neer op meer dan € 1 miljoen. De jaaromzet van het bouwbedrijf is € 60 miljoen [1].
- Een ander bouwbedrijf betaalt elke week € 50.000,- aan loonkosten. Dit bouwbedrijf calculeert 3 weken vorstverlet per jaar in. In een strenge winter kan dit aantal weken oplopen tot meer dan 8 weken. In dat geval moet € 400.000,- loon worden uitbetaald (in plaats van € 150.000,-) waar geen inkomsten tegenover staan. De winter van 2009-2010 was zo'n strenge winter. Dit bedrijf heeft de winst van voorgaande jaren moeten aanwenden [5]. Er waren geen maatregelen getroffen om door te kunnen werken bij vorst.

Het alternatief voor verlet is maatregelen treffen, waardoor er doorgewerkt kan worden. Uiteraard gaan hier ook kosten mee gepaard. In het verleden is er onderzoek gedaan of het rendabel is om maatregel te treffen. In de jaren negentig zijn er een aantal onderzoeken gedaan [12]:

- Met behulp van projectgebonden weerberichtgeving kan er adequaat geanticipeerd worden op de omstandigheden. Bij een project is destijds een aantoonbare besparing van 60.000 gulden gerealiseerd in één winterperiode.
- Bij andere projecten is bepaald wat de inzet van een pakket vorstverletbestrijdingsmaatregelen tot gevolg had. Hieruit bleek dat er soms zelfs 5% van de aanneemsom bespaard kan worden. Afhankelijk van de situatie zijn de maatregelen meer of minder rendabel.

Hoewel deze onderzoeken gedateerd zijn, illustreren ze dat het rendabel kan zijn om maatregelen te treffen. Aangezien er veel kosten met verlet zijn gemoeid, kunnen de maatregelen winstgevend zijn. Indien hier een weloverwogen plan en benadering aan ten grondslag ligt, kunnen de financiële risico's van het onvoorspelbare weer beperkt worden. Als de weersinvloeden op de bouwplaats echter niet planmatig benaderd worden, waardoor verlet geaccepteerd wordt of er willekeurig maatregelen worden ingezet, worden er onnodige kosten gemaakt.

Tijdsgebonden gevolgen van verlet

Als er geen aandacht wordt besteed aan weersinvloeden op de bouw, zullen er onnodige kosten gemaakt worden. Behalve de financiële aspecten zijn er ook tijdsgebonden gevolgen van verlet [5]: Als er verlet optreedt, ligt de bouw stil. Dit resulteert in vertraging. Als er daarentegen maatregelen genomen zouden zijn, had de bouw minder vertraging opgelopen. Het kost dus tijd (wat uiteindelijk resulteert in extra kosten) als er geen structurele aandacht wordt besteed aan de weersinvloeden.

Een neveneffect van de vertraging is het feit dat de planning niet meer optimaal in te richten is. Van te voren is niet bekend wanneer verlet op zal treden, waardoor niet bekend is wanneer de verschillende productiemiddelen aanwezig moeten zijn op de bouwplaats. Bestellingen van materiaal bijvoorbeeld kunnen lastig ingepland worden, omdat er onzekerheid is over het aantal dagen dat er verlet optreedt. Materiaal kan te laat komen of juist onnodig lang op de bouwplaats liggen, wat extra risico op beschadiging met zich meebrengt. Ook onderaannemers zijn lastig in te plannen, omdat niet duidelijk is wanneer begonnen kan worden aan een bepaalde activiteit.

Behalve onnodige kosten brengt verlet ook negatieve gevolgen voor de planning met zich mee.

Gevolgen als er doorgewerkt wordt bij onwerkbaar weer

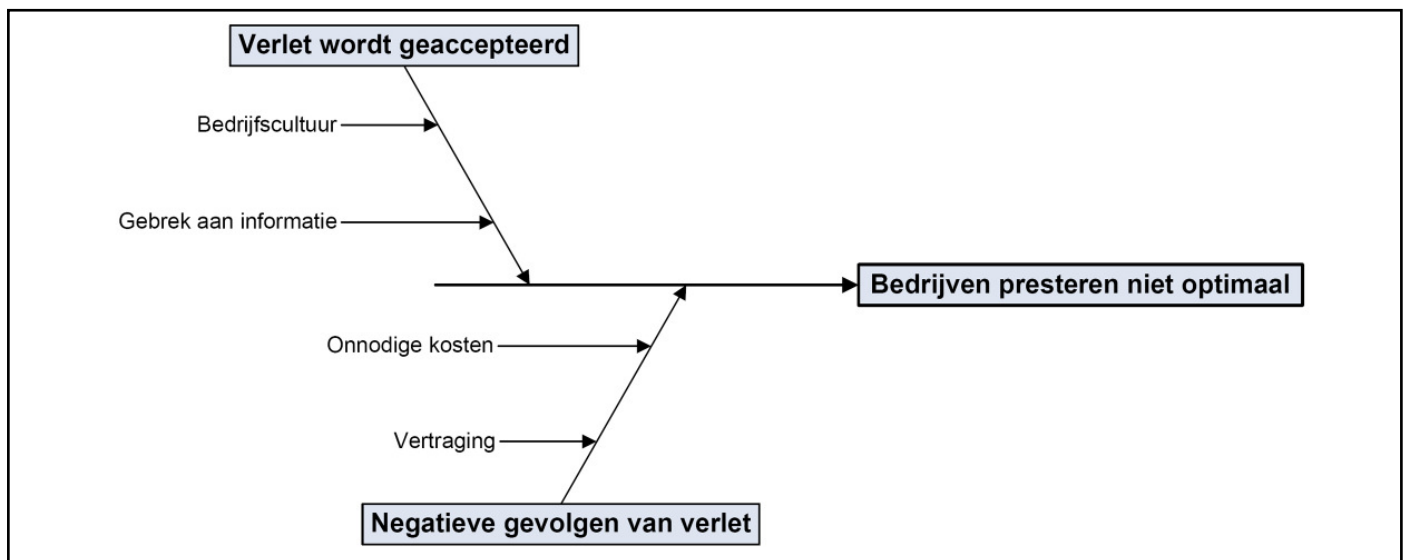
Bij onwerkbaar weer hoort er eigenlijk verlet op te treden, tenzij er maatregelen genomen worden. De mogelijkheid bestaat dat er toch doorgewerkt wordt, hoewel de weersomstandigheden dit eigenlijk niet toelaten. Dit brengt verschillende negatieve gevolgen met zich mee.

In de eerste plaats zullen de arbeidsomstandigheden verslechteren [2]. Denk aan onderkoeling bij vorst of regen. Dit kan op termijn leiden tot verhoogd ziekteverzuim bij de werknemers. Daarbij is de productiviteit onder negatieve weersomstandigheden vaak lager: werknemers werken minder hard onder de ongewenste omstandigheden. Ook kan de veiligheid van de werknemers in het geding komen. Rukwinden, sneeuw op steigers of verminderde aandacht kunnen tot ongelukken leiden.

Tenslotte komt de kwaliteit van het werk ook in het geding als er doorgewerkt wordt onder negatieve omstandigheden. Materiaal en materieel kan beschadigd raken. Denk aan kisten, die niet hechten op natte ondergronden. Tevens is de kans groot dat arbeid minder accuraat wordt uitgevoerd onder de negatieve omstandigheden.

Er kan geconcludeerd worden dat verlet onnodige kosten met zich meebrengt. Naast de financiële aspecten zorgen weersinvloeden ook voor vertraging, een niet-optimale planning, slechtere arbeidsomstandigheden en een lagere kwaliteit van het geleverde werk.

In de praktijk blijkt dat bouwbedrijven verlet accepteren, zonder te zoeken naar alternatieven. Bouwbedrijven krijgen daarmee te maken met de negatieve gevolgen van verlet. Deze hadden deels voorkomen kunnen worden als er gezocht was naar geschikte maatregelen. Bouwbedrijven presteren hierdoor niet optimaal.



Afbeelding 2.4: Omdat verlet wordt geaccepteerd en dit negatieve gevolgen met zich meebrengt, presteren bedrijven niet optimaal.

Hoofdstuk 3

Onderzoeksaanpak

3. Onderzoeksaanpak

3.1 Inleiding

Vanuit de analyse zijn er redenen gevonden om een afstudeertraject te wijden aan de invloed van weersomstandigheden op de bouw. De vraag van de KOMAT om te onderzoeken wat de knelpunten van weersomstandigheden op de bouwsector zijn en welke mogelijke maatregelen er genomen kunnen worden, is de aanleiding voor het onderzoek geweest. In dit hoofdstuk zal de probleemstelling beschreven worden die is opgesteld voor dit onderzoek. Op basis hiervan is een onderzoeksdoelstelling geformuleerd. Om deze doelstelling te kunnen realiseren, zijn vier verschillende taakstellingen met bijbehorende onderzoeksvragen opgesteld, die aansluitend worden behandeld. Tenslotte wordt ingegaan op de uitvoering van het onderzoek.

3.2 Probleemstelling

Bij het analyseren van de invloed van weersinvloeden op de bouw kwam naar voren dat gemiddeld 18% van de werkdagen niet gewerkt kan worden ten gevolge van verlet. In de meeste gevallen wordt dit verlet geaccepteerd, zonder onderzoek te doen naar mogelijke alternatieven. Onderzoeken tonen aan dat het lonend kan zijn om maatregelen te treffen, zodat doorgebouwd kan worden bij onwerkbaar weer. De bouwsector laat kansen liggen door te weinig aandacht te besteden aan de invloed van weersomstandigheden. Deze constatering leidt tot de probleemstelling voor het onderzoek:

PROBLEEMSTELLING:

In de Nederlandse bouwsector wordt verlet geaccepteerd, zonder te onderzoeken of er rendabele maatregelen te nemen zijn, waardoor onnodige kosten worden gemaakt.

3.3 Doelstelling

Het afstudeertraject richt zich erop om met een oplossing voor het bovenstaande probleem te komen. Er liggen een aantal oorzaken ten grondslag aan het probleem, die in te delen zijn in de volgende categorieën:

- Bedrijfscultuur;
- Gebrek aan informatie.

Middels een onderzoek kan de bedrijfscultuur niet aangepast worden. Wel kan het gebrek aan informatie aangepakt worden. Daarom zal dit afstudeertraject zich erop richten om informatie over weerkritische activiteiten en maatregelen te verzamelen en structureel te ordenen. De kosten en baten van eventuele maatregelen moeten daarbij bekend zijn, evenals de technische consequenties van eventuele maatregelen. Door deze concrete informatie overzichtelijk in een model te ordenen, kunnen er weloverwogen beslissingen gemaakt worden. De doelstelling voor het onderzoek luidt daarmee als volgt:

DOELSTELLING:

Het ontwikkelen van een model op basis waarvan onderbouwde beslissingen kunnen worden genomen met betrekking tot het nemen van preventieve maatregelen bij onwerkbaar weer.

Het te ontwikkelen model heeft als doel om in kaart te brengen welke knelpunten met betrekking tot weersomstandigheden op de bouwplaats zich voordoen en welke preventieve maatregelen er genomen kunnen worden. Door ook gevolgen in tijd en kosten aan de knelpunten en maatregelen te koppelen, kan de gebruiker een kosten-baten-analyse uitvoeren en afwegen wat er gedaan kan worden bij verschillende risico's. Met behulp van het model kan een onderbouwd slecht-weer-plan [12] opgesteld worden.

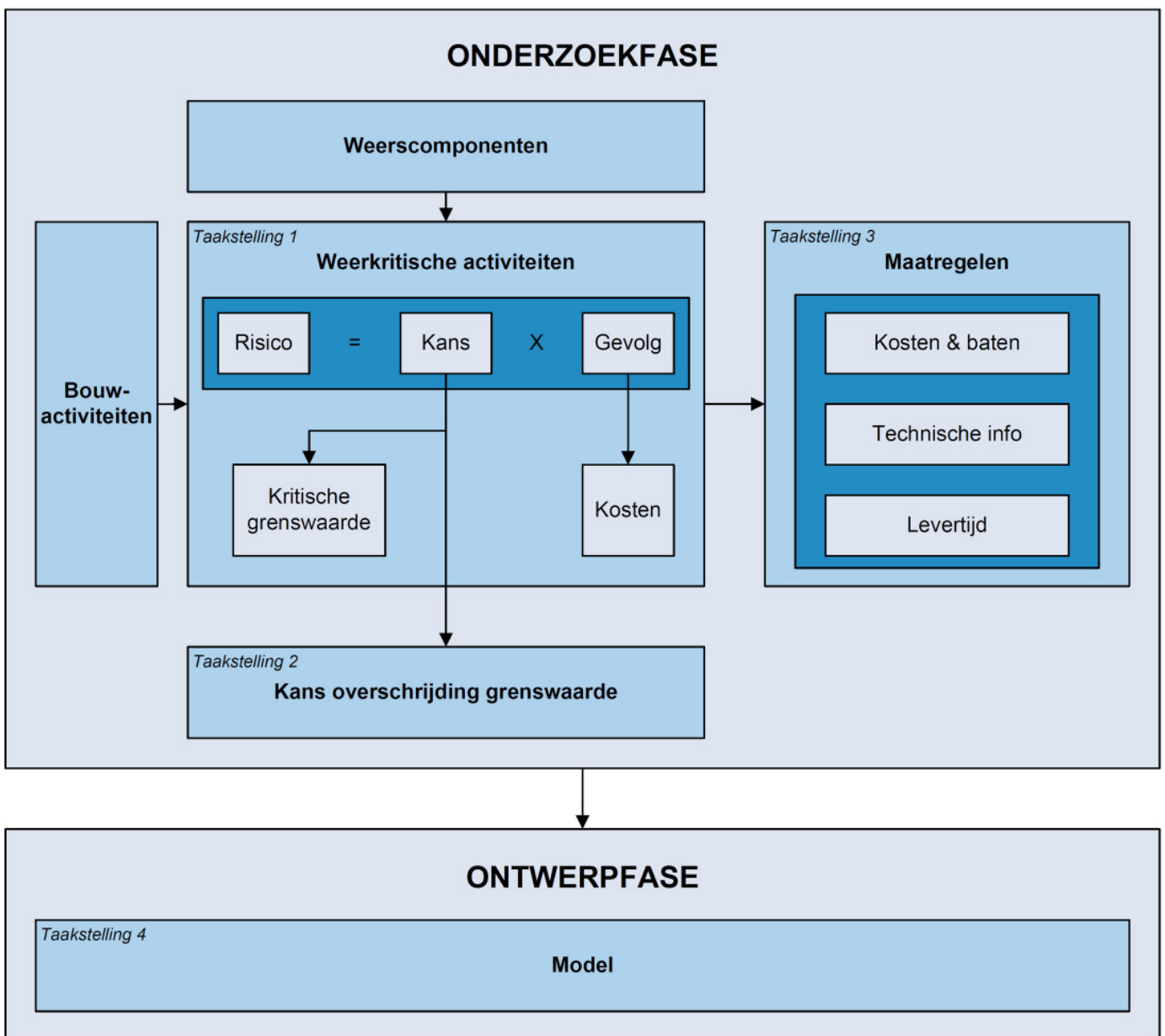
Het model richt zich primair op werkvoorbereiders. Zij kunnen tijdens de werkvoorbereidingsfase bepalen welke risico's er zijn en welke maatregelen de moeite waard zijn. Secundair kunnen ook uitvoerders het model gebruiken: Indien er onwerkbaar weer verwacht wordt, moet de uitvoerder met het model kunnen uitzoeken welke risico's er gelopen worden en welke maatregelen genomen kunnen worden om de risico's te beperken.

3.4 Taakstellingen

Uit de analyse blijkt dat bouwbedrijven onnodige kosten maken omdat verlet standaard geaccepteerd wordt. Dit probleem is deels te wijten aan het feit dat er geen structurele informatie aanwezig is op basis waarvan afgewogen beslissingen kunnen worden gemaakt. Uit de analyse blijkt dat er op verschillende vlakken informatie nodig is om wel een onderbouwde beslissing te kunnen nemen. Deze aspecten zijn verwoord in de volgende vier doelstellingen:

1. Weerkritische activiteiten: achterhalen van bouwactiviteiten die hinder ondervinden van weersomstandigheden.
2. Weerstatistieken: achterhalen wanneer en hoelang weerkritische omstandigheden zich voordoen.
3. Maatregelen en hulpmiddelen: achterhalen welke maatregelen er genomen kunnen worden om door te bouwen onder weerkritische omstandigheden.
4. Model: ontwikkelen van een beslissingsondersteunend model dat gestructureerde informatie over weerkritische activiteiten en mogelijke maatregelen aanbiedt.

Het onderzoek kan worden opgedeeld in een onderzoeks- en een ontwerpdeelte. De eerste drie taakstellingen vertegenwoordigen het onderzoeksgedeelte, waarin de benodigde informatie achterhaald wordt. De onderzoeksresultaten uit deze taakstellingen worden vervolgens bij de vierde taakstelling verwerkt in een ontwerp van een model.



Afbeelding 3.1: Schematische weergave van de taakstellingen van het afstudeertraject.

3.4.1 Weerkritische activiteiten

Achterhalen van bouwactiviteiten die hinder ondervinden van weersomstandigheden (Hoofdstuk 4)

Bij het aandacht geven aan weersomstandigheden in de bouw is het noodzakelijk om eerst duidelijk te hebben welke knelpunten er zijn. Uit de analyse blijkt dat hier geen overzicht van bestaat. In deze eerste taakstelling worden de knelpunten achterhaald: de bouwactiviteiten die hinder ondervinden van weersomstandigheden. Om structureel in kaart te brengen welke knelpunten er zijn, moet eerst duidelijk zijn welke bouwactiviteiten en weerscomponenten er zijn. Vervolgens kan voor combinaties van bouwactiviteiten en weerscomponenten gekeken worden of er knelpunten ontstaan. Als bekend is welke knelpunten er zijn, moet ook bepaald worden welk risico er gelopen wordt. Risico kan gedefinieerd worden als 'kans x gevolg': Om het risico van weersomstandigheden op de bouw te bepalen, moet bekend zijn wat de kans is op onwerkbaar weer en wat de gevolgen zijn als dit onwerkbaar weer zich voordoet.

		Risico				
		Ze er klein	Klein	Redelijk	Groot	Ze er groot
Kans	Enorm					
	Ze er groot					
	Groot					
	Redelijk					
	Beperkt					
	Minimaal					
		Ze er klein	Klein	Redelijk	Groot	Ze er groot
		Gevolgen				

Afbeelding 3.2: $Risico = kans \times gevolg$. Hoe groter de kans en de gevolgen op een gebeurtenis, des te groter is het risico.

Om de kans te kunnen bepalen moet bekend zijn bij welke weersomstandigheden er problemen optreden (de kritische grenswaarde) en wat de kans is dat de problemen zich voordoen (zie taakstelling 2). Verder moet achterhaald worden wat de gevolgen zijn als er onwerkbaar weer optreedt. Als deze informatie bekend is, is in kaart gebracht welke knelpunten er zijn en welke risico's er gelopen worden.

Uit de analyse blijkt dat er geen overzicht is van weerkritische activiteiten en bijbehorende risico's. Met behulp van onderstaande onderzoeksvragen kan dit in kaart gebracht worden:

- Welke weerscomponenten zorgen voor onwerkbaar weer?
- Hoe kan de bouw gecategoriseerd worden in bouwactiviteiten?
- Welke bouwactiviteiten zijn weerkritisch?
- Wat zijn de weerkritische grenzen per weerkritische activiteit?
- Wat zijn de gevolgen van weerverlet?

In hoofdstuk vier worden deze onderzoeksvragen behandeld.

3.4.2 Weerstatistieken

Achterhalen wanneer en hoelang weerkritische omstandigheden zich voordoen (Hoofdstuk 5)

In de vorige taakstelling is bepaald welke weerkritische activiteiten er zijn en vanaf welke grenswaarden die activiteiten weerkritisch zijn. Om het risico van onwerkbaar weer te kunnen bepalen, moet alleen nog achterhaald worden wat de kans is op onwerkbaar weer. Bij deze taakstelling wordt achterhaald hoe groot de kans is dat de weerkritische grenzen overschreden worden. Daarbij zal de invloed van de locatie, zowel op nationaal als op lokaal niveau, worden meegenomen.

De volgende onderzoeksvragen moeten beantwoord worden om deze taakstelling te volbrengen en de risico's van onwerkbaar weer te kunnen bepalen:

- Welke invloed heeft de locatie in Nederland op de weerscomponenten?
- Welke invloed hebben lokale omstandigheden op de weerscomponenten?
- Hoeveel procent van de tijd wordt een weerkritische grens gemiddeld overschreden?
- Hoeveel procent van de tijd wordt een weerkritische grens in een extreme situatie overschreden?

Hoofdstuk vijf behandelt de uitkomsten van deze onderzoeksvragen.

3.4.3 Maatregelen

Achterhalen welke maatregelen er genomen kunnen worden om door te bouwen onder weerkritische omstandigheden (Hoofdstuk 6)

Nu alle knelpunten in kaart gebracht zijn, moeten er ook maatregelen aangedragen worden. Zonder maatregelen kunnen de problemen immers niet opgelost worden. De vastgestelde maatregelen zullen uitgewerkt worden op diverse aspecten, zodat bijvoorbeeld de werking en de consequenties van de maatregel duidelijk zijn. In het geval er geen geschikte bestaande maatregel kan worden gevonden, wordt er een checklist opgesteld om systematisch te zoeken naar nieuwe oplossingsrichtingen.

Door de volgende onderzoeksvragen te beantwoorden, kan er een overzichtelijke lijst van maatregelen worden samengesteld. Met behulp van de aanvullende informatie kan een kosten-baten-analyse worden uitgevoerd, waardoor kan worden besloten of een maatregel rendabel is. Ook kunnen maatregelen met elkaar vergeleken worden:

- Welke maatregelen kunnen er genomen worden om bouwactiviteiten tijdens weerkritische omstandigheden doorgang te laten vinden?
- Hoe werkt de maatregel?
- Welke hulpmiddelen zijn nodig om de maatregel uit te voeren?
- Hoe werken de hulpmiddelen?
- Wat zijn de kosten van de hulpmiddelen?
- Wie zijn leveranciers van de hulpmiddelen?
- Wat zijn levertijden van de hulpmiddelen?
- Bij welke weerscomponenten kan de maatregel toegepast worden?
- Bij welke weerkritische bouwactiviteiten kan de maatregel toegepast worden?
- Wat zijn de kosten van de maatregel?
- Wat zijn de baten van de maatregel?
- Hoeveel voorbereidingstijd is er nodig om de maatregel te nemen?
- Hoe kan systematisch gezocht worden naar nieuwe maatregelen?

In hoofdstuk zes wordt verder op deze onderzoeksvragen ingegaan.

3.4.4 Model

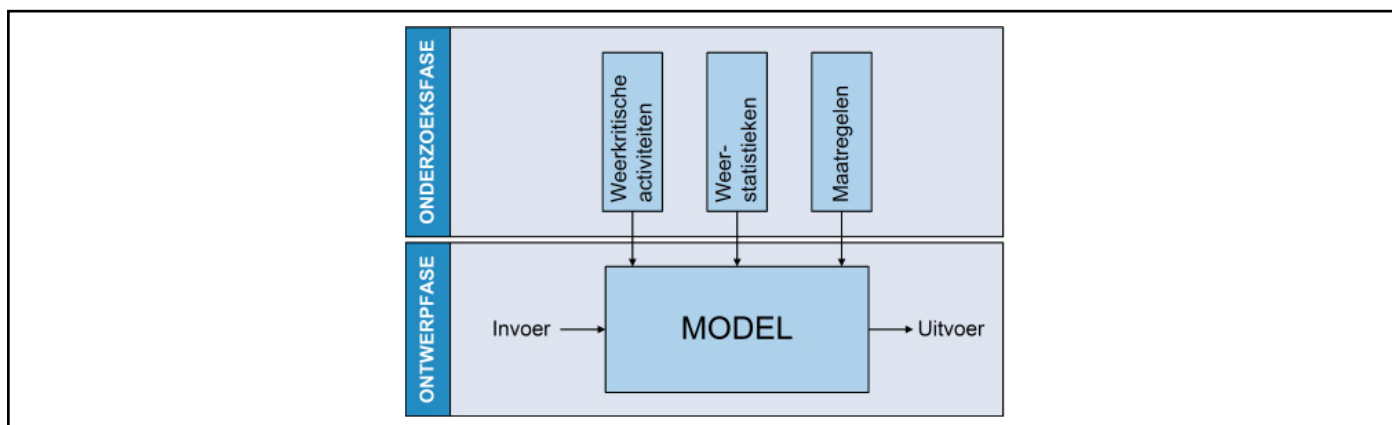
Ontwikkelen van een beslissingsondersteunend model dat gestructureerde informatie over weerkritische activiteiten en mogelijke maatregelen aanbiedt (Hoofdstuk 7)

Als de eerste drie taakstellingen voltooid zijn, is alle benodigde informatie aanwezig om in kaart te brengen welke risico's bouwbedrijven lopen en welke maatregelen er genomen kunnen worden. De onderzoeksfase is daarmee afgerond. De informatie is echter nog niet overzichtelijk geordend, waardoor het lastig is om deze toe te passen. Bij de laatste taakstelling wordt een model ontworpen waarin alle gegevens overzichtelijk gepresenteerd worden.

Door de volgende onderzoeksvragen te beantwoorden, kan het eindmodel gerealiseerd worden:

- Welke uitvoer moet het model leveren?
- Welke invoer is daarvoor benodigd?
- Welke bewerkingen moet het model leveren?

In hoofdstuk zeven staat de ontwikkeling van het eindmodel centraal.



Afbeelding 3.3: De eerste drie taakstellingen uit de onderzoeksfase vormen de inhoud van het model uit taakstelling 4.

3.5 Uitvoering van het onderzoek

Het complete afstudeertraject bestaat uit de vier taakstellingen en 25 bijbehorende onderzoeksvragen. Door de taakstellingen te volbrengen en de onderzoeksvragen te beantwoorden zal het afstudeertraject afgerond worden. Voordat de onderzoeksresultaten worden behandeld, zal eerst worden beschreven hoe het onderzoek is uitgevoerd. Daarbij wordt eerst ingegaan op de afbakening van het onderzoek. In de tweede plaats wordt de werkwijze beschreven die is gehanteerd om de vier taakstellingen te volbrengen.

3.5.1 Afbakening

Over de hele wereld wordt er hinder ondervonden van weersomstandigheden bij bouwprojecten. Overal wordt op andere manieren gebouwd en komen andere weersomstandigheden voor. Er zijn heel veel vormen van weer en van bouwactiviteiten die behandeld kunnen worden in een onderzoek naar 'weerbewust bouwen'. Om te voorkomen dat het onderzoek te breed zou worden, waardoor het gevaar ontstaat dat de diepgang mist, is ervoor gekozen om een afbakening toe te passen:

- Het onderzoek richt zich op de Nederlandse bouwsector;
- Alleen de weerscomponenten vorst, neerslag en wind worden meegenomen. Uit de analyse blijkt dat deze drie weerscomponenten de grootste invloed hebben op de Nederlandse bouwsector. Andere weerscomponenten worden buiten beschouwing gelaten.

Door het onderzoek op Nederland te richten, worden alleen Nederlandse bouwactiviteiten meegenomen. Hiermee worden al diverse werkzaamheden (denk aan superhoogbouw zoals in Dubai of het bouwen van lemen hutjes in Afrika) uitgesloten. Verder worden alleen de belangrijkste Nederlandse weersomstandigheden meegenomen. Vorst, neerslag en wind zijn de weerscomponenten die binnen de Nederlandse bouwsector de meeste aandacht krijgen en verantwoordelijk zijn voor de grootste hoeveelheid verlet.

Het feit dat het onderzoek zich op de Nederlandse bouwsector richt, betekent niet dat het buitenland genegeerd wordt. Scandinavische landen, Canada en Rusland hebben bijvoorbeeld veel ervaring met doorwerken tijdens winterse omstandigheden. In Japan is er veel gedaan om arbeid te beschermen tegen weersinvloeden, bijvoorbeeld door de inzet van robots of het grootschalig afschermen van de bouwplaats. Er is dus wel informatie uit het buitenland gebruikt, voor zover die in Nederland te implementeren is.



Afbeelding 3.4: in Canada worden tijdelijke gevelschermen ingezet om ruimtes te kunnen verwarmen bij vorst.

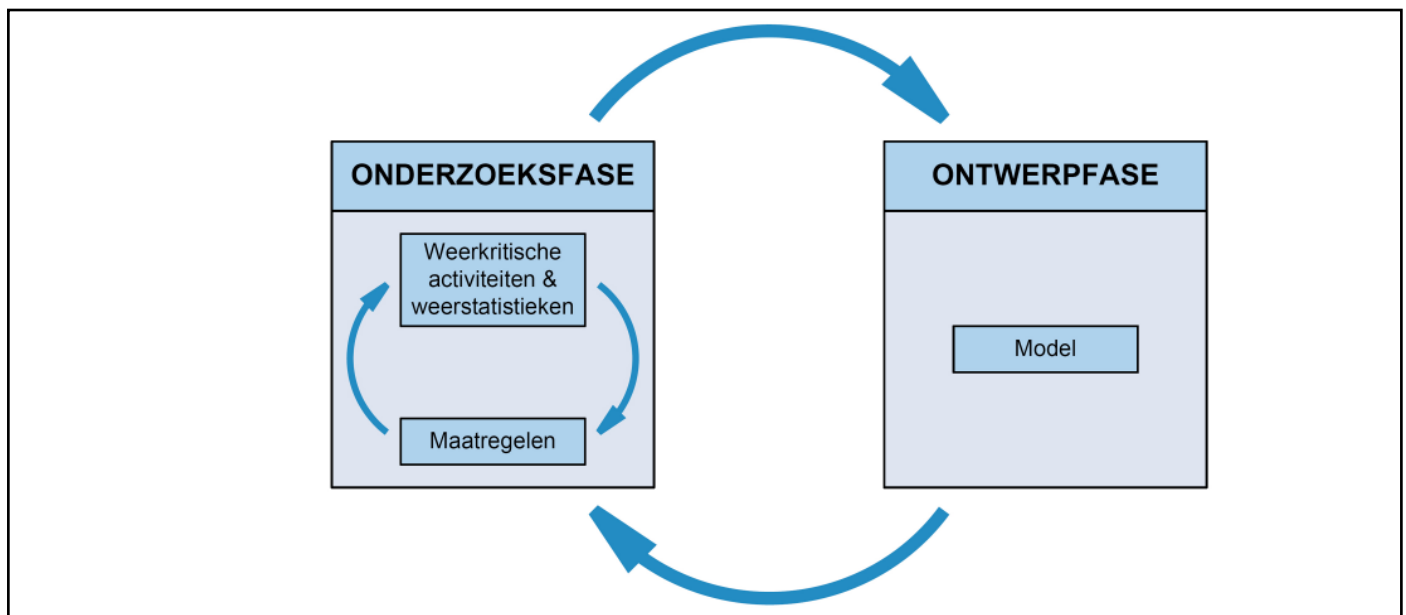
3.5.2 Werkwijze ter volbrenging taakstellingen

Met de afbakening in gedachte is het afstudeertraject doorlopen. Daarbij zijn alle vier de taakstellingen volbracht. Hier zal in het kort worden beschreven hoe dit proces eruit heeft gezien, zonder op de inhoud in te gaan.

In de eerste plaats moet opgemerkt worden dat er een sterke correlatie bestaat tussen de verschillende taakstellingen. Tussen de weerkritische activiteiten en maatregelen bestaat een direct verband: als er een knelpunt is geconstateerd, kunnen daarbij maatregelen gezocht worden. Aan de andere kant suggereert het vinden van een maatregel dat er een knelpunt kan zijn.

Tijdens het afstudeertraject heeft er terugkoppeling plaatsgevonden tussen de onderzoeksfase en de ontwerpfase. De informatie uit de onderzoeksfase moet namelijk in de ontwerpfase toegepast worden: het onderzoek vormt de invoer van het ontwerp. Bij het ontwerpen van het model kwam naar voren dat aanvullende gegevens nodig waren. Deze moesten in de onderzoeksfase worden achterhaald. Bij het zoeken naar nieuwe informatie komt er weer nieuwe invoer, die in het model verwerkt moet worden. Op deze manier heeft er een directe wisselwerking plaatsgevonden tussen ontwerp en onderzoek.

De onderlinge relaties zorgden er tijdens het onderzoek voor, dat het niet mogelijk was om de taakstellingen stuk voor stuk te voltooien. Gedurende het onderzoek kwam er telkens informatie die van belang was voor verschillende taakstellingen naar voren. De taakstellingen zijn dan ook 'parallel' uitgevoerd. Onderstaand schema geeft deze relaties weer.



Afbeelding 3.5: Het afstudeertraject was niet een lineair proces, maar er vond telkens terugkoppeling plaats.

Ter voorbereiding op het onderzoek is er per taakstelling een matrix of schema opgesteld, waarin de onderzoeksresultaten opgenomen konden worden. Na deze voorbereidingen kon het onderzoek daadwerkelijk aanvangen. Begonnen is met een uitgebreide literatuurstudie. Alle gevonden literatuur die de invloed van het weer op de bouw behandelt is doorgenomen op informatie die relevant was voor één of meer taakstellingen. Alle gevonden gegevens werden verwerkt in de vooraf opgestelde matrices. In de literatuur is gezocht naar wetten en regelgevingen, afstudeerverslagen en publicaties van bouwgerelateerde bedrijven (denk bijvoorbeeld aan Arbouw, RRB, kenniscentrum vorstverlet).

Nadat de literatuur was doorgespit, waren de matrices nog niet volledig gevuld. Zo ontbraken er soms weerkritische grenzen bij weerkritische activiteiten of de kosten en levertijden bij een maatregel. Om de hiaten in het onderzoek aan te vullen, is er contact gezocht met aannemersbedrijven, leveranciers en producenten. Bij deze partijen is gevraagd naar de ontbrekende informatie. In de meeste gevallen werd de gevraagde informatie verschaft. Een enkele keer is dit niet gelukt, omdat bedrijven bijvoorbeeld de kosten van hun product niet vrij wilden geven. In dat geval is dat duidelijk aangegeven. Middels literatuuronderzoek en interviews (per mail, telefoon en mondelinge gesprekken) met gespecialiseerde bedrijven zijn taakstelling 1 en 3 voltooid.

Nadat taakstelling 1 was voltooid, zijn voor alle gevonden weerkritische grenzen de benodigde statistische gegevens over de kans op onwerkbaar weer bepaald. Dit is voor alle grenzen tegelijkertijd gedaan, aan de hand van weerstatistieken van het knmi. Hiermee is taakstelling 2 ook voltooid.

In de tussentijd was een conceptversie van het eindmodel opgesteld. Door met betrokken partijen (Bouwend Nederland, docenten en een informaticus) te praten, is de conceptversie vervolgens uitgewerkt tot de definitieve versie. Hiermee zijn alle taakstellingen voltooid. Aan het eind van het traject is teruggekoppeld of de doelstelling is behaald.

In navolgende hoofdstukken zal inhoudelijk worden ingegaan op de onderzoeksresultaten. Daarbij wordt de indeling per taakstelling aangehouden.

Hoofdstuk 4

Weerkritische activiteiten en grenzen

4. Weerkritische activiteiten en grenzen

4.1 Inleiding

In een ideale situatie kan er altijd gebouwd worden, ongeacht de weersomstandigheden. In de praktijk blijkt dat verschillende weerscomponenten wel degelijk invloed hebben op de bouwsector. Om duidelijk te krijgen welke knelpunten er zijn, zal eerst geanalyseerd worden waaruit de componenten 'weer' en 'bouwen' bestaan. Door deze twee componenten langs de assen van een matrix te plaatsen, kan vervolgens voor elke combinatie bepaald worden of zich knelpunten voordoen. Per weerkritische activiteit zal bepaald worden onder welke weersomstandigheden de activiteit weerkritisch is. Tenslotte wordt in dit hoofdstuk uitgewerkt wat de gevolgen zijn van verlet.

		Weer		
		Weercomponent 1	Weercomponent 2	Weercomponent 3
Bouwen	Bouwactiviteit 1	Knelpunt X	Knelpunt Y	
	Bouwactiviteit 2		Knelpunt Y	
	Bouwactiviteit 3			Knelpunt Z

Afbeelding 4.1: 'Bouwen' en 'Weer' worden op de assen van de matrix gezet, waarin de knelpunten vervolgens worden ingevuld.

4.2 Weerkritische weerscomponenten

Uit de analyse kwam naar voren dat binnen de Nederlandse bouwsector met name drie weerscomponenten verantwoordelijk zijn voor de grootste hoeveelheid weerverlet. Het betreft de volgende drie weerscomponenten:

- Vorst & lage temperaturen;
- Neerslag;
- Wind.

Bij de afbakening is besloten om alleen deze drie weerscomponenten mee te nemen. Hieronder zullen deze weerscomponenten toegelicht worden.

4.2.1 Vorst & lage temperaturen

Vorst is een seizoensgebonden weerscomponent. In Nederland vriest het alleen in de winter. Tussen oktober en april komt vorst voor, in de zomermaanden niet.

Zodra de invloed van weerscomponenten op de bouw bestudeerd wordt, blijkt dat ook lage temperaturen, tegen het vriespunt, verantwoordelijk zijn voor weerverlet. Sommige bouwactiviteiten ondervinden al hinder van het weer bij een paar graden Celsius. Daarbij geldt ook dat de temperatuur verandert: de gemiddelde temperatuur kan boven 0 °C liggen, maar kan 's nachts onder het vriespunt zakken. Als beton wordt gestort op een moment dat het niet vriest, maar moet uitharden bij temperaturen onder het vriespunt, kunnen er toch problemen ontstaan.

In de normen (NEN 6722 bijvoorbeeld) wordt de vorstgrens ook niet als een harde grens gehanteerd. In plaats daarvan wordt er gebruik gemaakt van weerfasen. Daarmee wordt de mate waarin vorst optreedt ingedeeld in categorieën:

Weerfase	Gemiddelde temperatuur van 9:00 tot de volgende ochtend 9:00	Temperatuur in de nacht
0	4 °C of hoger.	Op de meeste plaatsen warmer dan -1 °C.
1	4 °C of hoger.	Op vele plaatsen kouder dan -1 °C.
2	Tussen 0 °C en 4 °C.	Op de meeste plaatsen warmer dan -2 °C.
3	Tussen 0 °C en 4 °C.	Op vele plaatsen kouder dan -2 °C.
4	0 °C of lager.	Op de meeste plaatsen warmer dan -5 °C.
5	0 °C of lager.	Op vele plaatsen tussen -5 °C en -10 °C.
6	0 °C of lager.	Op vele plaatsen kouder dan -10 °C.

Tabel 4.2: Indeling naar weerfasen [2]. Er zijn verschillende weerfasen vastgesteld. NEN 6722 schrijft verplichte maatregelen voor bij verschillende weerfasen. Als deze maatregelen niet genomen worden, mag het werk stilgelegd worden.

De grens tussen vorst en lage temperaturen is in de praktijk niet hard te trekken. Daarom zullen knelpunten, veroorzaakt door lage temperaturen, ook meegenomen worden.

Naast de absoluut meetbare temperatuur is er de gevoelstemperatuur. Dit is de temperatuur zoals deze ervaren wordt door de mens. Door wind kan een temperatuur extremer aanvoelen: hoe harder het waait, des te kouder de temperatuur lijkt. Onderstaande tabel geeft aan hoe groot de invloed van de wind op de gevoelstemperatuur is.

Wind		Gevoelstemperatuur (°C)										
Beaufort	m/s	10	8	6	4	2	0	-2	-4	-6	-8	-10
2	2	9	7	5	2	0	-2	-5	-7	-9	-12	-14
3	4	8	6	3	1	-2	-4	-7	-9	-12	-14	-17
4	6	7	5	2	0	-3	-5	-8	-11	-13	-16	-18
5	8	7	4	1	-1	-4	-6	-9	-12	-14	-17	-19
5	10	6	4	1	-2	-4	-7	-10	-12	-15	-18	-20
6	12	6	3	0	-2	-5	-8	-10	-13	-16	-18	-21
7	14	5	3	0	-3	-5	-8	-11	-14	-16	-19	-22
7	16	5	2	0	-3	-6	-9	-11	-14	-17	-20	-22
8	18	5	2	-1	-3	-6	-9	-12	-15	-17	-20	-23
8	20	5	2	-1	-4	-7	-9	-12	-15	-18	-21	-23
9	22	4	2	-1	-4	-7	-10	-13	-15	-18	-21	-24
9	24	4	1	-2	-4	-7	-10	-13	-16	-19	-22	-24
10	26	4	1	-2	-5	-8	-10	-13	-16	-19	-22	-25

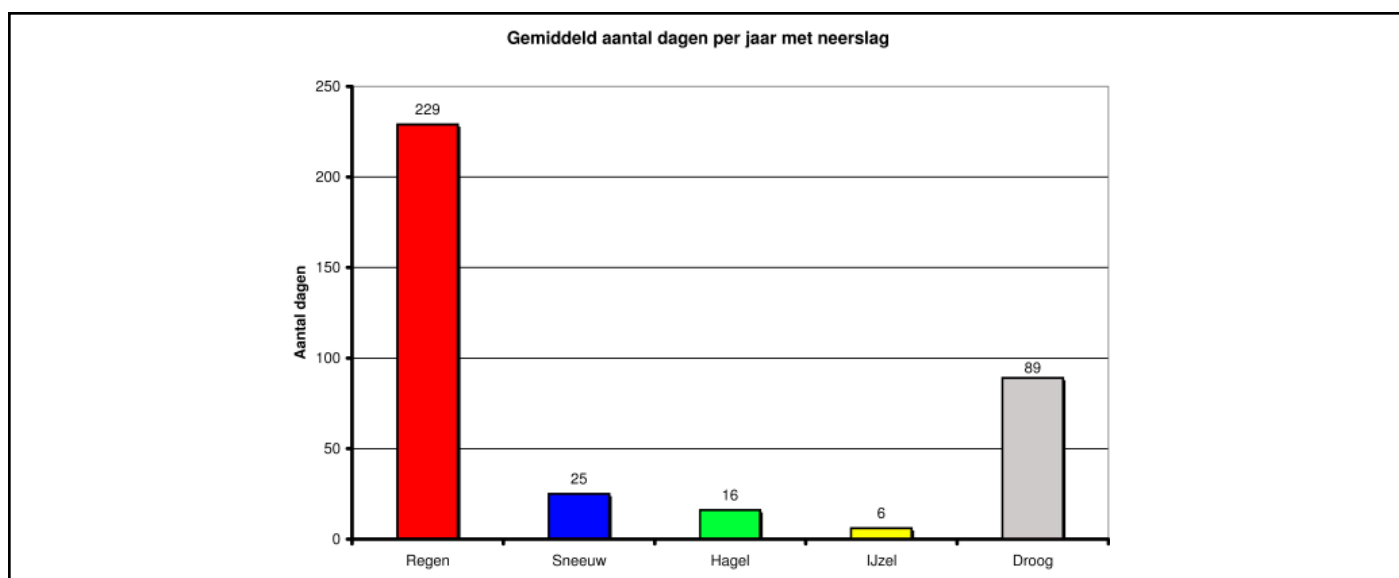
Tabel 4.3: De gevoelstemperatuur bij verschillende windsnelheden en objectieve temperaturen [16].

4.2.2 Neerslag

Neerslag is het verschijnsel waarbij water naar de aarde valt, meestal uit wolken. Het komt in verschillende verschijningsvormen voor:

- Regen;
- Hagel;
- IJzel;
- Sneeuw.

In Nederland komt regen gemiddeld meer dan 200 dagen per jaar voor. Regen is daarmee verreweg de meest voorkomende vorm van neerslag:



Afbeelding 4.4: Gemiddeld aantal dagen waarop de verschillende vormen van neerslag plaatsvinden in Nederland [16].

Neerslag is niet seizoensgevoelig: het kan het hele jaar door voorkomen. Neerslag kan niet eenduidig met één enkel cijfer worden weergegeven, zoals bij de temperatuur wel kan. In de praktijk worden er daarom twee zaken gemeten:

- Neerslagduur: het aantal uren en minuten dat het geregend heeft.
- Hoeveelheid neerslag: het aantal mm neerslag dat er is gevallen.

4.2.3 Wind

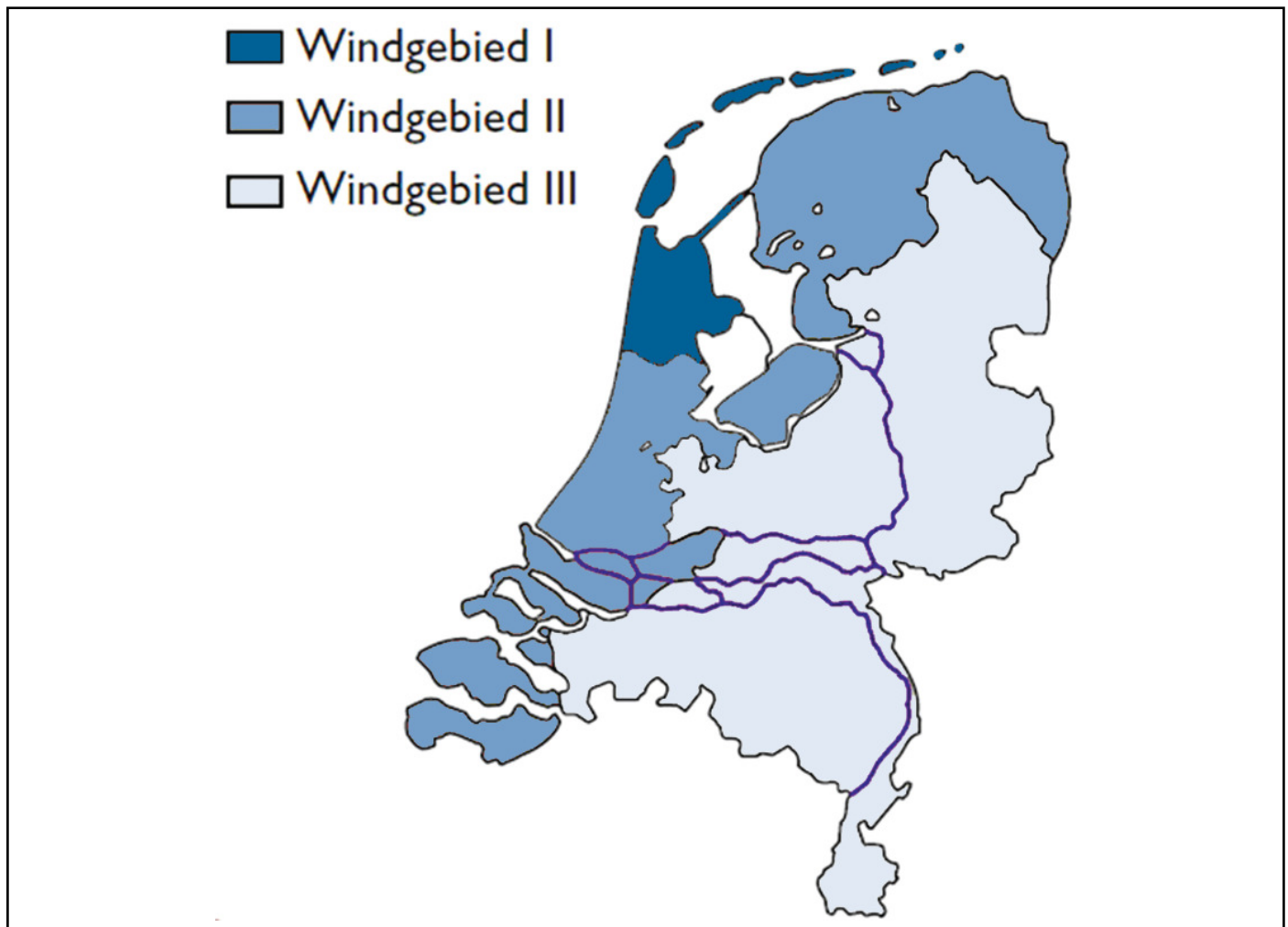
De wind wordt op twee manieren gemeten. Beide aspecten hebben invloed op de bouwsector:

- Windrichting;
- Windsnelheid.

De windrichting heeft invloed op de temperatuur. Wind van zee heeft vaak een matigende invloed, terwijl wind uit het binnenland juist extremere temperaturen meebrengt. Dit verschijnsel kan een temperatuurverschil van 5 °C veroorzaken [16]. Met de windrichting wordt voor een belangrijk deel ook bepaald of er kans op neerslag is. Immers, als de wind vanuit de zee komt, kunnen er wolken meegevoerd worden, waaruit neerslag valt. Wind vanuit het binnenland brengt minder wolken met zich mee.

Naast windrichting wordt de wind vaak uitgedrukt in de windsnelheid. Bij de weerscomponent vorst is al behandeld dat de windsnelheid invloed heeft op de gevoelstemperatuur. Naast de invloed op de gevoelstemperatuur kan de windsnelheid zelf ook nadelige gevolgen hebben voor de bouw. Met name bij werkzaamheden op hoogte wordt er hinder ondervonden van de wind. De windsnelheid neemt namelijk logaritmisch met de hoogte toe.

Nederland is in NEN 6702 opgedeeld in drie windgebieden. Gemiddeld is de windkracht het hoogst in windgebied I en het laagst in windgebied III. Bij de berekening van de belasting op de draagconstructie moet hier rekening mee gehouden worden. Ook tijdens de uitvoering zal er meer hinder van de wind worden ondervonden in gebied I dan in III.



Afbeelding 4.5: Windgebieden in Nederland, zoals gedefinieerd volgens NEN 6702 [17].

4.3 Classificatie bouwactiviteiten

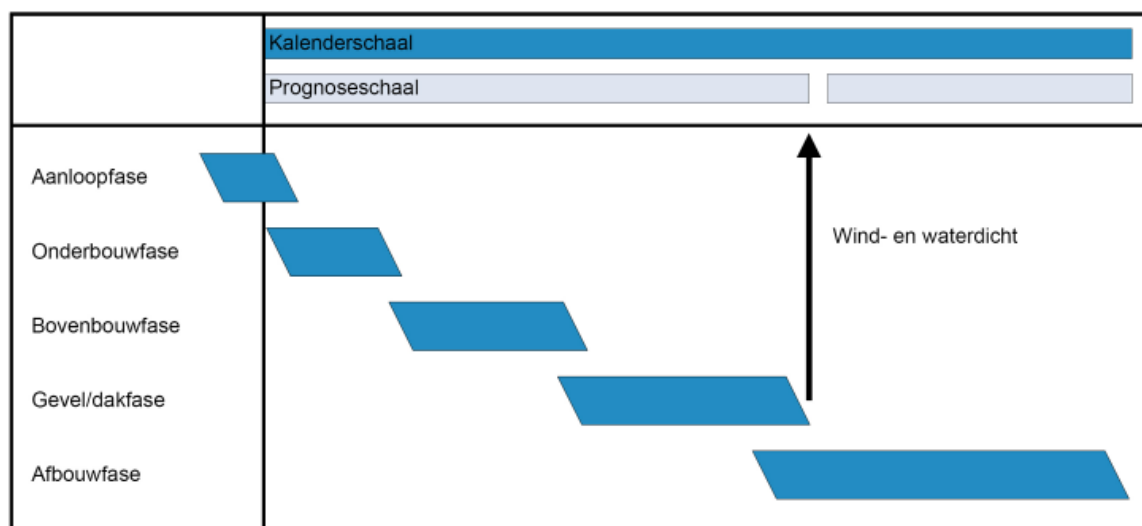
Om structureel in kaart te brengen welke bouwactiviteiten hinder ondervinden van het weer, moeten niet alleen de weerscomponenten in kaart gebracht worden. Ook het aspect 'bouwen' moet gestructureerd weergegeven worden. Middels de bouwfasen kan een groffe indeling gemaakt worden. Een specifiekere indeling is die naar bouwactiviteit. Per bouwactiviteit kan vervolgens ook bepaald worden welke productiemiddelen er nodig zijn om de activiteit uit te voeren. Met deze drie aspecten kan de bouw gestructureerd in kaart gebracht worden.

4.3.1 Bouwfasen

De meest groffe indeling is de indeling naar bouwfase. Er worden gedurende het bouwproces vijf verschillende bouwfasen onderscheiden [4]:

- Aanloophase: de bouwplaats wordt ingericht.
- Onderbouwphase: de fundering van de bouwplaats wordt gerealiseerd.
- Bovenbouwphase: de draagstructuur van het gebouw wordt gerealiseerd.
- Gevel/dakfase: het gebouw wordt wind- en waterdicht gemaakt door de gevel en het dak te realiseren.
- Afbouwphase: de inbouw wordt geplaatst, waarna alles wordt afgewerkt en het gebouw wordt uitgerust met de nodige apparatuur. Deze fase vindt vaak plaats als het gebouw wind- en waterdicht is, waardoor deze fase nauwelijks weerkritisch is.

Alle activiteiten die op een bouwplaats plaatsvinden, kunnen in één van deze vijf categorieën worden geplaatst.



Afbeelding 4.6: Schematische weergave van de vijf bouwfasen.

4.3.2 STABU-codering

Een gedetailleerdere onderverdeling van de bouw is te vinden in de STABU-codering (Stichting Standaardbestek Burger- en Utiliteitsbouw). Activiteiten zijn daarbij aan traditionele beroepen gekoppeld; hieruit ontstaan werksoorten. Alle gangbare bouwactiviteiten in Nederland zijn opgenomen in de STABU-codering. Bij bestekteksten wordt deze indeling gebruikt. Deze categorisering is uitgebreid en tevens bekend bij de doelgroep van dit afstudeertraject. Elke activiteit volgens de STABU is onder te delen in één van de vijf bouwfasen. Bijlage A1 bevat de lijst met alle STABU-coderingen. In bijlage A2 zijn de STABU-hoofdstukken onderverdeeld naar bouwfase.

22	METSELWERK	22.23	INJECTEREN
22.00	ALGEMEEN	22.24	REINIGEN METSELWERK
22.10	FUNCTIONELE OMSCHRIJVINGEN	22.31	BAKSTEEN MET MORTEL
22.21	VERWIJDEREN AFWERKINGEN	22.32	KALKZANDSTEEN MET MORTEL
22.22	AANSLUITINGEN EN AANHELEN	22.33	BETONSTEEN MET MORTEL

Kader 4.7: Een onderdeel van de STABU [19].

De STABU-codering bevat primair activiteiten die direct bijdragen aan de constructie van een gebouw. Indirecte werkzaamheden, zoals de opslag van materiaal en het gebruik van materieel als steigers en hijskranen, zijn niet in te delen in de STABU-codering. Desondanks zijn deze zaken wel relevant als het om de invloed van het weer op de bouw gaat. Om dit op te vangen is er een categorie aan de STABU toegevoegd. Alle zaken die niet direct aan een werksoort zijn te koppelen kunnen in deze categorie worden ondergebracht.

4.3.3 Productiemiddelen

Voor elke activiteit op de bouwplaats zijn drie productiemiddelen nodig [11]:

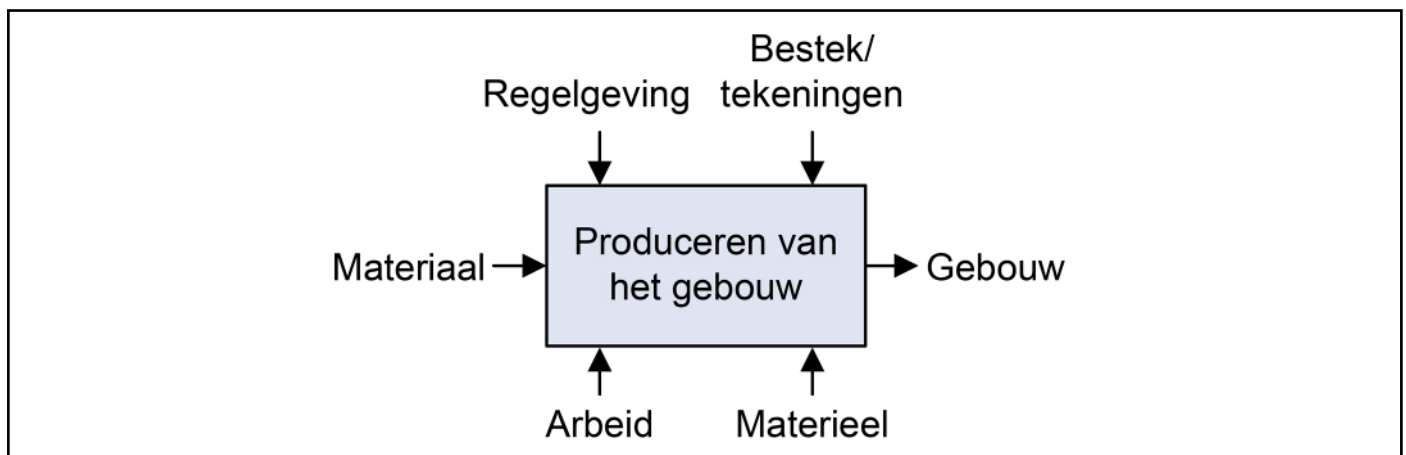
- **Materiaal:** Een gebouw wordt altijd opgebouwd uit materiaal. Er kan onderscheid gemaakt worden tussen grondstoffen, bouwstoffen en bouwproducten.
- **Materieel:** "Al wat nodig is tot de uitoefening van een bedrijf: werktuigen en machines" [21]. Onder materieel vallen alle hulpmiddelen die gebruikt worden om het materiaal in de juiste hoedanigheid op de juiste plaats te krijgen. Het materieel krijgt daarbij geen plek in het project. Denk bijvoorbeeld aan hamers, steigers en hijskranen.
- **Arbeid:** Om materialen samen te voegen tot een gebouw is er energie nodig. Door arbeid te leveren kunnen alle activiteiten worden uitgevoerd, zodat het eindresultaat gerealiseerd wordt.



Afbeeldingen 4.8, 4.9 en 4.10: de drie productiemiddelen arbeid, materiaal en materieel zijn nodig om een activiteit uit te voeren.

Alle drie de productiemiddelen kunnen weerkritisch zijn. Daarnaast kan een activiteit ook weerkritisch zijn omdat een combinatie van de productiemiddelen weerkritisch is. Denk bijvoorbeeld aan het hijsen van prefab elementen: de kraan en het prefab element zijn beiden bestand tegen de wind, maar het prefab element is niet meer controleerbaar als het in de kraan hangt. De activiteit 'hijsen van prefab elementen' is weerkritisch.

Onderstaande afbeelding geeft schematisch weer hoe een gebouw tot stand komt. Naast de drie productiemiddelen is er nog input op het bouwproces: regelgeving, bestek en tekeningen. Met betrekking tot weersonafhankelijk bouwen is met name bepaalde regelgeving relevant. In volgende paragraaf zal daar verder op ingegaan worden.



Afbeelding 4.11: Schematische weergave van het productieproces [13].

4.4 Weerkritische activiteiten en grenzen

Nu bekend is hoe bouwactiviteiten geordend kunnen worden, kan uitgezocht worden welke activiteiten hinder ondervinden van één of meer weerscomponenten. Dit kan gebeuren door een matrix op te stellen, waarbij 'bouwen' en 'weer' langs de assen staan. De inhoud van deze assen is bekend. Nu kan in kaart gebracht worden welke activiteiten weerkritisch zijn.

		Weer		
		Vorst en lage temp.	Neerslag	Wind
Bouwen	20 Funderingspalen en damwanden	Knelpunt A		
	21 Betonwerk	Knelpunt B	Knelpunt C	
	22 Metselwerk	Knelpunt B	Knelpunt C	Knelpunt D

Afbeelding 4.12: Een deel van de matrix, zoals die ingevuld kan worden. De knelpunten moeten achterhaald worden.

Er zijn twee verschillende oorzaken waardoor een activiteit weerkritisch kan zijn:

- Regelgeving: wetten en contracten schrijven voor dat een activiteit niet uitgevoerd mag worden bij bepaalde weersomstandigheden;
- Praktijk: door weersomstandigheden is het onmogelijk om een activiteit (kwalitatief voldoende) uit te voeren. De praktijk laat niet toe dat er doorgebouwd wordt, hoewel dit wettelijk wel is toegestaan.

In eerste plaats zal er worden ingegaan op de relevante regelgeving op het gebied van weersonafhankelijk bouwen. Vervolgens zal per weerscomponent beschreven worden welke praktische knelpunten zich voordoen. Daarbij zal niet alleen worden genoemd of een activiteit weerkritisch is, maar ook onder welke weersomstandigheden de activiteit niet meer doorgang kan vinden: de weerkritische grens zal worden behandeld.

4.4.1 Regelgeving

Er zijn verschillende bronnen gevonden die op juridische gronden iets zeggen over bouwen en weersomstandigheden. Diversen zijn heel specifiek: denk aan NEN 6722, die met behulp van weerfasen aangeeft welke maatregelen er genomen moeten worden om beton te mogen storten bij verschillende temperaturen. Vanwege het specifieke karakter zal dit soort regelgeving niet worden uitgewerkt. Wel zijn er zijn twee bronnen die algemene uitspraken doen. Deze regelgeving is op meerdere bouwactiviteiten van toepassing:

- CAO voor de bouwnijverheid;
- UAV (Uniforme administratieve voorwaarden voor de uitvoering van werken 1989).

CAO voor de bouwnijverheid

In de CAO voor de bouwnijverheid [9] staan een aantal regels over werken bij vorst en lage temperaturen. De voorschriften moeten de werknemers beschermen tegen de koude omstandigheden op de bouwplaats. Over de andere weerscomponenten zijn geen voorschriften opgenomen in de CAO.

CAO voor de bouwnijverheid 2009-2010, Artikel 20a, lid 2.

De werknemer heeft tijdens vorst bij buitenwerkzaamheden, waarbij hij direct aan de buitenlucht is blootgesteld, het zelfstandig recht zijn werkzaamheden te staken, indien sprake is van één of meer van de navolgende omstandigheden:

1. Een gevoelstemperatuur van -6° Celsius of lager. Hierbij geldt niet de voorwaarde dat sprake moet zijn van vorst;
2. Rijwegen dan wel looppaden niet in begaanbare staat verkeren;
3. Geen winter-/ doorwerkkleding ter beschikking is gesteld;
4. Er een sneeuwdek op het werkobject/ de werkplek ligt dat niet met eenvoudige middelen is te verwijderen.

Kader 4.13: Bepalingen uit de CAO voor de bouwnijverheid aangaande vorst [9].

De bovengenoemde regels zijn wettelijke bepaling. De grens voor de gevoelstemperatuur is daarbij arbitraal vastgesteld. Als om 10:00 de gevoelstemperatuur onder de -6°C ligt volgens de meting van het KNMI bij het weerstation dat is voorgeschreven, dan mogen de bouwvakkers de bouwplaats verlaten en hebben ze de rest van de dag 'ijsvrij'.

UAV

Naast de CAO voor de bouwnijverheid zijn de Uniforme administratieve voorwaarden voor de uitvoering van werken 1898, kortweg UAV, relevant [6]. In deze voorwaarden staat beschreven onder welke voorwaarden een dag als onwerkbaar geldt. De aannemer kan deze contractuele voorwaarden gebruiken om aan te tonen dat hij verlet heeft gehad. Op deze wijze worden interpretatieverschillen met betrekking tot onwerkbaar weer voorkomen. Uiteraard kan een dag alleen als onwerkbaar worden aangemerkt als de op die dag te verrichten werkzaamheden weergevoelig zijn. Het feit dat een bouwdag contractueel gezien als 'onwerkbaar' geldt volgens de UAV betekent overigens niet dat er die dag niet gewerkt is. De UAV doen alleen uitspraken over de drie weerscomponenten vorst, neerslag en wind.

Vorst

Aangaande vorst wordt er onderscheid gemaakt tussen vorstgevoelige en minder vorstgevoelige werkzaamheden. Voor vorstgevoelige werkzaamheden geldt dat deze niet meer uitgevoerd mogen worden als de temperatuur onder de 0 °C komt. Daarbij zijn de temperaturen om 7:00 en 10:00 maatgevend. De vorstgevoelige werkzaamheden worden expliciet genoemd. Onder andere voegen, rietdekken, aanbrengen van kunststof dakbedekkingen en het met handkracht uitvoeren van oppervlaktegrondwerk vallen hieronder.

Alle activiteiten die niet onder de vorstgevoelige werkzaamheden vallen, worden in de categorie 'minder vorstgevoelige werkzaamheden' geschaard. Hierbij valt te denken aan betonstorten, metselen en machinaal grondwerk.

Onwerkbare dagen ten gevolge van vorst

Contractueel is een dag waarop minder weergevoelige werkzaamheden worden uitgevoerd onwerkbaar als aan ten minste één van de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- De temperatuur is om 7 uur $-3,5$ °C of lager;
- De temperatuur is om 7 uur en om 10 uur daaropvolgend $-0,5$ °C of lager;
- De temperatuur is om 10 uur $-1,5$ °C of lager.

Kader 4.14: Contractuele grenzen waarbij een dag als onwerkbare dag mag worden gerekend ten gevolge van vorst indien er 'minder weergevoelige werkzaamheden' worden uitgevoerd [6].

Neerslag en wind

Anders dan bij vorst wordt er in de CAO geen melding gemaakt van neerslag of wind. Werknemers hebben onder die omstandigheden niet het recht om het werk zelfstandig neer te leggen. De UAV geven richtlijnen over onwerkbare dagen ten gevolge van neerslag en wind.

Onwerkbare dagen ten gevolge van neerslag en wind

Een uur wordt als een uur met neerslag gerekend, indien:

- Neerslaghoeveelheid is meer dan 0,1 mm;
- Neerslagduur binnen het uur is langer dan 0,3 uur.

Een uur wordt als een uur met wind gerekend, indien:

- De windkracht groter is dan 6 Beaufort.

Onwerkbare dagen:

- Een halve werkdag is onwerkbaar als gedurende minimaal 2 uur één of meer criteria worden overschreden.
- Een hele werkdag is onwerkbaar als in beide dagdelen minimaal 2 uur één of meer criteria worden overschreden of als over de gehele dag gedurende minimaal 5 uur één of meer criteria worden overschreden.

Dagdelen:

- Dagdeel 1 is van 7 tot 12 uur en betreft de waarnemingen van 7, 8, 9, 10 en 11 uur;
- Dagdeel 2 is van 12 tot 16 uur en betreft de waarnemingen van 12, 13, 14, 15 en 16 uur.

Kader 4.15 Contractuele grenzen waarbij een dag als onwerkbaar mag worden gerekend ten gevolge van neerslag en wind [6].

Opvallend is dat er voor neerslag en wind geen lijst met kritische activiteiten wordt onderscheiden, zoals dat wel voor vorst gebeurt. Deze zal in de literatuur en in de praktijk gezocht moeten worden. Per weerscomponent zal behandeld worden welke weerkritische activiteiten er zijn gevonden. Een overzicht van alle weerkritische activiteiten, gesorteerd per weerscomponent, is te vinden in bijlagen B1 tot B3.

4.4.2 Vorstkritische activiteiten

De voorschriften uit de CAO en UAV over vorst zijn niet volledig. Er zijn ook activiteiten die niet genoemd worden, maar wel hinder ondervinden van lage temperaturen. Deze activiteiten zijn in kaart gebracht en geordend in bijlage B1. Voor elke weerkritische activiteit is aangegeven wat de kritische grenswaarde is en welk productiemiddel weerkritisch is. Per productiemiddel zal behandeld worden welke knelpunten er geanalyseerd zijn.

Arbeid

Qua arbeid is de grens van de CAO bepalend. Als de gevoelstemperatuur onder de -6 °C komt is een activiteit op basis van het productiemiddel arbeid weerkritisch. Verder zijn er geen weerkritische grenzen voor arbeid gevonden.

Materiaal

Vooraf materialen waar vloeistoffen bij betrokken zijn ondervinden hinder van vorst. Denk bijvoorbeeld aan beton, mortel, verf, lijm en kit. Bij vorst dreigen de vloeistoffen te bevriezen. Ook bij lage temperaturen kunnen er problemen optreden, zoals bij beton. Bij beton mag water niet bevriezen voordat het beton is uitgehard. Als zich ijskristallen vormen in het betonmengsel wordt de gewenste eindkwaliteit namelijk niet behaald. Als beton gestort wordt als het boven 0 °C is, maar moet uitharden bij vorst kunnen zich problemen voordoen. Daarnaast moet bij beton vaak een cyclustijd gehaald worden. Hoe kouder het is, des te langer duurt het uitharden. Bij 4 °C (weerfase 0 en 1) en lagere temperaturen moet er aandacht besteed worden aan betonwerkzaamheden [10].

Naast de vloeistoffen zijn sommige vaste stoffen ook niet meer verwerkbaar als ze niet vorstvrij worden opgeslagen. Denk hierbij aan kisten, mortel en cement. Ter illustratie: een cementmortel die normaal een hechtsterkte heeft van $1,8\text{ N/m}^2$, heeft na opslag bij vorst nog maar een hechtingswaarde van $1,0\text{ N/m}^2$.



Abbeelding 4.16: Het storten van de betonnen ruwbouw ligt stil tijdens een periode van vorst.

Materieel

In een beperkt aantal gevallen is materieel vorstgevoelig. Accu's hebben een lagere capaciteit bij vorst en vloeistoffen in rijdend materieel kunnen bevriezen. Verder kan er gladheid ontstaan bij steigers, ladders en overig klimmaterieel.

Activiteit

In sommige gevallen is een combinatie van productiemiddelen weerkritisch. In dat geval wordt de hele activiteit weerkritisch genoemd. Denk aan hei- of graafwerkzaamheden. De heipaal en de graafmachine functioneren naar behoren onder de vrieskou, maar kunnen niet ingezet worden vanwege randvoorwaarden: een bevroren grond. Door een combinatie van factoren kan de activiteit geen doorgang meer vinden.

4.4.3 Neerslagkritische activiteiten

Net als voor vorst is ook voor neerslag een lijst samengesteld met weerkritische activiteiten. Deze is te vinden in bijlage B2. Per productiemiddel zullen de knelpunten behandeld worden.

Arbeid

Natte kleding zorgt voor een gevoel van discomfort en kan, in combinatie met lage temperaturen en wind, zelfs tot onderkoelingsverschijnselen leiden. Als er degelijke regenkleding ter beschikking wordt gesteld zal neerslag nooit weerkritisch zijn voor het productiemiddel arbeid.

Materiaal

Materialen kunnen op diverse manieren hinder ondervinden van neerslag. Metalen gaan roesten en hout gaat rotten. Verder hechten sommige materialen niet meer goed aan de ondergrond, zoals kisten en mortels. Ook kan er kwaliteitsverlies optreden als materialen zoals verf, stuc en behang op een natte ondergrond worden bevestigd. Bij zeer zware neerslag kan beton uitspoelen. Daarnaast moeten diverse materialen vochtvrij opgeslagen worden. Te natte stenen hechten bijvoorbeeld niet aan de mortel.

Materieel

Neerslag verzorgt weinig problemen bij materieel. Eventueel kan er kortsluiting ontstaan bij elektrische apparaten. Verder kan er gladheid optreden bij klimmateriaal als het sneeuwt of ijzelt, wat de veiligheid in het geding brengt.

Activiteit

Een belangrijk knelpunt bij neerslag, wat niet direct te herleiden is tot een productiemiddel, is de begaanbaarheid van de bouwplaats. Bouwwegen kunnen veranderen in modderpoelen, waardoor bouwplaattransport bemoeilijkt wordt of zelfs niet meer mogelijk is.



Afbeelding 4.17: waterplassen op een bouwplaats verslechteren de begaanbaarheid.

4.4.4 Windkritische activiteiten

Bij het zoeken naar windkritische activiteiten kwam steeds dezelfde grenswaarde terug. Als een activiteit windkritisch is, is dat in bijna alle gevallen vanaf windkracht 6. Dit is ook de grens die door de UAV wordt voorgeschreven. In bijlage B3 is een overzicht te vinden van alle gevonden windkritische activiteiten. Hieronder volgt een korte samenvatting per productiemiddel.

Arbeid

Wind speelt een rol bij de gevoelstemperatuur. Deze rol is bij vorst al behandeld. Verder moeten werknemers opletten, met name als ze op hoogte werken, dat ze niet worden overvallen door een rukwind.

Materiaal

Materiaal is zelden windkritisch. Lichte materialen, zoals isolatieplaten, zand en cement, kunnen wegwaaien. Verder kan vers metselwerk omwaaien bij een stevige wind. Meer negatieve gevolgen van wind op materialen zijn niet gevonden.

Materieel

Met name hoogbouwprojecten ondervinden hinder van wind, omdat de windsnelheid logaritmisch met de hoogte toeneemt. Materiaal wat in de hoogte wordt gebruikt, zoals hijskranen en steigers, vangen bij grotere hoogtes steeds meer wind. Bij windkracht 6 is het niet meer verantwoord om gebruik te maken van dit materiaal, omdat anders de veiligheid in het geding komt [8].



Afbeelding 4.18: Een omgewaaide bouwsteiger ten gevolge van wind.

Activiteit

Als algemene richtlijn geldt dat een hijskraan vanaf windkracht 6 niet meer gebruikt wordt. De kraanlast is dan niet meer goed controleerbaar. De kraanmachinist heeft altijd het recht om het werk stil te leggen, als hij zelf vindt dat het niet meer verantwoord is om te hijsen.

4.4.5 Weerkritische grenzen

Bij alle gevonden weerkritische activiteiten is ook een weerkritische grens geformuleerd. Daar moeten wel enkele kanttekeningen bij geplaatst worden. In de eerste plaats zijn er twee soorten grenzen:

- Wettelijke grenzen;
- Praktische grenzen.

Wettelijke grenzen zijn vastgelegd in een voorschrift en zijn arbitrair bepaald. Ook is vastgelegd wanneer deze grens overschreden wordt: als bij een aangewezen meetstation op een afgesproken tijd een bepaalde waarde overschreden wordt. De weersomstandigheden op de bouwplaats zijn niet relevant. Deze grens is heel duidelijk, maar heeft weinig relatie met de praktijk.

Sommige activiteiten kunnen onder bepaalde praktische voorwaarden niet meer uitgevoerd worden, hoewel de wet dit wel toelaat. Als er vocht op het dak ligt, kan bitumineuze dakbedekking niet hechten. De praktijk staat het dan niet toe dat er daken gedekt worden. Het is niet mogelijk een harde grens te formuleren aangaande de hoeveelheid neerslag waarbij de activiteit 'bitumineuze dakbedekking aanbrengen' niet meer uitgevoerd kan worden. Dit hangt van de situatie af, bijvoorbeeld van de ondergrond, maar ook van de hoeveelheid neerslag in het verleden.

Bij praktische grenzen is er gebruik gemaakt van grenswaarden die in de literatuur zijn gevonden. Deze grenswaarden geven een indicatie van de weersomstandigheden waarbij problemen kunnen optreden.



Afbeelding 4.19: Als er sneeuw (of andersoortig vocht) op het dak ligt, kan bitumineuze dakbedekking niet aangebracht worden.

In sommige gevallen is er in de literatuur geen duidelijke grens te vinden. Er worden dan subjectieve termen gebruikt, zoals 'langdurige neerslag'. In dat geval is teruggevallen op de normen die de UAV stellen voor onwerkbaar dagen. Voor elke weerkritische activiteit is een weerkritische grens geformuleerd.

4.5 Gevolgen van verlet

In de voorgaande paragraaf is beschreven dat bouwactiviteiten hinder kunnen ondervinden van het weer. Op het moment dat weerkritische grenzen worden overschreden, komt het werk stil te liggen: er treedt weerverlet op. Uit de analyse blijkt dat verlet negatieve gevolgen met zich meebrengt. Om naast kwalitatief ook kwantitatief iets te zeggen over deze gevolgen, zal bepaald worden hoe groot de gevolgen in tijd en kosten zijn.

Gevolgen in tijd

Als verlet optreedt zal het werk ingehaald moeten worden op een later tijdstip. Als de activiteit op het kritieke pad ligt, zal de planning uitlopen en het project later opgeleverd kunnen worden. Door alle onwerkbaar dagen op te tellen, kan bepaald worden hoeveel uitloop ten gevolge van verlet het project kent.

Ook als de activiteit niet op het kritieke pad ligt, waardoor het niet voor een vertraagde oplevering zorgt, zal het werk op een later tijdstip alsnog gedaan moeten worden. De planning moet dan aangepast worden.

Gevolgen in kosten

Naast vertraging brengt verlet ook kosten met zich mee. Er zijn vier kostenposten van verlet te definiëren [5]:

- **Arbeidskosten:** als een activiteit stil komt te liggen ten gevolge van het weer, zullen de bouwvakkers wel betaald moeten worden. Indien de werknemers geen alternatieve werkzaamheden kunnen verrichten (bijvoorbeeld een niet-weerkritische activiteit uitvoeren), dan zullen er extra arbeidskosten worden gemaakt.
- **Algemene bouwplaatskosten:** op een bouwplaats worden altijd indirecte kosten gemaakt. Denk bijvoorbeeld aan administratief personeel, bewaking, elektra en de huur van keten, hijskranen en omheiningen. De tijdgebonden kosten van deze algemene bouwplaatskosten (ABK) zullen toenemen als de totale bouwtijd van het project toeneemt.
- **Rentekosten:** om te kunnen bouwen, moet er geïnvesteerd worden. Van de investering wordt materiaal gekocht, materieel gehuurd en personeel betaald. Op het moment dat het project (gedeeltelijk) is afgerond, zal de opdrachtgever geld betalen. In de tussentijd moet er rente betaald worden over de investeringen. Voor elke dag dat het project uitloopt zal er extra rente betaald moeten worden.
- **Boetes bij overschrijden oplevertermijn:** contractueel kan zijn vastgelegd dat een aannemer een boete moet betalen voor elke dag dat de geplande bouwtijd wordt overschreden. Bij bouwtijdoverschrijding ten gevolge van verlet zullen er extra kosten gemaakt worden.

Door de vier kostenposten bij elkaar op te tellen, kunnen de totale kosten van verlet worden bepaald. Niet in alle gevallen van verlet treden alle kostenposten op. In bijlage C wordt beschreven onder welke omstandigheden verlet ook daadwerkelijk tot kosten leidt. Tevens zijn daar formules te vinden hoe de kosten van verlet berekend kunnen worden.

Toepassen gevolgen

Met behulp van bovenstaande gegevens kunnen de gevolgen van verlet, uitgedrukt in tijd en kosten, worden bepaald. Samen met de kans op onwerkbaar weer bepalen de gevolgen het risico dat gelopen wordt (risico = kans x gevolg). In het volgende hoofdstuk zal worden ingegaan op de kans dat onwerkbaar weer optreedt. Dan kan het risico van verlet volledig in kaart gebracht worden. Met behulp van de kosten van verlet kunnen ook de voordelen van een maatregel in tijd en geld bepaald worden. Daarvoor kunnen de volgende formules gebruikt worden:

Berekening van de kostenbesparing en tijdwinst bij de inzet van maatregelen

Baten maatregel	= kosten ten gevolge van verlet - kosten van de maatregel
Tijdwinst maatregel	= vertraging ten gevolge van verlet - opbouw- en afbreektijd maatregel

Kader 4.20: Formule voor de berekening van de tijdwinst en kostenbesparing bij de inzet van een maatregel.

Bij de toepassing van de formules maakt het niet uit of het verlet begroot/ ingepland is of niet. Immers, de winst (in tijd of kosten) wordt geboekt ten opzichte van de situatie met verlet. Als verlet niet was begroot, kan de maatregel de gevolgen in tijd en kosten reduceren. Was verlet wel begroot en ingepland, dan kan er geld en tijd bespaard worden. Uiteraard kunnen de baten ook negatief zijn. Dan is de maatregel niet rendabel.

Bij deze formule moet een kanttekening worden geplaatst. De formules gelden alleen als een maatregel verlet volledig uitsluit. Als een maatregel getroffen wordt waardoor de kritische grens opschuift (bijvoorbeeld van 4 °C naar 0 °C), mogen niet alle kosten ten gevolge van verlet worden meegenomen. Alleen de kosten die geëlimineerd worden moeten dan worden ingevuld. Omdat er nog steeds verlet optreedt (bijvoorbeeld bij temperaturen onder 0 °C) zullen er ook nog steeds kosten gemaakt worden ten gevolge van verlet, die niet als baten gelden voor de maatregel.

Hoofdstuk 5

Weerstatistieken

5. Weerstatistieken

5.1 Inleiding

Nu bekend is welke weerkritische activiteiten er zijn, moet bepaald worden wat de kans is dat er onwerkbaar weer optreedt. In voorgaand hoofdstuk is duidelijk geworden vanaf welke weerkritische grenzen een activiteit onwerkbaar is. Door te bepalen hoe vaak deze grens overschreden wordt, kan de kans op onwerkbaar weer worden bepaald.

Paragraaf 5.2 gaat in op de nauwkeurigheid van weersverwachtingen. De daaropvolgende paragrafen beschrijven de invloed van de locatie op de weersomstandigheden, waarna in de laatste paragraaf wordt beschreven hoe de kans op onwerkbaar weer wordt bepaald.

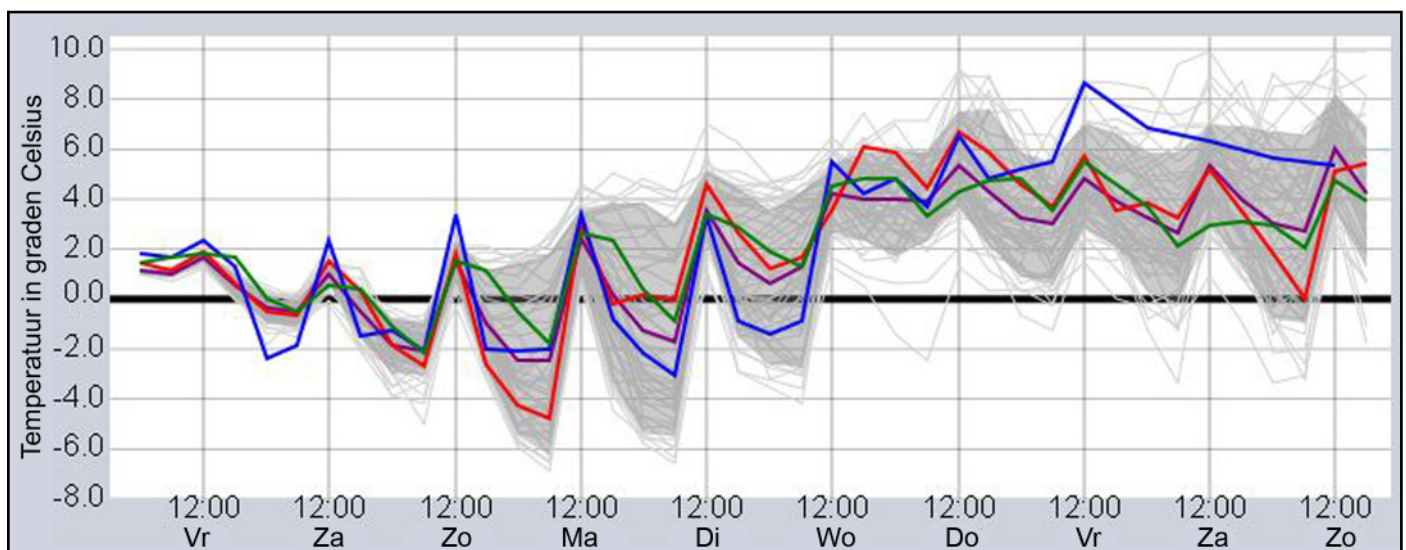
5.2 Nauwkeurigheid van weersverwachtingen

Er kan nooit met zekerheid gezegd worden wat de weersomstandigheden in de toekomst zullen zijn. Om toch iets te kunnen zeggen over de kans op onwerkbaar weer, moeten de toekomstige weersomstandigheden zo accuraat mogelijk benaderd worden. Er zijn in hoofdlijnen twee bronnen waar informatie uit gehaald kan worden:

- Weersverwachtingen;
- Weerstatistieken.

Weersverwachtingen

In de eerste plaats zijn er weersverwachtingen. Meteorologen bekijken de toestand van de atmosfeer en spreken aan de hand daarvan een verwachting uit hoe het weer zich zal ontwikkelen. Op korte termijn, tot circa een week, zijn deze weersverwachtingen vrij accuraat. Op langere termijn neemt de onzekerheid toe. Weerman Gerrit Hiemstra zegt hierover: "Ik kan niets zeggen over hoe het gaat verlopen verder dan twee weken vooruit." [TV-programma 'Altijd Wat' van 3/12/2010]. Om op de lange termijn te kunnen bepalen wat de kans op onwerkbaar weer is, zijn weersverwachtingen niet bruikbaar. De verwachtingen zijn dermate onnauwkeurig, dat er geen waarde meer aan gehecht kan worden.



Afbeelding 5.1: een voorbeeld van een zogenaamde ensembleverwachting. Verschillende rekenmodellen berekenen het temperatuurverloop. Op de langere termijn verschillen de resultaten van de rekenmodellen steeds meer. De onbetrouwbaarheid van weersverwachtingen neemt toe [16].

Weerstatistieken

Om toch iets te kunnen zeggen over de verwachte weersomstandigheden in de toekomst, kan er gekeken worden naar de weersomstandigheden in het verleden. Weerstatistieken kunnen geëxtrapoleerd worden naar de toekomst. De gemiddelde en extreme waarden uit het verleden scheppen een kader. Met deze gegevens moet met grote voorzichtigheid omgegaan worden. De kans dat de gemiddelde waarde zich precies voor zal doen, is klein. Ook is de kans aanwezig dat de meest extreme situatie uit het verleden een keer overschreden gaat worden, helemaal gezien de klimaatveranderingen die zich voltrekken. Desondanks geven de gemiddelde en extreme gegevens uit het verleden een indicatie van de weersomstandigheden in de toekomst. Om de kans op onwerkbaar weer op de lange termijn te bepalen, zijn weersverwachtingen niet nauwkeurig genoeg. Daarom moet er gebruik worden gemaakt van weerstatistieken. Deze gegevens uit het verleden scheppen een kader van de gemiddelde en extreme waarden van weersomstandigheden. Er dient met voorzichtigheid met deze gegevens omgegaan te worden.

5.3 Landelijke verschillen in weersomstandigheden

De weersomstandigheden in Nederland zijn niet overal hetzelfde. Het volgende voorbeeld illustreert dit: In de winter is het in Vlissingen (langs de kust) gemiddeld 1,1 °C warmer dan in Maastricht (landinwaarts). In de zomer is het langs de kust juist kouder, zo'n 1,6 °C [16].

Op een zelfde manier verschilt de hoeveelheid neerslag en de windsnelheid in Nederland per locatie. Om gebruik te kunnen maken van weerstatistieken, moeten de landelijke verschillen meegenomen worden. De CAO voor de bouwrijverheid is zich ook bewust van deze landelijke verschillen, blijkt uit onderstaand kader.

CAO voor de bouwrijverheid 2009-2010, Artikel 20a, lid 3.

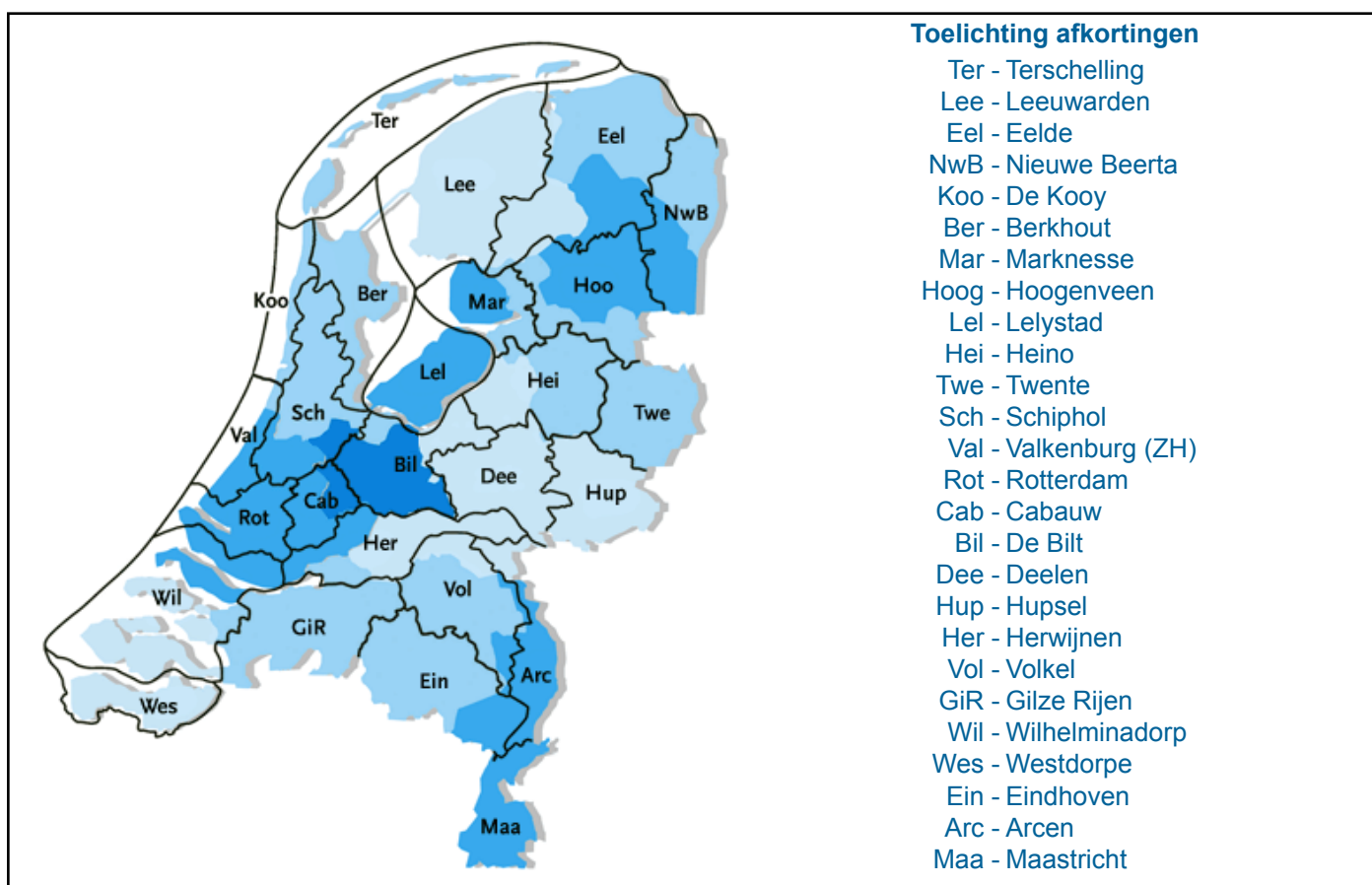
De gevoelstemperatuur volgens de 10 uurmeting van het KNMI-weerstation in het postcodegebied waarin het bouwproject, waar de werknemer werkzaam is, zich bevindt, is daarbij bepalend. Een lijst met deze weerstations per postcodegebied is opgenomen in bijlage 19 van deze cao.

Kader 5.2: de CAO voor de bouwrijverheid schrijft voor dat de bepalende temperatuurmeting afhankelijk is van het postcodegebied waar gewerkt wordt [9].

In totaal worden er 26 postcodegebieden onderscheiden. Bij de bepaling van de kans op onwerkbaar weer op een specifieke locatie in Nederland zullen de statistieken gebruikt worden die bij het betreffende meetstation horen. Voor elk weerstation is per maand bepaald welk percentage van de tijd een weerkritische grens overschreden is. Vervolgens is berekend hoe vaak de grens gemiddeld en in een extreme manier overschreden is.

Door gebruik te maken van de 26 weerstations zullen landelijke verschillen meegenomen worden. Meer informatie over de meetstations is te vinden in bijlage D1. Bijlage D2 bevat de lijst die postcodes aan een meetstation koppelt.

De weersomstandigheden op verschillende locaties in een postcodegebied zijn in hoofdlijnen gelijk. Wel doen zich lokale verschillen voor, die te wijten zijn aan omgevingsfactoren. In de volgende paragraaf zal daar dieper op in gegaan worden.



Afbeelding 5.3: De 26 postcodegebieden met bijbehorende weerstations [22].

5.4 Locale verschillen in weersomstandigheden

Naast de landelijke verschillen in weersomstandigheden, die zijn beschreven in voorgaande paragraaf, zijn er ook lokale verschillen. Met name de invloed van de bebouwing en de hoogte ten opzichte van het maaiveld hebben invloed op de weersomstandigheden.

Alle weergegevens in Nederland worden volgens WMO-standaard (World Meteorological Organisation) gemeten: in landelijke omgeving en op vastgestelde hoogtes. Door de invloed van de lokale omgevingsfactoren te bepalen, kunnen de meetwaarden van de meetstations gecompenseerd worden voor specifieke locaties en hoogtes. Deze compensatie is niet relevant voor weerkritische grenzen die volgen uit regelgeving. Bij regelgeving is de meetwaarde van het meetstation maatgevend, ongeacht de omstandigheden op de bouwplaats. Voor praktische grenswaarden is de compensatie voor locatiegebonden factoren wel relevant.

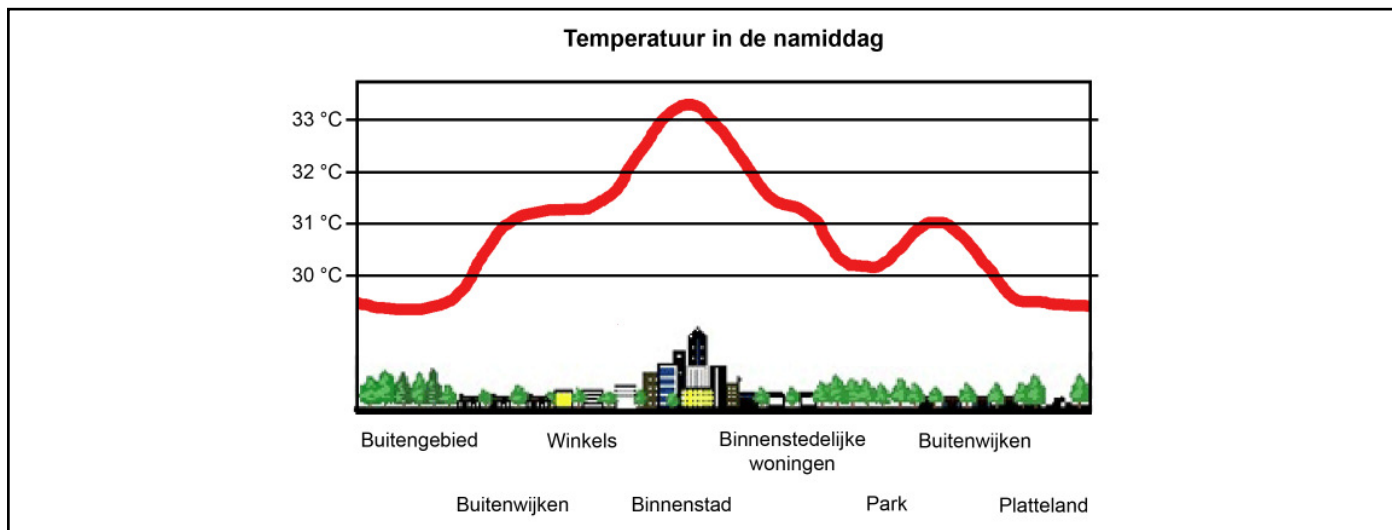
De volgende invloeden zullen beschreven worden:

- Stadseffecten en temperatuur;
- Stadseffecten en neerslag;
- Stadseffecten en wind;
- Hoogte en wind;
- Hoogte en neerslag;
- Hoogte en temperatuur.

De invloed van stadseffecten op de temperatuur

De weersomstandigheden in steden verschillen van de omstandigheden op het platteland. Zowel de temperatuur, de hoeveelheid neerslag als de windkracht zijn in steden anders dan op het nabijgelegen platteland.

In de eerste plaats heeft de stad invloed op de temperatuur. In een stad wordt warmte geproduceerd door gebouwen. Deze warmte wordt vertraagd afgegeven. Hoe groter de stad, des te groter het effect. Daarbij spelen ook de weersomstandigheden een rol. Bij helder en windstil weer zijn de verschillen groter dan bij bewolkte omstandigheden met een stevige wind. De grootste verschillen doen zich 's nachts voor. In Utrecht, een van Nederlands grootste steden, is het verschil in temperatuur tussen stad en het nabijgelegen platteland gemiddeld 1,1 °C [7]. Omdat er veel variabelen zijn die het temperatuurverschil bepalen (grootte stad, tijdstip, weersomstandigheden), is het niet mogelijk een algemene stelregel te maken over de invloed van de stad op de temperatuur. Deze invloed wordt dan ook niet meegenomen.



Afbeelding 5.4: Profiel van het temperatuurverloop in de namiddag boven verschillende gebieden [7].

De invloed van stadseffecten op neerslag

De aanwezigheid van de stad heeft enige invloed op de neerslag. Dit hangt samen met de warmteproductie in steden. Boven steden is de lucht iets warmer dan boven het platteland, waardoor wolken opstijgen. Hierdoor wordt de vorming van neerslag versterkt. Stroomafwaarts van de overwegend zuidwestelijk wind valt daarom bij grotere steden net iets meer neerslag dan in het zuidwesten. Deze invloed is dermate klein, dat ze verwaarloosd wordt [7].

De invloed van stadseffecten op de windsnelheid

Afhankelijk van de hoeveelheid bebouwing of begroeiing zal de wind afgeremd worden. Over het algemeen is de windsnelheid in steden lager dan op het platteland. Op open zee en meren ligt de windsnelheid nog weer hoger. Dit principe gaat niet altijd op. Rond gebouwen kan de wind versnellingen ondergaan, waardoor de windsnelheid in de stad juist groter kan zijn dan bij landelijke gebieden.

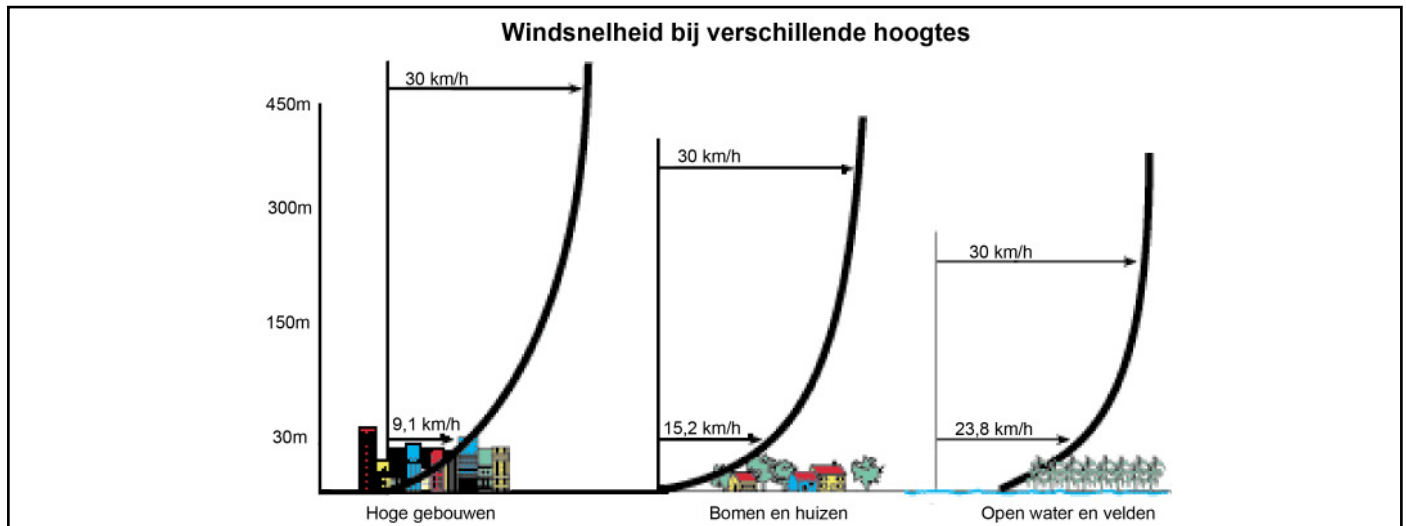
In de normen wordt ook erkend dat de windsnelheid varieert bij verschillende omgevingen. NEN EN 1991-1-4 onderscheidt drie verschillende terreincategorieën [3]:

- Bebouwde omgeving: verstedelijkt gebied, nijverheids- of bosgebied.
- Onbebouwde omgeving: Landelijk gebied met alleenstaande bebouwing of begroeiing.
- Zee- en kustgebied: zee of kuststrook. Als de bouwplaats dichterbij een meer ligt, wat ten minste 1 km groot is, geldt het gebied ook als zee- en kustgebied.

Deze drie categorieën worden door dezelfde norm gebruikt om te bepalen wat de windsnelheid op verschillende hoogtes is.

Invloed van de hoogte op de windsnelheid

De windsnelheid neemt over de hoogte logaritmisch toe. Hoe hoger men komt ten opzichte van het maaiveld, hoe harder het gaat waaien. Onderstaande afbeelding illustreert dit:



Afbeelding 5.5: Toename van de windsnelheid met de hoogte bij verschillende terreincategorieën [14].

In Eurocode 1, een Europese norm, is een formule opgenomen om de windsnelheid op verschillende hoogtes te bepalen. Deze norm is vertaald naar een NEN-norm: NEN-EN-1991-1-4 [3]. De basisberekening is als volgt:

Berekening windsnelheid op hoogte

$V_m(z) = c_r(z) * c_o(z) * v_b$ waarbij:

- $V_m(z)$ = de windsnelheid op hoogte z ;
- $c_r(z)$ = de ruwheidsfactor, afhankelijk van de terreincategorieën;
- $c_o(z)$ = de orografiefactor (de aanwezigheid van heuvels en kliffen);
- v_b = de basiswindsnelheid in m/s.

Kader 5.6: Formule om de windsnelheid op hoogte te berekenen [3].

Bovenstaande formule geeft al aan dat er verschillende variabelen een rol spelen. Om de verschillende factoren te bepalen is een uitgebreidere formule nodig, die te vinden is in bijlage D3. Met behulp van de formule is uitgerekend welke windsnelheid bij het meetstation zorgt voor een overschrijding van de windkritische grenzen op een specifieke hoogte. Met behulp van die berekeningen kan de invloed van de hoogte op de windsnelheid meegenomen worden. Daarmee wordt tevens de invloed van de terreincategorieën meegenomen.

Invloed van hoogte op de neerslag

De hoogte ten opzichte van het maaiveld heeft geen invloed op de hoeveelheid neerslag. De neerslag moet elke meter tussen de wolken en de aarde afleggen. Uitzondering op deze regel is als er boven de wolken wordt gebouwd. Bij superhoogbouw, zoals in Dubai is gerealiseerd, speelt dit enige rol. In de Nederlandse bouwpraktijk is er nog nooit zo hoog gebouwd. De invloed van de hoogte op neerslag wordt derhalve niet meegenomen.

Invloed van de hoogte op de temperatuur.

Ten slotte heeft de hoogte waarop gebouwd wordt ook een beperkte invloed op de temperatuur. Naarmate men hoger komt neemt de temperatuur af. Gemiddeld is deze invloed 0,65 °C per 100 meter [8]. Onderstaande tabel geeft de invloed van de hoogte op de temperatuur:

Hoogte	Temperatuur
0 m (maaiveld)	Uitgangspunt
75 m	-0,5 °C
150 m	-1 °C
225 m	-1,5 °C
300 m	-2 °C

Tabel 5.7: Invloed van de hoogte op de temperatuur.

Bij bouwprojecten van enkele tientallen meters is de temperatuurafname verwaarloosbaar. Bij hoogbouwprojecten moet deze invloed wel meegenomen worden. De temperatuur die op het maaiveld heerst zal gecompenseerd moeten worden voor de hoogte waarop gebouwd wordt.



Afbeelding 5.8: De Maastoren in Rotterdam is met 165 meter het hoogste gebouw in Nederland. Boven is het ongeveer 1 °C kouder dan op de begane grond.

Invloed van lokale omstandigheden

Zowel stadseffecten (de mate van bebouwing) als de hoogte beïnvloeden de weersomstandigheden. De invloed van de hoogte op de windsnelheid en op de temperatuur wordt meegenomen bij de bepaling van de kans op onwerkbaar weer. Ook de invloed van de stad op de windsnelheid wordt meegenomen. De overige invloeden zijn dermate klein of niet eenduidig te bepalen, dat ze verwaarloosd worden.

Door de lokale omstandigheden te bepalen, kunnen de gegevens van weerstations vertaald worden naar de weersomstandigheden op de bouwplaats. Daarmee is het mogelijk om projectgerichte uitspraken te doen over de kans op het overschrijden van weerkritische grenzen.

5.5 Gebruik van weerstatistieken

In het voorgaande hoofdstuk is bepaald welke weerkritische activiteiten er zijn en welke weerkritische grens er bij elke activiteit hoort. Om uitspraken te doen over de kans dat een activiteit geen doorgang kan vinden, moet bepaald worden wat de kans is dat de weerkritische grens overschreden wordt. Daartoe zal gebruik gemaakt worden van statistieken.

Meetgegevens van weerstations

Via de website van het KNMI zijn de weerstatistieken van de 26 benodigde weerstations te downloaden [16]. Van de meeste weerstations zijn gegevens vanaf 1971 verkrijgbaar. Een aantal weerstations is pas later in gebruik genomen. In die gevallen is gebruik gemaakt van de beschikbare data. Elke dag en elk uur worden tientallen gegevens geregistreerd, zoals de temperatuur, de windsnelheid en de hoeveelheid neerslag. De benodigde gegevens om te bepalen of de weerkritische grenzen overschreden worden, kunnen in de meeste gevallen direct worden afgelezen uit de statistieken.

Gevoelstemperatuur

In één geval kan er niet direct gebruik gemaakt worden van de weerstatistieken van de meetstations. Bij de gevoelstemperatuur spelen zowel de objectieve temperatuur als de windsnelheid een rol. Door het Joint Action Group on Weather Indices (JAG/TI) is een wetenschappelijk onderbouwde methode ontwikkeld om de gevoelstemperatuur te bepalen. Deze methode staat dicht bij de menselijke ervaring van warmteverlies gedurende werkzaamheden. Het KNMI hanteert deze methode om de gevoelstemperatuur te bepalen. Door onderstaande formule los te laten op de meetgegevens van de weerstations, kan de gevoelstemperatuur per dag in het verleden worden bepaald. Vervolgens kunnen ook deze gegevens statistisch bewerkt worden om te bepalen hoe groot de kans is dat de gevoelstemperatuur onder de weerkritische grens van -6 °C komt.

Berekening gevoelstemperatuur

$$G = 13,12 + 0,6215 T - 11,37 (3,6 W)^{0,16} + 0,3965 T (3,6 W)^{0,16}$$

Waarbij:

G = Gevoelstemperatuur

W = Windsnelheid in m/s

T = Temperatuur in graden Celsius.

Kader 5.9: Formule om de gevoelstemperatuur te berekenen [15].

Wettelijke grenzen en technische grenzen

Voor de bewerking van de statistieken is het belangrijk om onderscheid te maken in twee soorten grenzen:

- Wettelijke of contractuele grenzen. Deze grenzen zijn in een wetboek of contract vastgelegd. Daarbij is tevens vastgelegd op welke locatie de weermeting plaats moet vinden. Deze wettelijke grenzen mogen dus niet gecompenseerd worden voor locale omstandigheden.
- Technische grenzen. Het productieproces zelf bepaald dat een activiteit niet meer uitgevoerd kan worden, bijvoorbeeld omdat de kwaliteit niet meer gewaarborgd kan worden. Bij activiteiten waar technische grenzen van toepassing zijn, zal de grenswaarde wel gecompenseerd worden voor de locale omstandigheden.

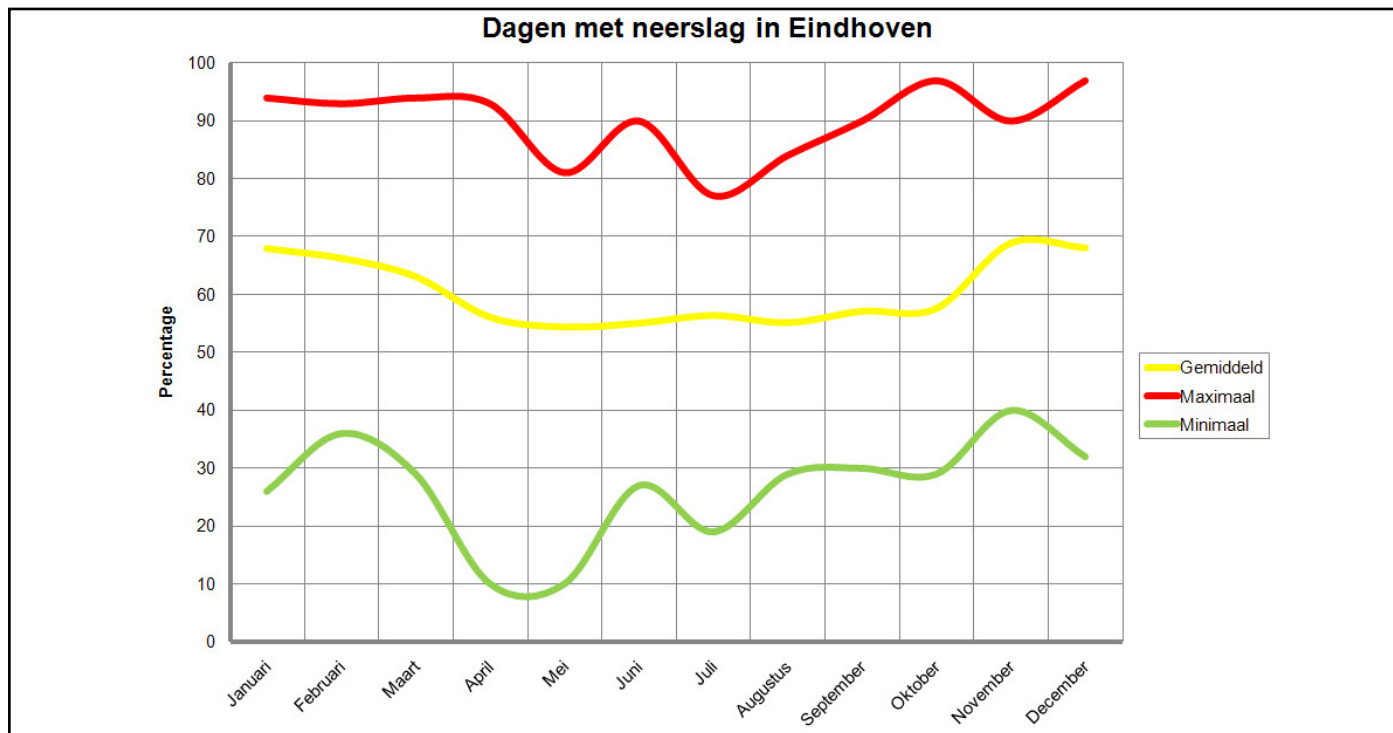
Gemiddelde, minimale en maximale overschrijding van weerkritische grenzen

Voor alle gevonden kritische grenzen is statistisch bepaald hoe vaak deze grens in het verleden overschreden is. Vervolgens zijn per grenswaarde per maand drie verschillende waarden uitgerekend:

- Gemiddelde waarde: deze waarde geeft aan hoeveel procent van de tijd in een gemiddelde situatie de weerkritische grens overschreden wordt. Dit getal geeft een indicatie van het verwachte risico op onwerkbaar weer, maar zegt niets over de kans dat dit aantal onwerkbare dagen zich precies zal voordoen. Gemiddeld, met name over meerdere jaren, zal dit aantal onwerkbare dagen zich voordoen.
- Minimale waarde: in het meest gunstige geval van de afgelopen 40 jaar (vanaf 1971) was gedurende dit percentage van de tijd de weerkritische tijd overschreden. De kans is zeer groot dat het aantal onwerkbare dagen hoger is dan deze waarde. Desondanks is er ook een kans dat het aantal onwerkbare dagen nog lager uitvalt.
- Maximale waarde: dit geeft de bovengrens aan. In de meest ongunstige situatie in de afgelopen 40 jaar was gedurende dit percentage van de tijd sprake van onwerkbaar weer. Dit percentage kan in de toekomst overschreden worden, maar geeft een indicatie van het maximale risico dat een ondernemer loopt op onwerkbaar weer.

Het verschil tussen gemiddelde en extreme waarden is een indicatie voor de grote van de afwijking. Hoe groter het verschil is tussen de gemiddelde waarde en de extreme waarde, des te groter is de spreiding in het verleden geweest, en des te groter is de kans dat de werkelijk optredende weersomstandigheden in de toekomst af zullen wijken van het gemiddelde.

In bijlage E en K zijn de berekende weerstatistieken terug te vinden.



Grafiek 5.10: Procentuele weergave van het aantal dagen met neerslag in Eindhoven. Gemiddeld komt er op circa 60% van de dagen neerslag voor. In extreme situaties kan dit ook 90% of 10% zijn.

Bij het gebruik van de statistieken in een minimale of maximale situatie moet een kanttekening worden geplaatst. Per maand is bepaald wat in het verleden de meest extreme overschrijding was van een weerkritische grens. Deze extremen mogen niet bij elkaar opgeteld worden: de extremen hebben zich eventueel in verschillende jaren voorgedaan. Door deze waarden op te tellen, ontstaat een scheef beeld van de werkelijkheid. Om over meerdere maanden te bepalen wat de extreme overschrijding van een weerkritische grens was, moet gebruik gemaakt worden van de onbewerkte meetgegevens.

Bepalen van de kans op onwerkbaar weer

Het is niet mogelijk om een nauwkeurige verwachting uit te spreken over de weersomstandigheden in de toekomst. Middels statistieken kan er toch een uitspraak gedaan worden over de kans op onwerkbaar weer, hoe algemeen deze uitspraak ook is. Afhankelijk van de weerkritische activiteit en de periode waarin deze wordt uitgevoerd kan bepaald worden hoeveel procent van de tijd onwerkbaar weer zal optreden in een gemiddeld, maximale en minimale situatie. Deze gegevens moeten met voorzichtigheid gebruikt worden. Ze zijn slechts een indicatie van de kans op onwerkbaar weer.

In hoofdstuk 4 is behandeld welke knelpunten er zijn en wat de gevolgen zijn als er onwerkbaar weer optreedt. Met behulp van afgelopen hoofdstuk kan globaal bepaald worden wat de kans is op onwerkbaar weer. Door deze informatie te combineren, kan bepaald worden wat het risico is van onwerkbaar weer. Immers, $\text{risico} = \text{kans} \times \text{gevolg}$. Door maatregelen te nemen, kunnen de risico's teruggedrongen worden. In volgend hoofdstuk zal beschreven worden welke maatregelen er genomen kunnen worden.

Hoofdstuk 6

Maatregelen

6. Maatregelen om door te bouwen bij onwerkbaar weer

6.1 Inleiding

In de voorgaande hoofdstukken is duidelijk geworden welke knelpunten er zijn met betrekking tot weer in de bouwsector en welke risico's deze knelpunten met zich meebrengt. Door doeltreffende maatregelen te nemen, kan er toch doorgevoerd worden bij onwerkbaar weer. Daarmee kunnen de knelpunten geëlimineerd worden. In volgend hoofdstuk zullen maatregelen beschreven worden. In de eerste plaats zal er worden ingegaan op bestaande maatregelen. De kans bestaat dat er geen doeltreffende maatregel bestaat voor een specifiek knelpunt. In dat geval is er een stappenplan ontwikkeld om structureel te zoeken naar nieuwe maatregelen.

6.2 Bestaande maatregelen en hulpmiddelen

Tijdens het afstudeertraject is gezocht naar bestaande maatregelen om door te kunnen bouwen bij ongunstige weersomstandigheden. Daarbij wordt er onderscheid gemaakt tussen maatregelen en hulpmiddelen. Een maatregel is een activiteit. Voor een aantal maatregelen zijn er hulpmiddelen nodig die het mogelijk maken om de activiteit uit te voeren. Het hulpmiddel is het product dat gehuurd of gekocht wordt en waar kosten aan verbonden zijn.

Diverse maatregelen maken gebruik van één of meer hulpmiddelen. Denk aan droge opslag van materialen. Daarvoor kan bijvoorbeeld een opslagcontainer worden ingezet. Eventueel kan er ook verwarmingsapparatuur worden geplaatst om vorstvrije opslag te bewerkstelligen.

Niet altijd zijn er hulpmiddelen nodig om een maatregel te nemen. Door een niet-weerkritische voorraad werk op te bouwen, kunnen werknemers bijvoorbeeld elders ingezet worden bij onwerkbaar weer. Hierbij zijn geen hulpmiddelen betrokken.

Bestaande maatregelen

Zowel in Nederland als in het buitenland worden er al tientallen maatregelen toegepast om door te kunnen bouwen bij onwerkbaar weer. In het kader van dit afstuderen zijn er ruim 100 verschillende maatregelen in kaart gebracht. Het betreft hier een breed scala aan verschillende soorten maatregelen. Enkele voorbeelden zijn:

- Activiteit plannen buiten de kritieke periode;
- Tijdelijke bouwweg aanleggen;
- Afdekken van de werkplek of opslagplek;
- Doorwerkkleding ter beschikking stellen;
- Doorwerkverf gebruiken.



Afbeelding 6.1: Een tijdelijke rijweg van stalen rijplaten wordt aangelegd om zwaar transport mogelijk te maken.

Een overzicht van alle maatregelen is te vinden in bijlage F1. Voor alle maatregelen is beschreven hoe ze werken, in welke situatie ze toegepast kunnen worden, welke hulpmiddelen er benodigd zijn, welke aandachtspunten er bij horen, op wat voor gebieden er kosten en baten te verwachten zijn en hoeveel voorbereidingstijd er benodigd is. Op basis van deze gegevens kan afgewogen worden of een maatregel in een specifieke situatie relevant en rendabel is.

Bestaande hulpmiddelen

Voor alle maatregelen is bepaald welke hulpmiddelen er benodigd zijn. In totaal zijn ruim 125 verschillende hulpmiddelen onderscheiden. Een aantal voorbeelden van hulpmiddelen:

- Portable road;
- Beton uithardingsdeken;
- Thermokleding;
- Doorwerkverf;
- Mobiele Luchtbehandelings Unit.



Afbeelding 6.2 en 6.3: De portable road en de Mobiele Luchtbehandelings Unit zijn twee voorbeelden van hulpmiddelen die maatregelen mogelijk maken. De portable road maakt het mogelijk om snel een tijdelijke rijweg aan te leggen. De Mobiele Luchtbehandelings Unit kan worden gebruikt om tot acht woningen te verwarmen.

Ook van de hulpmiddelen zijn de nodige gegevens bepaald: de technische specificaties, mogelijke toepassingen, aandachtspunten, mogelijke leveranciers, bijbehorende levertijden en de kosten van de hulpmiddelen. In bijlagen G1 en G2 is deze informatie te vinden. Indien mogelijk zijn er verschillende uitvoeringen van hulpmiddelen weergegeven. De meest geschikte variant kan gekozen worden om toegepast te worden.

Op basis van de informatie over maatregelen en hulpmiddelen kan bepaald worden of een maatregel toegepast kan worden binnen een specifieke situatie. Daarbij wordt aangegeven welke aandachtspunten gelden. Tevens kunnen de kosten van de maatregel en bijbehorende hulpmiddelen bepaald worden. Door deze kosten af te wegen tegen de verwachte baten omdat verlet beperkt wordt, kan bepaald worden of het rendabel is om de maatregel in te zetten.

6.3 Ontwikkelen van nieuwe maatregelen

Er is een database aangelegd met ruim 100 verschillende maatregelen om door te kunnen bouwen bij onwerkbaar weer. In deze database zijn allerlei verschillende soorten maatregelen opgenomen. Desondanks is de kans aanwezig dat er voor een specifiek probleem geen afdoende oplossing aanwezig is in de database. Voor dat geval is er een stappenplan ontwikkeld. Hiermee worden mogelijke oplossingsrichtingen structureel afgegaan, waardoor er eventueel toch nog een geschikte maatregel gevonden kan worden.

Om het stappenplan te ontwikkelen, zijn een aantal stappen doorlopen. Eerst is in kaart gebracht hoe maatregelen ge-classificeerd kunnen worden. Door hiërarchie aan te brengen tussen de verschillende classificaties kan bepaald worden welke oplossingsrichting het meest wenselijk is. Op basis hiervan is een lijst met oplossingsrichtingen samengesteld. Tenslotte worden enkele criteria aangereikt om te bepalen of een nieuw bedachte maatregel ook relevant is om toe te passen.

6.3.1 Classificeren van maatregelen

Om te bepalen welke mogelijke oplossingsrichtingen er zijn om de negatieve invloed van weersomstandigheden te compenseren of elimineren, moet er eerst gekeken worden hoe maatregelen geclassificeerd kunnen worden. Maatregelen kunnen op de volgende manieren worden ingedeeld:

- 'Arbeidshygiënische strategie';
- Tijdstip waarop maatregel wordt genomen;
- Organisatorische en technische maatregelen;
- Preventieve en correctieve maatregelen;
- Risico zelf dragen of uitbesteden.

Elk van bovenstaande classificaties zal worden toegelicht.

Arbeidshygiënische strategie

De term 'arbeidshygiënische strategie' komt uit de Arbowet. Deze strategie heeft als doel de veiligheid en gezondheid van de werknemer te beschermen, bijvoorbeeld als er met schadelijke stoffen wordt gewerkt. Het principe van de wet kan ook worden toegepast om de negatieve effecten van het weer op de bouw aan te pakken.

Arbeidsomstandighedenwet, artikel 3, lid 1b

1. De werkgever zorgt voor de veiligheid en de gezondheid van de werknemers inzake alle met de arbeid verbonden aspecten en voert daartoe een beleid dat is gericht op zo goed mogelijke arbeidsomstandigheden, waarbij hij, gelet op de stand van de wetenschap en professionele dienstverlening, het volgende in acht neemt:

b. tenzij dit redelijkerwijs niet kan worden gevergd worden de gevaren en risico's voor de veiligheid of de gezondheid van de werknemer zoveel mogelijk in eerste aanleg bij de bron daarvan voorkomen of beperkt; naar de mate waarin dergelijke gevaren en risico's niet bij de bron kunnen worden voorkomen of beperkt, worden daartoe andere doeltreffende maatregelen getroffen waarbij maatregelen gericht op collectieve bescherming voorrang hebben boven maatregelen gericht op individuele bescherming; slechts indien redelijkerwijs niet kan worden gevergd dat maatregelen worden getroffen die zijn gericht op individuele bescherming, worden doeltreffende en passende persoonlijke beschermingsmiddelen aan de werknemer ter beschikking gesteld;

Kader 6.4: Tekst uit de arbeidsomstandighedenwet aangaande de arbeidshygiënische strategie [23].

In de wet wordt een rangorde aangebracht. Elke rang zal worden toegelicht en van een voorbeeld worden voorzien:

1. Bronmaatregelen: de oorzaak van het probleem wordt weggenomen. Denk aan het inplannen van vorstkritische activiteiten in de zomer of het vervangen van weerkritisch materiaal door weerbestendig materiaal.
2. Collectieve maatregelen: als de oorzaak van het probleem niet kan worden weggenomen, wordt de bron van het probleem collectief afgeschermd. Denk aan het overkappen van de bouwplaats tegen neerslag.
3. Individuele maatregelen: op een organisatorische manier wordt ervoor gezorgd dat elk individu zo min mogelijk bloot wordt gesteld aan de schadelijke situatie. Denk aan taakrotatie of het werken aan de lijzijde van het gebouw, zodat de invloed van de wind beperkt wordt.
4. (Persoonlijke) beschermingsmiddelen: als laatste maatregel kan elke werknemer en elk productiemiddel afzonderlijk beschermd worden tegen de schadelijke gevolgen. Denk aan doorwerkkleding of het afdekken van bakstenen met zeilen tegen neerslag.

Tijdstip waarop maatregel wordt genomen

Maatregelen kunnen op verschillende momenten geïmplementeerd worden. Grofweg zijn er twee momenten waarop een maatregel genomen kan worden:

- Ontwerpfase of werkvoorbereidingsfase. Nog voordat er daadwerkelijk gebouwd wordt kunnen er beslissingen worden genomen die de invloed van het weer op het project kunnen beperken. In de ontwerpfase kan bijvoorbeeld gekozen worden voor een minder weerkritische bouwmethode of andere materialen, waardoor de weersomstandigheden minder impact op het project kunnen hebben.
- Uitvoeringsfase: als de werkzaamheden begonnen zijn, kunnen er ook nog maatregelen genomen worden. Deze maatregelen zijn verder op te delen in de hoeveelheid voorbereidingstijd die benodigd is [12]:
 - 10 werkdagen: bij lange levertijden en opbouw tijden. Denk aan het toepassen van een tent.
 - 5 werkdagen: bij middellange levertijden. Bijvoorbeeld de levering en installatie van verwarmingsinstallaties.
 - 2 werkdagen: bij korte levertijden. Afdekzeilen kunnen de dag na bestelling worden geleverd en gebruikt.
 - 1 werkdag: indien de benodigde hulpmiddelen voorhanden zijn, kan de maatregel binnen een dag getroffen worden. Denk aan het vochtvrij maken van een dak met watertrekkers.

Als op een gegeven moment wordt gezocht naar een maatregel, kan aan de hand van de voorbereidingstijd meteen gezien worden of een bepaalde maatregel nog te realiseren is in de beschikbare tijd.

Organisatorische en technische maatregelen

Er kan onderscheid gemaakt worden tussen organisatorische en technische maatregelen:

- Organisatorische maatregelen: deze maatregelen zorgen ervoor dat er geen weerkritische activiteiten worden uitgevoerd tijdens weerkritische omstandigheden. Het belangrijkste instrument hierbij is de planning. Denk aan het aanleggen van een voorraad 'weerongevoelig werk', wat uitgevoerd kan worden als andere werkzaamheden vanwege weersomstandigheden geen doorgang kunnen vinden.
- Technische maatregelen maken gebruik van een hulpmiddel om het werk doorgang te laten vinden. Er zijn twee mogelijkheden:
 - Producttechnische maatregelen: de benodigde productiemiddelen voor een activiteit worden zelf aangepast, zodat ze bestand zijn tegen de weersomstandigheden. Denk aan het verwarmen van beton of het toepassen van wintermortel.
 - Uitvoeringstechnische maatregelen: de werk- en productieomstandigheden worden verbeterd. Er worden externe hulpbronnen ingezet om de productiemiddelen te beschermen. Denk aan het afschermen van de werkplek.



Afbeelding 6.5: Het afdekken van de werkplek met een oppompbare tent is een uitvoeringstechnische maatregel.

Preventieve en correctieve maatregelen

Afhankelijk van het beoogde effect van een maatregel zijn er preventieve en correctieve maatregelen:

- Preventieve maatregelen worden uit voorzorg genomen en beperken de invloed van weersomstandigheden.
- Correctieve maatregelen lossen de problemen op die zijn ontstaan ten gevolge van negatieve weersomstandigheden. Denk aan het wegvegen van gevallen sneeuw om paden weer begaanbaar te maken. Verlet accepteren is in feite ook een correctieve maatregel: er wordt extra arbeidstijd ingehuurd om het werk toch af te krijgen.

Risico zelf dragen of uitbesteden

Tenslotte kan er onderscheid gemaakt worden naar de risicodragers:

- Het risico wordt zelf gedragen.
- Het risico wordt uitbesteed. Dit kan gebeuren door de weerkritische activiteit uit te besteden of te verzekeren.

6.3.2 Oplossingsrichtingen voor nieuwe maatregelen

Nu bekend is welke soorten maatregelen er zijn, kunnen deze maatregelen in een checklist geplaatst worden om structureel de verschillende oplossingsrichtingen af te gaan. Voor deze checklist opgesteld kan worden, moeten de maatregelen geordend worden in volgorde van wenselijkheid. Ook moet bepaald worden welke combinaties tussen de classificaties mogelijk is.

Hiërarchie tussen type maatregelen

Om een checklist op te kunnen stellen met de meest wenselijke oplossingsrichtingen bovenaan, moet er een hiërarchie tussen de oplossingsrichtingen aangebracht worden. Per classificatie is bepaald welke variant binnen de classificatie het meest wenselijk is. Ook tussen de classificaties onderling is bepaald welke classificatie leidend is. In bijlage H1 wordt beschreven hoe dit is gedaan. Uiteindelijk ontstaat de volgende hiërarchie tussen de verschillende classificaties:

1. Arbeidhygiënische strategie;
2. Tijdstip waarop de maatregel wordt genomen;
3. Organisatorische en technische maatregelen;
4. Preventieve en correctieve maatregelen;
5. Risico zelf dragen of uitbesteden.

Daarbij moet worden opgemerkt dat correctieve maatregelen en het uitbesteden van risico eigenlijk als noodoplossing worden gezien. Deze twee maatregelen lossen geen knelpunten op. Ze beperken alleen de gevolgen op technisch en financieel vlak. Vandaar dat deze twee helemaal onderaan staan.



Afbeelding 6.6: De hiërarchie tussen de verschillende classificaties. De arbeidhygiënische strategie staat bovenaan.

Mogelijke combinaties van soorten maatregelen

Met bovenstaande hiërarchie kan bepaald worden hoeveel mogelijke oplossingsrichtingen er zijn. Als correctieve maatregelen en het uitbesteden van het risico niet worden meegenomen, dan zijn er 24 verschillende oplossingsrichtingen:

Eigen risico, preventieve maatregelen					
Bronmaatregelen			Collectieve maatregelen		
	Ontwerp	Uitvoering		Ontwerp	Uitvoering
Organisatie	1	4	Organisatie	7	10
Producttechnisch	2	5	Producttechnisch	8	11
Uitvoeringstechnisch	3	6	Uitvoeringstechnisch	9	12
Individuele maatregelen			(Persoonlijke) beschermingsmiddelen		
	Ontwerp	Uitvoering		Ontwerp	Uitvoering
Organisatie	13	16	Organisatie	19	22
Producttechnisch	14	17	Producttechnisch	20	23
Uitvoeringstechnisch	15	18	Uitvoeringstechnisch	21	24

Kader 6.7: Combinaties van classificaties maatregelen: in theorie zijn er 24 combinaties mogelijk.

Een aantal van deze combinaties is echter niet mogelijk. Ter illustratie: een individuele maatregel is per definitie organisatorisch, dus kan niet technisch zijn. Door alle onmogelijke combinaties weg te halen, blijven er 15 maatregelen over. In bijlage H1 is te lezen hoe deze eliminatie heeft plaatsgevonden.

Checklist

Er zijn 15 verschillende oplossingsrichtingen gevonden, waarvan ook de hiërarchie in wenselijkheid vaststaat. Voor deze 15 richtingen kan bekeken worden of het tot relevante maatregelen leidt. Daarom is er een checklist opgesteld, waarin alle gevonden richtingen aan bod komen. Door deze vragenlijst structureel door te lopen kan de meest wenselijke toepasbare maatregel gevonden worden. Ter verduidelijking wordt per vraag een mogelijke maatregel genoemd.

#	Vragenlijst ter ontwikkeling van nieuwe (concept) maatregelen	Arbeidshygiëne	Tijdstip	Organisatorisch/technisch
1	Kan de activiteit op een ander moment worden ingepland, wanneer de kritieke weersinvloeden zich niet voordoen (andere periode in jaar)?	Bron	Ontwerpfase	Organisatorisch
2	Kan in de ontwerpfase het weerkritische productiemiddel worden vervangen door een ander productiemiddel, die niet weerkritisch is (kan er een andere bouwmethode worden ingezet)?	Bron	Ontwerpfase	Producttechnisch
3	Kan er tijdens de uitvoering een moment gevonden waarop de kritieke weersinvloeden zich niet voordoen (ander tijdstip in de week)?	Bron	Uitvoeringsfase	Organisatorisch
4	Kan tijdens de uitvoering het weerkritische productiemiddel worden vervangen door een ander productiemiddel, die niet weerkritisch is (vorstbestendige mortel)?	Bron	Uitvoeringsfase	Producttechnisch
5	Kan het ontwerp zo worden aangepast, dat de weerkritische activiteit in zijn geheel wordt afgeschermd van de weersomstandigheden (het dak extra vroeg dichten)?	Collectief	Ontwerpfase	Organisatorisch
6	Kan, tijdens het ontwerp, aan het weerkritische productiemiddel in zijn geheel iets worden toegevoegd, zodat deze beschermd wordt tegen de weerkritische omstandigheden (prefab dak toepassen)?	Collectief	Ontwerpfase	Producttechnisch
7	Kan er in de ontwerpfase een maatregel worden toegepast, die het weerkritische productiemiddel in zijn geheel afschermt van de weerkritische omstandigheden (een klimloods toepassen)?	Collectief	Ontwerpfase	Uitvoeringstechnisch
8	Kan de productie tijdens de uitvoering anders worden georganiseerd, waardoor het weerkritische productiemiddel in zijn geheel wordt afgeschermd van de weerkritische omstandigheden (binnenwerk)?	Collectief	Uitvoeringsfase	Organisatorisch
9	Kan, tijdens de uitvoering, aan het weerkritische productiemiddel in zijn geheel iets worden toegevoegd, zodat deze beschermd wordt tegen de weerkritische omstandigheden (warm water bij beton)?	Collectief	Uitvoeringsfase	Producttechnisch
10	Kan er tijdens de uitvoering een maatregel worden genomen, die het weerkritische productiemiddel in zijn geheel afschermt van de weerkritische omstandigheden (steigerzeil)?	Collectief	Uitvoeringsfase	Uitvoeringstechnisch
11	Kan de productie tijdens de uitvoering anders worden georganiseerd, waardoor elk individuele weerkritische productiemiddel niet/ minder bloot hoeft te staan aan de weerkritische omstandigheden (taakroulatie)?	Individueel	Ontwerpfase	Organisatorisch
12	Kan aan elk individuele weerkritische productiemiddel afzonderlijk iets worden toegevoegd, zodat deze beschermd wordt tegen de weerkritische omstandigheden (bitumineuze laag op isolatie)?	Bescherming	niet van toepassing	Producttechnisch
13	Kan er een maatregel worden genomen, die elk individuele productiemiddel afschermt van de weerkritische omstandigheden (vatverwarmer)?	Bescherming	niet van toepassing	Uitvoeringstechnisch
14	Kunnen er maatregelen genomen worden, die de schadelijke gevolgen van het weer ongedaan maken (water wegpompen)?	Correctief		
15	Kan het risico worden uitbesteed aan een ander (verzekeren)?	Risico uitbesteden		

Tabel 6.8: Checklist die structureel alle mogelijke richtingen afgaat waarin maatregelen gezocht kunnen worden. Tussen haakjes staat een voorbeeld genoemd. In de laatste drie kolommen staan de categorieën waartoe de maatregel behoort. Door deze vragenlijst van boven naar beneden door te lopen, kan gezocht worden naar nieuwe maatregelen.

6.3.3 Bepalen relevantie nieuw ontwikkelde maatregel

Met de checklist kan gezocht worden naar maatregelen die niet in de database zijn opgenomen. Als er een geschikte oplossingsrichting wordt gevonden, zijn er twee mogelijkheden:

- De maatregel bestaat al, maar is nog niet opgenomen in de database;
- De maatregel bestaat nog niet, maar zal ontwikkeld moeten worden.

In beide gevallen is het belangrijk dat eerst gecontroleerd wordt of de maatregel wel relevant is voor het specifieke knelpunt waar een oplossing voor gezocht wordt. Om dit te doen, kan gebruik worden gemaakt van de GOTIK-aspecten [20]. Deze vijf aspecten (Geld, Organisatie, Tijd, Informatie en Kwaliteit) moeten beheerst worden tijdens elk project. Als gecontroleerd wordt of de nieuwe maatregel op al deze vijf aspecten voldoet, kan besloten worden om de maatregel verder uit te werken en te implementeren. In het geval de maatregel nog niet bestaat is het tevens zaak om te bepalen of de ontwikkelingskosten opwegen tegen het rendement dat de maatregel biedt.

Per beheersaspect zijn enkele vragen gesteld. Deze zijn vrij algemeen, omdat de mogelijke maatregelen die uit de checklist komen een grote diversiteit kennen. De vragen helpen de gebruiker van de checklist wel bij het structureel afgaan van de verschillende beheersaspecten die bij de nieuwe maatregel horen.

Geld

- Hoeveel geld kost de maatregel?
- Hoeveel geld levert de maatregel op?
- Is de maatregel rendabel?

Organisatie

- Kunnen de andere productiemiddelen op dezelfde manier worden ingezet bij deze maatregel?
- Kunnen andere activiteiten doorgang vinden bij deze maatregel?

Tijd

- Hoeveel tijd kost het om de maatregel te nemen?
- Is deze tijd nog beschikbaar?

Informatie

- Is er genoeg informatie over de maatregel bekend?
- Hoeveel risico's brengt de nieuwe maatregel met zich mee?
- Zijn deze risico's acceptabel?

Kwaliteit

- Kan de kwaliteit van het proces met de maatregel gewaarborgd worden?

Op basis van deze vragen zal een afweging gemaakt moeten worden of de nieuwe maatregel ontwikkeld en toegepast gaat worden. Er zijn geen objectieve grenzen te geven voor gevallen waarbij de maatregel wel en wanneer deze niet moet worden toegepast. Dit hangt onder andere af van de grootte van het risico dat gelopen wordt, de mate waarin de nieuwe maatregel de verschillende problemen oplost en de risico's die bij het ontwikkelen van een nieuwe maatregel komen kijken. In bijlage H2 is een schema te vinden, waarbij zowel de checklist als de controlerende vragen over de beheersaspecten zijn opgenomen.

Concluderend kan gesteld worden dat er een uitgebreide database is samengesteld met daarin maatregelen om door te bouwen bij onwerkbaar weer. Tevens is er een checklist opgesteld waarmee aanvullende maatregelen gezocht kunnen worden, mocht er geen geschikte maatregel in de database gevonden zijn. Als zowel de database als de checklist geen toepasbare oplossingen heeft opgeleverd, zal de negatieve invloed van het weer geaccepteerd moeten worden.

Nu ook de maatregelen in kaart zijn gebracht, is het onderzoeksgedeelte van het afstudeertraject afgerond. Alle benodigde informatie is voorhanden om een bewuste keuze te kunnen maken: knelpunten en bijbehorende risico's kunnen bepaald worden, waarna afgewogen kan worden of het rendabel is om een maatregel in te zetten. Deze informatie is echter nog niet helder geordend. In het volgende hoofdstuk zal de ontwerpfase worden behandeld, waarin deze ordening wordt aangebracht.

Hoofdstuk 7

Verletverkenner

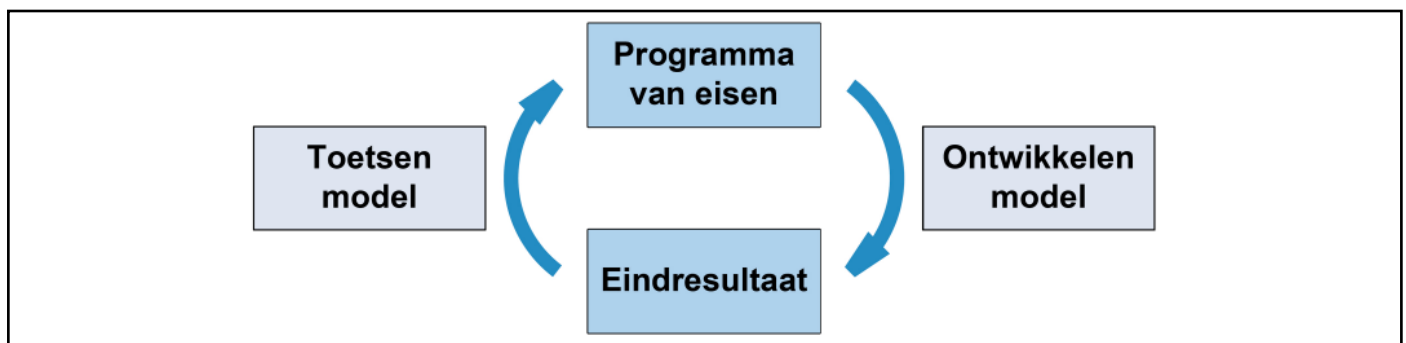
7. Verletverkenner

7.1 Inleiding

Met behulp van de achterhaalde gegevens uit voorgaande hoofdstukken kan een werkvoorbereider of aannemer vaststellen welke knelpunten er zijn. In een database kunnen vervolgens maatregelen opgezocht worden die het risico van verlet verkleinen of zelfs elimineren. Aangezien deze informatie nog niet duidelijk is geordend, zal het nodige zoekwerk nodig zijn voordat er conclusies getrokken kunnen worden.

Om de gegevens snel en overzichtelijk te kunnen achterhalen, is een computermodel ontwikkeld. Dit model heeft de naam 'Verletverkenner' meegekregen: Bouwbedrijven kunnen het programma gebruiken om te verkennen hoeveel verlet te verwachten is en welke maatregelen er genomen kunnen worden. Op basis van deze verkenning kunnen beslissingen genomen worden.

In het navolgende hoofdstuk zal beschreven worden hoe de verletverkenner is ontwikkeld. Bij de ontwikkeling is eerst een programma van eisen opgesteld. Vervolgens is de hoofdstructuur van het programma ontwikkeld. Het verkregen eindresultaat zal toegelicht worden, waarbij de nadruk ligt op de benodigde invoer en de geleverde uitvoer. Tenslotte wordt de verletverkenner getoetst aan het programma van eisen.



Afbeelding 7.1: Schematische weergave van de ontwikkeling van het eindmodel.

7.2 Programma van eisen

Voordat kan worden begonnen met de ontwikkeling van een model, zal beschreven moeten worden waar het aan moet voldoen. In de eerste plaats geeft dit richting aan het ontwerp. Daarnaast biedt het ook de mogelijkheid om te toetsen of het gewenste doel behaald is. Daarom zal worden omschreven welk doel het computermodel heeft. Op basis van dit doel zal een programma van eisen worden opgesteld.

7.2.1 Doel van de verletverkenner

Duidelijk moet zijn wat het doel is van het eindmodel. Daarbij kan teruggegrepen worden naar de doelstelling:

Het ontwikkelen van een model op basis waarvan onderbouwde beslissingen kunnen worden genomen met betrekking tot het nemen van preventieve maatregelen bij onwerkbaar weer.

Uit deze doelstelling voor het afstudeertraject blijkt meteen de doelstelling van het model. Het model moet informatie aanleveren op basis waarvan onderbouwde beslissingen kunnen worden gemaakt. Om deze informatie te kunnen genereren, zijn er twee aspecten benodigd:

- In kaart brengen welke knelpunten zich voordoen met betrekking tot weersomstandigheden;
- Aangeven welke maatregelen er genomen kunnen worden om door te bouwen bij onwerkbaar weer.

Van beide aspecten, zowel de knelpunten als de maatregelen, moet in kaart worden gebracht wat de gevolgen in tijd en kosten zijn. Het risico dat verlet met zich meebrengt kan afgewogen worden tegen de kosten van maatregelen. Op basis van deze kosten-baten-analyse kunnen maatregelen geselecteerd worden.

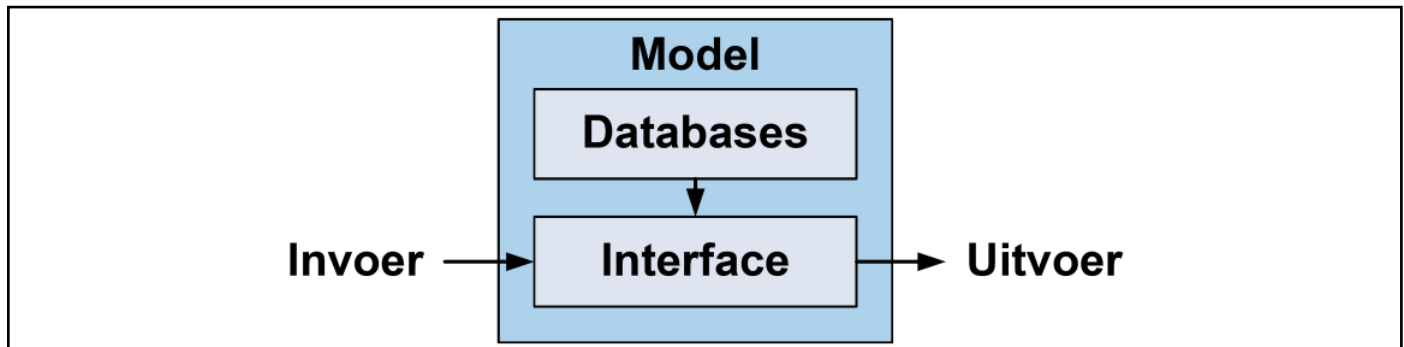
Het model zal primair gebruikt worden door werkvoorbereiders, maar ook uitvoerders kunnen het model gebruiken. Tijdens de werkvoorbereidingsfase kunnen maatregelen worden ingepland. Als een uitvoerder vervolgens nog knelpunten voorziet, kan ook hij het model gebruiken om te achterhalen hoe groot het risico is en welke maatregelen er getroffen kunnen worden.

7.2.2 Het programma van eisen

Nu bekend is welk doel het eindmodel heeft, kunnen er eisen geformuleerd worden. Deze eisen kunnen worden verdeeld in verschillende aspecten van het model:

- Invoergegevens;
- Interface;
- Uitvoergegevens.

Onderstaande afbeelding laat de structuur van het model zien. Aan alle aspecten ervan worden eisen gesteld, behalve aan de databases. Deze zijn namelijk in voorgaande hoofdstukken al vastgesteld. Wel worden er eisen gesteld aan de uitvoer, die gedeeltelijk is gebaseerd op de databases.



Afbeelding 7.2: De invoer en de databases komen samen in de interface en bepalen de uitvoer van het model.

Invoergegevens

Op basis van de invoergegevens worden de uitvoergegevens bepaald. Als de invoer onduidelijk of omslachtig is, zal de kwaliteit van de uitvoergegevens daaronder leiden. Daarom worden er een aantal eisen aan de invoer gesteld:

- Het moet duidelijk zijn welke gegevens er ingevuld moeten worden. Een eventuele korte toelichting moet voldoen om de vraag te kunnen beantwoorden;
- De vragen dienen eenduidig en enkelvoudig beantwoordbaar te zijn;
- Op basis van ontwerp, bestek, inschrijvingsbegroting, tekeningen en de situatie moeten alle vragen beantwoordbaar zijn;
- De ingevoerde gegevens moeten aangepast kunnen worden;
- Het invoeren mag niet meer dan een uur in beslag nemen.

Interface

De gebruikersinterface van het model vertaalt computercode naar leesbare informatie. Daarmee is het belangrijk voor de gebruiksvriendelijkheid. De volgende eisen worden aan de interface gesteld:

- Het model moet met een gangbare computerprogramma kunnen worden geopend, zodat het model algemeen inzetbaar is;
- De opmaak moet helder en eenvoudig zijn;
- Alleen relevante gegevens moeten ingevoerd worden;
- Als data niet of verkeerd worden ingevuld, moet er een foutmelding verschijnen;
- De in- en uitvoergegevens moeten geprint kunnen worden;
- Het moet mogelijk zijn om nieuwe knelpunten en maatregelen toe te voegen.

Uitvoergegevens

Op basis van de uitvoer moeten beslissingen gemaakt kunnen worden om maatregelen in te zetten bij onwerkbaar weer. De bruikbaarheid van de uitvoer bepaalt de kwaliteit van het model. Daarom worden de volgende eisen gesteld:

- Duidelijk moet zijn welke waarde aan de uitvoer mag worden gehecht;
- De verwachte kosten en vertraging ten gevolge van verlet moeten duidelijk zijn;
- Duidelijk moet zijn welke maatregelen er genomen kunnen worden en wat de consequenties hiervan zijn;
- Het moet duidelijk zijn wanneer er onwerkbaar weer wordt verwacht;
- Het moet duidelijk zijn waar de kosten van verlet en maatregelen uit bestaan.

Dit programma van eisen vormt de basis voor het eindmodel.

7.3 Ontwikkeling van de verletverkenner

Nu het doel van het computermodel bepaald is, kan de verletverkenner ontwikkeld worden. De benodigde invoer moet ingegeven kunnen worden, waarna het programma de invoer in combinatie met databases interpreteert en verwerkt. Op basis hiervan wordt de gewenste uitvoer gegenereerd. Om dit alles overzichtelijk, gebruiksvriendelijk en werkend te krijgen, zijn een aantal stappen doorlopen.

In de eerste plaats is bepaald welke informatie er gegenereerd moet worden. Dit is gedaan door terug te koppelen op de onderzoeksgegevens. In een cyclisch proces zijn het onderzoek en het ontwerp op elkaar afgestemd. Daarbij werd gebruik gemaakt van schetsmatige ontwerpen van programma's. Visueel is weergegeven welke invoervelden er nodig zijn en welke uitvoer dit tot gevolg heeft.

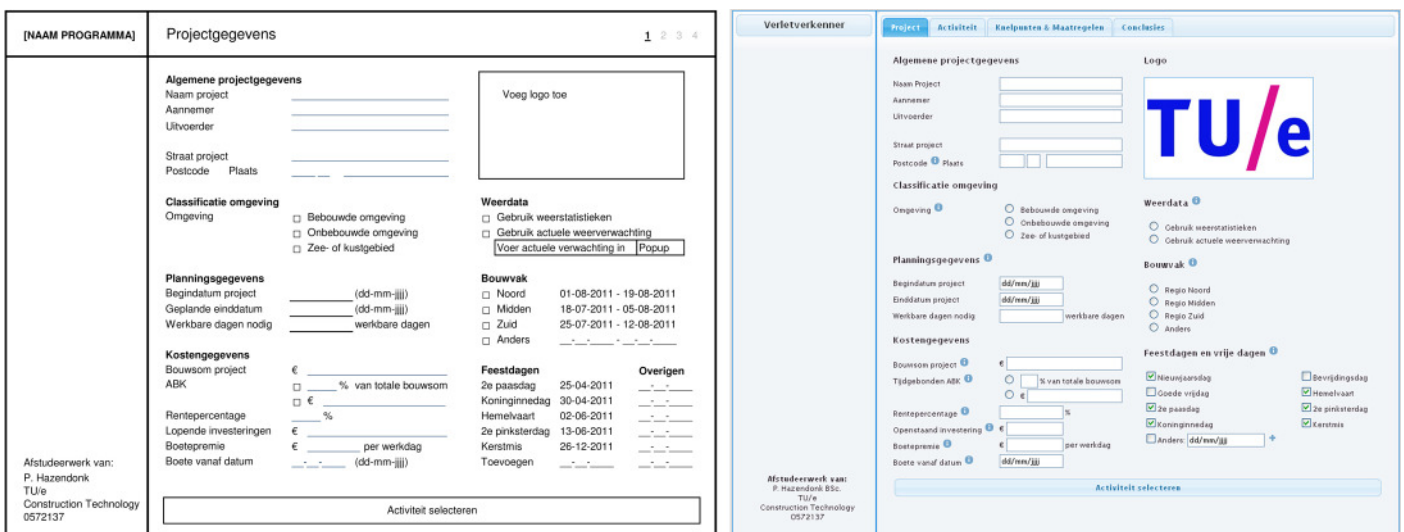
Op basis van deze schetsmatige ontwerpen is een processchema opgesteld (zie bijlage I1). Dit schema legt links tussen invoer, databases en uitvoer, door middel van de bewerkingen van het model. Dit schema geeft een volledige overzicht van de werking van het model. Alle bewerkingen worden direct gekoppeld aan invoer.

Het processchema bevat een groot aantal bewerkingen die het computerprogramma moet leveren. Dit aantal bewerkingen is daarbij divers en in sommige gevallen geavanceerd. Er is gezocht naar een computerprogramma dat deze bewerkingen kan uitvoeren. Basisprogramma's als Excel en Access bleken te weinig mogelijkheden te hebben om alle bewerkingen te kunnen uitvoeren. Daarom is ervoor gekozen om de verletverkenner uit te werken in een programmeercode. Omdat de kennis voor de ontwikkeling van dit model ontbrak, is contact gezocht met een informatiekundige, E. Mulder MSc. Naast informatica is hij ook afgestudeerd op de beleving van mensen van websites en computerprogramma's. In gesprekken met hem is het schetsontwerp aangepast, zodat dit een begrijpelijker structuur heeft gekregen. De aanpassingen zorgen ervoor dat duidelijker is hoe verschillende stappen zich tot elkaar verhouden.

Het aangepast ontwerp voor het eindmodel is vervolgens voorgelegd aan J. Letteboer van Kenniscentrum Weerverlet, F. van Dijk van de KOMAT en aan de begeleidend docenten van dit afstudeertraject. Met enkele laatste wijzigingen is toen het ontwerp voor het programma vastgelegd.

Aangezien de kennis van programmeercode ontbreekt, is het voor mij niet mogelijk gebleken om de verletverkenner te programmeren. Daarom is het ontwerp opnieuw voorgelegd aan E. Mulder. De volledige ontwikkeling van het programma bleek vier tot zes manweken programmeerwerk te kosten. De kosten van dit werk zouden grofweg € 15.000,- bedragen. Op basis hiervan is besloten dat het niet reëel is om het programma volledig uit te werken binnen dit afstudeertraject. Wel is er kosteloos een prototype ontwikkeld door E. Mulder, waarbij het ontwerp is aangehouden. Daarbij zijn wel enkele kleine wijzigingen doorgevoerd, die de gebruiksvriendelijkheid van het eindmodel ten goede komen.

De achterliggende databases en programmatuur zijn niet opgenomen in het prototype. Het geeft wel een impressie van de mogelijkheden die het volledig uitgewerkte model zal hebben. Door de ontwikkeling van dit prototype kan het statische ontwerp toch op een interactieve wijze inzichtelijk worden gemaakt. In de volgende paragraaf zal het prototype van het eindmodel beschreven en toegelicht worden.



Afbeelding 7.3 en 7.4: Links een impressie van het schetsontwerp. Dit onderdeel van het ontwerp is rechts uitgewerkt in het prototype van het eindmodel.

7.4 De verletverkenner

Ondertussen is duidelijk hoe het eindmodel tot stand is gekomen. In navolgende tekst zal toegelicht worden hoe het model werkt. Eerst zal in groffe lijnen de structuur van het model worden toegelicht. Vervolgens zal worden ingezoomd op de benodigde invoer en gegenereerde uitvoer door het model.

7.4.1 Structuur van de verletverkenner

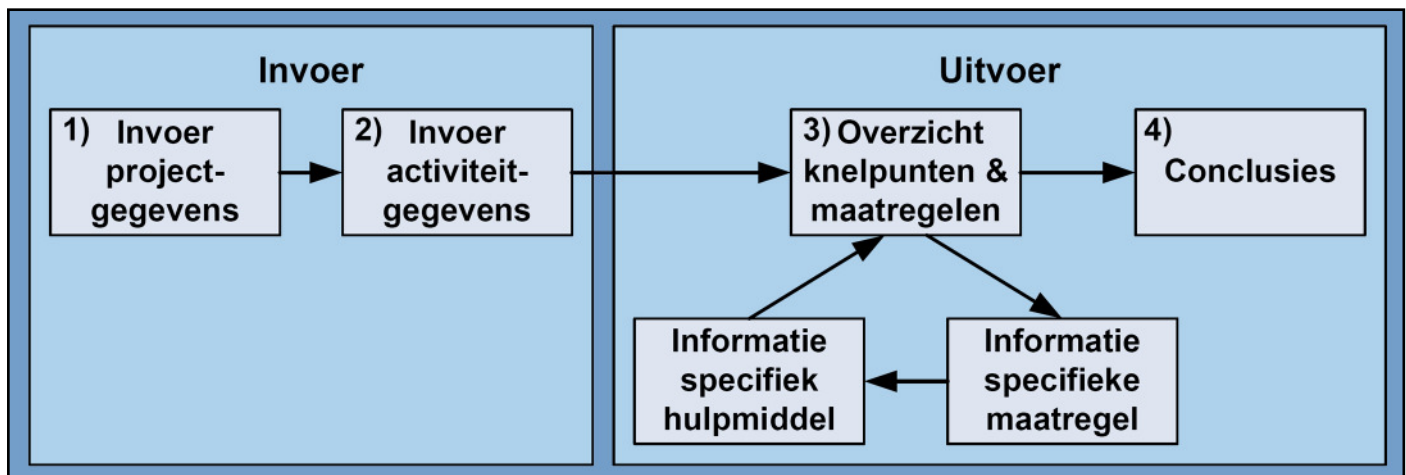
De structuur van het eindmodel is zo ingericht dat deze overzichtelijk is. Als het programma wordt geopend, verschijnt een welkomstschermb, waarin het programma wordt toegelicht en een gebruikshandleiding wordt gegeven. Vervolgens kan naar de kern van het programma worden gegaan. Het model is daarbij onderverdeeld in vier stappen. Elke stap heeft zijn eigen tabblad, zodat altijd duidelijk is met welke stap men bezig is. Ook kan men zo eenvoudig wijzigingen doorvoeren in voorgaande stappen. De tabbladen zijn als volgt onderverdeeld:

1. Invoer van projectgegevens;
2. Invoer van activiteitgegevens;
3. Overzicht van de knelpunten en maatregelen;
4. Conclusies.

Tabblad 3 vormt de kern van het programma. Na de invoer van de eerste twee tabbladen worden hier alle knelpunten gepresenteerd. Per knelpunt worden ook alle geschikte maatregelen uit de database getoond. De voor- en nadelen van knelpunten en maatregelen kunnen vervolgens vergeleken worden.

Als de maatregelen getoond worden, zijn de kosten nog niet direct bekend. Eerst moet een maatregel geselecteerd worden. Dan verschijnt er in beeld welke hulpmiddelen nodig zijn om de maatregel te nemen. Door op een hulpmiddel te klikken, worden verschillende varianten van het hulpmiddel getoond. Als een variant wordt gekozen, kan het model vervolgens uitrekenen hoeveel de maatregel met bijbehorende hulpmiddelen zal kosten. Deze kosten worden getoond in het hoofdschermb van tabblad 3. Deze cyclus kan voor alle knelpunten en maatregelen worden doorlopen. Op deze manier kan een onderbouwde keuze worden gemaakt over de inzet van maatregelen. In het laatste tabblad verschijnt een overzicht van alle knelpunten en geselecteerde maatregelen.

Onderstaand schema geeft de structuur van het model weer.



Afbeelding 7.5: Weergave van de structuur van het model. Bij stap 3 vindt er een cyclus plaats om de kosten van een maatregel te kunnen bepalen.

Op elk willekeurig moment kan teruggedaan worden naar een vorig tabblad. Zo kan een nieuwe activiteit of project worden geselecteerd. Tevens kunnen er gegevens aangepast worden, om te kijken welke invloed dat heeft op de weer-gevoeligheid van de activiteit. Als de start- en einddatum van een activiteit bijvoorbeeld aangepast worden, bestaat de kans dat de verwachte hoeveelheid onwerkbaar weer anders uitvalt. Op deze manier kan het programma ook gebruikt worden om te sturen.

In navolgende paragrafen zal verder ingezoomd worden op de verschillende tabbladen. Elk scherm zal individueel worden toegelicht. Daarbij wordt er scheiding gemaakt tussen de eerste twee tabbladen, waar puur informatie wordt ingevoerd, en de laatste twee tabbladen met bijbehorende pop-upschermben, waar de uitvoer gepresenteerd wordt.

7.4.2 Benodigde invoer in de verletverkenner

Voordat het eindmodel uitspraken kan doen over knelpunten en maatregelen, zal er eerst informatie moeten worden ingevuld. Deze informatie is in twee aspecten opgedeeld: projectgegevens en activiteitengegevens. In twee navolgende tabbladen moeten deze gegevens ingevuld worden. Hieronder volgen screenshots van de invulbladen. Het welkomstscherm wordt daarbij buiten beschouwing gelaten. Voor het volledige programma wordt verwezen naar bijlage K2.

Projectgegevens

In eerste instantie moeten er algemene projectgegevens worden ingevuld. Deze gegevens spelen een bepalende rol bij de invloed die het weer heeft: de dagen waarop gebouwd wordt, de kosten die er gemaakt worden en de locatie waar gebouwd wordt. De gegevens uit dit tabblad zijn voor alle activiteiten binnen het geselecteerde project gelijk.

The screenshot shows the 'Verletverkenner' application with the 'Project' tab selected. The interface is divided into several sections for data entry:

- Algemene projectgegevens:** Includes fields for 'Naam Project', 'Aannemer', 'Uitvoerder', 'Straat project', and 'Postcode Plaats'.
- Logo:** A large input field containing the TU/e logo.
- Classificatie omgeving:** Radio buttons for 'Bebouwde omgeving', 'Onbebouwde omgeving', and 'Zee- of kustgebied'.
- Planningsgegevens:** Fields for 'Begindatum project', 'Einddatum project', and 'Werkbare dagen nodig'.
- Kostengegevens:** Fields for 'Bouwsom project', 'Tijdgebonden ABK', 'Rentepercentage', 'Openstaand investering', 'Boetepremie', and 'Boete vanaf datum'.
- Weerdata:** Radio buttons for 'Gebruik weerstatistieken' and 'Gebruik actuele weerverwachting'.
- Bouwwak:** Radio buttons for 'Regio Noord', 'Regio Midden', 'Regio Zuid', and 'Anders'.
- Feestdagen en vrije dagen:** Checkboxes for 'Nieuwjaarsdag', 'Goede vrijdag', '2e paasdag', 'Koninginnedag', 'Bevrijdingsdag', 'Hemelvaart', '2e pinksterdag', and 'Kerstmis'. An 'Anders' field with a date picker is also present.

At the bottom left, contact information is provided: 'Afstudeerwerk van: P. Hazendonk BSc. TU/e Construction Technology 0572137'. At the bottom right, there is a button labeled 'Activiteit selecteren'.

Afbeelding 7.6: Screenshot van het eerste tabblad, waar projectgegevens moeten worden ingevuld.

In bovenstaand tabblad moeten verschillende zaken worden ingevuld die betrekking hebben op het hele project:

- Naam- en adresgegevens van het project, inclusief logo, weerdata en classificatie omgeving;
- Planningsgegevens, inclusief bouwwak, feestdagen en vrije dagen;
- Kostengegevens.

De gegevens zijn te achterhalen uit de planning, het bestek en de tekeningen. De gegevens dienen vooral om te bepalen op welke locatie het project plaatsvindt en om te bepalen welke kosten er optreden als het totale project vertraging oploopt. In bijlage I2 is te vinden welke gegevens in de specifieke invulvelden moeten worden ingevuld.

Activiteitgegevens

Nadat de algemene projectgegevens ingevoerd zijn, kunnen activiteiten binnen het project worden geselecteerd. Per project kunnen er meerdere activiteiten worden geselecteerd. In onderstaand screenshot van het model is te zien welke gegevens ingevuld moeten worden. Bijlage I2 bevat een nadere toelichting op de in te vullen velden.

Verletverkenner

Afstuderen
TU/e
P. Hazendonk

Den Dolech 2
5612AZ Eindhoven

TU/e

Nieuw Project

Activiteit toevoegen

Afstudeerwerk van:
P. Hazendonk BSc.
TU/e
Construction Technology
0572137

Project **Activiteit** **Knelpunten & Maatregelen** **Conclusies**

Selecteer activiteit ⓘ

Voer nummer STABU in:

Kies activiteit

Bouwfase

Activiteit +

Specificatie +

Planningsinformatie ⓘ

Begindatum activiteit

Geplande einddatum

Werkbare dagen nodig werkbare dagen

Aantal verletdagen ingepland verletdagen

Ligt activiteit op kritieke pad? ⓘ Ja
 Nee, Aantal dagen speling: dagen

Specificaties activiteit

Aantal ploegen ⓘ ploegen

Aantal personen per ploeg ⓘ personen

Loonkosten per persoon ⓘ € per uur

Alternatief werk bij verlet? ⓘ Ja
 Nee

Hoogte activiteit ⓘ tot meter t.o.v. het maaiveld

Bepaal knelpunten en maatregelen

Afbeelding 7.7: Screenshot van het tweede tabblad, waar activiteitgegevens moeten worden ingevuld.

Op basis van de projectgegevens is nu in de linkerkolom informatie over het project te vinden. Tevens bestaat de mogelijkheid om een nieuw project toe te voegen. Dan gaat het model terug naar het eerste tabblad.

In dit tabblad moeten een aantal gegevens ingevuld worden. Deze kunnen worden ingedeeld in vier categorieën:

- Selectie van een activiteit: via STABU-code of via pull-downmenu's, waarin alle activiteiten van de STABU zijn opgenomen;
- Planningsinformatie: gegevens over de data waarop de activiteit gepland staat;
- Specificaties activiteit: overige gegevens over de activiteit, die vooral nodig zijn om de kosten van verlet te bepalen.
- Activiteitspecifieke vragen: afhankelijk van een activiteit kan er extra informatie benodigd zijn om de activiteit verder te specificeren. Aangezien er geen activiteit is geselecteerd, zijn deze vragen nog niet zichtbaar in het screenshot.

Op basis van deze gegevens kan bepaald worden welke weerscomponenten de activiteit zullen hinderen en welke gevolgen dit heeft in tijd en kosten. Daarbij zal deels gebruik gemaakt worden van de gegevens van voorgaand tabblad. Ook de databases worden gebruikt. Alle benodigde invoer om de knelpunten in kaart te brengen is nu geleverd.

7.4.3 Gegeneerde uitvoer door de verletverkenner

Zodra de eerste twee tabbladen zijn ingevuld, kan het model vaststellen welke knelpunten er op zullen treden en hoe groot de risico's van deze knelpunten zullen zijn. In verschillende schermen wordt deze informatie getoond. Een enkele keer zal de gebruiker nog een maatregel of een hulpmiddel moeten selecteren.

Overzicht knelpunten en maatregelen

Direct nadat alle gegevens zijn ingevuld, verschijnt het derde tabblad, waarin alle knelpunten bij de geselecteerde activiteit worden getoond. Zie bijlage I2 voor een toelichting bij de berekeningen.

The screenshot shows the 'Verletverkenner' software interface. On the left, there is a sidebar with project information: 'Afstuderen TU/e P. Hazendonk', 'Den Dolech 2 5612AZ Eindhoven', and the TU/e logo. Below this are buttons for 'Nieuw Project', 'Activiteit toevoegen', and 'Beton storten'. At the bottom of the sidebar, it says 'Afstudeerwerk van: P. Hazendonk BSc. TU/e Construction Technology 0572137'.

The main area has four tabs: 'Project', 'Activiteit', 'Knelpunten & Maatregelen', and 'Conclusies'. The 'Knelpunten & Maatregelen' tab is active, showing a table with the following data:

Maatregel	Tijdwinst	Kosten	Baten
<input type="checkbox"/> Afdekken betonoppervlak	n.t.b.	n.t.b.	n.t.b.
<input type="checkbox"/> Bekisting isoleren	n.t.b.	n.t.b.	n.t.b.
<input type="checkbox"/> Omhullen betonconstructie	n.t.b.	n.t.b.	n.t.b.
<input type="checkbox"/> Verwarmen cement	n.t.b.	n.t.b.	n.t.b.
<input type="checkbox"/> Hogere hydratatiewarmte	n.t.b.	n.t.b.	n.t.b.
<input type="checkbox"/> Warmte toevoegen	n.t.b.	n.t.b.	n.t.b.
<input type="checkbox"/> Verlagen w/c-factor	n.t.b.	n.t.b.	n.t.b.
<input type="checkbox"/> Verwarmingselement instorten	n.t.b.	n.t.b.	n.t.b.
<input type="checkbox"/> Vorstbestendige bekistingsolie	n.t.b.	n.t.b.	n.t.b.
<input type="checkbox"/> Toeslagstoffen	n.t.b.	n.t.b.	n.t.b.
<input type="checkbox"/> Plannen buiten kritieke periode	n.t.b.	n.t.b.	n.t.b.
<input type="checkbox"/> Commissie vorstverlet	n.t.b.	n.t.b.	n.t.b.
<input type="checkbox"/> ...	n.t.b.	n.t.b.	n.t.b.
Hatte kleding	Heerslag	Vertraging: 15 dagen	Kosten: € 39.600,-
Onderkoeling	Vorst	Vertraging: 8 dagen	Kosten: € 20.480,-
Beton spoelt uit	Heerslag	Vertraging: 1 dag	Kosten: € 2.560,-
Kubel niet meer controleerbaar	Wind	Vertraging: 0 dagen	Kosten: € 0,-

At the top of the table, it indicates: 'Beton hard onvoldoende uit Materiaal', 'Vorst 4 °Celsius', 'Vertraging: 34 dagen (10 tot 47 dagen)', and 'Kosten: € 112.655,- (€ 25.600,- tot € 162.370,-)'. At the bottom of the main area, there is a 'Conclusies' button.

Afbeelding 7.8: Screenshot van het derde tabblad, waarin een overzicht van knelpunten en maatregelen wordt gegeven.

Per knelpunt staat vermeld wat de weerkritische weerscomponent is en wat de gemiddelde vertraging en gemiddelde kosten zullen zijn ten gevolge van verlet.

Door op een knelpunt te drukken, verschijnt er meer informatie. In de eerste plaats wordt bij het knelpunt toegelicht wat het weerkritische productiemiddel is, welke weerkritische grens er van toepassing is en wat de minimale en maximale vertraging en kosten zullen zijn.

Tevens verschijnt er een lijst met mogelijk te nemen maatregelen. Van deze informatie is nog niet bekend wat de gevolgen in tijd en kosten zullen zijn. Door op 'meer informatie' te drukken, zal er een pop-upschermd verschijnen. Daar wordt de maatregel toegelicht. Als de maatregel volledig is doorgerekend, verschijnen de gevolgen in tijd en kosten in de rechterkolom. Besloten kan worden om de maatregel toe te passen door hem aan te vinken. In dat geval zal hij worden opgenomen in de conclusies.

Specifieke informatie over een maatregel

Per maatregel is specifieke informatie in kaart gebracht. Door bij tabblad 3 op de knop met 'meer informatie' te drukken, verschijnt deze informatie. Een voorbeeld is hieronder te zien:

The screenshot displays a software interface with a pop-up window for a measure. The pop-up window is titled "Maatregel: Afdekken betonoppervlak" and contains the following information:

- Beschrijving:** Door vers gestorte betonoppervlaktes af te dekken kan het warmteverlies beperkt worden. Hierdoor zal het verhardingsproces niet stagneren. De afdekking moet een isolerende werking hebben.
- Benodigde hulpmiddelen:**
 - Isolatiekleed [Meer informatie](#)
 - Iso-schuimdeken [Meer informatie](#)
 - Beton-uithardingsdeken [Meer informatie](#)
- Toepassing maatregel:**
 - Vorst;
 - Beton storten;
 - Volgens NEN 6722 verplicht vanaf weerfase 2.
- Aandachtspunten:**
 - Opwaaien van het afdek materiaal dient voorkomen te worden.
 - Het afdek materiaal moet de juiste breedte hebben, zodat ook de randen beschermd worden.
 - Afdekken met slechts één kleed of deken werkt sneller en voorkomt lastige handelingen en warmteverlies.
- Vorbereidingstijd:** Minimaal 2 dagen

The background interface shows a table with columns: **Maatregel**, **Tijdwinst**, **Kosten**, and **Baten**. The first row of data is: **Beton hard onvoldoende uit**, **Vorst**, **Vertraging: 34 dagen (10 tot 47 dagen)**, **Kosten: € 112.655,- (€ 25.600,- tot € 162.370,-)**. The table also includes a TU/e logo and navigation buttons like "Nieuw Project", "Activiteit toevoegen", and "Beton storten".

Afbeelding 7.9: Screenshot van het pop-upschermb met specifieke informatie over een maatregel.

Dit pop-upschermb bevat specifieke informatie over de maatregel. Op basis van de toepassingsgebieden, aandachtspunten en voorbereidingstijd kan bepaald worden of de maatregel technisch gezien in te passen is in de projectspecifieke situatie. Voor alle mogelijke maatregelen die in de database zijn opgenomen (zie bijlage F1) kan een dergelijk scherm worden getoond.

Om de maatregel uit te voeren, is er afdek materiaal (een hulpmiddel) nodig. In dit geval zijn er drie verschillende varianten mogelijk. Elke variant heeft zijn eigen voor- en nadelen (denk aan prijs, toepassingsgebieden en dergelijke). Door op 'meer informatie' te klikken, kan per hulpmiddel meer informatie worden verkregen.

Specifieke informatie over een hulpmiddel

Per maatregel kunnen verschillende hulpmiddelen worden geselecteerd. Per hulpmiddel kan een scherm als hieronder opgevraagd worden. Ter illustratie is het hulpmiddel 'beton-uthardingsdeken' getoond.

Hulpmiddel: beton-uthardingsdeken

Beschrijving
De beton-uthardingsdeken is een deken met een verwarmingselement erin. Vers gestort beton kan op temperatuur gehouden worden, zodat het beton goed uithardt.

Technische gegevens

- Diverse afmetingen;
- Diverse wattages;
- Vochtbestendig;
- In te zetten tot -10 °C (beton blijft dan circa 15 °C).

Kies variant

Lengte	Breedte	Wattage	Kosten/stuk	Aantal
1,2 m	1,2 m	260 W	€ 425,-	0
1,5 m	1,2 m	220 W	€ 305,-	0
2,7 m	1,2 m	400 W	€ 590,-	0
3,6 m	1,8 m	960 W	€ 885,-	0
7,5 m	1,8 m	1360 W	€ 1.015,-	0
6,9 m	3,3 m	2400 W	€ 1.525,-	0

Toepassing hulpmiddel

- Vorst;
- Beton storten;
- Voldoet volgens NEN 6722 tot weerfase 5 (i.c.m. andere maatregelen).

Aandachtspunten

- Brits product waardoor levertijd relatief lang is.
- Schakelt zichzelf uit bij te grote warmteontwikkeling.

Levertijd
3 werkweken

Terug naar maatregel **Bereken**

Afbeelding 7.10: Screenshot van het pop-upschermb met specifieke informatie over een hulpmiddel.

Van elk hulpmiddel (zie bijlage G1 en G2 voor een overzicht) wordt een beschrijving gegeven van de werking. Tevens worden technische gegevens getoond. Samen met toepassingsgebieden, aandachtspunten en levertijden kunnen verschillende hulpmiddelen tegen elkaar afgewogen worden. Bovenstaand hulpmiddel heeft een relatief lange levertijd en is relatief duur, maar kan bij lage temperaturen (tot -10 °C) doeltreffend worden ingezet. De gebruiker dient af te wegen of dit hulpmiddel geschikt is, of dat de voorkeur uitgaat naar een goedkoper, maar minder efficiënt hulpmiddel.

In sommige gevallen zijn er meerdere varianten van een hulpmiddel. Van de 'beton-uthardingsdeken' zijn er bijvoorbeeld verschillende afmetingen beschikbaar. In een tabel staan de verschillende varianten. Per variant kan ingevuld worden hoeveel er benodigd zijn. Afhankelijk van het benodigde oppervlakte, de plattegrondvorm en andere variabelen kan besloten worden welke afmetingen zullen voldoen.

Als eenmaal de geschikte variant van een hulpmiddel is bepaald (in dit geval door de gewenste hoeveelheden in te vullen), kunnen de gevolgen van de maatregel (in combinatie met het hulpmiddel) worden bepaald. In tabblad 3 verschijnt informatie over de behaalde tijdswinst. Ook wordt er informatie over kosten en baten van de maatregel getoond. Op basis hiervan kan worden bepaald of de maatregel rendabel is. Ook kan gezocht worden naar goedkopere of doeltreffender alternatieven.

Samenvatting van gekozen maatregelen

Als alle gegevens zijn ingevuld en alle gewenste maatregelen zijn geselecteerd, kunnen conclusies getrokken worden. In het vierde tabblad verschijnen alle relevante gegevens in een rapport. Dit kan worden uitgeprint, zodat duidelijk is welke knelpunten zich voordoen en welke maatregelen zijn geselecteerd om de knelpunten te verhelpen.

The screenshot shows a software interface with a sidebar on the left and a main content area on the right. The sidebar contains the 'Verletverkenner' logo and navigation buttons: 'Nieuw Project', 'Activiteit toevoegen', and 'Beton storten'. The main content area has tabs for 'Project', 'Activiteit', 'Knelpunten & Maatregelen', and 'Conclusies'. The 'Conclusies' tab is active, displaying a 'Print' button and sections for 'Projectgegevens', 'Activiteit', 'Knelpunten', and 'Gekozen maatregelen'. The 'Knelpunten' section contains a table with columns for 'Knelpunt', 'Kritische grens', 'Vertraging gemiddeld', 'Vertraging (min-max)', 'Kosten gemiddeld', and 'Kosten (min-max)'. The 'Gekozen maatregelen' section includes a description of the selected measure: 'Afdекken betonoppervlak'.

Knelpunt	Kritische grens	Vertraging gemiddeld	Vertraging (min-max)	Kosten gemiddeld	Kosten (min-max)
Beton hard onvoldoende uit	Vorst: 4 °C	34 dagen	10 tot 47 dagen	€ 112.655,-	€ 25.600,- tot € 162.370,-
Natte kleding	Neerslag: UAV-norm	15 dagen	9 tot 24 dagen	€ 39.600,-	€ 23.040,- tot € 74.250,-
Onderkoeling	Vorst: gev.temp -6 °C	8 dagen	0 tot 17 dagen	€ 20.480,-	€ 0,- tot € 47.122,-
Beton spoelt uit	Neerslag: 5 mm/uur	1 dag	0 tot 2 dagen	€ 2560,-	€ 0,- tot € 5.120,-
Kubel niet meer controleerbaar	Wind: Windkracht 6	0 dagen	0 tot 2 dagen	€ 0,-	€ 0,- tot € 5.120,-

Afbeelding 7.11: Screenshot van het vierde tabblad, waarin de conclusies worden getoond.

Bovenaan verschijnen de projectgegevens, zodat duidelijk is voor welk project de gegevens gelden. Vervolgens worden de aangevinkte activiteiten aangegeven, waarna de knelpunten per activiteit worden getoond. Vervolgens worden alle gekozen maatregelen en bijbehorende hulpmiddelen weergegeven. Tenslotte wordt er afgesloten met een waarschuwing, waarin kort wordt toegelicht hoe de gegevens moeten worden geïnterpreteerd. Tevens wordt er verwezen naar een gebruikshandleiding, waarin wordt uitgelegd welke waarde er mag worden toegekend aan de verkregen uitkomsten.

Dit rapport vormt een samenvatting van de geconstateerde knelpunten en de geselecteerde maatregelen. Op basis van de concrete informatie van de maatregelen en hulpmiddelen kan direct gehandeld worden. Zo staat de leverancier van de hulpmiddelen vermeld: er kan meteen een bestelling geplaatst worden. Tevens staan alle randvoorwaarden vermeld, zodat duidelijk is welke gevolgen de inzet van de maatregel heeft.

Met dit laatste tabblad is de verletverkenner volledig doorlopen en kunnen de conclusies getrokken worden. In navolgende paragraaf zal behandeld worden of het model voldoet aan de gestelde eisen.

7.5 Toepasbaarheid verletverkenner

Nu bepaald is hoe het eindmodel er uit komt te zien, moet vastgesteld worden of de verletverkenner toegepast kan worden en welke randvoorwaarden daarbij gelden. In de eerste plaats zal getoetst worden of het model aan het programma van eisen voldoet. Daarna zal in een kritische beschouwing worden aangegeven wat de beperkingen zijn. Deze kritische beschouwing is in de verletverkenner vertaald naar een gebruikshandleiding, waarin aan de gebruiker wordt uitgelegd welke conclusies er getrokken mogen worden.

7.5.1 Toetsen van de verletverkenner

In de eerste plaats moet getoetst worden of het model werkt. Vervolgens moet getoetst worden of de verletverkenner ook voldoet aan het programma van eisen. Daarbij moet opgemerkt worden dat het model zoals beschreven nog niet volledig is ontwikkeld. Dit maakt dat het eindmodel niet volledig getoetst kan worden. Desondanks is er een prototype ontwikkeld, wat de mogelijkheden van een definitief model laat zien.

Toetsing werking van het programma

Om de verletverkenner te kunnen toepassen, moet het programma werken: het moet informatie leveren. Deze informatie moet ook kloppen: de verletverkenner moet goed werken. Op deze twee aspecten moet het programma getoetst worden. Om deze toetsing uit te voeren is een werkvoorbereider van Van Straten Bouw B.V. benaderd. Tevens is contact gelegd met Bouwend Nederland.

Zonder enige uitleg is de verletverkenner voorgelegd aan de werkvoorbereider. Hij kon alle gevraagde gegevens invullen en zo het hele model doorlopen. Aangezien het slechts om een prototype gaat, kon het model geen specifieke getalsmatige uitkomsten leveren. Desondanks kan geconcludeerd worden dat de verletverkenner werkt. Met behulp van uitgewerkte programmeercodes en het toevoegen van databases kan het model volledig operationeel worden.

Vervolgens is het belangrijk om duidelijk te hebben of de gegevens die de verletverkenner produceert ook kloppen. Daarbij moet er onderscheid gemaakt worden in een aantal verschillende soorten informatie die het model levert:

- Informatie over knelpunten: deze informatie is in bronnen gevonden. Bij veel knelpunten zijn ook specifieke maatregelen gevonden. Het feit dat er maatregelen bestaan, wekt de suggestie dat de problemen zich daadwerkelijk voordoen.
- Informatie over maatregelen: bij alle hulpmiddelen staat een link naar een leverancier of een bouwbedrijf dat de maatregel ooit heeft toegepast. In de praktijk is te controleren dat de maatregelen en hulpmiddelen bestaan.
- Informatie over de weersomstandigheden: alle informatie die is gebruikt is afkomstig van het knmi. Deze weerstatistieken zijn voor iedereen vrij op te vragen.
- Informatie over de kosten van verlet en maatregelen. De kosten van verlet zijn uit de theorie gehaald en voorzien van bronvermelding. Alleen de directe kosten zijn daarbij meegenomen. De kosten van maatregelen kunnen gecontroleerd worden bij leveranciers van de maatregelen. Hier staan directe links bij.












Uit bovenstaande opsomming blijkt dat alle informatie die is gebruikt eenvoudig kan worden gecontroleerd. Alle bronnen zijn te achterhalen en kunnen uitsluitend geven over de waarheidsgetrouwheid van de informatie. Bij het gebruik van de verletverkenner kan contact gezocht worden met bijvoorbeeld de leveranciers: direct wordt duidelijk dat de hulpmiddelen bestaan en dat de informatie klopt. Dat neemt overigens niet weg dat de conclusies die aan de getalsmatige uitkomsten van het model verbonden kunnen worden soms beperkt zijn. Dat zal worden behandeld in de volgende paragraaf.






Naast deze theoretische beschouwing is de verletverkenner ook in de praktijk getoetst bij de werkvoorbereider. Bij het doorlopen van de verletverkenner kwam hij herkenbare knelpunten en maatregelen tegen: naar zijn mening zaten er weinig vernieuwende maatregelen bij. Als er echter kostengegevens van maatregelen bekend zouden zijn, zou het model de basis bieden voor een afweging tussen maatregelen. Aangezien de werkvoorbereider knelpunten en maatregelen uit de praktijk herkende, blijkt dat er kloppende gegevens werden gegenereerd: de verletverkenner werkt goed. De eindconclusie van de werkvoorbereider was dat “de verletverkenner een belangrijk instrument kan zijn voor de werkvoorbereider om in het voortraject bewust te worden van de weersinvloeden”.

Dat de informatie die de verletverkenner levert relevant is, wordt ook bevestigd door Bouwend Nederland. Deze organisatie wil de databases met knelpunten en maatregelen publiceren. Alle 5000 leden van Bouwend Nederland zullen een gedeelte van de onderzoeksgegevens ontvangen.

Toetsen aan het programma van eisen

Naast de toetsing of de verletverkenner het doet en juiste informatie levert, moet getoetst worden of de verletverkenner voldoet aan het programma van eisen. Van elke eis zal besproken worden of deze is behaald:

Eisen aangaande invoergegevens:	Beschrijving	Status
Het moet duidelijk zijn welke gegevens er ingevuld moeten worden. Een eventuele korte toelichting moet voldoen om de vraag te kunnen beantwoorden.	Bij alle invulvelden waar enigerwijs onduidelijkheid kan ontstaan over wat er ingevuld moet worden, is een informatiekноп opgenomen. Door hier op te klikken, wordt een toelichting verkregen. De werkvoorbereider die het model heeft getoetst kon alle velden beantwoorden. Slechts één keer is de toelichting geraadpleegd.	
De vragen dienen eenduidig en enkelvoudig beantwoordbaar te zijn.	Voor alle velden is duidelijk wat er ingevuld moet worden. Waar mogelijk staat aangegeven in welke eenheid (uren, euro's en dergelijke) de antwoorden moeten worden gegeven.	
Op basis van ontwerp, bestek, inschrijvingsbegroting, tekeningen en de situatie moeten alle vragen beantwoordbaar zijn.	Alle informatie die moet worden ingevuld is te vinden in deze bronnen. Uitzondering is het rentepercentage over de investeringen, wat eenvoudig opgevraagd kan worden.	
De ingevoerde gegevens moeten aangepast kunnen worden.	Ten alle tijden kan in het model worden teruggegaan naar een vorig tabblad, waar gegevens aangepast kunnen worden. Het model zal de gevolgen direct doorrekenen.	
Het invoeren mag niet meer dan een uur in beslag nemen.	Er moeten zo'n 30 velden ingevuld worden. Van deze gegevens mag verondersteld worden dat de werkvoorbereider of uitvoerder ze kent of weet te vinden. De werkvoorbereider aan wie het model is voorgelegd kon de eerste twee schermen binnen 10 minuten invullen voor de activiteit betonstorten.	
Eisen aangaande interface	Beschrijving	Status
Het model moet met een gangbare computerprogramma kunnen worden geopend, zodat het model algemeen inzetbaar is.	Het computerprogramma is in html-code geschreven. Hierdoor kan het model op internet gezet worden, zodat iedereen er altijd bij kan komen. De huidige versie is overigens alleen in Firefox goed te zien. Internet Explorer kan de code niet goed lezen.	
De opmaak moet helder en eenvoudig zijn.	Een informatiekundige en expert op dit gebied, E. Mulder MSc, heeft het model aangepast zodat de structuur en opmaak begrijpelijk is.	
Alleen relevante gegevens moeten ingevoerd worden.	Alle ingevoerde gegevens worden in het model gebruikt (zie processchema in bijlage I1).	
Als data niet of verkeerd worden ingevuld, moet er een foutmelding verschijnen.	Het prototype voorziet hier nog niet in. In het prototype is alleen de hoofdstructuur aangebracht. Foutmeldingen zijn daarbij niet meegenomen. De programmeertaal maakt het wel mogelijk om in de toekomst een foutmelding weer te geven.	
De in- en uitvoergegevens moeten geprint kunnen worden.	In tabblad 4 verschijnt een samenvatting van de in- en uitvoergegevens. Dit kan geprint worden middels een button.	
Het moet mogelijk zijn om nieuwe knelpunten en maatregelen toe te voegen.	Aangezien de database nog niet in het model is opgenomen, kan er ook geen informatie toegevoegd worden. In het model zijn wel mogelijkheden ingebouwd om dit in de toekomst op te nemen.	

Eisen aangaande uitvoergegevens	Beschrijving	Status
Duidelijk moet zijn welke waarde aan de uitvoer mag worden gehecht.	Middels de gebruikshandleiding, die bij het model is opgesteld, wordt aan de gebruiker uitgelegd welke waarde er aan de uitvoer van het model mag worden gehecht.	
De verwachte kosten en vertraging ten gevolge van verlet moeten duidelijk zijn.	In tabblad 3 wordt aangegeven welke vertraging en welke kosten verwacht worden. Tevens wordt aangegeven wat de minimale en maximale waarden uit het verleden zijn.	
Duidelijk moet zijn welke maatregelen er genomen kunnen worden en wat de consequenties hiervan zijn.	Alle mogelijke maatregelen worden overzichtelijk weergegeven. Door er op te klikken verschijnt aanvullende informatie, waardoor de consequenties duidelijk worden.	
Het moet duidelijk zijn wanneer er onwerkbaar weer wordt verwacht.	Het prototype voldoet hier nog niet aan. Op het moment dat er verlet optreedt, wordt per maand berekend hoeveel verletdagen er optreden. De informatie is dus al aanwezig, maar wordt nog niet (grafisch) weergegeven. In de toekomst kan dit wel worden opgenomen.	
Het moet duidelijk zijn waar de kosten van verlet en maatregelen uit bestaan.	Het prototype voldoet hier nog niet aan. Bij de berekening van de kosten worden wel de deelkosten berekend. De informatie is dus al aanwezig, maar wordt nog niet (grafisch) weergegeven. In de toekomst kan dit wel worden opgenomen.	

Concluderend kan gesteld worden dat de verletverkenner goed werkt en grotendeels aan het programma van eisen voldoet. Een aantal zaken zijn nog niet opgenomen in het prototype. Dit heeft er mee te maken dat het programmeren hiervan relatief veel werk is. Aangezien dit prototype op vrijwillige basis is geprogrammeerd door E. Mulder, is besloten deze uitbreidingen voorlopig niet op te nemen. De gebruikte programmeercode biedt de mogelijkheden om dit in de toekomst wel mee te nemen. Daarmee kan geconcludeerd worden dat het volledig uitgewerkte ontwerp van de verletverkenner wel volledig aan het programma van eisen zal kunnen voldoen.

7.5.2 Beperkingen van de verletverkenner

De Verletverkenner voldoet al grotendeels aan het programma van eisen. Een toekomstige volledig uitgewerkte versie zal hier helemaal aan kunnen voldoen. Ondanks het feit dat het model voldoet aan de doelstelling, kent het ook een aantal beperkingen. Deze zullen worden beschreven:

Weerstatistieken

In de eerste plaats wordt er gebruik gemaakt van weerstatistieken om uitspraken te doen over de hoeveelheid onwerkbaar weer in de toekomst. Met deze statistieken wordt uitgerekend hoeveel verletdagen er in een gemiddelde, minimale en maximale situatie kunnen optreden. Hierbij is 'minimaal en maximaal' relatief: er wordt vanuit gegaan dat de minimale en maximale situaties uit het verleden niet overschreden zullen worden in de toekomst. Dit is echter wel mogelijk. Er kunnen dus geen absolute grenswaarden worden gegeven voor de minimale en maximale situatie.

Met de gemiddelde waarde wordt een indicatie gegeven van de hoeveelheid verletdagen die op een langjarig gemiddelde te verwachten is. De spreiding van het aantal verletdagen per jaar is dermate groot, dat het gemiddelde geen betrouwbare indicatie is voor de weersomstandigheden op korte termijn. Omdat gegevens uit het verleden worden gebruikt om iets te zeggen over de weersomstandigheden in de toekomst, kunnen er alleen heel globale uitspraken gedaan worden. Hier mogen niet teveel conclusies aan verbonden worden.

Uitgangspositie

De uitgangspositie van het model is dat er geen maatregelen worden genomen. In het bouwbedrijf worden sommige maatregelen standaard toegepast, zoals het afdekken van materiaal tijdens de opslag en het ter beschikking stellen van doorwerkkleding. Als de Verletverkenner wordt gebruikt, lijkt de kans op verlet en bijbehorende gevolgen erg groot. Als dit in het perspectief wordt gezet dat sommige eenvoudige maatregelen die alom toegepast worden de knelpunten al voor een groot deel verhelpen, wordt een reëel beeld gecreëerd.

Tijd en kosten vergelijken

Het model levert informatie over de gevolgen van knelpunten in tijd en geld. Per knelpunt wordt bijvoorbeeld bepaald hoeveel verletdagen er verwacht worden. Het aantal verletdagen van verschillende knelpunten mag echter niet opgeteld worden: als knelpunt 1 zich voordoet, kan knelpunt 2 zich ook voordoen. De bijbehorende vertraging en kosten overlappen voor een deel. Hoe groot dit overlappende deel is, is onbekend. Over de totale vertraging en kosten ten gevolge van verschillende knelpunten bij elkaar doet het model geen uitspraak.

	Dag 1	Dag 2	Dag 3	Dag 4	Dag 5	Dag 6	Dag 7	Dag 8	Dag 9	Dag 10	Totaal
Knelpunt 1		verlet			verlet	verlet			verlet		4 dagen
Knelpunt 2		verlet		verlet			verlet				3 dagen
Knelpunt 3					verlet		verlet				2 dag
Totaal verlet		verlet		verlet	verlet	verlet	verlet		verlet		6 dagen

Schema 7.12: Een fictieve situatie, waarbij drie knelpunten voor verlet zorgen. Het totaal aantal verletdagen van de individuele knelpunten mag niet opgeteld worden voor het totaal aantal verletdagen.

Bovenstaand schema illustreert dat verletdagen (en daarmee ook verletkosten) ten gevolge van verschillende knelpunten niet bij elkaar mogen worden opgeteld. Op dezelfde manier mogen er ook geen voorbarige conclusies getrokken worden uit de baten van een maatregel. Als een maatregel het knelpunt volledig wegneemt, zal het model aangeven dat de verwachte tijdsbesparing gelijk is aan de vertraging ten gevolge van verlet. De verwachte tijdswinst heeft alleen betrekking op de vertraging van het specifieke knelpunt. Het model houdt er geen rekening mee dat een gedeelte van de tijdswinst teniet gedaan zal worden door andere knelpunten, die nog steeds zullen optreden op dagen dat het geëlimineerde knelpunt geen rol meer speelt. Op dezelfde manier mogen er ook geen voorbarige conclusies worden verbonden aan de financiële gegevens (de kosten van verlet en de baten van maatregelen).

Concluderend kan gesteld worden dat er aan de getalsmatige uitkomsten van het model geen harde conclusies verbonden mogen worden. De uitkomsten kunnen ervoor zorgen dat de gebruiker van het model bewust wordt van de knelpunten die er zijn en de mogelijke maatregelen die genomen kunnen worden. De getallen die het model produceert moeten echter met grote voorzichtigheid behandeld worden. Bij voorkeur moet het model gebruikt worden door een deskundige. Bovenstaande beperkingen van het model zijn vertaald in een gebruikshandleiding, die in de verletverkenner is opgenomen. Gebruikers van het model zullen deze gebruikshandleiding eerst moeten lezen, voor ze het model gebruiken.

Hoofdstuk 8

Conclusies en aanbevelingen

8. Conclusies en aanbevelingen

8.1 Inleiding

In dit afsluitende hoofdstuk worden de conclusies van het afstudeertraject besproken. Tevens worden er aanbevelingen gedaan hoe de verletverkenner in de toekomst verder uitgewerkt kan worden.

8.2 Conclusies

De volgende doelstelling is voor dit afstudeertraject opgesteld:

Het ontwikkelen van een model op basis waarvan onderbouwde beslissingen kunnen worden genomen met betrekking tot het nemen van preventieve maatregelen bij onwerkbaar weer.

Het model uit de doelstelling is ontwikkeld. In dit model zijn ruim 200 knelpunten aangaande onwerkbaar weer opgenomen. Om door te kunnen bouwen onder weerkritische omstandigheden worden ruim 100 maatregelen en 125 bijbehorende hulpmiddelen aangedragen. De lijst met knelpunten en maatregelen is daarbij niet volledig.

Met behulp van weerstatistieken kan het model berekenen wat de gevolgen van verlet zijn, uitgedrukt in tijd en kosten. Ook de gevolgen van maatregelen kunnen worden bepaald. Met deze gegevens kan de gebruiker van het model afwegen welke maatregelen ingezet gaan worden. De getalswaarden die het model genereert moeten voorzichtig behandeld worden, omdat deze slechts op statistieken zijn gebaseerd. Er mogen geen harde conclusies aan verbonden worden.

De verletverkenner maakt het mogelijk om bewuster om te gaan met weersomstandigheden in de bouw. Het geeft aan welke knelpunten zich voordoen en welke maatregelen geschikt zijn om te nemen bij deze knelpunten. Hiermee is een model ontwikkeld waarmee bouwbedrijven een slecht-weer-plan kunnen opstellen, zodat verlet niet structureel geaccepteerd hoeft te worden. Daarmee is de doelstelling van het onderzoek gehaald.

8.3 Aanbevelingen

De verletverkenner is nog niet volledig ontwikkeld. Om het model operationeel te krijgen, worden een aantal aanbevelingen gedaan:

- Volledig programmeren van de verletverkenner;
- Opnemen van meer weerscomponenten in de databases. Uit vervolgonderzoek moet blijken welke invloed hitte, relatieve vochtigheid, bliksem, UV-straling, mist en licht hebben op de bouwsector.
- Updaten van de kostengegevens in het model. Dit moet regelmatig gebeuren om actuele conclusies te kunnen blijven trekken.
- Aanvullen van de weerstatistieken. Zowel nieuwe statistieken van reeds gebruikte weerstations als weerstatistieken van andere locaties (landen) kunnen toegevoegd worden.
- Nieuw ontdekte knelpunten en maatregelen opnemen in de database.

Met behulp van bovenstaande aanbevelingen moet het mogelijk zijn om de verletverkenner operationeel te krijgen en te houden, zodat bouwbedrijven een onderbouwde beslissing kunnen nemen over de inzet van maatregelen. Daarmee kan de invloed van weersomstandigheden op de bouw hanteerbaar gemaakt worden.

Geraadpleegde bronnen

Bronnen

1. Beekman, M. (2010). *Weersonafhankelijk bouwen: een studie naar mogelijkheden van weersonafhankelijk bouwen binnen Hendriks Bouwbedrijf*. Tilburg: Avans Hogeschool.
2. Boonekamp, H.A.L. & Paap, Th.J.A. (2000). *Betere arbeidsomstandigheden door verletbestrijding*. Delft: W.D. Meinema B.V.
3. Cook, N. (2007). *Designer's guide to EN 1991-1-4 : Eurocode 1: actions on structures, general actions; part 1-4: Wind actions*. London : Thomas Telford.
4. Flapper, H.A.J. (2004). *Bouwplanning*. Utrecht: ThiemeMeulenhoff.
5. Hazendonk, P (2010). *Weersonafhankelijk bouwen: het ontwikkelen van een hulpmiddel ten behoeve van het slecht-weer-plan*. Eindhoven: TU/e.
6. Infoplaza (onbekend). *Toelichting onwerkbaar weer UAV*.
7. KNMI (2006). *Klimaateffectscheetsboek*. KNMI (www.knmi.nl).
8. Pörteners, S.M.J.M. (2010). *Weersonafhankelijk Bouwen*. Eindhoven: TU/e.
9. Technisch Bureau Bouwnijverheid (2009). *Collectieve arbeidsovereenkomst voor de Bouwnijverheid*. Obdam: BarcC.
10. Visser, M. (2000). *Weersonafhankelijk bouwen: maatregelen ter bestrijding van weersverlet*. Hogeschool van Utrecht: afstudeerverslag.
11. Vissers, M.M.J. (2000). *Uitvoeringstechniek 1 (collegedictaat)*. Eindhoven: TU/e.
12. Vissers, M.M.J. (1999). *Weersonafhankelijk bouwen*. Zoetermeer: RRBouw/VGBouw.
13. Vissers, M.M.J. (1999). *Werkmap Weersonafhankelijk Bouwen*. Eindhoven: TU/e.

Internetbronnen

14. www.aerostarwind.com. Geraadpleegd op 20 december 2010. Bekeken: afbeelding windverloop hoogteverschil.
15. www.hetweeractueel.nl. Geraadpleegd op 10 december 2010. Bekeken: informatie over gevoelstemperatuur.
16. www.knmi.nl. Geraadpleegd op 18 oktober 2010. Bekeken: statistieken van het weer in Nederland.
17. www.monier.nl. Geraadpleegd op 18 maart 2010. Bekeken: afbeelding windgebieden in Nederland.
18. www.nu.nl. Geraadpleegd op 25 februari en 17 december 2010. Bekeken: nieuwsbericht over weer in de bouw.
19. www.stabu.org. Geraadpleegd op 12 april 2011. Bekeken: STABU-codering.
20. www.twijnstragudde.nl. Geraadpleegd op 11 april 2011. Bekeken: GOTIK-beheersaspecten.
21. www.vandale.nl. Geraadpleegd op 3 december 2010. Bekeken: definitie materieel.
22. www.vorstverlet.nl. Geraadpleegd op 28 december 2010. Bekeken: afbeelding dekkingsgebieden weerstations.
23. www.wetten.overheid.nl. Geraadpleegd op 11 april 2011. Bekeken: arbeidsomstandighedenwet.

