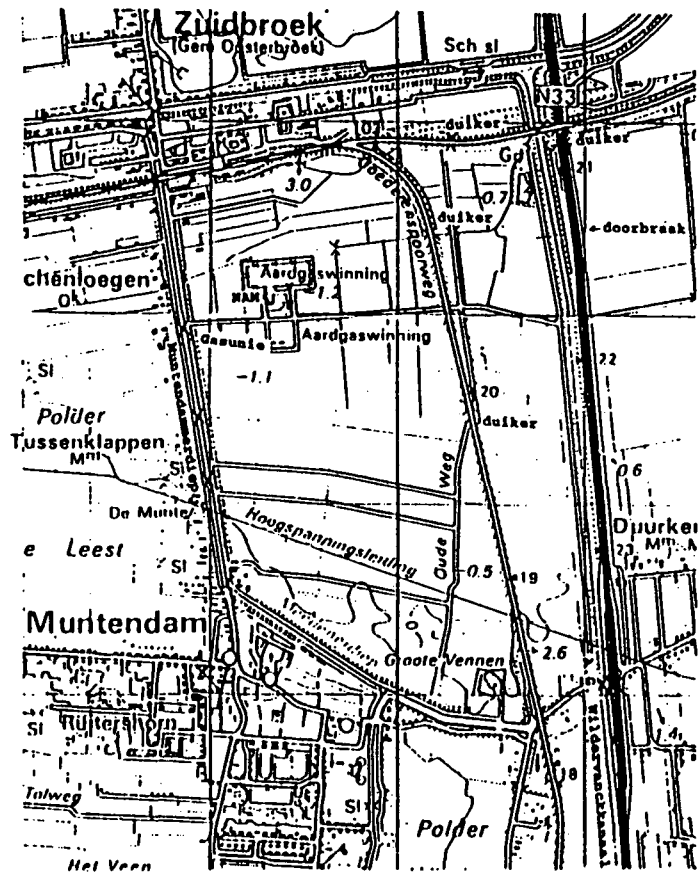


Rapport Tussenklappenpolder

Overzicht van de resultaten van de eerste fase van het onderzoek naar bresgroei en de inundatieschade in het geval van de Tussenklappenpolder

Augustus 1994

S. ten Hove



Technische

Adviscommissie voor de

Waterkeringen

RAPPORT TUSSENKLAPPENPOLDER

**OVERZICHT VAN DE RESULTATEN VAN DE EERSTE FASE
VAN HET ONDERZOEK NAAR BRESGROEI EN DE INUNDATIE-
SCHADE IN HET GEVAL VAN DE TUSSENKLAPPENPOLDER.**

S. ten Hove

Technische
Adviescommissie voor de
Waterkeringen

**Technische Universiteit Delft
Faculteit der Civiele Techniek
Vakgroep Waterbouwkunde**

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING	1
2. LOKATIE	
2.1. Ligging van de polder	2
2.2. Waterhuishouding in en rond de polder	2
2.3. Gebruik van de polder	4
2.4. Doorsnede kanaal en opbouw van de grond in de polder	4
3. DE DIJKDOORBRAAK	
3.1. De boring	6
3.2. De dijkdoorbraak	6
3.3. Het dichten van het gat	6
3.4. De verdere afhandeling	8
4. BRESGROEI	
4.1. Inleiding	9
4.2. Relevante gegevens voor bresgroei onderzoek	9
4.3. Beschikbare gegevens Tussenklappenpolder	10
5. INUNDATIESCHADE	
5.1. Inleiding	13
5.2. Relevante gegevens voor inundatieschade onderzoek	13
5.3. Beschikbare gegevens Tussenklappenpolder	13
6. DISCUSSIE/EVALUATIE	
6.1. Bresgroei	16
6.2. Inundatieschade	16
6.3. Tweede fase van het onderzoek	17
LITERATUUR	18
BIJLAGE A. Gesprekken	20
BIJLAGE B. Berekening maximale stroomsnelheid door het gat	23
BIJLAGE C. Schatting hoeveelheid ingestroomd water	28
BIJLAGE D. Schatting hoeveelheid weggespoeld zand	31
BIJLAGE E. Voorbeeld toetsing inundatieschade aan model	34

hoofdstuk 1

INLEIDING

In de nacht van dinsdag 11 op woensdag 12 augustus 1992 is de westelijke dijk langs het A.G. Wildervanckkanaal tijdens de aanleg van een gasleiding doorgebroken. Daarbij is een groot deel van de aangrenzende Tussenklappenpolder overstroomd en heeft het land een aantal dagen onder water gestaan. Aan de in de polder gelegen akkerbouw, industrie en infrastructuur is aanzienlijke schade toegebracht.

De Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW) is een adviescommissie van de Minister van Verkeer en Waterstaat. De commissie laat onderzoek uitvoeren naar onder andere bresgroei in dijken (TAW-C) en naar inundatie van gebieden en de gevolgen daarvan (TAW-E). In het kader van deze onderzoeken worden proeven gedaan en zijn modellen opgesteld om bresgroei te kunnen simuleren en inundatieschade te schatten.

De doorbraak van de dijk en de overstroming van de Tussenklappenpolder kunnen als praktijkervaring dienen waaraan gegevens kunnen worden ontleend voor het toetsen van de reken- en simulatie modellen. Om een analyse uit te kunnen voeren moet eerst alle beschikbare informatie verzameld worden. Dit rapport geeft een overzicht van de informatie die over de Tussenklappenpolder en de dijkdoorbraak beschikbaar is.

In dit rapport zal eerst de lokatie van de dijkdoorbraak worden beschreven. In de twee daarop volgende hoofdstukken wordt voor respectievelijk bresgroei en inundatieschade weergegeven welke informatie nodig is voor het betreffende onderzoek. Ook wordt aangegeven welke gegevens er in het geval van de Tussenklappenpolder feitelijk bekend zijn. In de discussie/evaluatie die daarna volgt, is beschreven welke gegevens nog missen en wat het belang van die gegevens is.

[In dit rapport wordt de polder 'Tussenklappenpolder' genoemd; in sommige geraadpleegde verslagen wordt de polder ook wel met Tusschenklappenpolder aangeduid.]

hoofdstuk 2

LOKATIE**2.1. LIGGING VAN DE POLDER**

De Tussenklappenpolder ligt in de provincie Groningen, ten zuidoosten van de stad Groningen. Aan de noordkant van de polder ligt het dorp Zuidbroek en ten zuiden ervan ligt Muntendam, waar het gemeentehuis staat van de gemeente Menterwolde, waaronder ook de Tussenklappenpolder valt.

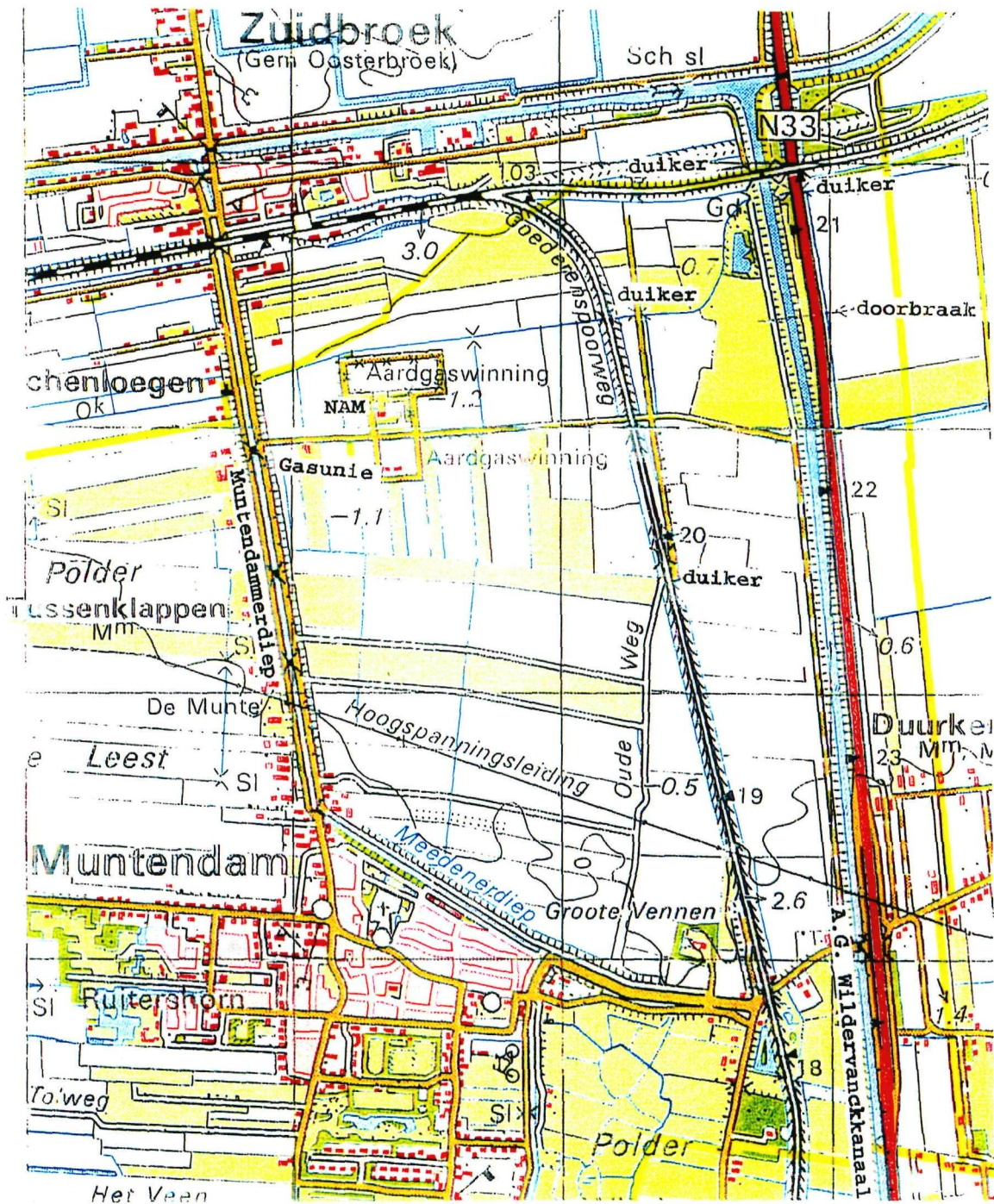
De polder wordt aan de noordzijde begrensd door een hoge spoordijk waarover het spoor Groningen - Nieuweschans loopt en aan de oostzijde begrensd door het A.G. Wildervanckkanaal. De zuid- en westzijde zijn begrensd door kleinere kanalen respectievelijk het Meedenerdiep en het Muntendammerdiep.

2.2. WATERHUISHOUDING IN EN ROND DE POLDER

Aan de westkant van de polder ligt het gemaal De Munte, dat water via een duiker uit de polder het Muntendammerdiep in pompt. De waterstand in de polder is NAP-2,20 m, maar deze varieert nog weleens met enkele centimeters. De polder wordt doorsneden door een aantal waterlopen, waarvan de grootste, de Leest, via een duiker onder het A.G. Wildervanckkanaal en de N33, verbonden is met de polder die ten oosten van het kanaal ligt. Via deze duiker wordt overtollig water afgevoerd. Onder de spoorbaan, die de polder in tweeën splitst, liggen twee duikers. Verder ligt er een kleine duiker onder de hoge spoorbaan in het noorden, die uitloopt in een industrieterrein (zie figuur 2.1).

Het A.G. Wildervanckkanaal maakt deel uit van een groot netwerk van kanalen. Het staat in directe verbinding met het Winschoterdiep tot aan Winschoten, de wateren in de stad Groningen, het Zuidlaardermeer, het Eemskanaal tot aan Delfzijl, het Reitdiep tot aan de Dorkwerdersluis en het Noord-Willemskanaal tot aan de sluis bij De Punt. Genoemde wateren vormen het grootste deel van de boezemkanalen van de provincie Groningen. Het waterpeil in de boezemkanalen wordt op NAP + 0,62 m gehouden

Behalve de sluis bij De Punt liggen er schutsluizen in Zuidbroek, Scheemda, Groningen (Oostersluis), Dorkwerd en Delfzijl. Gemalen die na de dijkdoorbraak bijgedragen hebben aan het herstellen van het normale waterpeil staan in De Punt, De Munte en Dokwerd



figuur 2.1 Indeling Tussenklappenpolder

2.3. GEBRUIK VAN DE POLDER

Het oppervlak van de polder bestaat ongeveer 525 ha. Er wordt voornamelijk akkerbouw bedreven. Op het land worden vooral suikerbieten, consumptie-, fabrieks- en pootaard-appelen verbouwd. Op enkele percelen worden bonen, tarwe en gerst verbouwd en op een gedeelte staat gras dat voor de veeteelt wordt gebruikt.

Ook de NAM en de Gasunie gebruiken grond in de polder (zie figuur 2.1). De NAM heeft in de polder een gaswinningsstation (7,8 ha) en de Gasunie heeft daarnaast een overname station (2,6 ha). Door de polder loopt een niet geëlektrificeerde enkelsporige goederenspoorbaan waarover een fabriek van Billiton en het containeroverslag bedrijf Jonker in Veendam bevoorrad worden. Het laagste punt van de spoorbaan is gelegen op NAP.

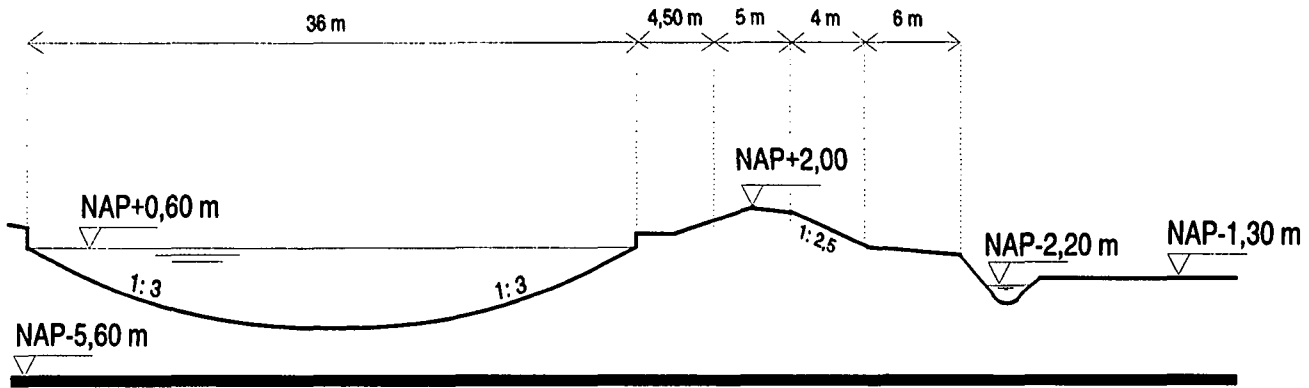
Er staan drie boerderijen in de polder. Voorts lopen er nog wat kleine weggetjes door het gebied. De waterlopen, duikers en het waterpeil vallen onder verantwoordelijkheid van het waterschap Eemzijlvest. De aangrenzende kanalen en dijken worden beheerd door de Dienst Beheer Wegen en Kanalen van de provincie Groningen. Wegen en fietspaden worden beheerd door de gemeente; de spoordijk door de NV Nederlandse Spoorwegen.

2.4. DOORSNEDE KANAAL EN OPBOUW VAN DE GROND IN DE POLDER

De dwarsdoorsnede van het A.G. Wildervanckkanaal is in figuur 2.2 geschetst. De beide dijken hebben een kruinhoogte van NAP+2,00 m en zijn opgebouwd uit een zandkern met daarop een kleilaag van 0,3 tot 0,4 m; de dijken zijn slecht waterdoorlatend. De dijken hebben taluds van 1:2,5 en een 5 m brede berm. Over de oostelijke dijk loopt de Rijksweg N33. De kanaalbodem ligt op NAP-3,30 m. Op de bodem van het kanaal ligt een laag klei als afdichting.

De hoogte van het maaiveld in de polder varieert van NAP+1,0 m tot NAP-1,4 m. Het zuidelijke deel van de polder ligt hoger dan het noordelijke deel.

De bodem in de polder is opgebouwd uit een zandige kleilaag van enkele decimeters dik met daaronder een veenlaag van ongeveer een halve meter (tot NAP-2,20 m). Ter plaatse van de watergangen ontbreekt deze veenlaag, omdat de watergangen dieper reiken dan NAP-2,20 m. Onder de veenlaag ligt een zandpakket waarvan de eerste 10 meter uit fijn zand bestaat. De onderste meters bevatten grof zand en/of fijn grind [Grondmechanica Delft].



figuur 2.2 Doorsnede A.G. Wildervanckkanaal

hoofdstuk 3

DE DIJKDOORBRAAK**3.1. DE BORING**

De aardgasleiding werd in opdracht van de Gasunie door aannemer NACAP aangelegd. De kruising met het A.G. Wildervanckkanaal en met de N33 werd uitgevoerd door onderaannemer Visser en Smit Hanab. De nieuw aan te leggen leiding werd vanuit een perskuip met behulp van een gesloten schildboring over een lengte van ongeveer 157 m horizontaal van west naar oost onder het A.G. Wildervanckkanaal en de N33 naar een ontvangkuip geperst. De diameter van de leiding is 48" of bijna 1220 mm. De bovenkant van de leiding ligt op NAP-5,60 m [Grondmechanica Delft].

3.2. DE DIJKDOORBRAAK

Tijdens de aanleg, die vierentwintig uur per dag doorging, deden zich, ondanks twee geïnstalleerde deepwells, enkele lekkages voor in de hulpkuip (het voorste deel van de perskuip). Deze lekkages (waarbij ook zand werd meegevoerd) werden met eenvoudige middelen gestopt. Nadat op woensdag 12 augustus om 1.20 uur ('s nachts) was begonnen met het boren van de 5^{de} pijp heeft om ongeveer 2.45 uur de westelijke dijk van het A.G. Wildervanckkanaal het begeven. Het boorfront lag op dat moment 23 m oostelijk van de as van het kanaal [Grondmechanica Delft].

3.3. HET DICHTEN VAN HET GAT

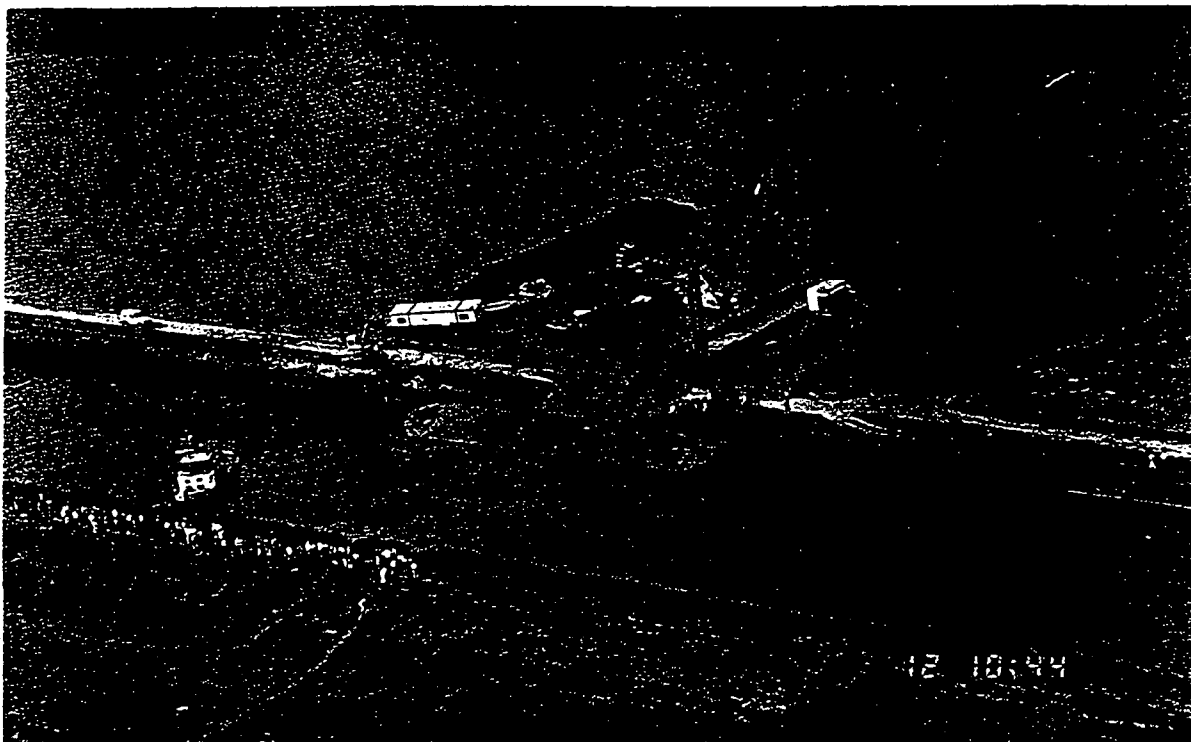
Hieronder volgt een beknopte samenvatting van de belangrijkste gebeurtenissen die op de dijkdoorbraak volgden. De informatie komt uit de rapportage van het Crisis- en Beleidsteam en uit de beschrijving gegeven door Vuyk (1993).

Vanaf het moment van de doorbraak worden in hoog tempo alle betrokkenen en verantwoordelijke instanties op de hoogte gesteld; er wordt een Crisisteam samengesteld.

Dit Crisisteam bestaat uit: de burgemeester (voorzitter), de gemeentesecretaris, de ambtenaar rampenbestrijding en tevens gemeentevoorlichter, de korpschef Gemeente-politie Veendam, de hulpofficier van justitie, de provinciale ambtenaar van Openbare orde en Veiligheid, de stafofficier en de politievoorlichter van de Rijkspolitie en de Regionale Brandweer.

In allerijl worden werkzaamheden voorbereid om het gat zo snel mogelijk te dichten. Men besluit de duikers onder de spoordijk bij Zuidbroek en onder het A.G. Wildervanckkanaal af te sluiten. Vanaf ongeveer 9.00 uur woensdagmorgen wordt met vrachtauto's puin, dat snel beschikbaar is in het gat gestort en er wordt een ponton voor het gat afgezonken. Door het grote niveauverschil tussen kanaalpeil en polderland (1,82 m) en doordat het ponton niet diep genoeg ligt, blijft het water met een zodanig grote snelheid stromen (3,5 tot 6,0 m/s, zie bijlage B) dat veel provisorisch dichtingsmateriaal meegevoerd wordt. Op de foto (figuur 3.1) is een overzicht te zien van het gat met het

afgezonken ponton, de perskuip en een deel van het overstroomde land in de polder. Deze foto is om 10.44 uur woensdagochtend (12 augustus 1992) door de Rijkspolitie genomen.



figuur 3.1 Overzichtsfoto van het ontstane gat

Rond 12.00 uur blijkt dat door beperkte manoeuvreerruimte de vrachtauto's niet genoeg materiaal kunnen aanvoeren.

Het oostelijke deel van de polder staat binnen enkele uren voor een groot deel onder water. De weggetjes en de spoorbaan die door de polder lopen worden afgesloten voor gebruik (er is veel bekijks van belangstellenden). De bewoners in de polder worden op de hoogte gesteld van het gebeurde, maar er wordt niet verwacht dat het water hun boerderijen zal bereiken. Eén boer moet uit voorzorg zijn koeien van het land halen

Om 13.30 uur arriveert het eerste van twee kraanschepen van aannemer Heuvelman bij het gat. De twee kraanschepen zetten het inmiddels gecoördineerd aangevoerde dichtingsmateriaal (zand) over van de N33 naar het gat. Omstreeks 17.30 uur wordt besloten een pontonbrug vanaf de N33 naar het gat te laten aanleggen door de genie. De sluis bij Zuidbroek wordt om 19.00 uur afgesloten om watertoevoer naar het A.G. Wildervanckkanaal te stoppen. De sluis te Scheemda wordt niet afgesloten, omdat de watertoevoer van die kant gering is.

Laat in de avond wordt bij één boerderij, die in het noordwesten van de polder is gelegen, uit voorzorg een zandvoorraad (voor een nooddijkje) aangelegd, mocht in het westelijke deel van de polder het water hoger komen dan verwacht. Het zand blijkt later niet nodig.

Om 24.00 uur is de genie ter plekke. Donderdagochtend 13 augustus rond 5.50 uur is de pontonbrug gereed en is ook het gat in de dijk zodanig gedicht dat er geen water meer door stroomt.

Tegelijkertijd nivelleert het water, dat door twee duikers onder de spoorbaan loopt, in de polder over de delen ten oosten en ten westen van de spoorbaan. De spoorbaan heeft gedurende anderhalve dag een zeker verval moeten keren en er is over een lengte van ongeveer 300 m water over de baan gestroomd [**Rapportage Beleidsteam**].

Na de sluiting van het gat wordt de pontonbrug gebruikt om het stroomgat dat in de polder en in de bodem van het kanaal is ontstaan verder aan te vullen met klei. Rond 8.40 uur wordt het Crisisteam opgeheven.

3.4. DE VERDERE AFHANDELING

Voor het coördineren van het herstel van de normale situatie wordt er een Beleidsteam samengesteld dat bestaat uit mensen van verschillende diensten van de provincie Groningen (Dienst VVI, DWK, WEB, M&W, ZPG), de betrokken Waterschappen, de N.V. Nederlandse Gasunie, het Ministerie van Defensie, de Nederlandse Spoorwegen en de Gemeentepolitie Veendam.

Nadat het gat in de dijk provisorisch is gedicht en het stroomgat is opgevuld, wordt op de plaats van de doorbraak de dijk verder met klei versterkt zodat deze het gebruikelijke verval tussen kanaal- en polderpeil van 2,82 m kan keren. De dijk wordt aan de polderzijde uitgebouwd en wordt twee maal zo breed als in de oorspronkelijke vorm. Voor het opvullen van het stroomgat en het versterken van de dijk is in totaal 4000 m³ klei gebruikt (zie Bijlage D).

Vanaf vrijdagavond 14 augustus begint men water met pompen en via het gemaal De Munte uit de polder te pompen. Zaterdag 15 augustus is rond 6.00 uur de versteviging van de dijk gereed en kan de duiker onder het kanaal iets geopend worden om ook via de polder die ten oosten van de N33 is gelegen, water af te voeren. Het waterpeil in de polder zakt geleidelijk en op donderdag 20 augustus is het waterpeil in de sloten weer normaal. Het boezempeil ten westen van Zuidbroek is vrijdagmorgen (14 augustus) op het normale peil van NAP +0,62 m; ten oosten van Zuidbroek wordt dit peil op vrijdag 21 augustus bereikt.

hoofdstuk 4

BRESGROEI**4.1. INLEIDING**

Op verscheidene fronten wordt er (ook in TAW verband) onderzoek naar bresgroei gedaan, onder andere met behulp van proeven in stroom- en golfgoten. Om de modellen en theorieën die in de loop van de tijd zijn ontwikkeld, aan de werkelijkheid te toetsen, is het belangrijk om praktijkgevallen te analyseren. In het kader van een dergelijke analyse is van de overstroming van de Tussenklappenpolder de beschikbare informatie verzameld en gerangschikt.

Hieronder zal eerst in algemene zin worden besproken welke gegevens belangrijk zijn voor een analyse. Daarna volgt een overzicht van de gegevens die met betrekking tot bresgroei in de dijk van het A.G. Wildervanckkanaal daadwerkelijk beschikbaar zijn. Deze gegevens komen uit bestaande rapporten en uit gesprekken met direct betrokkenen. Het hoofdstuk eindigt met een overzicht van ontbrekende informatie.

4.2. RELEVANTE GEGEVENS VOOR BRESGROEI ONDERZOEK

Voor het bresgroei-onderzoek gaat het erom de verschillende afmetingen van een gat in een dijk op verschillende tijdstippen te weten. Gezocht wordt naar een tijd - afmetingen relatie. Hierbij is van die afmetingen de breedte van het gat het belangrijkste, maar ook de diepte en de vorm van het gat spelen een rol.

Belangrijk voor bresgroei is het bezwijkmechanisme. In de bestaande modellen wordt vaak uitgegaan van een dijk die overstroomd wordt waarbij de dijk aan de achterzijde begint af te kalven. Het water 'vreet' aldus een geul in de dijk tot aan de voorzijde. Pas dan zal het gat zich in de breedte vergroten. Een dijk kan echter ook ondermijnd worden waarna ineens een groot stuk dijk weggeslagen wordt en er dus in mindere mate een geleidelijke groei van een bres plaatsvindt.

De opbouw van de dijk, de gebruikte constructie en materialen, bepalen mede de groeisnelheid en de uiteindelijk te bereiken evenwichtsafmetingen van het gat. Het moet bekend zijn hoe de doorsnede van de dijk (hoogte en breedte van de kruin, talud-helling en oppervlak, beschoeiing, etc.) er op het moment van de doorbraak uit ziet en welke materialen zijn gebruikt.

Een evenwichtsafmeting van het stroomgat wordt bereikt als de stroomsnelheden te laag zijn om de dijk verder af te kalven. Dit kan gebeuren doordat het water in het geïnundeerde gebied zodanig hoger is komen te staan dat het waterstands-verschil met het buitendijkse water te klein is geworden. Ook kan dit waterstandsverschil te klein worden doordat de stand van het buitendijkse water is gezakt door weglappend water. Of door beide verschijnselen samen. Aan de hand van waterstanden in buitendijks- en geïnundeerd gebied kunnen het waterstandsverschil en daarmee ook stroomsnelheden worden bepaald.

4.3. BESCHIKBARE GEGEVENS TUSSENKLAPPENPOLDER

Hieronder volgt een overzicht van de gegevens die in het geval van de Tussenklappenpolder met betrekking tot bresgroei bekend zijn.

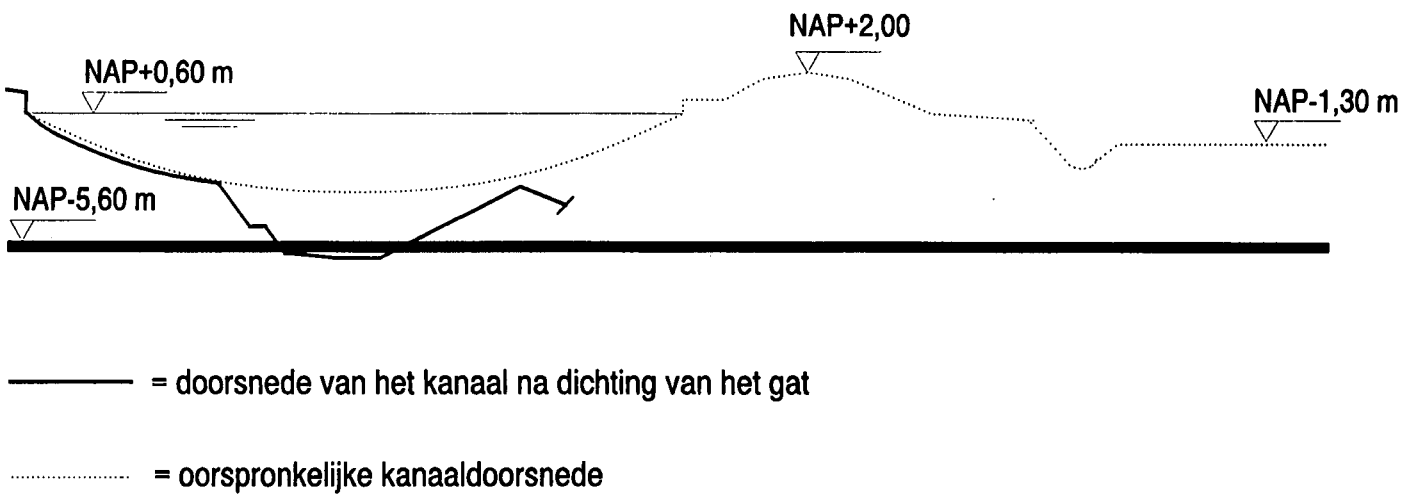
Over het belangrijkste facet, de bresafmetingen in de tijd, is slechts een beperkte hoeveelheid gedetailleerde informatie bekend. Wat betreft de breedte van het gat gedurende de eerste uren zijn er twee waarnemingen. De meest uitgebreide informatie is afkomstig van de leider van het team dat op het moment van de doorbraak in de boorput aan het werk was. Uit zijn informatie blijkt dat er water met grote kracht voor de hulpkuip (die ongeveer 20 m achter de dijk lag) omhoog begon te komen. Deze stroom voerde zand mee en vrat zich een weg naar de voet van de dijk en erodeerde daar vervolgens de dijk aan de polderzijde. De breedte van de als maar langer wordende gleuf bedroeg aanvankelijk zo'n 1 à 2 m. Ongeveer 20 min. na het begin van de lekkage brak de dijk door, waarna in 2 tot 4 uur het gat tot een breedte van 21 m is gegroeid. Omdat de doorbraak 's nachts plaatsvond (en het dus donker was) en omdat de aanwezigen zichzelf in veiligheid moesten brengen zijn precieze afmetingen en tijdstippen niet voorhanden.

De tweede waarneming maakt melding van een gatbreedte van 10 m, 2½ tot 3 uur na de doorbraak [Rozema, 1992].

In het rapport van Grondmechanica Delft wordt als oorzaak van de doorbraak een zwakke en verstoorde kanaalbodem genoemd. Het water is door de bodem en langs de aan te leggen leiding gaan stromen en heeft daarbij zand meegevoerd. Hierdoor is de dijk ondermijnd en vervolgens bezweken.

De uiteindelijke (evenwichts-)breedte van het gat varieert in de waarnemingen en verslagen van 20 m tot rond de 35 m. Precieze metingen zijn niet gedaan. De meeste betrokkenen schatten de evenwichtsbreedte op ca. 21 m. Schattingen gebaseerd op foto's van de Rijkspolitie geven geen exacte waarde voor de evenwichtsbreedte maar variëren tussen de 20 en 23 m.

Van de diepte van het stroomgat in de kanaalbodem is meer bekend. Zo zijn er op donderdagochtend (13 augustus) tussen 10 en 12 uur, toen het gat in de dijk al gedicht was, op vijf plaatsen rond de plaats van de doorbraak door de provinciale Dienst DWK, afdeling Zuid, peilingen verricht (zie figuur 4.1). Omdat er op dat moment al een nooddijk lag, is er niets bekend over de vorm en diepte van het stroomgat op de plaats waar normaal de dijk ligt. De betrokkenen vermoeden dat de bodem van het kanaal tot 1 m onder de leiding en tot halverwege het kanaal is uitgespoeld. Dit betekent een gat met een diepte tot NAP-7,5 m. Dat is ruim 4 m lager dan de kanaalbodem en ongeveer 6 m onder het maaiveld van de Tussenklappenpolder.



figuur 4.1 Kanaaldoorsnede-peiling ter hoogte van leiding

De dijk bestaat uit een kern van zand afgedekt met een 0,30 -0,40 m dikke laag klei [Grondmechanica Delft]. De beide dijkuiteinden bleven na de doorbraak als bijna verticale wanden overeind staan.

De waterstanden in enkele boezemkanalen zijn bekend. Het waterstandsverloop in Zuidbroek, bij de Oostersluis en het Zuidlaardermeer [Rapportage Beleidsteam] is van voor de doorbraak tot tien dagen erna bekend. De waterstanden bij het gemaal De Punt en het gemaal De Munte [Rozema, 1992] zijn alleen bekend van enkele uren na de doorbraak tot tien dagen erna. De standen zijn over het algemeen met automatische waterstandsmeters bijgehouden. Het totale oppervlak van de boezemkanalen wordt door de Provincie geschat op 1550 ha (zie Bijlage C).

Gedetailleerde gegevens over waterstanden in de polder zelf zijn niet voorhanden. Na een dag zijn er metingen gestart bij de Vennenweg, in de zuidwesthoek van de polder [Rozema, 1992]. Hier heeft men echter de stand met een duiker geregeld, om een beheerste afvoer van het overtollige water naar het gemaal De Munte te verzekeren. Zodoende zijn deze metingen niet representatief om er een algemene waterstandsverhoging in de polder uit af te leiden.

In het ondergelopen gedeelte van de polder is een aantal maximale standen gemeten; aan de oostzijde van de spoorbaan NAP+0,08 m en bij de duiker onder het kanaal en de N33 NAP+0,20 m [Rozema, 1992]. De egalisatiewaterstand in de polder bereikte uiteindelijk de stand van NAP-0,65 m [Rozema, 1992]. Tijdstippen waarop deze hoogste- en egalisatie waterstanden werden bereikt, zijn niet bekend.

Het oorspronkelijke niveauverschil tussen kanaal- en polderpeil bedroeg ongeveer 2,8 m. De grootste opgetreden stroomsnelheid in het gat wordt door de Provincie geschat op 6 tot 7 m/s. In bijlage B is de berekening gegeven van de maximale stroomsnelheid die zich in het gat heeft kunnen ontwikkelen. Op woensdag 12 augustus 9.00 uur (ongeveer 6 uur na de doorbraak) is er een waterstandsverschil tussen het kanaal en de polder gemeten van 0,50 meter [Rapportage Crisisteam].

De hoeveelheid water die de polder is ingestroomd, wordt door het Waterschap en de Provincie geschat op 2,5 miljoen m³ (zie Bijlage C).

hoofdstuk 5

INUNDATIESCHADE**5.1. INLEIDING**

Met inundatieschade wordt de schade bedoeld die ontstaat wanneer een stuk land onder water komt te staan bij het doorbreken of overstromen van een waterkering. Deze schade kan worden toegebracht aan de grond zelf als structuur- of bemestingschade, maar ook aan bijvoorbeeld bebouwing of gewassen. Om bij overstromingen een voorspelling of schatting van de schade te kunnen geven, is een model opgesteld [TNO-Bouw].

De basis van dit model is dat een zekere waarde aan de verschillende gebruiksvormen van het land, zoals akkerbouw, industrie, woningen, etc. wordt toegekend. Vervolgens wordt er (uit inundatiediepte-schadefactor grafieken die voor elke gebruiksvorm zijn vastgesteld) een schadefactor bepaald aan de hand van de hoogte van de waterstand op het betreffende stuk land. Door nu de waarde te vermenigvuldigen met de schadefactor en het oppervlak wordt de schade bepaald. Omdat overstromingen in Nederland weinig voorkomen is de Tussenklappenpolder een goed praktijkgeval om dit model te toetsen.

In dit hoofdstuk volgt eerst een overzicht van de gegevens die voor een dergelijke toetsing belangrijk zijn. Daarna wordt aangegeven welke van die gegevens feitelijk bekend zijn.

5.2. RELEVANTE GEGEVENS VOOR INUNDATIESCHADE ONDERZOEK

Voor de analyse van inundatieschade is het belangrijk om te weten waarvoor het betreffende stuk land wordt gebruikt en hoe groot het is. Bij industrie wordt er onderscheid gemaakt in hoog- en laagwaardige industrie. Infrastructuur, wegen, spoorwegen en waterlopen worden naar lengte en klasse ingedeeld.

De schadefactor voor een stuk land wordt bepaald door de inundatiediepte en de saliniteit van het water.

Om een schade vast te stellen is het nodig het oppervlak per gebruiksvorm en de inundatiediepte te bepalen. Daarna kan een totale schade per perceel of groter gebied worden bepaald.

Om de uitkomst van het model te kunnen toetsen moet de in de praktijk veroorzaakte schade (zo gedetailleerd mogelijk) bekend zijn.

5.3. BESCHIKBARE GEGEVENS TUSSENKLAPPENPOLDER

Van de Tussenklappenpolder is voor het grootste deel bekend wat de gebruiksvorm per perceel was op het moment van de dijkdoorbraak.

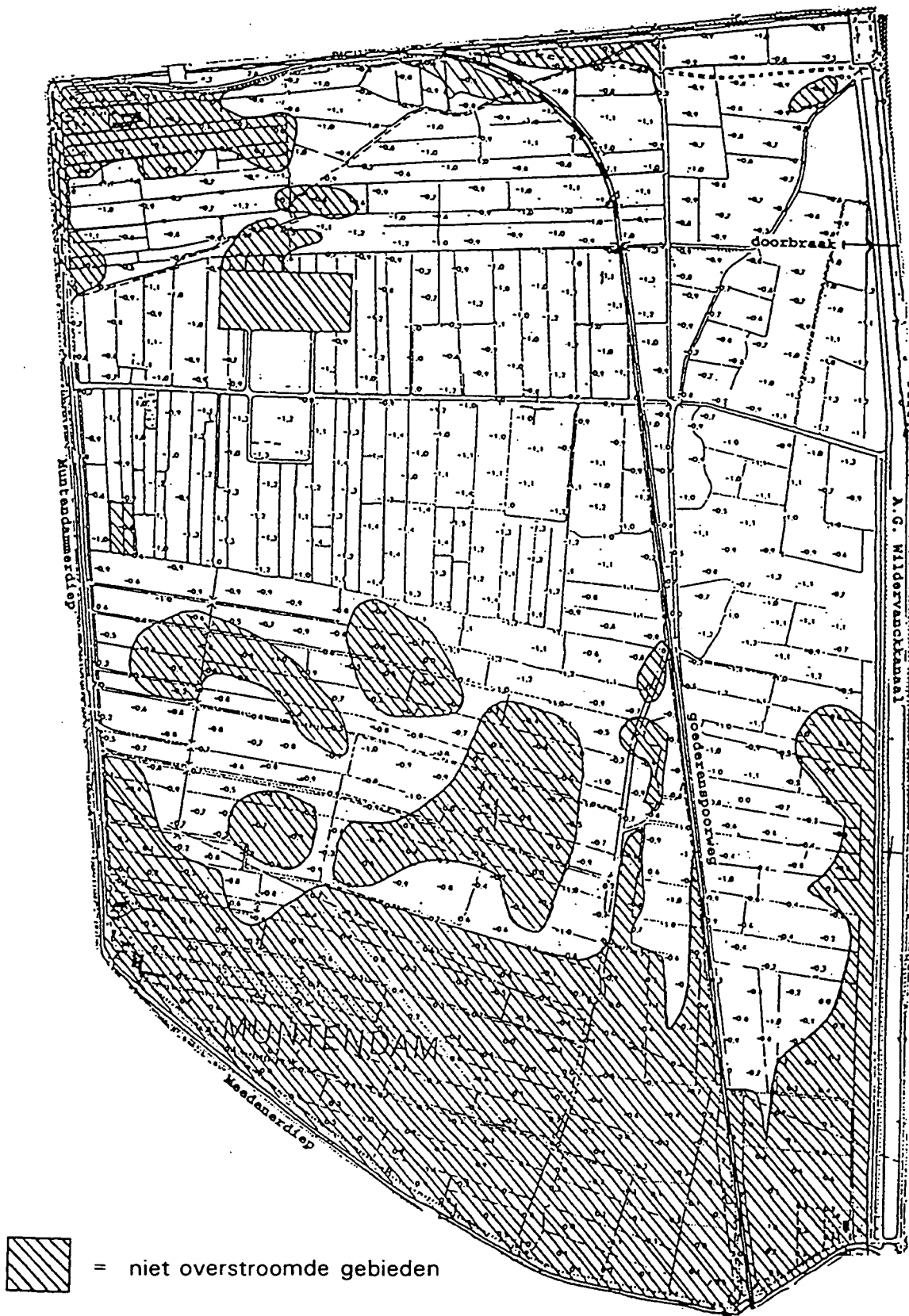
Er is 363 ha landbouwgrond onder water gelopen [Gasunie]. Voor de akkerbouw is aangegeven welk gewas er op welk perceel verbouwd werd, hoewel voor een aantal percelen dit niet met zekerheid te zeggen is. Van de percelen is het oppervlak gegeven en van de meeste percelen is ook de positie binnen de polder bekend. Aan de hand van een hoogtekaart en de waterstand (NAP-0,65m), die bereikt werd nadat het water genivelleerd was over beide delen van de polder, kan de inundatiediepte per perceel of gedeelten daarvan bepaald worden [Gasunie]. Ook is er een kaart beschikbaar waarop is aangegeven welk gedeelte van de polder is ondergelopen (zie figuur 5.1 [Oranjewoud]). Per perceel is de uitgekeerde schadevergoeding bekend. Deze vergoeding heeft betrekking op de schade die in het jaar van de doorbraak is ontstaan evenals de indirecte schade die het jaar daarna werd aangetoond [Gasunie]. In Bijlage E is een voorbeeld van toetsing van het model aan de werkelijkheid voor één perceel gegeven.

Aan de boerderijen in de polder is geen schade opgetreden. Andere woningen dan boerderijen staan niet in de polder. Een enkele schuur heeft wateroverlast gehad, maar hierbij is geen schade ontstaan aan de schuren of de inhoud daarvan.

In de sector industrie is directe schade toegebracht aan het NAM gaswinningsstation (zie figuur 2.1). Door de Gasunie is de grootte van de totaal aangerichte schade opgegeven. Het oppervlak van de locatie (totaal 7,8 ha, ondergelopen 2,1 ha) is op basis van gedetailleerde kaarten geschat. Het water heeft op die plaats 0,30 m hoog gestaan [Rapportage Crisisteam].

Verder is er door de industrie indirecte schade opgelopen doordat de spoorbaan die door de polder loopt enige tijd onbruikbaar is geweest. Pas nadat het water tot een veilig niveau was teruggebracht, konden er weer treinen over de baan rijden zonder dat deze zware goederentreinen schade aan de baan zouden aanrichten. Hierdoor kon een fabriek van Billiton vijf en een halve dag niet worden bevoorrad en is de bedrijfsvoering van containeroverslag-bedrijf Jonker in Veendam gestremd geweest.

Schade aan de infrastructuur in de polder bestaat uit schade aan de spoorbaan, de watergangen en de duikers. De aard en hoogte van de schade die aan de spoorbaan is aangericht, is echter nog niet vastgesteld. De afhandeling van de procedure is nog niet afgerond. Aan de watergangen en duikers is schade toegebracht; hier is gedetailleerde informatie over beschikbaar in een kostenraming met een bijbehorende kaart waarop de te herstellen objecten staan aangegeven. In de kostenraming is aangegeven welke materialen over welke lengte vervangen moeten worden [Oranjewoud]. Aan de kleine weggetjes in de polder is geen schade aangericht.



figuur 5.1 Overzicht ondergelopen gedeelte van de polder

hoofdstuk 6

DISCUSSIE/EVALUATIE

6.1. BRESGROEI

Er zijn te weinig gegevens over de eerste uren na de doorbraak beschikbaar, om precies te kunnen zeggen hoe groot het gat direct na de doorbraak is geweest en hoe snel het gat in de tijd is gegroeid. De mensen die op dat moment ter plekke aan het werk waren hebben daar iets van kunnen zien. Ze werden echter zelf door het water bedreigd en moesten snel een goed heenkomen zoeken. Daardoor en ook omdat het donker was (2.45 uur 's nachts) hebben deze mensen niet veel van de ontwikkeling van het gat in de eerste momenten kunnen zien. Dit is vernomen van mensen die bij het project betrokken waren via de Gasunie en de aannemer.

Belangrijk is de waarneming van de wijze waarop de dijk ondermijnd en bezweken is. Daarnaast zijn enkele ruwe afmetingen en tijdstippen bekend.

De andere mensen die het gat hebben gezien waren pas veel later ter plekke. Ze hebben voornamelijk de uiteindelijke evenwichtsbreedte gezien.

Waterstanden zijn in de kanalen rondom de polder gedetailleerd bijgehouden door automatische waterstandsmeters. Echter in de polder zelf zijn, op een enkele peiling na, geen metingen op vaste punten en vaste tijdstippen gedaan waaruit een goed overzicht van het verloop van de waterstand in de tijd zou kunnen blijken. Hierdoor is het niet mogelijk het waterstandsverschil tussen de polder en het kanaal in de tijd te bepalen.

Omdat alle betrokkenen in grote haast moesten zorgen voor een snelle afdichting van het gat, is er voor het doen van metingen geen tijd en interesse geweest. Het maken van een gedegen analyse van de bresgroei in het geval van de Tussenklappenpolder zal door het gebrek aan gedetailleerde gegevens moeilijk worden.

6.2. INUNDATIESCHADE

Over de inundatieschade is veel bekend. Voor het grootste deel zijn de soorten gewassen met de oppervlakte gedetailleerd in kaart gebracht. Hetzelfde geldt voor de duikers, waarvan bekend is op welke plaatsen welke schade is aangericht. Omdat voor de watergangen alleen totaal schaden bekend zijn, is daar geen gedetailleerde analyse van te maken. Dit geldt ook voor de spoorbaan waarvan de uiteindelijk aangerichte schade, de overstromde lengte en de hoogteligging niet exact bekend zijn.

Door de grote financiële belangen van de gedupeerden en de verzekeringsmaatschappij, zijn bij de schadeafhandeling veel facetten uitgebreid in kaart gebracht en zijn uitgebreide kostenberekeningen opgesteld. Met deze gegevens kan een gedegen analyse worden gemaakt van de inundatieschade in de Tussenklappenpolder.

6.3. TWEEDE FASE VAN HET ONDERZOEK

In de tweede fase van dit onderzoek zal een nadere analyse van de verzamelde gegevens worden gemaakt.

Vanwege de beperkte hoeveelheid informatie is het niet mogelijk de bresgroei voor het geval van de Tussenklappenpolder gedetailleerd en met zekerheid te analyseren. In het kader van het bresgroei-onderzoek zal daarom, met de beschikbare gegevens, met behulp van het computerprogramma RAMP worden geprobeerd een simulatie te maken.

De analyse van de inundatieschade zal de (detail) uitwerking van de beschikbare gegevens omvatten, zodat een compleet overzicht ontstaat. Daarna zal een vergelijking met het model, zoals dat door TNO-bouw is opgesteld, plaatsvinden.

LITERATUUR

1. **Gasunie**, Eindrapport agrarische schade Tusschenklappenpolder, 1992 landbouw schade 1992.
2. **Gasunie**, Eindrapport afhandeling schaden overstroming Tusschenklappenpolder, 1993.
3. **Grondmechanica Delft**. Kruising 48" aardgasleiding met A.G. Wildervanckkanaal te Zuidbroek, Onderzoek naar oorzaak dijkdoorbraak, sept.1992.
4. **Oranjewoud**, Rapport, Onderzoek inzake cultuurtechnische schade in de Tusschenklappenpolder, okt. 1992.
5. **Oranjewoud**, Kostenramingen, Onderzoek inzake cultuurtechnische schade in de Tusschenklappenpolder, okt. 1992.
6. **Rapportage Beleidsteam dijk Muntendam**.
7. **Rapportage Crisisteam**.
8. **Rozema, H.**, Waterschap Eemzijlvest, 1992. Verslag gebeurtenissen en waterstanden, sept 1992.
9. **TNO-bouw**, Bepaling van schade, slachtoffers en de toelaatbare frequentie bij inundatie, rapport nr. B-92-0490, dec.1992.
10. **Vuyk, R.** 1993. Dijkdoorbraak in de Tussenklappenpolder, Vakgroep Bestuursrecht en Bestuurskunde van de faculteit der Rechtsgeleerdheid, Rijksuniversiteit Groningen.

Hieronder is een overzicht gegeven van literatuur die wel is geraadpleegd, maar waar in de tekst niet naar wordt verwezen.

11. **DWW**, beschrijving van het programma RAMP, nov.1992.
12. **Oranjewoud actueel**, Cultuurtechnische schade in Tussenklappenpolder, feb.1993.
13. **TAW, IHE**, Sediment transport conceptions for breach erosion models, juli 1993.
14. **Tijding**, Verschillende krant artikelen, okt.1992.
15. **TNO-bouw**, Toepassing inundatiefrequentie criteria van TAW-E op 'de Brielse dijkkring' in de provincie Zuid-Holland, rapport nr.B-91-0653, dec.1992.
16. **TNO-bouw**, Toepassing inundatiefrequentie criteria van TAW-E op 'de Brielse dijkkring' in de provincie Zuid-Holland, bijlage, rapport nr.B-91-0653, dec.1992.

17. **TU Delft/WL**, Bresgroei, Deel 2: 2DV-ontwikkeling initiële bres, Band A: Verslag onderzoek Scheldegoot, aug.1992.
18. **TU Delft/WL**, Bresgroei, Deel 2: 2DV-ontwikkeling initiële bres, Band B: Analytisch model, aug.1992.
19. **Wit, J.M. de, Hergarden, H.J.A.M., Ringers, J.A., Spiekhout, J.** 1992. Boringen vragen extra zorgvuldigheid, Land en Water, dec. 1992.
20. **WL**, Bresgroei, Deel 4: Pragmatische modellering breedtegroei, Verslag bureau studie, dec.1993.

BIJLAGE A

GESPREKKEN

In deze bijlage wordt een overzicht gegeven van de personen waarmee over de dijkdoorbraak van de Tussenklappenpolder en de schade die daardoor is ontstaan, is gesproken en welke informatie daarbij is verkregen. Er zijn ook enkele namen van mensen opgenomen waarmee alleen telefonisch contact is geweest en die gegevens telefonisch hebben doorgegeven of die gegevens hebben toegezonden.

Dhr. F. van Veen.**Provincie Groningen****Dienst VVI, afdeling Infrastructuur**

De heer Van Veen was voorzitter van het Beleidsteam dat na een dag is begonnen met de verdere afwerking van het gat, het leegpompen van de polder en bijkomende problemen heeft opgelost. Dhr Van Veen beschikt over informatie over de afhandeling van en de toestanden rondom de doorbraak evenals enkele schattingen over de hoeveelheid water die de polder is ingestroomd, de maximale stroomsnelheid in het gat, het geschatte oppervlak van de boezemkanalen en dia's die van de ondergelopen polder zijn gemaakt. Verder heeft hij de namen van een aantal andere direct betrokkenen gegeven.

Dhr. G.S.J. Murriss.**Provincie Groningen****Dienst DWK, afdeling Zuid**

Bij de heer Murriss is informatie verkregen over de afsluiting van het gat; de voor dit onderzoek relevante gegevens over de bresgroei waren voor het grootste deel niet bekend. Wel kon hij informatie over peilingen, schattingen van doorsneden en ideeën met betrekking tot het bezwijken van de dijk geven. Verder een groot aantal foto's gezien, de video die van de dijkdoorbraak is gemaakt, is vooralsnog onvindbaar.

Dhr. Birken.**NV Ned. Gasunie****Afdeling schadeafhandeling**

De heer Birken kon enkele (totaal) bedragen van uitgekeerde schade aan boeren, waterschap en industrie geven. Ook heeft hij informatie over de gang van zaken rond de afwikkeling van de schadeclaims van de Tussenklappenpolder gegeven. Verder verwees hij door naar betrokkenen in Deventer die de afhandeling van de landbouwschade behartigen.

Dhr. Heuvelman.**Heuvelman - IBIS (aannemer)**

De heer Heuvelman is betrokken geweest bij de sluiting van het gat en bij de verdere afwerking van de sluiting. De heer Heuvelman had informatie over de sluiting (gang van zaken en gebruikte middelen) van het gat, maar kon geen precieze gegevens over de afmetingen van het gat en/of de ontwikkeling ervan in de tijd geven.

Dhr. R. Vuyk.

Auteur Dijkdoorbraak in de Tussenklappenpolder

De heer Vuyk heeft voor zijn afstuderen een onderzoek gedaan naar de hele bestuurlijke gang van zaken rondom de doorbraak en heeft zodoende veel gegevens verzameld en direct betrokkenen gesproken. Het grootste deel van de gegevens zijn, vanwege dat bestuurlijke aspect, niet voor dit meer technisch gerichte onderzoek bruikbaar. Naast een aantal luchtfoto's en een bundel krant artikelen zijn nog een aantal namen doorgekregen.

Dhr. van Wijk.

NV Ned. Gasunie

Via de heer van Wijk zijn kaarten verkregen waarop elk perceel staat aangegeven en waarop staat welk land onder water heeft gestaan. Verder is een overzicht ter beschikking gesteld van de oppervlaktes van de percelen, per verbouwd gewas, en van de bedragen die per perceel zijn uitgekeerd aan de getroffen boeren. Ook een rapport over de cultuurtechnische schade, de schade aan de waterlopen en een bijbehorende kostenraming zijn beschikbaar gesteld.

Dhr. R.D. Rensink.

NV Ned. Gasunie (projectbegeleider)

Met de heer Rensink is kort telefonisch contact geweest. Hij heeft doorverwezen naar de aannemer Visser en Smit Hanab.

Dhr. H. Rozema.

Waterschap Eemzijlvest

Met de heer Rozema is een paar keer telefonisch contact geweest over de waterstanden in de polder en de ontwikkeling van het gat. Hij heeft een eigen verslag toegestuurd waarin een breedte van de bres van ongeveer 10 m om ongeveer 5.00 uur, enkele maximale waterstanden en een egalisatie-waterstand worden genoemd. Verder staat er een chronologisch overzicht van de gebeurtenissen vanaf de melding van de doorbraak tot 31 augustus en een overzicht van waterstanden ter plaatse van het gemaal De Munte en de Vennenweg en van de instroom van de grondduiker.

Dhr. Nieland.

Gemeentesecretaris gemeente Menterwolde

Met de heer Nieland is telefonisch contact geweest over een verslag van het Crisisteam dat de eerste dag heeft gefunctioneerd en dat in het gemeentehuis in Muntendam zetelde. Dit bleek echter geen technische gegevens te bevatten maar alleen een overzicht van de beslissingen die door dat Crisisteam zijn genomen en de gebeurtenissen op de eerste dag, zoals ook in andere verslagen staat geschreven.

Dhr. Baldee.

Visser en Smit Hanab (onderaannemer)

Met de heer Baldee is telefonisch contact geweest over de mogelijkheid om de mensen die op het moment van de doorbraak ter plekke waren te kunnen spreken. Hij wijst op het rapport van Grondmechanica Delft en op het feit dat het donker was en de mensen overhaast zichzelf in veiligheid moesten brengen. Na het sturen van een verduidelijkende brief heeft hij een gesprek geregeld met de persoon die de leiding ter plaatse heeft gehad.

Dhr. F. Duijnhouwer

hoofd ter plaatse

Visser en Smit Hanab (onderaannemer)

Naar aanleiding van de brief die naar dhr. Baldee gestuurd is heeft dhr. F. Duijnhouwer telefonisch contact opgenomen en verteld wat er bij hem bekend is over de bresgroei. Dhr Duijnhouwer heeft gezien hoe de dijk van achter werd weggevreten door de stroom onder de dijk door. Hij heeft enige tijd (ca. 10 min.) vanuit een bouwkeet gebeld naar verschillende instanties en heeft niet continu bij het groeiende gat gestaan. Van lekkage tot het doorbreken duurde ongeveer 20 min. De breedte waarover zich dit afspeelde was 1 - 2 m. Daarna is het gat in enkele uren (2 - 4) gegroeid tot 21 m.

BIJLAGE B

BEREKENING MAXIMALE STROOMSNELHEID DOOR HET GAT

In deze bijlage is de berekening gegeven van de maximale stroomsnelheid die zich mogelijk in het gat heeft voorgedaan. Omdat er geen metingen van waterstanden en drempelhoogtes in het gat zijn gedaan, is niet met zekerheid één maximum stroomsnelheid aan te geven. Daarom is de onderstaande berekening in twee delen gesplitst; de eerste berekening benadert de doorsnede van het stroomgat als een volkomen overlaat en de tweede als een lange overlaat.

Van de in de berekening gebruikte waterniveaus ligt alleen de oorspronkelijke waterstand in het kanaal vast (kanaalpeil = NAP + 0,62 m), terwijl het waterniveau in het gat en de waterdiepte in de polder worden gevarieerd. Voor beide benaderingen zijn dus meerdere berekeningen uitgevoerd. Hiermee kan inzicht worden verkregen in de orde van grootte van de maximale stroomsnelheid die zich in het gat heeft voorgedaan.

Als laatste is voor elke stroomsnelheid gecontroleerd of er geen superkritische stroming (schietsend water) ontstaat.

De volkomen overlaat:

Het benaderen van het stroomgat als volkomen overlaat kan alleen wanneer er vanuit wordt gegaan dat het water zich in de polder in alle richtingen over het land verspreidt en door lager gelegen sloten wegstroomt. Hierdoor is het waterniveau in de polder lager dan het waterniveau in het gat, vergelijkbaar met een volkomen overlaat. De berekening is uitgevoerd voor twee niveauverschillen tussen het kanaalpeil en het waterniveau in het gat.

De eerste berekening gaat uit van een drempelhoogte in het gat welke gelijk is aan het polderlandniveau (maaiveld ligt op NAP-1,20 m, zie figuur B.1).

De tweede berekening gaat uit van een lagere drempelhoogte in het gat. Omdat het water op grotere afstand van het gat (waar geen erosie heeft plaats gehad) weer over het land met maaiveld op NAP-1,20 m stroomt, zal het waterniveau in de polder nauwelijks lager liggen dan het waterniveau in het gat (zie figuur B.2). Deze situatie voldoet niet geheel aan de volkomen overlaat theorie. De berekende stroomsnelheid is daarom een indicatie en berust voor een groot deel op aannames.

De gebruikte variabelen;

Δh - verval

d - waterdiepte boven de drempel

H - energiehoogte

u - stroomsnelheid

g - zwaartekrachtsversnelling = 9,81 m/s²

Voor een volkomen overlaat geldt:

$$\frac{u^2}{2 * g} = \frac{1}{3} * H \Rightarrow u = \sqrt{\left(\frac{2}{3} * g * H\right)} = \sqrt{\left(\frac{2}{3} * g * \Delta h\right)} = \sqrt{(g * d)}$$

De waterdiepte in het gat is gelijk aan tweederde van de energiehoogte (welke in de berekening gelijk is gesteld aan het verval).

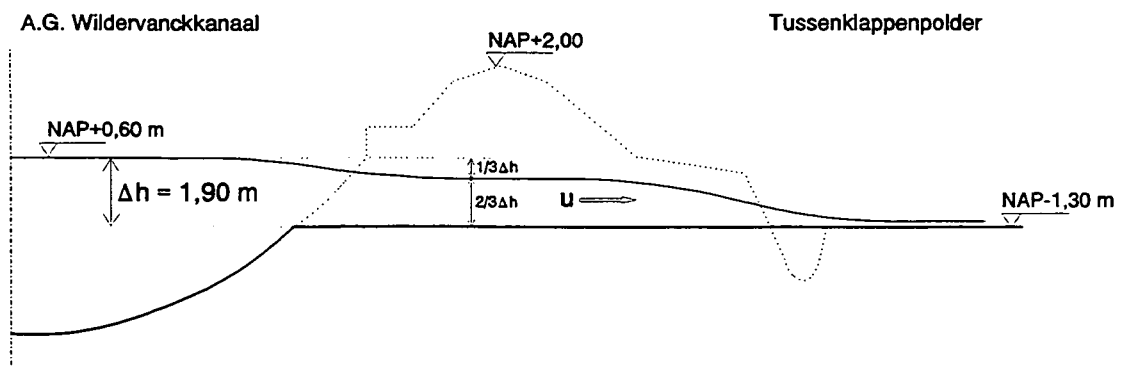
De berekeningen:

1. drempelhoogte = NAP-1,20 m en het verval = 1,82 m.
de waterdiepte boven de drempel is 1,21 m (waterpeil = NAP+0,01 m):

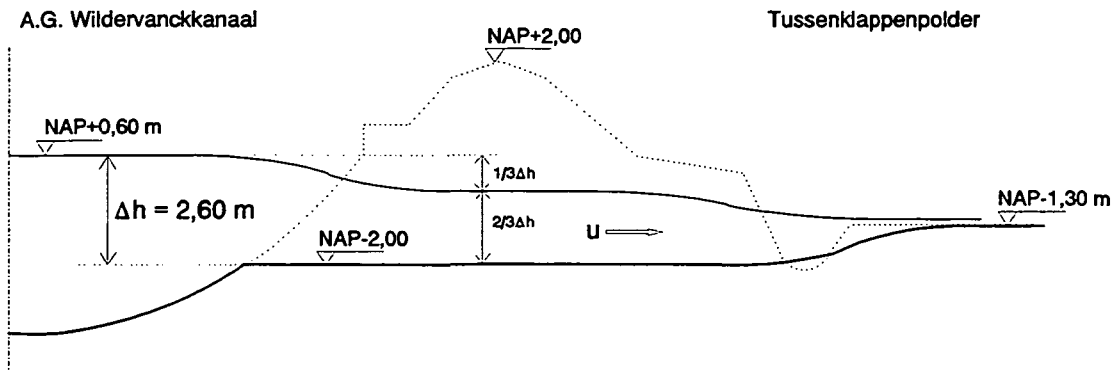
$$u_{\max} = \sqrt{\frac{2}{3} * 9,81 * 1,82} = 3,5 \text{ m/s.}$$

2. drempelhoogte = NAP-2,00 m en het verval = 2,62 m.
de waterdiepte boven de drempel is 1,75 m (waterpeil = NAP-0,25 m):

$$u_{\max} = \sqrt{\frac{2}{3} * 9,81 * 2,62} = 4,1 \text{ m/s.}$$



figuur B.1 De volkomen overlaat benadering voor een verval van 1,82 m



figuur B.2 De volkomen overlaats benadering voor een verval van 2,62 m

De lange overlaats:

Bij de benadering van het stroomgat als lange overlaats is de stroomsnelheid voor drie verschillende vervallen berekend. Het verval is afhankelijk van het polderlandniveau ter plekke en de dikte van de laag water die over het land stroomt.

Voor een lange overlaats geldt:

De snelheidshoogte is gelijk aan het verval over het gat;

$$\frac{u^2}{2 * g} = \Delta h \Rightarrow u = \sqrt{(2 * g * \Delta h)}$$

Voor het polderlandniveau wordt het oorspronkelijke niveau van NAP-1,20 m aangehouden, omdat de erosie van het maaiveld alleen vlakbij het gat heeft plaats gevonden.

Uitgaande van een dikte van de laag water in de polder van respectievelijk: ± 0 m (meteen na de doorbraak), 0,32 m en 0,57 m, zijn de drie in de berekening gebruikte vervallen: 1,82 m, 1,50 m en 1,25 m (zie figuur B.3 tot B.5).

De berekeningen:

1. waterpeil in de polder = NAP-1,20 m en het verval = 1,82 m:

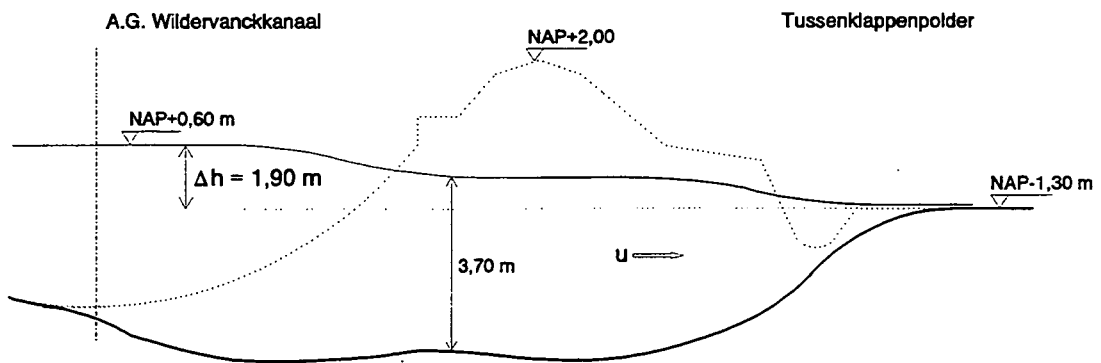
$$u_{\max} = \sqrt{(2 * 9,81 * 1,82)} = 6,0 \text{ m/s}$$

2. waterpeil in de polder = NAP-0,88 m en het verval = 1,50 m:

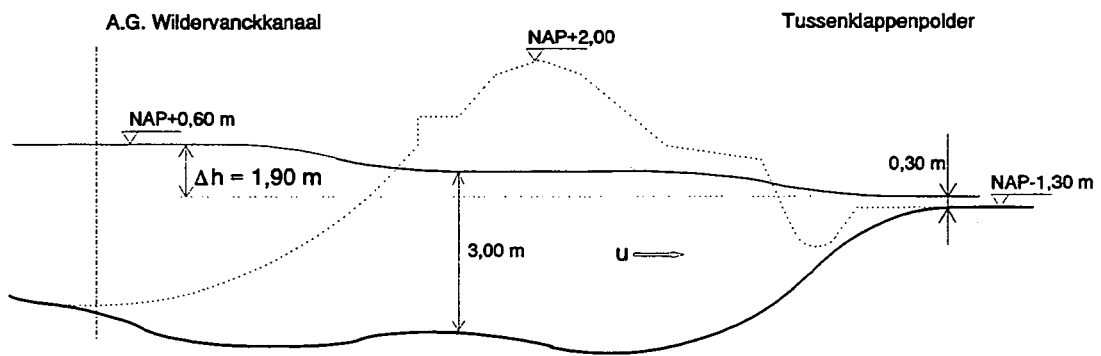
$$u_{\max} = \sqrt{(2 * 9,81 * 1,50)} = 5,4 \text{ m/s}$$

3. waterpeil in de polder = NAP-0,63 m en het verval = 1,25 m:

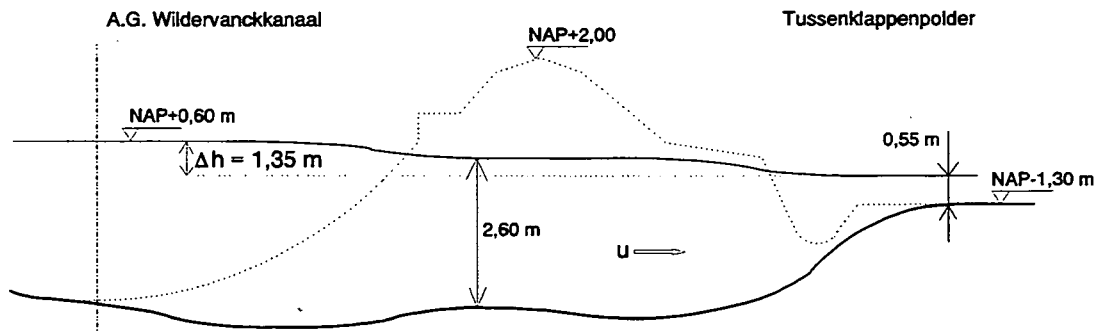
$$u_{\max} = \sqrt{(2 * 9,81 * 1,25)} = 5,0 \text{ m/s}$$



figuur B.3 De lange overlaat-benadering met een verval 1,82 m.



figuur B.4 De lange overlaat-benadering met een verval van 1,50 m.



figuur B.5 De lange overlaat-benadering met een verval van 1,25 m.

Omdat er boven de drempel, in het gat, geen superkritische stroming (schietsend water) mag ontstaan is er voor elke stroomsnelheid een minimale waterdiepte boven de drempel vereist. Deze worden hieronder bepaald.

Subkritische/superkritische stroming

Met de boven berekende stroomsnelheden en de bijbehorende waterdieptes kan worden gecontroleerd of de stroming boven de drempel niet superkritisch (schieterend water) is. Hiervoor wordt het kental van Froude (Fr) gebruikt, waarvoor geldt:

$$Fr = \frac{u}{\sqrt{g * d}}$$

Als $Fr < 1$, dan heerst er een subkritische stroming.

Als $Fr > 1$, dan heerst er een superkritische stroming en ontstaat er schietend water.

De volkomen overlaat;

Bij de volkomen overlaat benadering heeft Fr voor alle twee berekeningen per definitie een waarde van 1, de stroming is subkritisch.

De lange overlaat;

Bij de lange overlaat benadering moet, om een superkritische stroming te vermijden, de waterdiepte boven de drempel een zodanige waarde hebben dat geldt; $Fr = 1$. Voor de stroomsnelheden van 6,0 m/s, 5,4 m/s en 5,0 m/s volgen uit de formule van Froude minimale benodigde waterdieptes van respectievelijk; 3,67 m, 2,97 m en 2,55 m. Deze dieptes zijn schetsmatig in de figuren B.3 tot B.5 ingetekend.

BIJLAGE C

SCHATTING HOEVEELHEID INGESTROOMD WATER

In deze bijlage is een eigen schatting van het oppervlak van de boezemkanalen gemaakt. Daarna is met behulp van de beschikbare waterpeil-verschillen van voor en na de doorbraak een schatting gemaakt van de hoeveelheid water die is verdwenen uit de boezemkanalen en dus de polder is ingestroomd. Als laatste is geprobeerd de hoeveelheid ingestroomd water te bepalen aan de hand van de waterstand in de polder.

Schatting met behulp van verdwenen water uit boezem;

Eerst volgt een schatting van het oppervlak (welke is bepaald uit kaarten van 1:25.000 en 1:10.000) van de verschillende kanalen en meren die in directe verbinding staan met het A.G. Wildervanckkanaal:

- A.G. Wildervanckkanaal + Winschoterdiep van Zuidbroek tot Winschoten: 660.000 m² = 66 ha
- Winschoterdiep van Zuidbroek tot Groningen: 110.000 m² = 110 ha
- Eemskanaal van Groningen tot Delfzijl: 3.000.000 m² = 300 ha
- Groningse wateren: 300.000 m² = 30 ha
- Noord-Willemskanaal van Groningen tot De Punt: 550.000 m² = 55 ha
- Reitdiep van Groningen tot Dorkwerd: 125.000 m² = 12,5 ha
- Drents Diep + Zuidlaardermeer: 7.000.000 m² = 700 ha

Deze oppervlakten opgeteld geeft een ruwe schatting van het totaal oppervlak van 1270 ha. Dit ligt wat lager dan de schatting van het Waterschap en de Provincie (ongeveer 1550 ha). Er zijn echter nog veel kleine waterlopen die tot het boezemwater behoren maar die hier door de grove aanpak buiten beschouwing zijn gelaten.

De op verschillende plaatsen gemeten waterstandsval als gevolg van het vollopen van de Tussenklappenpolder is voor;

- Zuidbroek: 0,58 m,
- Oostersluis (Groningen): 0,295 m en
- het Zuidlaardermeer: 0,15 m

Er is in de berekening uitgegaan van een kleinere waterstandsverlaging voor de verder weg gelegen wateren en wateren die een 'nauwe' verbinding hebben met het A.G.Wildervanckkanaal.

In de berekening zijn de onderstaande waardes voor de waterstandsverlaging in de aangesloten wateren gebruikt;

- 0,58 m voor het A.G. Wildervanckkanaal en het Winschoterdiep (Zuidbroek - Winschoten),
- 0,295 m voor Groningen, het Reitdiep, Winschoterdiep (Groningen - Zuidbroek),
- 0,20 m voor het Eemskanaal,
- 0,15 m voor het Zuidlaardermeer, Drents Diep en het Noord-Willemskanaal.

Als de verlagingen met het betreffende oppervlak wordt vermenigvuldigd en de resultaten bij elkaar worden opgeteld volgt hieruit een ruwe schatting voor de hoeveel-

heid water die de polder is ingestroomd: 2,68 miljoen m³. Deze waarde komt nagenoeg overeen met de schatting die door het Waterschap en provinciale Diensten is gemaakt (2,5 miljoen m³).

Schatting met behulp van de waterstand in de polder;

Het schatten van de hoeveelheid ingestroomd water kan ook met behulp van de bereikte egalisatiewaterstand in de polder gebeuren. Deze egalisatiewaterstand bedroeg NAP-0,65 m.

Voor het ondergelopen deel kan geschat worden hoeveel water er totaal op het land heeft gestaan, door de hoogteligging van het land te vergelijken met de bereikte egalisatiewaterstand. Door de sterk wisselende hoogteligging van het land en onduidelijkheid over het verloop van hoogtelijnen is het niet goed mogelijk een precieze berekening te maken. Met behulp van kaarten waarop de hoogtes staan aangegeven is een schatting gemaakt.

Hieronder volgen de oppervlaktes van de stukken land, ingedeeld naar de verschillende hoogtes:

NAP-0,7 m :	75,3 ha	(0,05 m water)
NAP-0,8 m :	39,5 ha	(0,15 m water)
NAP-0,9 m :	52,0 ha	(0,25 m water)
NAP-1,0 m :	42,0 ha	(0,35 m water)
NAP-1,1 m :	117,3 ha	(0,45 m water)
NAP-1,2 m :	17,0 ha	(0,55 m water)
NAP-1,3 m :	21,0 ha	(0,65 m water)
NAP-1,4 m :	12,5 ha	(0,75 m water)

Het overstroomde oppervlak is totaal 376,6 ha. Als de waterdiepte met het betreffende oppervlak wordt vermenigvuldigd blijkt dat de totale hoeveelheid water die op het land heeft gestaan wordt geschat op 1,23 miljoen m³.

Het overstroomde oppervlak van 376,6 ha komt overeen met de som van het overstroomde (voor de akkerbouw gebruikte) oppervlak zoals dat door de Gasunie is opgegeven en het oppervlak van de NAM en Gasunie installaties samen. Daarnaast nemen watergangen en weggetjes nog een klein deel van het overstroomde oppervlak voor hun rekening.

Naast boven berekende hoeveelheid water is er ook een hoeveelheid water in de bodem verdwenen. Er mag verondersteld worden dat de grond geheel doorweekt wordt. De porositeit van de grond is op 20 % geschat. Gemiddeld zal er een laag grond met een dikte van 1,20 m doordrenkt zijn (laag grond tussen NAP-1,0 (gemiddelde hoogte van het overstroomde land) en het gemiddeld polderpeil van NAP-2,20 m). De hoeveelheid water in de grond wordt dan geschat op; $0,20 * 1,20 * 3.766.000 = 0,904$ miljoen m³.

De totale hoeveelheid water op het land en in de grond is dan ongeveer; $0,904 + 1,23 = 2,13$ miljoen m³.

De hierboven gemaakte schatting van de totale hoeveelheid water die de polder is ingestroomd is iets lager dan de schatting die door het Waterschap en provinciale

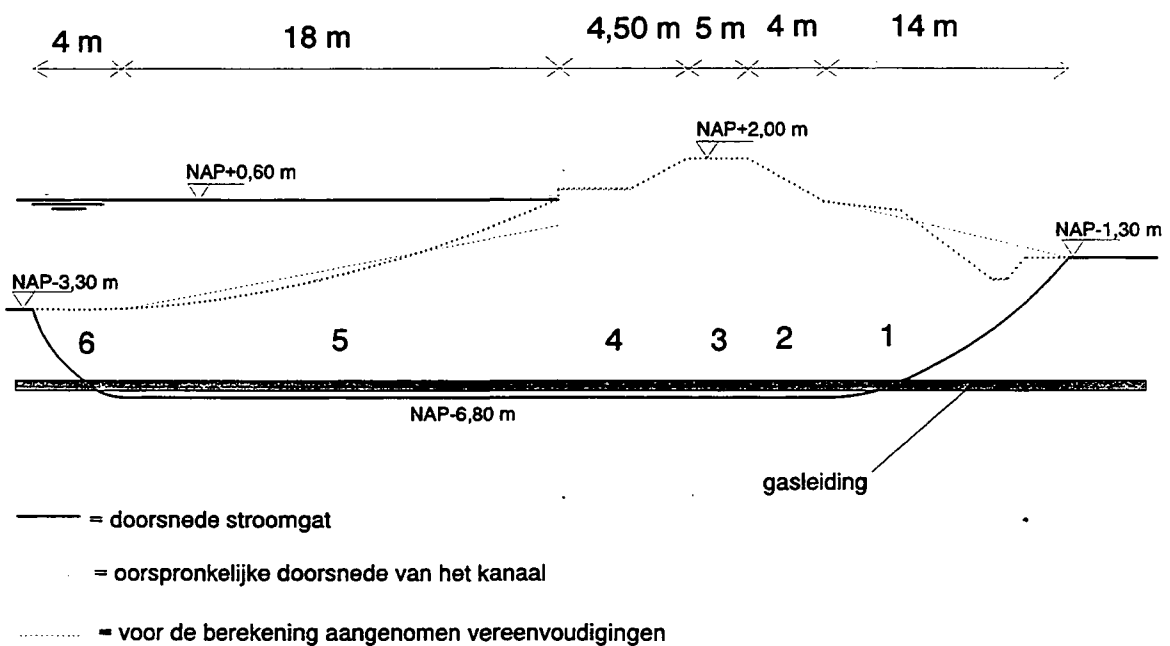
Diensten is gemaakt (2,5 miljoen m³). Dit verschil kan ontstaan doordat in bovenstaande berekening buiten beschouwing is gelaten dat in de (overigens kleine) waterlopen, met een oorspronkelijke waterstand van 1 m of meer onder maaiveld, meer water opgeslagen kan worden dan op en in het hoger gelegen land.

BIJLAGE D

SCHATTING HOEEVEELHEID WEGGESPOELD ZAND

In deze bijlage is aan de hand van de vermoedens ten aanzien van de stroomgat-dieptes een schatting gemaakt van de hoeveelheid zand die door het water is weggespoeld bij de dijkdoorbraak.

Volgens betrokkenen is er een gat ontstaan met een diepte tot NAP-7,5 m. Omdat hier geen exacte metingen van zijn en om onregelmatigheden uit te middelen wordt er in onderstaande berekening uitgegaan van een gat met een diepte tot de onderkant van de aan te leggen leiding (NAP-6,8 m). De bodem van het gat loopt (gezien in de richting van de as van het kanaal) schuin af van NAP-1,20 m (aan de voorkant van de perskuip) tot NAP-6,8 m (ter hoogte van de voet van de dijk). Even voorbij het midden van het kanaal loopt de bodem weer omhoog van NAP-6,8 m tot de oorspronkelijke hoogte van de kanaalbodem (NAP-3,3 m, zie figuur D.1).

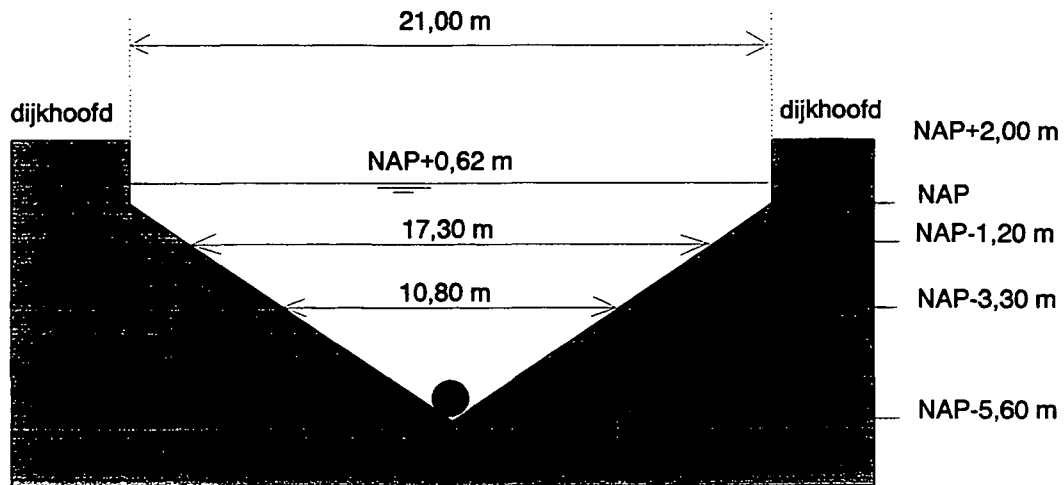


figuur D.1 Doorsnede van het stroomgat gezien in de richting evenwijdig aan de as van het kanaal

De doorsnede van het gat dwars op het kanaal gezien wordt aangenomen zoals dat in figuur D.2 is weergegeven. Omdat de werkelijke vorm van het stroomgat niet bekend is en om variaties in de steilheid van de bodem van het gat uit te middelen is er voor een, vanuit beide dijkhoofden, recht naar de onderkant van de leiding aflopend bodemverloop gekozen.

Ter plaatse van de perskuip en op de plaats waar de bodem van het gat en de oorspronkelijke bodem van het kanaal weer op gelijke hoogte liggen heeft deze dwarsdoorsnede

een oppervlak van 0 m². Op tussenliggende plaatsen wordt het oppervlak aan de hand van de diepte (afhankelijk van de hoogte van het land of de dijk) en de breedte bepaald.



figuur D.2 Doorsnede van het stroomgat gezien dwars op de as van het kanaal

In de dwarsdoorsnede van het kanaal wordt het stroomgat in zes vlakken gedeeld (zie figuur D.1). Voor elk vlak wordt het gemiddelde oppervlak van het stroomgat bepaald uit het gemiddelde van de twee oppervlakken aan de beide begrenzingsen. Vervolgens wordt dit oppervlak vermenigvuldigd met de lengte van dat vlak. Hieruit volgt de inhoud van dat vlak van het stroomgat. Het totaal van de zes stukken is de hoeveelheid zand en klei die is weggespoeld.

Lengtes van de stukken:

1:	14,00 m
2:	4,00 m
3:	5,00 m
4:	4,50 m
5:	18,00 m
6:	4,00 m

De oppervlaktes van de gat-doorsnedes op de grenzen van de stukken ingedeeld naar hoogte van het land (zie figuur D.2):

* NAP+2,00 m tot NAP-6,80 m:	113,4 m ²
* NAP tot NAP-6,80 m:	71,4 m ²
* NAP-1,20 m tot NAP-6,80 m:	48,5 m ²
* NAP-3,30 m tot NAP-6,80 m:	18,9 m ²

De inhoud van de zes stukken:

1: $14,00(2/3 * (0 + 71,4)) - 1/2 * (6 * 2 * 21)$	=	540 m ³
2: $4,00(1/2 * (71,4 + 113,4))$	=	370 m ³
3: $5,00(113,4)$	=	567 m ³
4: $4,50(1/2 * (113,4 + 71,4))$	=	416 m ³
5: $18,00(1/2 * (71,4 + 18,9))$	=	813 m ³
6: $4,00(2/3 * (18,9 + 0))$	=	50 m ³
<hr/>		
Totaal		2756 m ³ +

De geschatte hoeveelheid zand en klei die gedurende de dijkdoorbraak door het water is weggespoeld is; 2750 m³.

BIJLAGE E

VOORBEELD TOETSING INUNDATIESCHADE AAN MODEL

In deze bijlage is een voorbeeld gegeven van toetsing van het inundatieschademodel zoals dat is opgesteld door TNO-bouw aan de in werkelijkheid aangerichte schade.

Als voorbeeld is een perceel genomen dat ten tijde van de dijkdoorbraak werd gebruikt voor de teelt van fabrieksaardappelen. Het oppervlak van het perceel bedraagt: $83.449 \text{ m}^2 = 8,35 \text{ ha}$.

Uit de hoogtekaart van de Topografische Dienst blijkt dat dit perceel een vrij constante hoogteligging heeft, zodat voor het gehele perceel de hoogte van NAP-1,00 m kan worden gebruikt. Volgens provinciale Diensten zou door bodemdaling de kaart inmiddels 0,10 m te hoog aangeven dus gaan we hier uit van NAP-1,10 m.

Het water bereikte in de polder een hoogte van NAP-0,65 m, dus heeft er op het betreffende perceel 0,45 m water gestaan. Aan de hand van de hoeveelheid water die op het stuk land heeft gestaan wordt uit de door TNO-bouw gegeven (inundatiediepteschadefactor) grafieken een schadefactor bepaald voor dit perceel (zie figuur E.1). Er wordt voor het land zelf (excl. opbrengst) en voor de opbrengst apart een schadefactor bepaald. Voor dit perceel komen de respectievelijke schadefactoren uit op 0,44 en 0,69.

Deze schadefactor moet worden vermenigvuldigd met de waarde (door TNO-bouw vastgesteld en nader opgesplitst) van hetgeen waaraan schade is aangericht;

- akkerbouw (excl. opbrengst): fl. 12.600,00/ha.
- akkerbouw (opbrengst): fl. 6.000,00/ha.

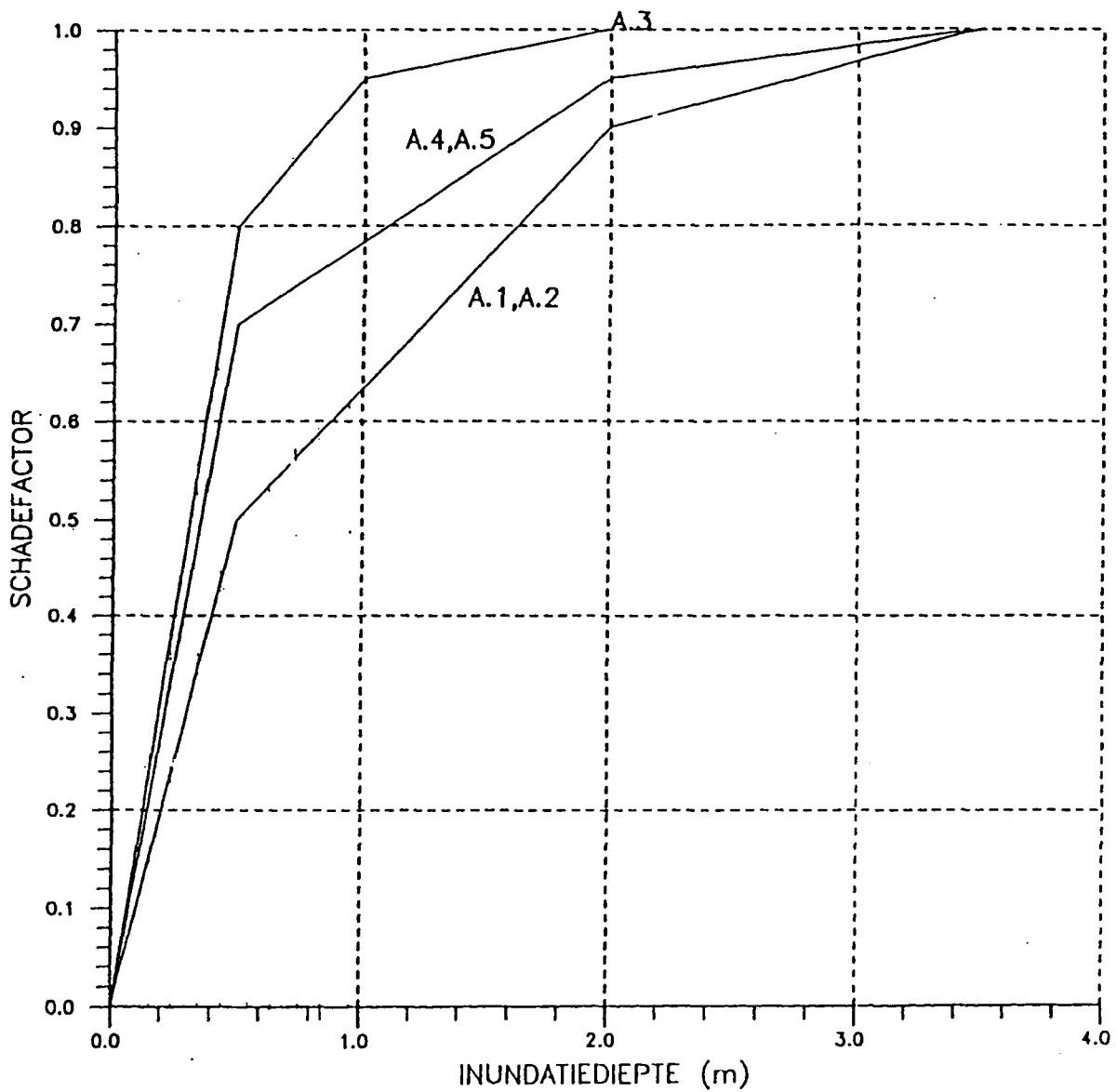
Voor dit perceel komt de schade exclusief opbrengst per ha op: $0,44 * 12.600,00 = \text{fl. } 5544,00/\text{ha}$.

De schade aan de opbrengst: $0,69 * 6.000 = \text{fl. } 4140,00/\text{ha}$.

De totale schade voor het hele perceel (8,35 ha), bepaald met behulp van het TNO-bouw model, is dan: fl. 80861,40.

De in werkelijkheid (totaal) uitgekeerde schade voor dit perceel komt uit op fl. 69667,77.

In dit geval ligt de met behulp van het model bepaalde schade 16% hoger dan de in werkelijkheid uitgekeerde schade. In de tweede fase van dit onderzoek zal een dergelijke toetsing iets gedetailleerder en voor de gehele polder worden uitgevoerd.



- A.1 - akkerbouw (excl. opbrengst)
- A.2 - akkerbouw (excl. opbrengst, inundatie vanuit zee)
- A.3 - akkerbouw (opbrengst)
- A.4 - veeteelt
- A.5 - veeteelt (inundatie vanuit zee)

figuur E.1 Inundatiediepte-schadefactor grafiek [TNO - bouw]