

RIJKSINSTITUUT VOOR VOLKSGEZONDHEID EN MILIEUHYGIENE
BILTHOVEN

Rapport nr. 728520008

Berekening verblijftijdzones voor vier
Belgische grondwaterwinningen nabij de
rijks grens

J.H.C.Mülschlegel

april 1988

PROVINCIE NOORD-BRABANT AFDELING WATER	
no.	2761
code	4-2-172

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht en ten laste van het College van
Gedeputeerde Staten van de provincie Noord-Brabant (opdrachtbrief 13979 A,
BDM, d.d. 9 november 1987).

728520008

VERZENDLIJST

- 1 - 3 College van Gedeputeerde Staten van de provincie Noord-Brabant
- 4 Directeur van de Dienst Waterstaat, Milieu en Vervoer van de provincie Noord-Brabant
- 5 - 7 Hoofd Bureau Grondwater van de provincie Noord-Brabant
- 8 - 10 Directeur Provinciale en Intercommunale Drinkwatermaatschappij der provincie Antwerpen
- 11 - 13 Dienst Bodem- en Waterbeleid van de Administratie voor Ruimtelijke Ordening en Leefmilieu
- 14 - 16 Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening
- 17 Secretaris-Generaal van het Ministerie van Welzijn, Volksgezondheid en Cultuur
- 18 Directeur-Generaal Milieubeheer
- 19 Plv. Directeur-Generaal Milieubeheer
- 20 - 22 Directeur van de Directie Drinkwater, Water, Bodem van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
- 23 - 24 Regionale inspecteur van de Volksgezondheid voor de Milieuhygiëne in de provincie Noord-Brabant
- 25 Directie RIVM
- 26 dr.ir.T.Schneider
- 27 ir.N.D.van Egmond
- 28 ir.G.J.Heij
- 29 auteur
- 30 - 31 Bureau Projecten- en rapportenregistratie
- 32 - 33 LBG/SGO
- 34 - 40 Reserve

INHOUD

<u>Hoofdst.</u>	<u>Titel</u>	<u>Blz.</u>
	Samenvatting en conclusies	II
1	INLEIDING	1
2	METHODIEK	4
3	BEREKENINGEN	6
3.1	Gegevens	6
3.2	Aanpak	19
3.3	Resultaten	21
4	CONCLUSIES	32
5	LITERATUUR	33
	Bijlagen 1 t/m 9	35-43

Samenvatting en conclusies.

Op verzoek van het College van Gedeputeerde Staten van Noord-Brabant werd een technische bijdrage geleverd in het kader van grondwaterbescherming met betrekking tot winplaatsen voor de openbare watervoorziening. Deze bijdrage bestond uit de bepaling van 60-dagen, 10- en 25-jaarsverblijftijdzones voor een viertal, nabij de rijksgrens gelegen, Belgische grondwaterwinningen met behulp van het programma FLOPZN.

Bij deze winningen is er van uitgegaan dat boven het pakket van winning geen relevante kleilagen aanwezig zijn. Uitgangspunt van de provincie Noord-Brabant is in dat geval dat de 10- en 25-jaarverblijftijdzones aan maaiveld gerelateerd worden aan de verblijftijden van waterdeeltjes in het watervoerende pakket waarin de putfilters zijn geplaatst. De 60-dagen zones worden altijd gerelateerd aan de verblijftijd in dat watervoerende pakket.

Bij de beschouwde winplaatsen, te weten Lommel, Meerle, Putte/Kapellen en Wuustwezel, blijkt in de laatste drie gevallen in meer of mindere mate sprake te zijn van grensoverschrijdende verblijftijdzones.

1. INLEIDING

Om de continuïteit van een grondwaterwinning zo goed mogelijk te kunnen waarborgen c.q. de kwaliteit van het opgepompte water te kunnen beschermen is het van belang de stroombanen en verblijftijden van het grondwater, dat naar een winning stroomt, te kennen. Daarnaast levert een inventarisatie van activiteiten in de te kiezen zones van gelijke verblijftijd informatie op inzake een (potentiële) bedreiging voor de grondwaterkwaliteit. Deze gegevens, tezamen met het inzicht in stroomlijnen en verblijftijden, leveren bouwstenen voor het provinciaal beschermingsbeleid in Nederland.

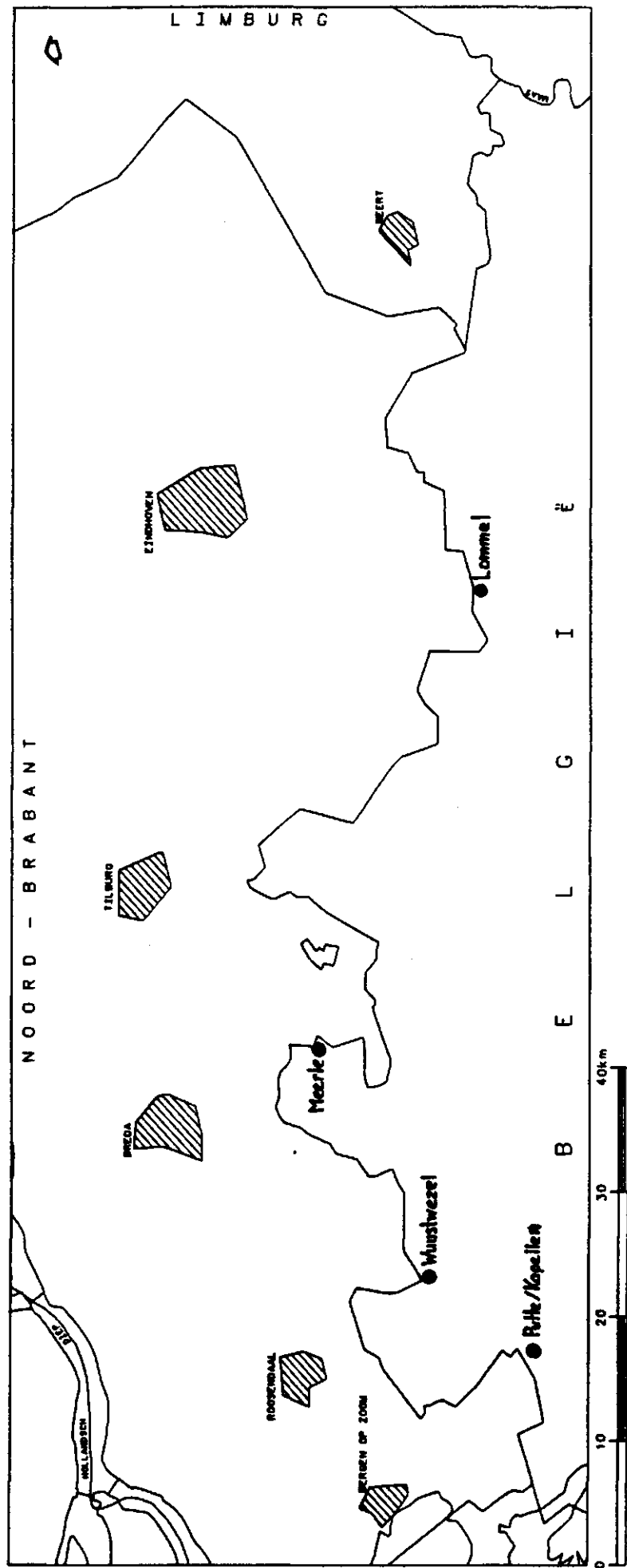
De beschermingszones van de grondwaterwinplaatsen voor de openbare drinkwatervoorziening werden tot op heden veelal bepaald volgens de "Richtlijnen en aanbevelingen voor de bescherming van waterwingebieden", opgesteld door de Commissie Bescherming Waterwingebieden (literatuur 1). Volgens deze richtlijnen werden de beschermingszones bepaald uit de reistijden van waterdeeltjes tot aan de filters van de grondwaterwinningsmiddelen. Hierbij werd alleen de twee-dimensionale horizontale grondwaterstroming in het watervoerende pakket als gevolg van de onttrekking in beschouwing genomen. Daarnaast werd daarbij veelal rekening gehouden met een horizontaal gerichte snelheidscomponent van de natuurlijke grondwaterstroming. Een beschermingszone werd vervolgens bepaald door de verzameling van punten met een bepaalde reistijd tot aan de pompfilters te projekteren op een horizontaal vlak c.q. het maaiveld.

Op grond van de Wet bodembescherming dienen de provincies voor 1 januari 1989 een grondwaterbeschermingsplan op te stellen. In dat plan dienen gebieden te worden aangegeven waarbinnen het grondwater oa. bijzondere bescherming behoeft in verband met de openbare drinkwatervoorziening.

Naast het kader van het provinciaal grondwaterbeschermingsplan is er ook een internationaal kader waarbinnen de opdracht geplaatst kan worden. De Benelux Economische Unie en meer in het bijzonder de Werkgroep Grondwater van de Raad van de Economische Unie heeft medio 1987 een ontwerp beschikking goedgekeurd inzake overleg en samenwerking bij de voorbereiding van beslissingen die van belang zijn voor de bescherming van grondwater in de grensgebieden. Volgens artikel 3 van de bijbehorende toelichting op de beschikking is het doel " te bewerkstelligen dat, wanneer aan de ene zijde van de rijksgrens een grondwateronttrekking plaatsvindt aan een grensoverschrijdende laag, het gebied aan de andere zijde van de grens wordt beschermd volgens de maatstaven die daar voor een grondwaterbeschermingsgebied gelden. Zodanige bescherming kan het meest effectief worden geboden indien voor zoveel nodig ook op het aansluitende gebied aan de andere zijde van de grens de zonering formeel is aangewezen als grondwaterbeschermingsgebied naar de maatstaven van de lidstaat waar dat gebied is gelegen."

Als technische bijdrage aan werkzaamheden in deze kaders, gericht op grondwaterbescherming, heeft het Laboratorium voor Bodem- en Grondwateronderzoek van het RIVM op verzoek van het College van Gedeputeerde Staten van de provincie Noord-Brabant voor een aantal Belgische grondwaterwinningen de 60 dagen, 10- en 25-jaars verblijftijdzones berekend. Daarbij is gebruik gemaakt van recent door het RIVM ontwikkelde computerprogrammatuur.

De Belgische winplaatsen waarvoor de berekeningen zijn uitgevoerd betreffen: Lommel, Meerle, Putte/Kapellen en Wuustwezel. De globale locatie van die winplaatsen is aangeven in figuur 1.



Figur 1. situering vinplaatzen

2. METHODIEK

Eind 1985 is door de Voorlopige Technische Commissie Bodembescherming het rapport "Advies berekeningsgrondslag grondwaterbeschermingsgebieden" uitgebracht (literatuur 2). De commissie stelt voor om in situaties waarbij met grote zekerheid bekend is, dat boven het winningspakket één of meer semipermeabele lagen van betekenis voorkomen, bij de berekening van de verblijftijdzones rekening te houden met de verblijftijd in die lagen. Tevens is het ook wenselijk rekening te houden met de verticale snelheidscomponent van de natuurlijke grondwaterstroming.

Criteria, waarvan bij de berekening van de verblijftijden moest worden uitgegaan, zijn geformuleerd door de provincie Noord-Brabant. Die criteria houden ondermeer in dat onderscheid gemaakt moet worden met betrekking tot de bodemopbouw ter plaatse en in de naaste omgeving van de winplaatsen.

Dit onderscheid betreft in de eerste plaats winplaatsen waar het grondwater wordt gewonnen onder een of meer -- diep liggende -- kleilagen met een weerstand van 2000 dagen of meer. De betreffende kleilagen zijn tevens binnen een zeker gebied rond de winplaats aaneengesloten aanwezig. Als 10- en 25-jaarsverblijftijdzones merkt de provincie in deze gevallen die gebieden aan waarin de verblijftijd van de waterdeeltjes gerekend vanaf de bovenkant van de kleilaag die het pakket van winning afdekt, tot aan het pompfilter kleiner is dan respectievelijk 10 en 25 jaar. Dit impliceert dat rekening wordt gehouden met de verblijftijd in de kleilaag zelf.

Bij het tweede type winplaatsen is aangehouden dat geen relevante kleilagen boven het pakket van winning aanwezig zijn. De verblijftijden worden in dit geval berekend in het watervoerende pakket waarin de winningsmiddelen zijn geplaatst.

De bepaling van de verblijftijdzones van 60 dagen wordt altijd overeenkomstig deze laatste benadering uitgevoerd.

Door de provincie is aangegeven dat in het onderhavige geval van de vier beschouwde Belgische grondwaterwinningen niet aan het criterium van de kleilagen wordt voldaan. Hierbij wordt de c1-laag, als niet diep gelegen kleilaag, dus buiten beschouwing gelaten. Wel zal rekening gehouden worden met genoemde verticale snelheidscomponent van de natuurlijke grondwaterstroming in een watervoerend pakket.

Op grond van het voorgaande is besloten de berekeningen uit te voeren met het computerprogramma FLOPZN (literatuur 9). Met dit programma kunnen stroombanen en verblijftijden worden bepaald voor een stationaire situatie in geval van semi-spanningswater.

3. BEREKENINGEN

3.1. Gegevens

De gebruikte gegevens zijn verzameld en geïnterpreteerd door en onder verantwoordelijkheid van de provincie.

De schematisatie van de ondergrond tot een systeem van watervoerende pakketten en semi-permeabele lagen is in overleg tussen provincie, betrokken waterleidingbedrijven en het RIVM uitgevoerd.

Bij de vaststelling van de parameterwaarden van de watervoerende pakketten en van de semipermeabele (klei-)lagen heeft het RIVM een adviserende taak gehad. Gebruik is hierbij gemaakt van kennis opgedaan bij de in de afgelopen jaren uitgevoerde regionaal geohydrologische studies in zowel west als oost Noord-Brabant en het aangrenzende grensgebied van België (literatuur 4, 5, 6, 7).

De natuurlijke, regionale stromingssituatie, dat wil zeggen de stromingssituatie waaruit de invloed van de te beschouwen winning en van eventueel in de nabijheid gelegen winningen is geëlimineerd, is primair ontleend aan berekeningen met grondwaterstromingsmodellen zoals beschreven in literatuur 4, 5, 6, 7. Met behulp van die modellen zijn grondwaterstijghoogten berekend voor een situatie waarbij de betreffende winning een debiet nul heeft.

De schematisatie van de ondergrond en de gekozen parameterwaarden zijn per winplaats aangegeven in de figuren 2 t/m 5.

$PP_L = 30.6$			$PP_H = 42.$
	$c_1 = 1500$		
$\varphi_{L1} = 30.6$	$k_1 = 7.35$	$D_1 = 74.8$	$\varphi_{H1} = 42.$
	$c_2 = 500$	$d_2 = 10.$	
$\varphi_{L2} = 30.5$	$k_2 = 7.81$	$D_2 = 64.0$	$\varphi_{H2} = 42.2$
	$c_3 = 50$	$d_3 = 1.$	
$\varphi_{L3} = 30.3$	$k_3 = 15.0$	$D_3 = 50.0$	$\varphi_{H3} = 42.2$
	basis		

$$x_L = 147300$$

$$y_L = 364500$$

$$x_H = 148500$$

$$y_H = 360000$$

Figuur 2. winplaats Lommel

$PP_L = 8,6$			$PP_H = 16,1$
	$c_1 = 1500$		
$p_{L1} = 8,6$	$k_1 = 15,3$	$D_1 = 9,8$	$p_{H1} = 16,1$
	$c_2 = 1250$	$d_2 = 20,0$	
$p_{L2} = 9,7$	$k_2 = 42,9$	$D_2 = 35,0$	$p_{H2} = 15,6$
	$c_3 = 1000$	$d_3 = 10,0$	
$p_{L3} = 10,2$	$k_3 = 16,7$	$D_3 = 120,0$	$p_{H3} = 15,5$
	basis		

$$x_L = 115000$$

$$y_L = 385000$$

$$x_H = 118000$$

$$y_H = 385000$$

Figuur 3. winplaats Meerle

$PP_L = 7,7$		$PP_H = 12,9$	
	$c_1 = 2000$		
$\varphi_{L1} = 7,7$	$k_1 = 12,6$	$D_1 = 39,8$	$\varphi_{H1} = 12,9$
	$c_2 = 500$	$d_2 = 20,0$	
$\varphi_{L2} = 7,7$	$k_2 = 30,0$	$D_2 = 20,0$	$\varphi_{H2} = 12,9$
	basis		

$$x_L = 86250$$

$$x_H = 88500$$

$$y_L = 373750$$

$$y_H = 375500$$

Figuur 4. winplaats Putte/Kapellen(tbv. 60d-zone)

$PP_L = 7,7$		$PP_H = 15,7$
	$c_1 = 2000$	
$\varphi_{L1} = 7,7$	$k_1 = 12,6$ $D_1 = 39,8$	$\varphi_{H1} = 15,4$
	$c_2 = 500$ $d_2 = 20,0$	
$\varphi_{L2} = 7,7$	$k_2 = 30,0$ $D_2 = 20,0$	$\varphi_{H2} = 15,3$
	basis	

$$x_L = 86250$$

$$x_H = 90000$$

$$y_L = 373750$$

$$y_H = 376000$$

Figuur 5. winplaats Putte/Kapellen(4,38 milj.)

$PP_L = 7.7$		$PP_H = 16.4$
	$c_1 = 2000$	
$\varphi_{L1} = 7.7$	$k_1 = 12,6$ $D_1 = 39,8$	$\varphi_{H1} = 16.05$
	$c_2 = 500$ $d_2 = 20,0$	
$\varphi_{L2} = 7.7$	$k_2 = 30,0$ $D_2 = 20,0$	$\varphi_{H2} = 16.0$
	basis	

$$x_L = 86250$$

$$x_H = 90500$$

$$y_L = 373750$$

$$y_H = 376300$$

Figuur 6. winplaats Putte/Kapellen(5,48 milj.)

$PP_L = 12,7$		$PP_H = 16,3$
	$c_1 = 4000$	
$p_{L1} = 12,7$	$k_1 = 15,3$ $D_1 = 9,8$	$p_{H1} = 16,3$
	$c_2 = 500$ $d_2 = 5.$	
$p_{L2} = 12,4$	$k_2 = 30,0$ $D_2 = 50.$	$p_{H2} = 16,0$
	$c_3 = 250$ $d_3 = 5.$	
$p_{L3} = 12,3$	$k_3 = 41,7$ $D_3 = 60.$	$p_{H3} = 15,7$
	basis	

$$x_L = 96300$$

$$y_L = 383500$$

$$x_H = 96300$$

$$y_H = 379000$$

Figuur 7. winplaats Wuustwezel

Bij de figuren 2 t/m 7 moet het volgende worden opgemerkt.

Indien wordt uitgegaan van een ondoorlatende basis van het geohydrologisch systeem zal, omdat in het programma onder de laagst gelegen c-laag een stijghoogte nul wordt aangehouden, de c-waarde zeer groot moeten worden gekozen. De dikte van deze laag kan een willekeurige, niet zeer kleine waarde hebben. In de c-waarde van de aan de bovenzijde van het systeem aangehouden semi-permeabele laag is de zogeheten drainageweerstand opgenomen. De dikte van deze bovenste laag is in principe willekeurig te kiezen, uitsluitend indien niet tot aan maaiveld wordt doorgerekend. Enkele voor alle berekeningen gehanteerde waarden en uitgangspunten zijn niet in de schema's aangegeven. Dit betreffen de waarden voor de weerstand en de dikte van de basis van het hydrologische systeem, de dikte van de afdekkende slecht doorlatende laag en de effectieve porositeiten van zowel de watervoerende pakketten als de semipermeabele lagen. De gehanteerde waarden zijn respectievelijk $c=10$ miljard dagen, $d=10$ meter, $d=0,2$ meter, $n_z=0,3$ en $n_k=0,25$.

De grondwaterwinning op de winplaatsen geschiedt door middel van pompputten in één van de watervoerende pakketten. Bij de berekeningen is onderscheid gemaakt in de onttrekkingshoeveelheden per pompput. Voor de berekening van de 10- en 25-jaarsverblijftijden is uitgegaan van een gemiddeld debiet per put. Voor de berekening van de 60 dagen verblijftijdzone is de maximale onttrekking per put gehanteerd.

In de tabellen 1 t/m 4 zijn per winning de coördinaten (zowel als "verschoven coördinaten van Amersfoort", als "Lambert coördinaten") en de debieten per put aangegeven. Op de schema's 2 t/m 5 zijn ook beide waarden van de coördinaten aangegeven. De aangegeven peilen zijn uitsluitend aangegeven ten opzichte van NAP (=Nieuw Amsterdams Peil). Peilen in België worden veelal opgegeven doormiddel van waarden volgens de TAW (=Tweede Algemene Waterpassing); door de NAP-waarden te verhogen met 2,31 meter worden de TAW-waarden verkregen.

Tenslotte is aangenomen, dat binnen het invloedsgebied van een beschouwde winning geen watergangen voorkomen, die als voedende grens fungeren. De aanwezige waterlopen zijn via de drainageweerstand verwerkt in de waarde van c_1 .

Legenda bij de figuren 2 t/m 7:

Randvoorwaarden stijghoogten - "Hoog niveau"

pp_H = constant peil [m]

ϕ_{Hn} = stijghoogte in wvp n [m]

Randvoorwaarden stijghoogten - "Laag niveau"

pp_L = constant peil [m]

ϕ_{Ln} = stijghoogte in wvp n [m]

Lokatie randvoorwaarden - "Hoog niveau"

x_H = x-coördinaat

y_H = y-coördinaat

Lokatie randvoorwaarden - "Laag niveau"

x_L = x-coördinaat

y_L = y-coördinaat

c_m = weerstand semipermeabele laag m [d]

d_m = dikte semipermeabele laag m [m]

k_n = doorlatendheidscoëfficiënt wvp n [m/d]

D_n = dikte wvp n [m]



- ligging top kleilaag waarop bepaling verblijftijden is
beeindigd



- begrenzing onder- en bovenzijde wvp waarbinnen verblijftijden
zijn bepaald (voor 60 dagen niet aangegeven)



- pompfilter

wvp = watervoerend pakket

n = nummer wvp (vanaf maaiveld gerekend)

m = nummer slechtdoorlatende laag (vanaf maaiveld gerekend)

Tabel 1. Waterwinplaats Lommel

Beschouwde totale capaciteit: 8 miljoen m³/jaar

Putnr.	(NL-coord)		(BLG-coord)		Q[60d-zone] [m ³ /dag]	Q [m ³ /dag]
	x [m]	y [m]	x [m]	y [m]		
5	146450	362500	212559	216129	2500.	2191.78
6	146930	362700	213036	216335	2500.	2191.78
7	147280	362900	213383	216541	2500.	2191.78
8	147870	363000	213972	216649	2500.	2191.78
9	148420	362990	214522	216646	2500.	2191.78
10	148870	362980	214973	216643	2500.	2191.78
11	149360	362870	215464	216539	2500.	2191.78
12	149830	362720	215936	216396	2500.	2191.78
13	150310	362560	216419	216243	2500.	2191.78
14	150770	362400	216881	216088	2500.	2191.78

Tabel 2. Waterwinplaats Meerle

Beschouwde totale capaciteit: 5,475 miljoen m³/jaar

Putnr.	(NL-coord)		(BLG-coord)		Q[60d-zone]	Q
	x	y	x	y	[m ³ /dag]	[m ³ /dag]
	[m]		[m]			
1	115835	386989	181600	240200	2400.	2143.
2	146450	362500	181130	240130	2400.	2143.
3	146450	362500	181430	240020	2400.	2143.
4	146450	362500	181700	239970	2400.	2143.
5	146450	362500	181450	239820	2400.	2143.
6	146450	362500	181730	239050	2400.	2143.
7	146450	362500	182612	239010	2400.	2143.

Tabel 3. Waterwinplaats Putte/Kapellen

Beschouwde totale capaciteit: 4,38 miljoen m³/jaar

Beschouwde totale capaciteit(reservering): 5,475 miljoen m³/jaar

Putnr.	(NL-coord)		(BLG-coord)		Q[60d-zone] [m ³ /dag]	Q [m ³ /dag]	Qres. [m ³ /dag]
	x [m]	y [m]	x [m]	y [m]			
1	86983	374231	152920	227040	600	428.57	535.71
2	87083	374260	153020	227070	600	428.57	535.71
3	87194	374308	153130	227120	600	428.57	535.71
4	87304	374347	153240	227160	600	428.57	535.71
5	87405	374385	153340	227200	600	428.57	535.71
6	87506	374434	153440	227250	600	428.57	535.71
7	87944	374312	153880	227120	600	428.57	535.71
8	87055	374350	153990	227160	600	428.57	535.71
9	87155	374388	153090	227200	600	428.57	535.71
10	87276	374437	153210	227250	600	428.57	535.71
11	87376	374475	153310	227290	600	428.57	535.71
12	87477	374514	153410	227330	600	428.57	535.71
13	87047	374500	152980	227310	1200	857.14	1071.42
14	86998	374631	152930	227440	1200	857.14	1071.42
15	87207	374508	153140	227320	1200	857.14	1071.42
16	87150	374719	153080	227530	1200	857.14	1071.42
17	87468	374614	153400	227430	1200	857.14	1071.42
18	87439	374704	153370	227520	1200	857.14	1071.42
19	87341	374786	152980	227310	1200	857.14	1071.42
20	87260	374737	153190	227550	1200	857.14	1071.42

Tabel 4. Waterwinplaats Wuustwezel

Beschouwde totale capaciteit: 4,38 miljoen m³/jaar

Putnr.	(NL-coord)		(BLG-coord)		Q[60d-zone]	Q
	x	y	x	y	[m ³ /dag]	[m ³ /dag]
	[m]		[m]			
1	95776	381068	161620	234000	2400	2000.
2	96171	380683	162020	233620	2400	2000.
3	96036	381745	161870	234680	2400	2000.
4	96390	381370	162230	234310	2400	2000.
5	96775	381005	162620	233950	2400	2000.
6	96672	382236	162500	235180	2400	2000.

3.2. Aanpak

Mede omdat de bodemopbouw, zoals uit paragraaf 3.1 blijkt, ter plaatse van de winplaatsen is te kenmerken als een meerlagensysteem is voor de berekeningen van de verblijftijdzones gebruik gemaakt van het door het RIVM ontwikkelde computerprogramma FLOPZN. De rekentechniek van dit programma is in principe dezelfde als die welke ten grondslag ligt aan de reeds langer bestaande FLOP-programma's.

In lit. 9 zijn mathematische grondslagen van FLOPZN nader beschreven.

Voor wat betreft de rekenmogelijkheden wijkt FLOPZN in zoverre af van oudere versies van FLOP, dat met dit programma stroombanen en verblijftijden kunnen worden berekend in maximaal 10 watervoerende pakketten met semi-spanningswater, onderling gescheiden door semipermeabele lagen. Elk watervoerend pakket kan op zijn beurt zijn onderverdeeld in een aantal (maximaal 10) sublagen met afwijkende doorlatendheidscoëfficiënten. In elk pakket kunnen onttrekkingen worden geplaatst door middel van volkomen pompfilters, hetgeen wil zeggen dat de pompfilters worden geacht te zijn gesteld over de gehele dikte van het watervoerende pakket. Het debiet wordt in het geval van een uit verschillende sublagen bestaand watervoerend pakket verdeeld naar rato van de doorlatendheidscoëfficiënten van de afzonderlijke lagen. Elke watervoerende (sub-)laag is zowel in horizontale als in verticale zin homogeen van opbouw. Het stromingsbeeld is stationair. In semipermeabele lagen treedt alleen verticale stroming op.

Een andere essentiële uitbreiding van FLOPZN ten opzichte van oudere FLOP-programmatuur is, dat ook de verticale snelheidscomponent in de berekeningen wordt betrokken.

Tenslotte wijkt ook de wijze waarop de natuurlijke grondwaterstroming wordt meegenomen af van wat in de oudere FLOP programma's gebruikelijk was. In FLOPZN dienen namelijk bovenstrooms en benedenstrooms van het gebied, waar inzicht in stroombanen en verblijftijden gewenst is, in alle te modelleren

watervoerende pakketten stijghoogten te worden opgegeven.

Deze referentiestijghoogten zijn randvoorwaarden op basis waarvan de regionale grondwaterstroming wordt berekend. Door de punten waarin de referentiestijghoogten zijn opgegeven worden door middel van het programma lijnen getrokken loodrecht op de richting van de natuurlijke grondwaterstroming. Buiten de aldus begrensde strook kunnen de gebruikte functies, waarmee het natuurlijke stromingspatroon tussen de referentiestijghoogten wordt berekend, niet worden beheerst. Daardoor kunnen ze ongecontroleerde waarden gaan aannemen. Als gevolg hiervan kan het stromingspatroon buiten dit gebied niet juist zijn.

Deze randvoorwaarden hebben evenwel geen betrekking op de verlagingen van de potentiaal ten gevolge van een onttrekking. In dat geval liggen de randvoorwaarden op oneindig.

De natuurlijke grondwaterstroming moet evenwel in alle pakketten dezelfde richting hebben; de gradiënten mogen echter wel verschillend zijn.

Aan de bovenkant van het model moet een peil worden opgegeven dat lineair in de richting van de natuurlijke grondwaterstroming mag verlopen.

Omdat ook FLOPZN volgens het superpositiebeginsel werkt moeten daarvoor stijghoogten worden gebruikt die zouden optreden in de situatie zonder de door te rekenen onttrekking, de zogenoemde nulsituatie. Het door de te beschouwen winning, alsmede de in de nabijheid gelegen winningen, veroorzaakte snelheidsveld en het snelheidsveld van de natuurlijke grondwaterstroming worden op elkaar gesuperponeerd tot een stromingssituatie met zowel horizontale als verticale snelheidscomponenten in watervoerende pakketten en alleen verticale componenten in semipermeabele lagen.

In algemene zin kan worden gesteld dat het programma FLOPZN bij uitstek geschikt is voor de berekening van lokale stroombanen, bijvoorbeeld ter plaatse en in de naaste omgeving van een winplaats.

3.3. Resultaten

In tabel 5 is per winplaats aangegeven welke berekeningen zijn uitgevoerd.

Tabel 5. Uitgevoerde berekeningen

winplaats	criterium		zones		
	top kleilaag	in waterv. pakket	60d.	10j.	25j
Lommel	.	x	x	x	x
Meerle	.	x	x	x	x
Putte/Kapellen	.	x	x	x	x
Putte/Kapellen-reservering	.	x	.	.	x
Wuustwezel	.	x	x	x	x

nb. x = van toepassing

De grondwaterwinning op de winplaatsen geschiedt door middel van pompputten in één of meer watervoerende pakketten. Bij de berekeningen is onderscheid gemaakt in de onttrekkingshoeveelheden per pompput.

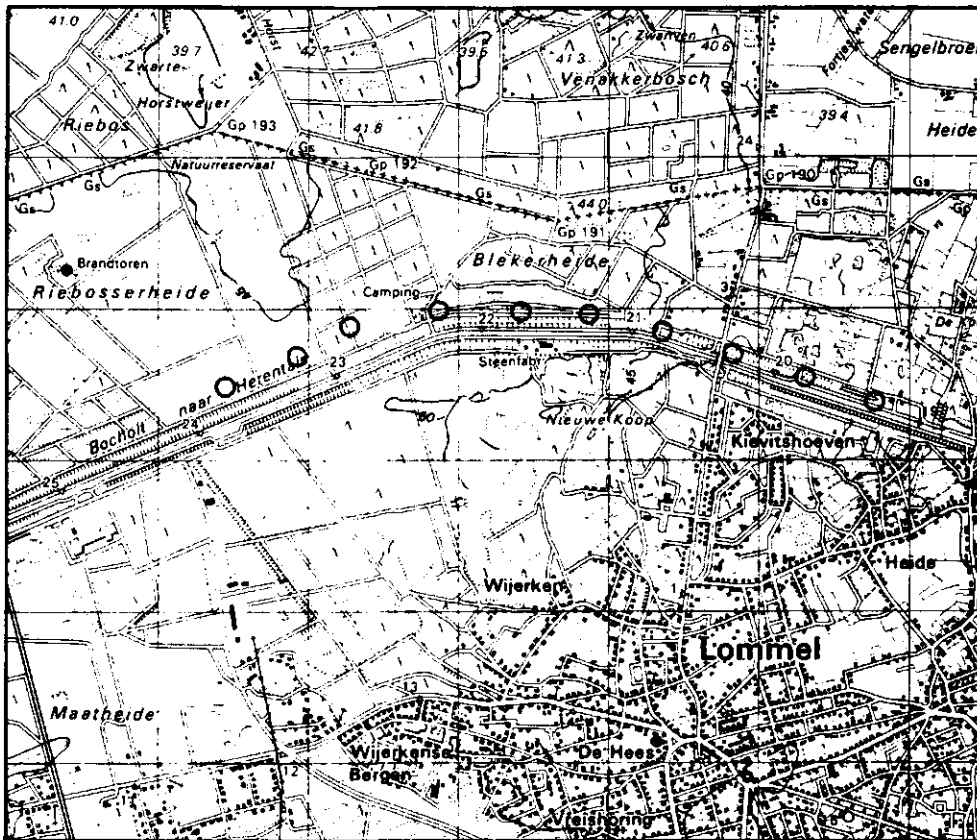
Bij de berekening van verblijftijden is het vooralsnog om rekentechnische redenen gebruikelijk de stroombanen te laten vertrekken vanaf het pompfilter, dat wil zeggen tegen de werkelijke stroomrichting in te rekenen.

Aangezien de verblijftijdzones moeten worden bepaald in het watervoerende pakket worden de vertrekpunten van de stroombanen veelal gelegd in het midden van het watervoerende pakket waarin de pompfilters zijn geplaatst, of zoveel dieper als noodzakelijk voor het verkrijgen van punten in het watervoerende pakket met een voldoende grote t-waarde.

In het geval van de berekening van de 60 dagen zone zijn per pompfilter in het midden van het watervoerende pakket 8 stroombanen berekend, elk in een andere richting; voor de 10- en de 25-jaarszone zijn per pompput 4 stroombanen berekend.

Om een verblijftijdzone te bepalen is tussen punten, waarvan x , y en t bekend zijn, een driehoekig netwerk gegenereerd, zodanig dat die punten de knooppunten van het netwerk vormen. De gezochte isochronen zijn bepaald door middel van lineaire interpolatie in dit netwerk.

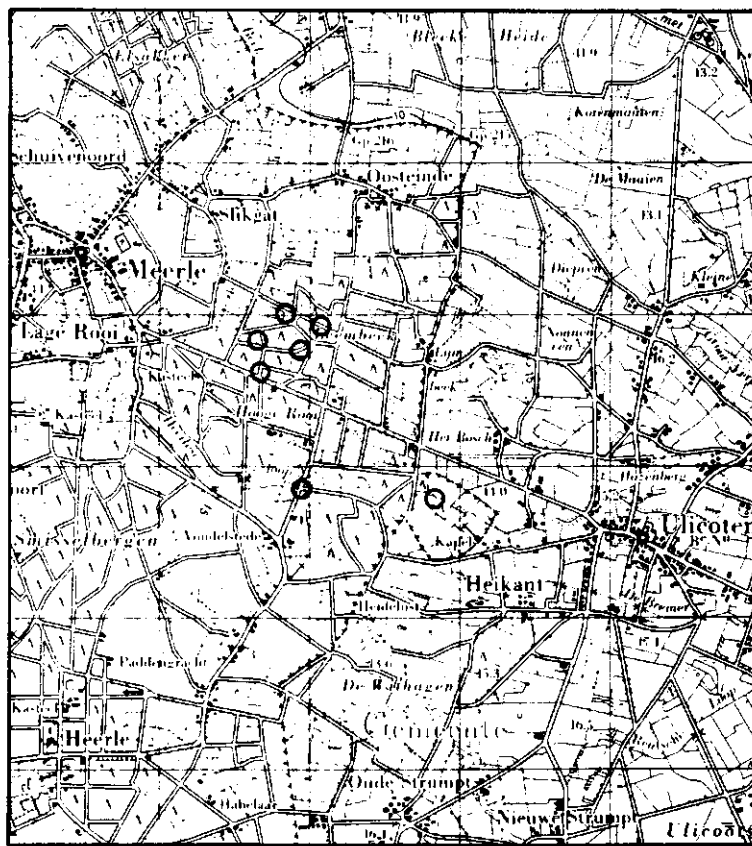
In de figuren 8 t/m 16 zijn de bepaalde verblijftijdzones op een topografische ondergrond weergegeven op schaal 1:50000. Op bijlagen 1 t/m 9 zijn de zones tevens op schaal 1:25000 weergegeven.



LOMMEL (60 dagen zone)

schaal 1:50.000

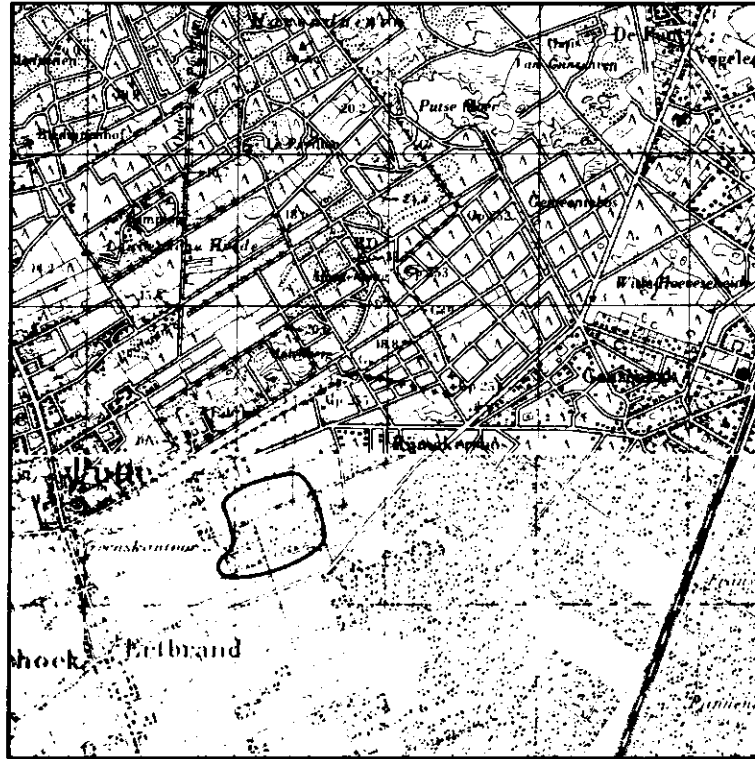
Figuur 8. 60-dagenzone winplaats Lommel



MEERLE (60 dagen zone)

schaal 1:50.000

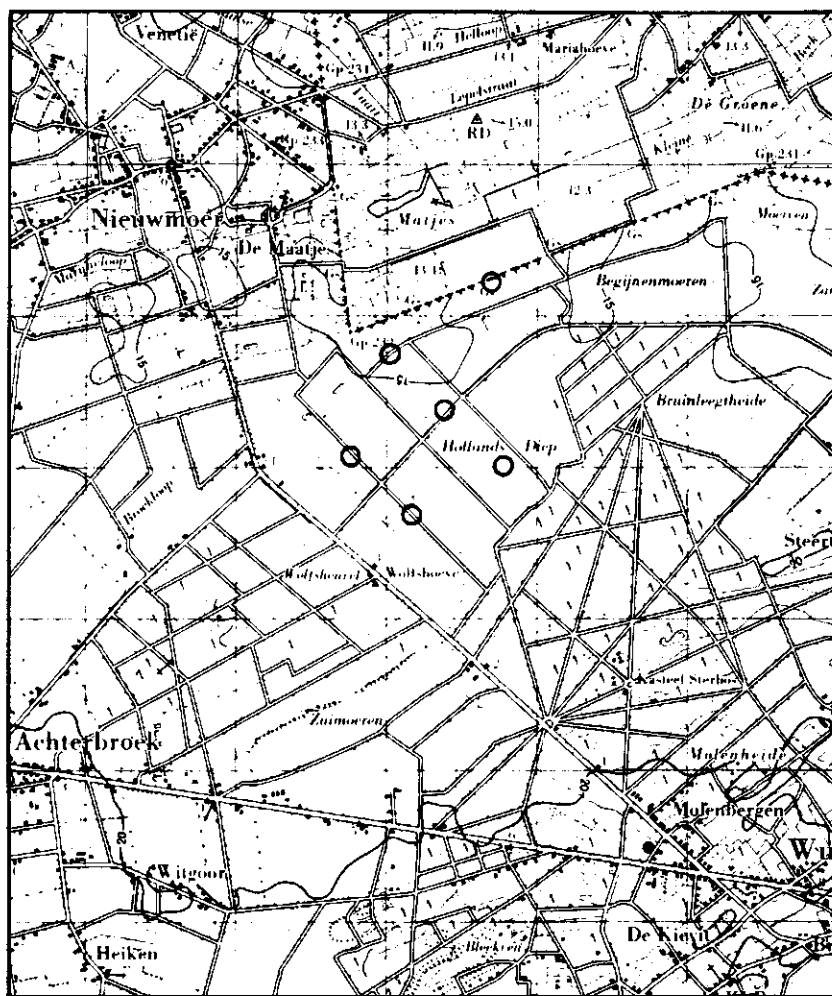
Figuur 9. 60-dagenzone winplaats Meerle



PUTTE / KAPELLEN ; 4.38 milj. (60 dagen zone)

schaal 1:50.000

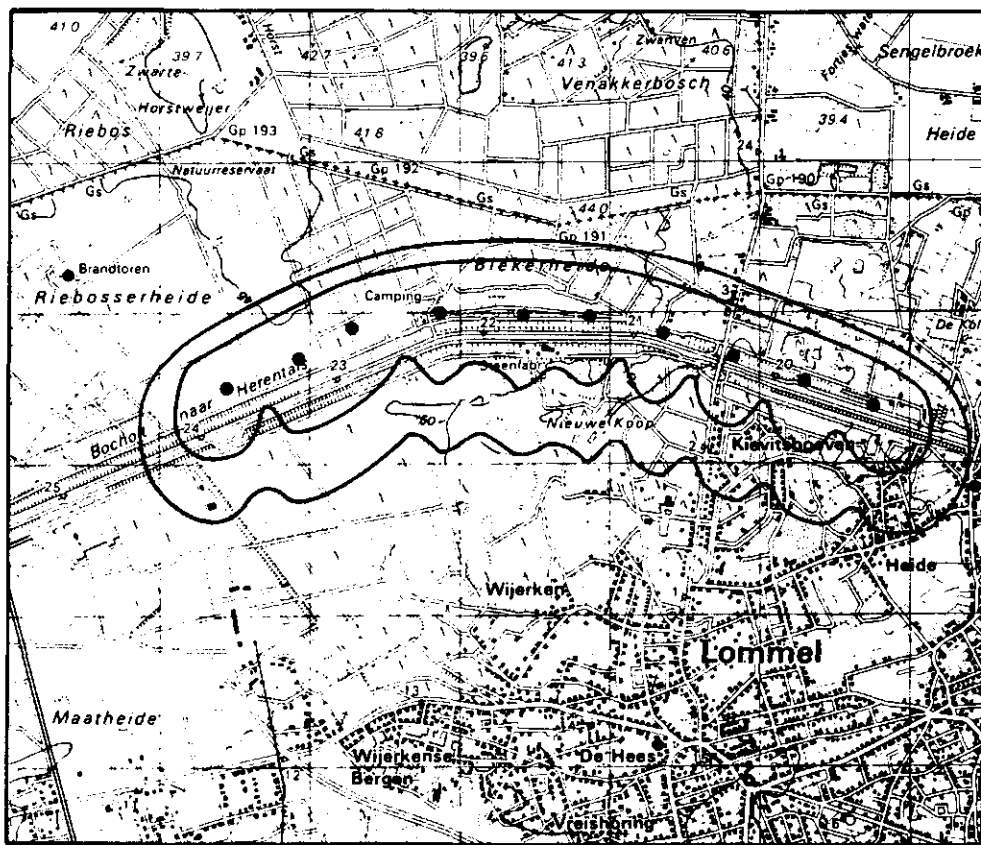
Figuur 10. 60-dagenzone winplaats Putte-Kapellen



WUUSTWEZEL (60 dagen zone)

schaal 1:50.000

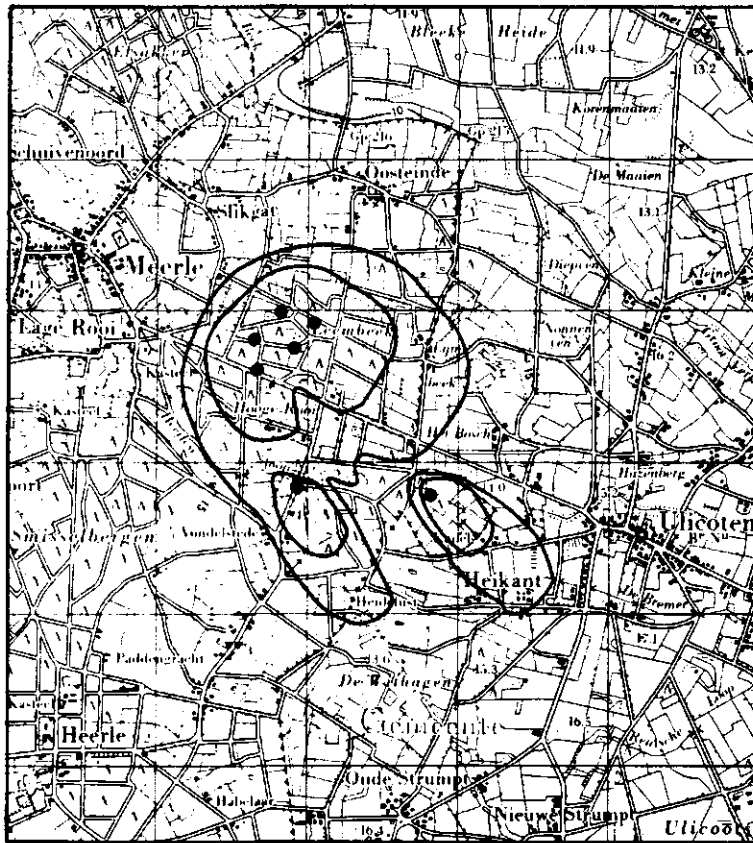
Figuur 11. 60-dagenzone winplaats Wuustwezel



LOMMEL (10 en 25 jaar zone)

schaal 1:50.000

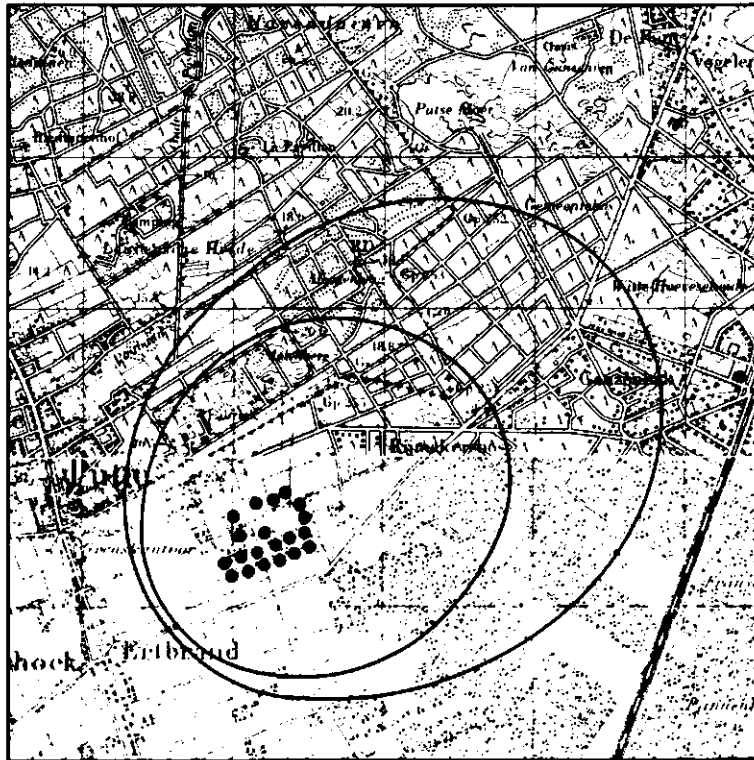
Figuur 12. 10- en 25-jaarzone winplaats Lommel



MEERLE (10 en 25 jaar zone)

schaal 1:50.000

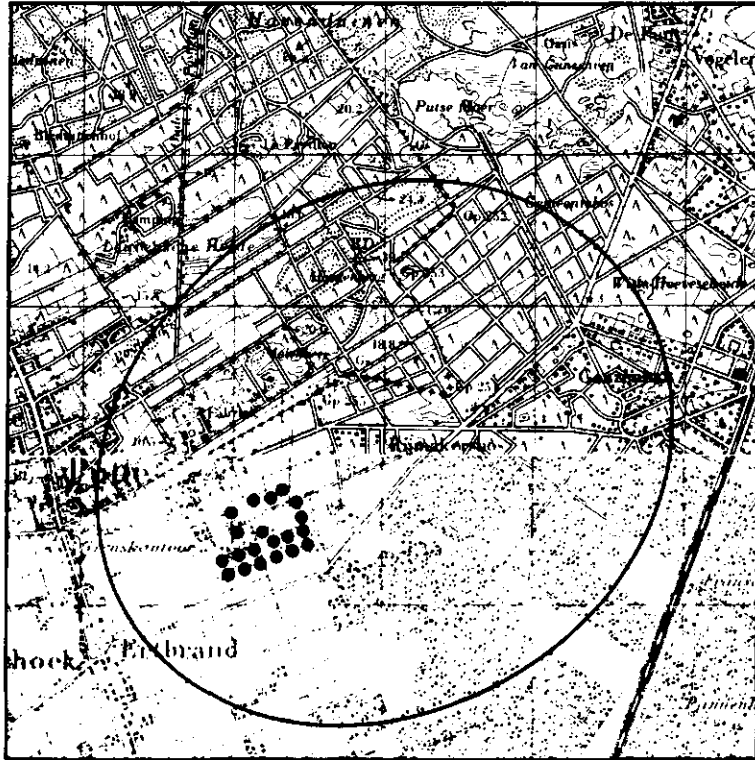
Figuur 13. 10- en 25-jaarzone winplaats Meerle



PUTTE / KAPELLEN ; 4.38 milj. (10 en 25 jaar zone)

schaal 1:50.000

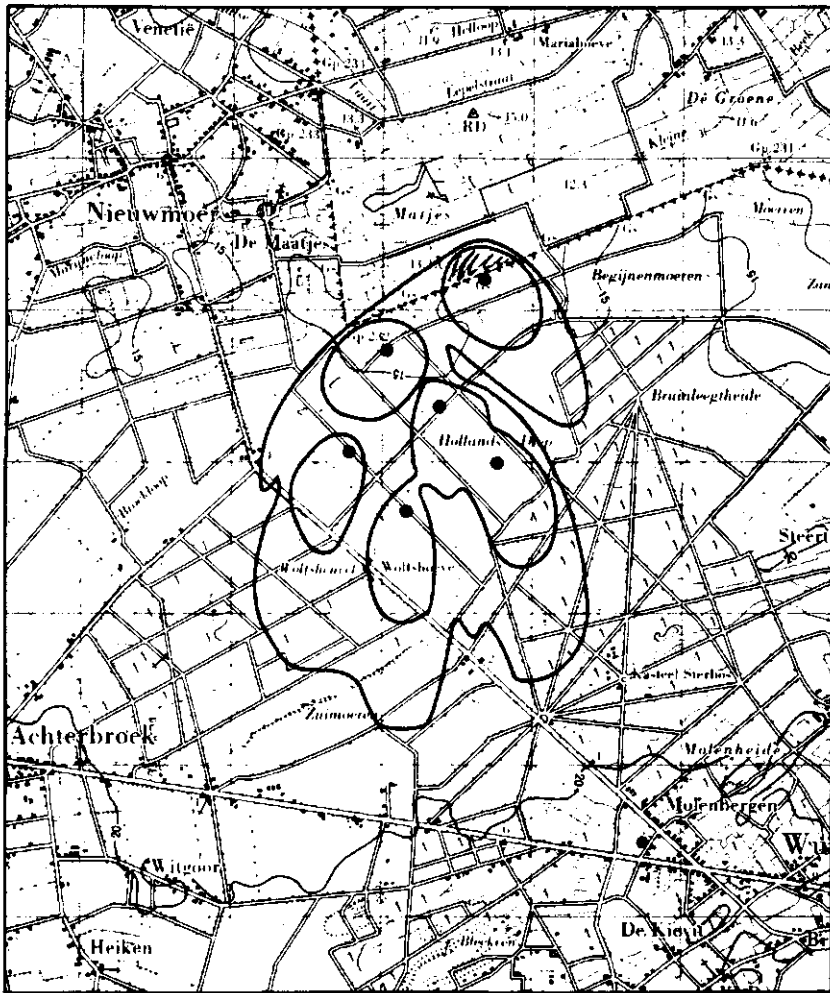
Figuur 14. 10- en 25-jaarzone winplaats Putte/Kapellen



PUTTE / KAPELLEN ; 5.48 milj. (25 jaar zone)

schaal 1:50.000

Figuur 15- 10- en 25-jaarzone winplaats Putte/Kapellen (reservering)



WUUSTWEZEL (10 en 25 jaar zone)

schaal 1:50.000

Figuur 16. 10- en 25-jaarzone winplaats Wousterwezel

4. CONCLUSIES

Voor de vier Belgische grondwaterwinplaatsen konden de gevraagde 60-dagen, 10- en 25-jaarsverblijftijdzones worden bepaald.

Bij de beschouwde winplaatsen blijkt in drie van de vier gevallen sprake te zijn van grensoverschrijdende verblijftijdzones.

Uitgaande van de resultaten van de gehanteerde berekeningsmethodiek zijn bij de winplaats Lommel geen delen van de bepaalde verblijftijdzones gelegen op Nederlands grondgebied.

De 60-dagenzones van de winplaats Meerle zijn niet grensoverschrijdend.

Door de locatie van een van de pompputten op deze winplaats is de 10-jaarszone, hoewel voor een zeer beperkt deel, gelegen in Nederland. Het in Nederland gelegen deel van de 25-jaarszone is uiteraard groter.

Op de winplaats Putte/Kapellen is de berekende 60-dagen zone niet grensoverschrijdend. Dit in tegenstelling tot delen van de 10- en 25-jaarszones.

Bij de winplaats Wuustwezel is van beperkte grensoverschrijding van de drie typen zones sprake. De locatie van de meest noordelijk gelegen pompput is er de oorzaak van dat zelfs een deel van de aan deze put gerelateerde 60-dagenzone in Nederland is gelegen.

5. LITERATUUR

1. Commissie Bescherming Waterwingebieden CBW
Richtlijnen en aanbevelingen voor de bescherming van
waterwingebieden
RID/VEWIN, december 1980
2. Voorlopige Technische Commissie Bodembescherming (VTCB)
Advies berekeningsgrondslag grondwaterbeschermingsgebieden
VTCB A85/01, november 1985
4. Een regionaal geohydrologisch modelonderzoek van de Centrale
Slenk van Noord-Brabant
RIVM rapport 840348003
Sman, H.T.
Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiene, maart 1985
5. Subregionaal geohydrologisch onderzoek in midden west Noord-Brabant
RIVM rapport 840347003 (RID-HyH rapport 83-36)
Mülschlegel, J.H.C., M. Juhasz-Holterman
Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening, 1983
6. Subregionaal geohydrologisch onderzoek in het oostelijk deel van
west Noord-Brabant
RIVM rapport 840347007
Mülschlegel, J.H.C.
Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiene, maart 1985
7. Subregionaal regionaal geohydrologisch onderzoek in het
westelijk deel van west Noord-Brabant
RIVM rapport 840347008
Mülschlegel, J.H.C.
Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiene, oktober
1987

8. Verblijftijdzones rond grondwaterwinningen in de provincie Noord-Brabant

RIV rapport 728520001

G.P. Beugelink, G.P., J.H.C. Mülschlegel, M.J.H. Pastoors,
J.G.W. Verlouw

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiene, augustus
1987

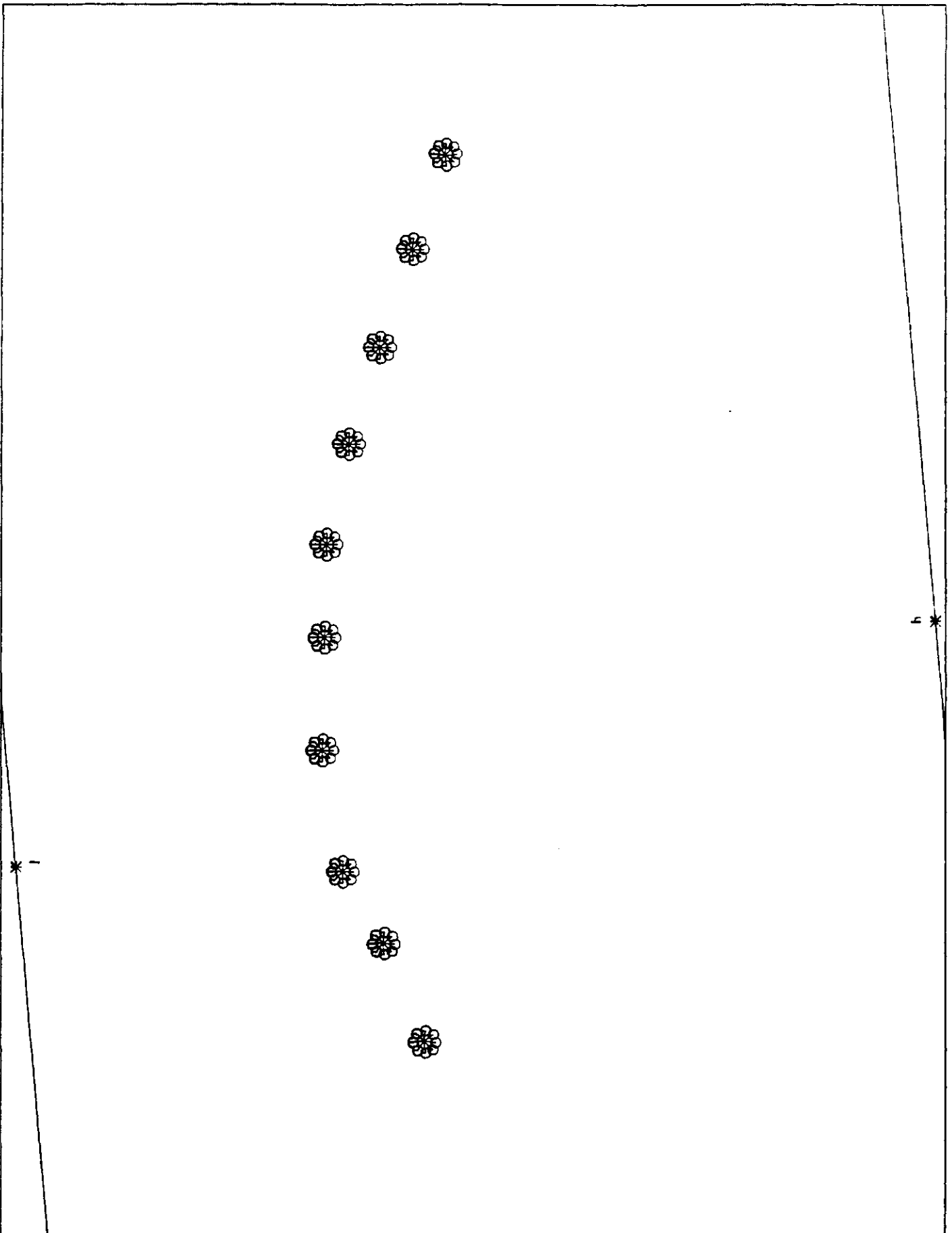
9. Computer Program FLOPZN; Pathlines in a Quasi-Three-Dimensional Groundwater Flow in a System of Layered Homogeneous Aquifers

RIVM rapport 728520005

Veling, E.J.M.

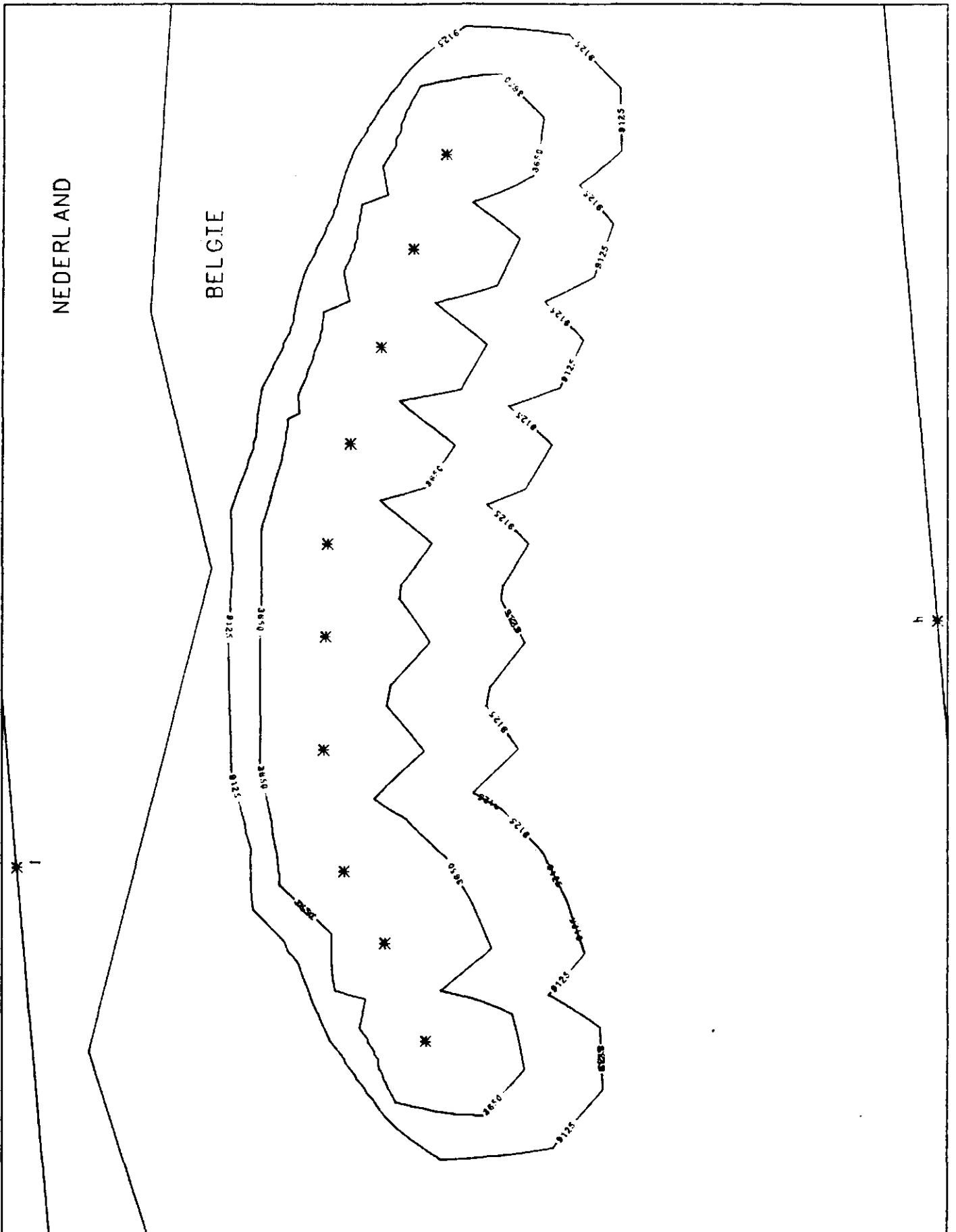
Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiene, 1988

Bijlage 1



LOMMEL (60dg-zone)	⊙	:	60. d.
<i>schaal 1: 25000.</i>	X-window	145000.00	- 151500.00 m.
26-NOV-87 15:18.59	Y-window	359500.00	- 365000.00 m.

Bijlage 2



LOMMEL-2 (10 en 25 jaar-zone)

schaal 1: 25000.

X-window

145000.00 - 151500.00 m.

Y-window

359500.00 - 365000.00 m.

18-NOV-87 14:55:02

Bijlage 3



MEERLE (60dg-zone)

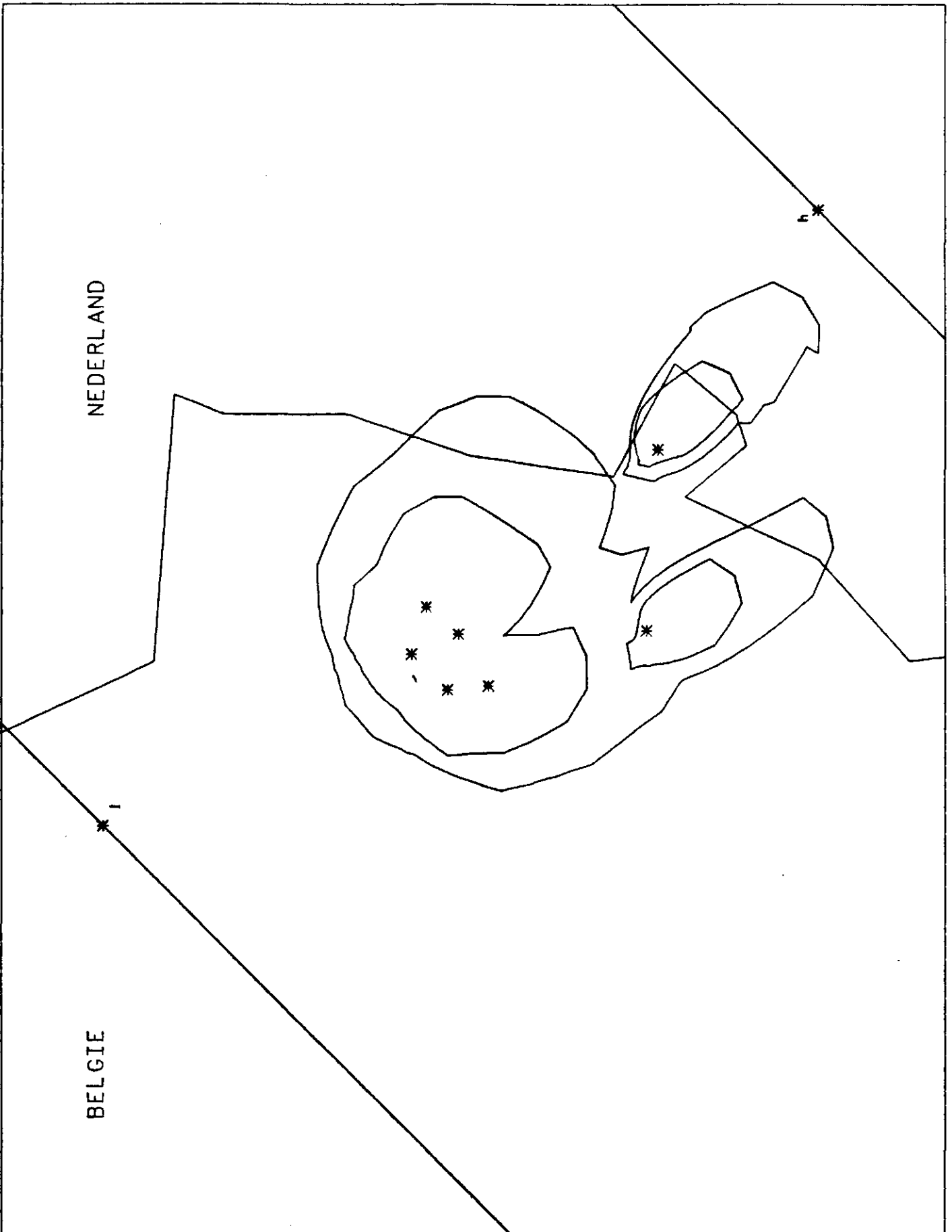
o : 60. d.

schaal 1: 25000.

X-window 113000.00 - 119000.00 m.

Y-window 384375.00 - 389000.00 m.

27-JAN-88 11:53:01



MEERLE (10 en 25 jaar-zone)

school 1: 25000.

X-window

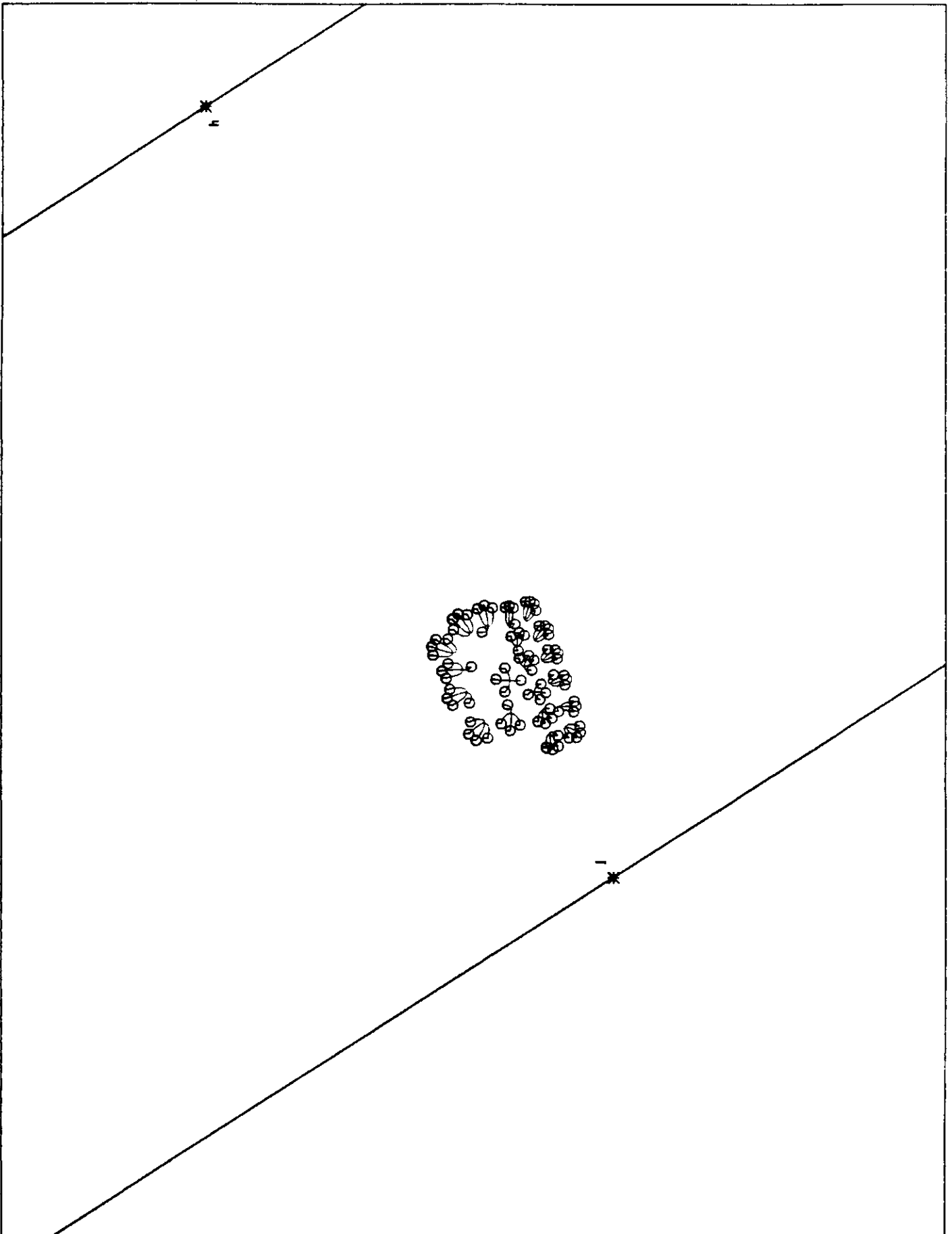
113000.00 - 119000.00 m.

Y-window

384375.00 - 389000.00 m.

16-oct-87 14:05:14

Bijlage 5



PUTTE/KAPELLEN; 4, 38milj. (60 dagen-zone)

o: 60 d.

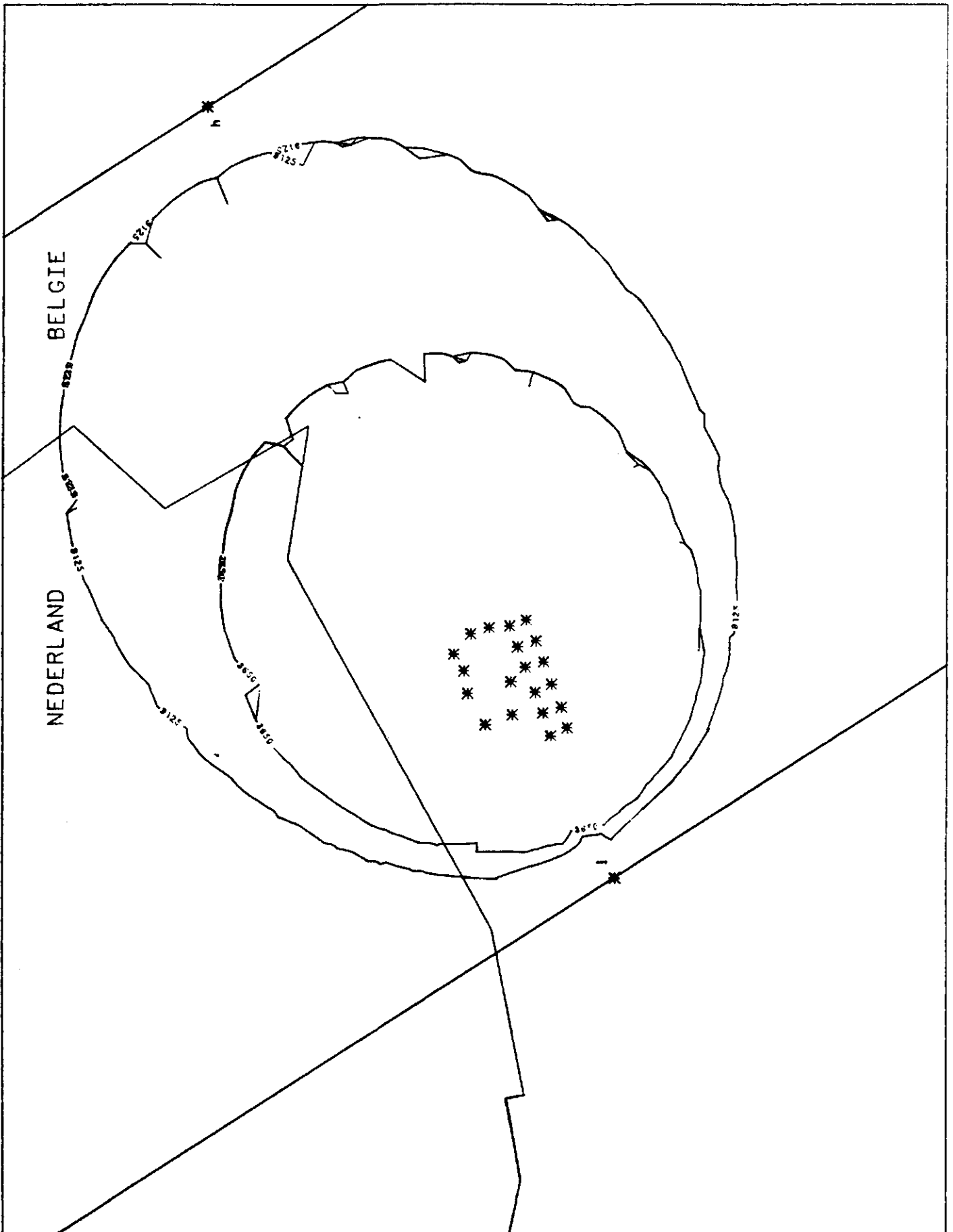
school 1: 25000.

X-window 84500.00 - 090500.00 m.

Y-window 372375.00 - 377000.00 m.

26-NOV-87 15:15:22

Bijlage 6

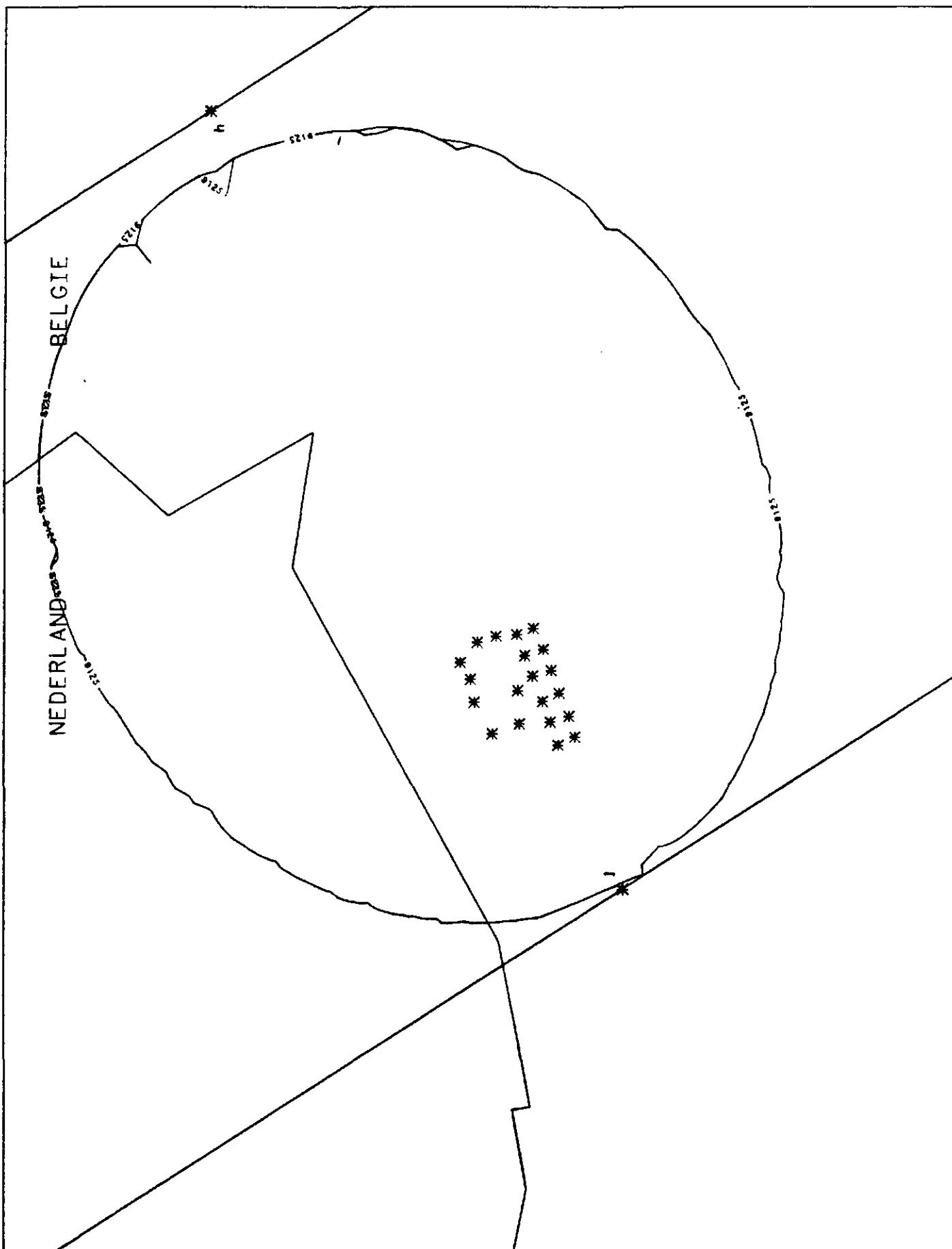


PUTTE/KAPELLEN; 4, 38milj. (10 en 25 jaar-zone)

schaal 1: 25000. X-window 84500.00 - 090500.00 m.
Y-window 372375.00 - 377000.00 m.

22-NOV-87 09:25:31

Bijlage 7



PUTTE/KAPELLEN; 5, 48milj. (25 jaar-zone)

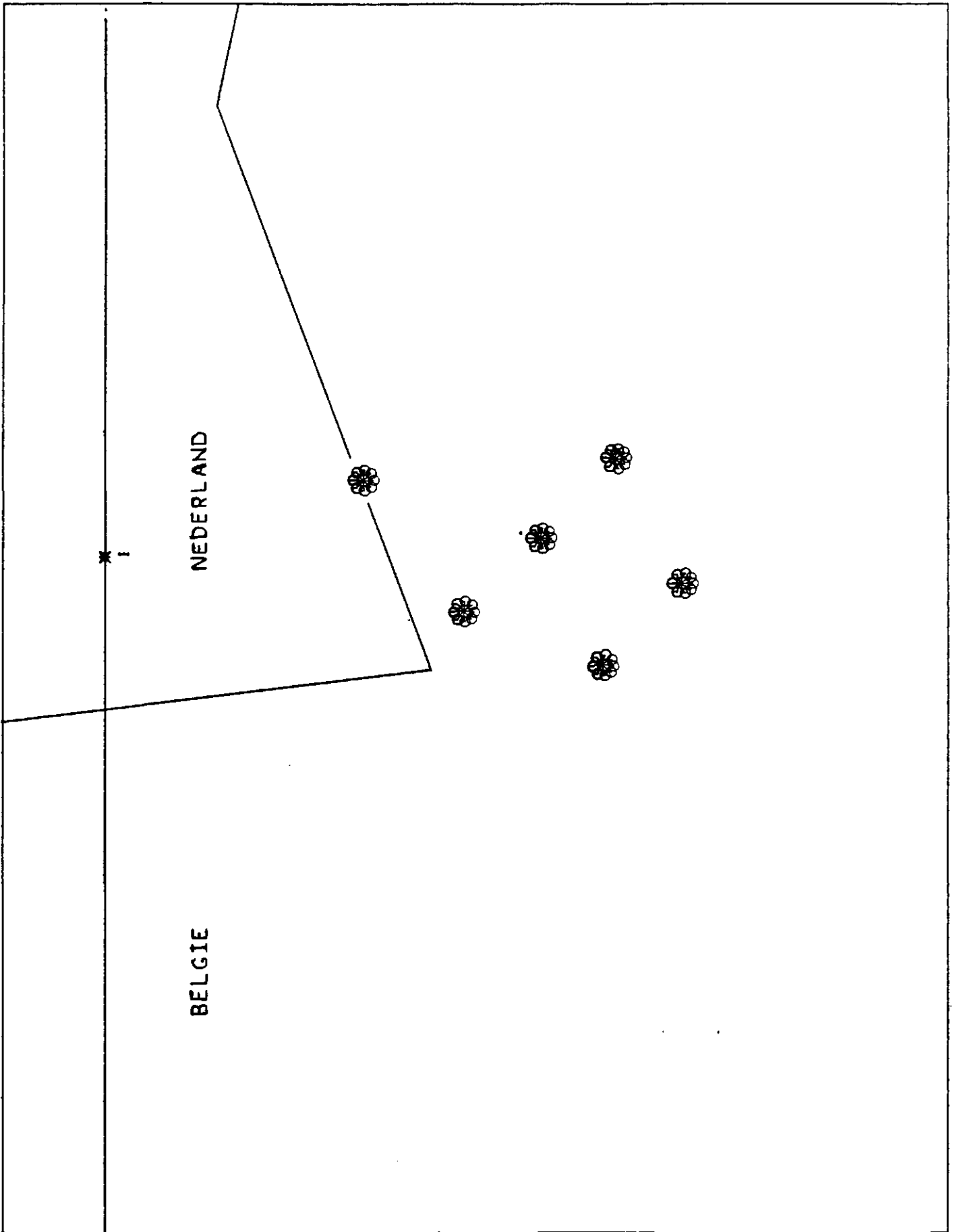
schaal 1: 25000.

X-window 84500.00 - 090500.00 m.

Y-window 372375.00 - 377000.00 m.

22-NOV-87 09.25:31

Bijlage 8



WUUSTWEZEL (60dg-zone)

o

60. d.

schaal 1: 25000,

X-window

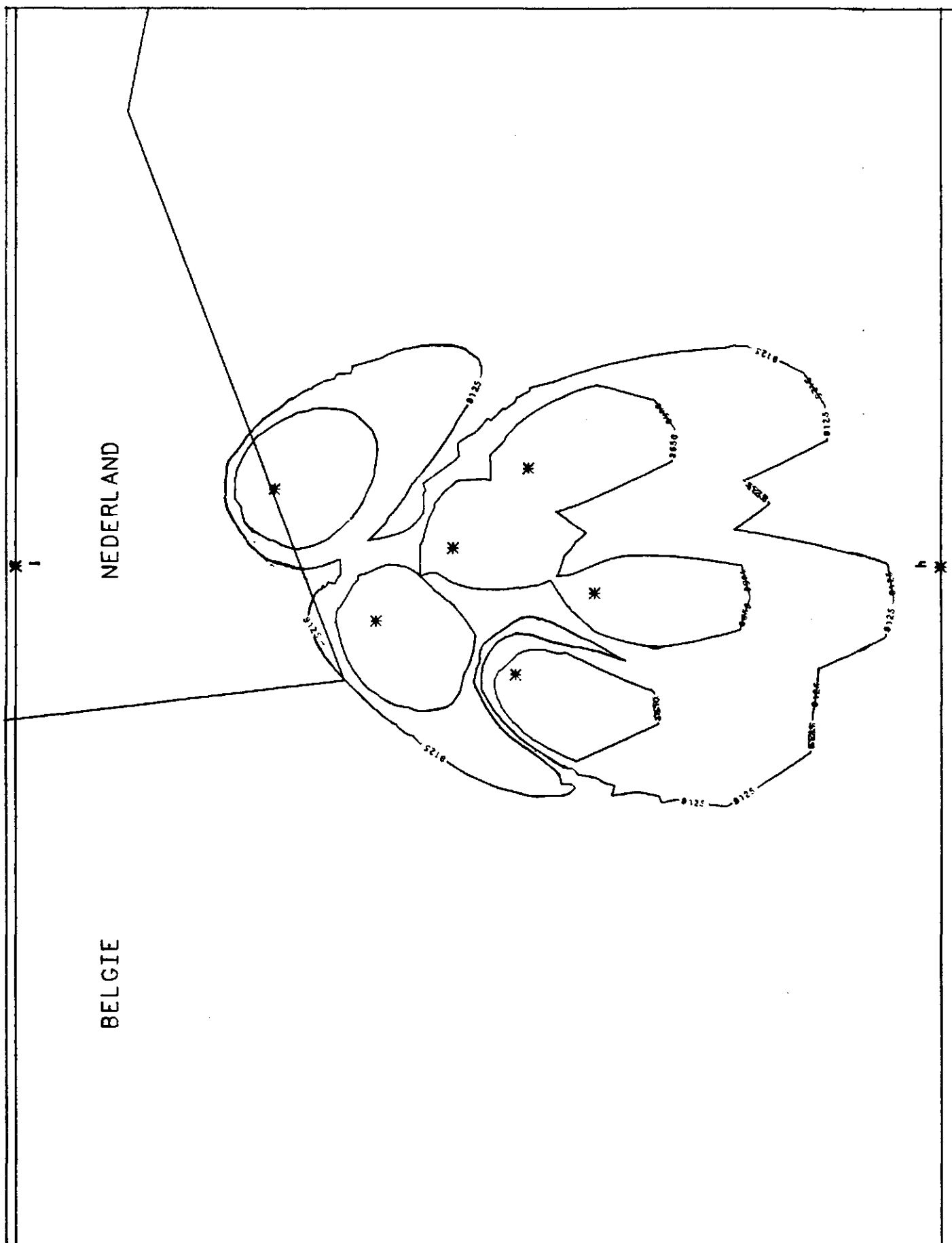
93000.00 - 99000.00 m.

Y-window

379375.00 - 384000.00 m.

26-NOV-87 15:16:47

Bijlage 9



WUUSTWEZEL (10 en 25 jaar-zone)

schaal 1: 25000.

X-window

93000.00 - 99000.00 m.

Y-window

378925.00 - 383550.00 m.

16-OCT-87 14:23.47