BEREKENDE VERBLIJFTIJDZONES VAN 1, 10 EN 25 JAAR

VOOR DRINKWATERWINNINGEN IN GELDERLAND

bijlage bij het eindrapport van de
Projectgroep Bescherming Waterwinplaatsen

WV146

PROVINCIE GELDERLAND
dienst Waterbeheer

Arnhem, mei 1984

I N H O U D S O P G A V E

pagina

SAMENVATTING

INLEIDING 1

1 TOELICHTING OP DE BEREKENINGSMETHODE 3

2 CAPACITEIT VAN DE ONTTREKKINGSPUNTEN 7

2.1 Capaciteit van de waterwinning
2.2 Capaciteit van externe onttrekkingen

3 GEOHYDROLOGISCHE SCHEMATISERING VAN DE WATERWINNING 10

3.1 Kleilagen bepalend voor schematisering

3.1.1 Ligging van kleilagen
3.1.2 Horizontaal gelegen kleilagen
3.1.3 Scheefgestelde kleilagen

3.2 Waterwinning zonder beschermende kleilagen
3.3 Waterwinning onder beschermende kleilagen
3.4 Waterwinning in anisotrope watervoerende pakketten

4 SCHEMATISERING VAN EEN RIVIER, BARRIÈRE EN WATERSCHEIDING 20

4.1 Voeding vanuit een rivier
4.2 Beperking natuurlijke stroming door een barrière
4.3 Invloed van een waterscheiding

5 NADERE TOELICHTING BIJ EEN AANTAL WATERWINNINGEN 25

6 KANTTEKENINGEN BIJ DE BEREKENDE VERBLIJFTIJDZONES 29

LITERATUUR 32

LIJST VAN BIJLAGEN 33

TABEL 1: Gegevens grondwateronttrekking
TABEL 2: Geohydrologische gegevens
TABEL 3: Betrouwbaarheid berekende verblijftijdzones

55 BIJLAGEN MET VERBLIJFTIJDZONES 55 WATERWINNINGEN (schaal 1:25.000)

OVERZICHTSKAART VERBLIJFTIJDZONES GELDERLAND (schaal 1:100.000)

SAMENVATTING

De landelijke Commissie Bescherming Waterwingebieden adviseert beschermingsgebieden gebaseerd op verblijftijden van toestromend grondwater in te stellen rond grondwaterwinningen ten behoeve van de openbare drinkwatervoorziening. Het accent wordt gelegd op de bescherming van toekomstig drinkwater voor de korte en middellange termijn. Voor het beschermen van toekomstig drinkwater op de lange termijn is bescherming van het veel grotere intrekgebied nodig. Sinds 1978 adviseren Gedeputeerde Staten de gemeenten om beschermingsgebieden op te nemen in bestemmingsplannen gebaseerd op verblijftijden van 1 jaar (bacteriologische bescherming) en 10 jaar (chemische bescherming). Over het beschermingsgebied gebaseerd op een verblijftijd van 25 jaar (tevens chemische bescherming) is in 1978 nog geen uitspraak gedaan.

Beschermingsgebieden gebaseerd op verblijftijden betekenen in veel gevallen een duidelijke uitbreiding van het bestaande beschermingsgebied rond de drinkwaterwinning. De instelling van de nieuwe beschermingsgebieden verliep trager dan wenselijk is. Gedeputeerde Staten stelden onder andere daarom in 1982 de Projectgroep Bescherming Waterwinplaatsen in, met als opdracht:

1 Het aangeven van een voor de provincie aanvaardbare begrenzing van de 1 en 10-jaarsbeschermingsgebieden.
2 Voorstellen doen met betrekking tot de noodzaak c.q. wenselijkheid van het 25-jaarsbeschermingsgebied.

Voor het vervullen van de opdracht zijn in de eerste plaats zorgvuldig berekende 1, 10 en 25-jaarverblijftijdzones van alle drinkwaterwinningen in Gelderland nodig. De berekeningen zijn uitgevoerd door de dienst Waterbeheer van de provincie Gelderland. Dit rapport geeft een verantwoording van de gebruikte methode en gegevens om deze verblijfzones vast te stellen. Een tweetal uitgangspunten zijn van belang:

- de totale capaciteit van de drinkwaterwinning is in principe gebaseerd op de verleende vergunningshoeveelheid (Grondwaterwet Waterleidingbedrijven);
- er wordt rekening gehouden met de beschermende werking van diepliggende, aaneengesloten kleilagen.

De Projectgroep Bescherming Waterwinplaatsen heeft deze uitgangspunten in een interimrapportage aan Gedeputeerde Staten voorgelegd en deze zijn overgenomen. Met de betrokken waterleidingbedrijven is over de berekeningen overleg gepleegd; dit leidde, binnen het raam van de opdracht, in alle gevallen tot overeenstemming.

De verblijftijdzones zijn berekend met het computerprogramma FLOP (Flow Pattern), dat ontwikkeld is door dr.ir. C. van den Akker. De opbouw van de ondergrond en de waterhuishoudkundige situatie moet bij deze berekeningsmethode vergaand worden versimpeld. De opbouw van de

ondergrond is van plaats tot plaats (zeer) verschillend, maar wordt geschematiseerd tot 5 situaties. De berekening bestaat uit 2 stappen:

1 de berekening van een stroombaan van een waterdruppel
2 de berekening van de tijd die een waterdruppel nodig heeft om een bepaalde afstand over de stroombaan af te leggen (verblijftijd).

De belangrijkste invoergegevens zijn de hoeveelheden grondwater die per onttrekkingspunt aan de bodem worden onttrokken, de geologische opbouw van de ondergrond en de waterhuishoudkundige gegevens.

De capaciteit van de drinkwaterwinning wordt verdeeld over de aanwezige onttrekkingsmiddelen (pompputten). Het rekenen met meerdere pompputten is vooral van belang voor de bepaling van de 1-jaarverblijftijdzones. Ook externe grondwateronttrekkingen, die invloed kunnen hebben op de vorm van verblijftijdzones, worden in rekening gebracht (b.v. industriële onttrekkingen).

Bij de opbouw van de ondergrond is vooral van belang hoe dik het zand- en grindpakket is waaruit het grondwater wordt gewonnen. Daarnaast zijn grondlagen met een veel geringe doorlatendheid (kleilagen) van belang als deze boven de filters van de pompputten voorkomen. Er is onderscheid gemaakt tussen 5 situaties:

A Waterwinning zonder kleilagen (freatische waterwinning)
B Waterwinning onder een deklaag
C Waterwinning onder een diepliggende, niet-aaneengesloten kleilaag
D Waterwinning onder een diepliggende aaneengesloten kleilaag
E Waterwinning onder in een anisotroop watervoerend pakket.

In situatie A komt er geen kleilaag boven de winmiddelen voor; de winning vindt als het ware in een "zandbak" plaats. Bij situatie B bevindt zich een afdekkende kleilaag aan het maaiveld (deklaag); deze kleilaag is kwetsbaar. Een diepliggende, maar plaatselijke onderbroken kleilaag ("gatenkaas"), situatie C, levert evenmin bescherming. In geen van de situaties A, B of C wordt een verontreiniging, die meestal vanaf het maaiveld komt, met een aanvaardbare zekerheid vertraagd door een beschermende horizontaal gelegen kleilaag. Bij situatie D is dat wél het geval. Een diepliggende kleilaag is veel minder kwetsbaar. De beschermende werking is eerst van belang als de kleilaag een minimale dikte en verbreiding heeft. Bij situatie D worden 2 berekeningen uitgevoerd:

- de verblijfzones zonder rekening te houden met de extra verblijftijd in de kleilaag (bijlagen: stippellijnen)
- de verblijfzones rekening houdend met de extra verblijftijd van een waterdruppel in de kleilaag (bijlagen: getrokken lijnen).

Het beschermingsgebied wordt gebaseerd op deze laatste getrokken lijnen. De omvang van het te beschermen gebied kan sterk worden beperkt door de beschermende kleilaag. In een aantal gevallen kan het *beschermingsgebied daardoor beperkt blijven tot de directe omgeving* van de onttrekkingsmiddelen.

Bij situatie E komen, in tegenstelling tot de andere situaties geen horizontaal gelegen, maar regelmatig verdeelde scheefgestelde kleilagen voor. Het zand- en grondpakket is hierdoor in de ene richting beter doorlatend voor water dan in de andere richting. Een dergelijk watervoerend pakket wordt anisotroop genoemd. Deze komen vóór in de *stuwwallen. Ook in situatie E leveren kleilagen geen bescherming.*

De geohydrologische situatie bij de meeste drinkwaterwinningen van Gelderland kan tot één van de bovengenoemde 5 situaties worden geschematiseerd. Bij een aantal komt dichtbij een rivier, een sterk overheersende scheefgestelde kleilaag (barrière) of een waterscheiding voor. De invloed hiervan is door een extra berekening afgetast. Bij 9 drinkwaterwinningen is daarnaast nog een extra toelichting vereist.

Ten slotte enkele kanttekeningen bij de berekende verblijftijdzones:

- De berekende stroombanen zijn veel betrouwbaarder dan de berekende verblijftijden. Berekend zijn namelijk de gemiddelde verblijftijden van toestromend grondwater. Er treden echter aanzienlijke verschillen in verblijftijd op tussen waterdruppels onderling. De snelst stromende druppels kunnen ongeveer 2 maal eerder bij de waterwinning zijn dan de hier berekende gemiddelde verblijftijd aangeeft. De bescherming tegen verontreiniging vanaf de rand van het beschermingsgebied is dus korter van duur dan 1, respectievelijk 10 of 25 jaar.

- Bij waterwinningen onder een beschermende kleilaag (situatie D) wordt het te beschermen gebied door de extra verblijftijd in de kleilaag sterk beperkt. Voorwaarde is wel dat er (wettelijke) maatregelen worden getroffen om de diepliggende kleilaag tegen ongewenste perforaties te beschermen.

- Het merendeel van de drinkwatervoorzieningen in Gelderland is, geohydrologisch gezien, kwetsbaar: een beschermende kleilaag ontbreekt.

- Voor bescherming van drinkwater op lange termijn dienen vorm en omvang van intrekgebieden bekend te zijn.

De gegevens, die in de berekeningen zijn gebruikt, zijn vermeld in tabel 1 en 2. In tabel 3 is een indicatief waardeoordeel van de betrouwbaarheid van de individuele berekeningen gegeven. De berekende verblijftijdzones zijn in 55 bijlagen op schaal 1:25.000 achter in dit rapport opgenomen. Ten slotte is een overzichtskaart met de verblijftijdzones van de gehele provincie Gelderland opgenomen.

INLEIDING

De Landelijke Commissie Bescherming Waterwingebieden onderzocht in de zeventiger jaren de bescherming van drinkwaterwingebieden. Een volkomen bescherming van een winplaats kan, volgens de commissie, alleen worden verkregen door het tegengaan van elke nadelige beïnvloeding van de grondwaterkwaliteit in het gehele intrekgebied. Een intrekgebied is het gehele gebied waaruit ook op lange duur grondwater door een waterwinning wordt aangetrokken. De intrekgebieden zijn, vanwege de opbouw van de ondergrond, in Nederland groot.

Door de commissie is aanbevolen het accent bij de bescherming van toekomstig drinkwater te leggen op de korte en middellange termijn. Dit wordt bereikt door het dichtst bij de waterwinning gelegen deel van het intrekgebied te beschermen. Binnen een te beschermen gebied kan een onderscheid worden gemaakt tussen een bacteriologisch en een chemisch beschermingsgebied. De omvang van de beschermingsgebieden wordt gebaseerd op de verblijftijden van het toestromende grondwater in het watervoerende pakket. In Gelderland wordt drinkwater volledig gewonnen uit "korrelige" zand- en grindlagen; in deze grondlagen kunnen verblijftijden door berekening worden vastgesteld. Voor de bacteriologische bescherming wordt aanbevolen een verblijftijd te hanteren van minimaal 100 dagen of 1 jaar. De chemische bescherming dient voortzetting van de drinkwaterwinning te verzekeren voor minimaal 10, respectievelijk 25 jaar.

Gedeputeerde Staten van Gelderland hebben in 1978 aan de gemeenten geadviseerd om beschermingsgebieden rond drinkwaterwinningen gebaseerd op verblijftijden van 1 en 10 jaar op te nemen in hun bestemmingsplannen. Over het 25-jaars beschermingsgebied werd nog geen uitspraak gedaan. Het instellen van beschermingsgebieden gebaseerd op verblijftijden van grondwater van 1 en 10 jaar betekent voor de meeste drinkwaterwinningen een duidelijke uitbreiding ten opzichte van het bestaande beschermingsgebied. Het beschikken over zorgvuldig en uniform vastgestelde beschermingsgebieden zou de invoering hiervan kunnen versnellen. Gedeputeerde Staten stellen in januari 1982 de Projectgroep Bescherming Waterwinplaatsen in met als opdrachten:

1 Het aangeven van een voor de provincie aanvaardbare begrenzing van de 1 en 10-jaars beschermingsgebieden.
2 Voorstellen doen met betrekking tot de noodzaak c.q. wenselijkheid van het 25-jaars beschermingsgebied.

In een interimrapportage van de projectgroep medio 1983 aan Gedeputeerde Staten zijn een aantal uitgangspunten vastgelegd, welke van belang zijn voor de berekening van verblijftijdzones. Gedeputeerde Staten hebben met de volgende voorstellen in de interimrapportage ingestemd:

- in principe is de vergunningshoeveelheid in het kader van de Grondwaterwet waterleidingbedrijven basis voor de gehanteerde capaciteit van de drinkwaterwinning;
- als de winning van drinkwater plaatsvindt onder een diep gelegen kleilaag met een dikte van meer dan 1 m en een aanzienlijke weerstand dan zal rekening worden gehouden met deze kleilaag, mits deze aaneengesloten aanwezig is in een groot gebied rond de drinkwaterwinning.

De opdracht van de projectgroep brengt met zich mee dat lijnen van gelijke verblijftijd van 1, 10 en 25 jaar bekend moeten zijn voor alle drinkwaterwinningen in Gelderland. De vastgestelde verblijftijdzones vormen de basis voor de in te stellen beschermingsgebieden; deze laatste zijn aangepast aan topografisch herkenbare begrenzingen. Dit rapport bevat de verantwoording van gegevens en berekeningsmethode van de beschermingsgebieden in Gelderland. De berekeningen zijn uitgevoerd door de dienst Waterbeheer van de provincie Gelderland.

Het aantal waterwinningen waarbij een berekening is uitgevoerd bedraagt 55; dit omvat 54 op Gelders gebied gelegen waterwinningen en de waterwinning Woudenberg (gemeente Woudenberg) bij de grens van de provincie Gelderland en Utrecht.

De opbouw van het rapport is als volgt. De berekeningsmethode wordt eerst toegelicht (hoofdstuk 1). Daarna volgt een toelichting op de gebruikte invoergegevens. Dit zijn de capaciteit van de drinkwaterwinning en eventuele externe grondwateronttrekkingen (hoofdstuk 2) en daarna de geohydrologische schematisering van de waterwinning (hoofdstuk 3). Enkele daaraan toe te voegen bijzondere geohydrologische elementen zijn in hoofdstuk 4 beschreven: rivieren, barrières en waterscheidingen. Bij een aantal waterwinningen doet zich een bijzondere winsituatie voor, die niet is te schematiseren tot één van de situaties in hoofdstuk 3 en hoofdstuk 4. Hiervoor is een speciale toelichting opgenomen (hoofdstuk 5). Tenslotte worden enkele kanttekeningen gemaakt over nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de berekende verblijftijdzones (hoofdstuk 6).

Met de betrokken waterleidingbedrijven is overleg gevoerd over de gebruikte capaciteitsverdeling over de (geprojecteerde) pompputten, over de schematisering en over de geohydrologische gegevens. Hierbij is in alle gevallen, binnen het raam van de reeds genoemde opdracht, overeenstemming bereikt over de invoergegevens. In het rapport zijn alleen drinkwaterwinningen behandeld, ter wille van de leesbaarheid maar ook omdat de berekeningsmethode geldt voor andere waterwinningen, is steeds de term waterwinning gebruikt.

1 TOELICHTING OP DE BEREKENINGSMETHODE

Grondwater wordt aan de bodem onttrokken met verticale buizen (pompputten), waarvan het diepste deel over 10 tot 20 meter is geperforeerd: het filter. Het filter wordt geplaatst in zand- of grindlagen. Een aaneengesloten pakket van zand- en grindlagen wordt watervoerend pakket genoemd. Een watervoerend pakket heeft aan de bovenzijde het maaiveld of een kleilaag; aan de onderzijde komt op enige diepte altijd een laag voor met duidelijk slechtere waterdoorlatende eigenschappen (bijvoorbeeld een kleilaag). De laatste laag noemt men de basis van het watervoerende pakket. Als een hoeveelheid grondwater door een pompput wordt onttrokken uit het watervoerend pakket dan stroomt het grondwater met een zekere snelheid toe. Vanaf een bepaald punt kan dan worden berekend welke verblijftijd een waterdruppel nodig heeft om de pompput te bereiken.

Bij de dienst Waterbeheer is sinds 1982 een computerprogramma operationeel dat zowel de baan als de verblijftijd van waterdruppels in één watervoerend pakket kan berekenen. Dit programma heet FLOP (Flow Pattern) en is ontwikkeld door de heer dr. ir. C. van den Akker (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne = RIVM). Het programma is gebaseerd op analytische berekening van grondwaterstroming. Hierbij worden de volgende aannamen gedaan:

- de grondwaterstroming is horizontaal;
- het watervoerende pakket is zeer uitgestrekt (cirkelvormig);
- het watervoerende pakket is homogeen;
- de doorlatendheid is in alle richtingen gelijk (isotropie);
- de onttrekking van grondwater vindt plaats over de gehele hoogte van het watervoerende pakket.

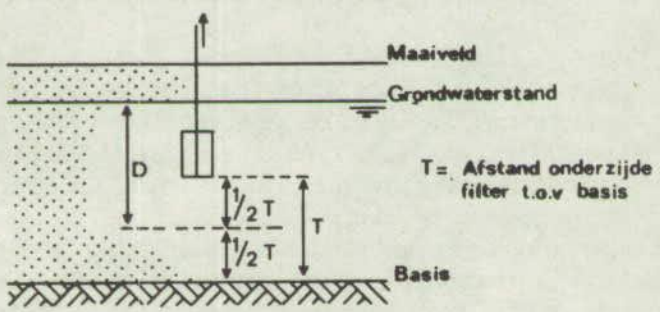
Een aantal invoergegevens is voor de berekening van een stroombaanpatroon in een watervoerend pakket nodig:

1 de (effectieve) porositeit, dat is de ruimte tussen zand- of kleideeltjes dat meewerkt aan de grondwaterstroming, is in alle gevallen gesteld op 35%;
2 een aantal (stationaire) onttrekkingspunten, waarbij per onttrekkingspunt een andere capaciteit kan worden opgegeven (m^3/dag);
3 de natuurlijke stroming van het grondwater, bestaande uit 2 componenten: de richting en de sterkte (m^2/dag);
4 de dikte van het watervoerende pakket (m);
5 de aanvoer van nuttige neerslag vanaf het maaiveld (mm/jaar).

ad 2 Het kunnen rekenen met meerdere onttrekkingspunten heeft grote voordelen bij langgerekte puttenvelden of een sterk verspreide ligging van de pompputten. Daarnaast kan met onttrekkingen buiten het waterwingebied rekening worden gehouden (externe onttrekkingen). Een laatste voordeel is dat de invloed van rivieren, barrières en waterscheidingen (hoofdstuk 4) door toepassing van de spiegelmethode kan worden afgetast.

ad 3 In een watervoerend pakket heerst, ook zonder waterwinning, al een (horizontale) natuurlijke stroming. De berekening van stroombanen wordt bovenop de natuurlijke grondwaterstroming gezet (superpositie). Er moet daarom een schatting van de natuurlijke stroming worden gemaakt in de situatie zonder waterwinning. Hierbij is de nadruk gelegd op de onmiddellijke omgeving van de waterwinning (straal circa 500 tot 1500 m). De stroomrichting staat loodrecht op de lijnen van gelijke "natuurlijke" grondwaterstanden. De stroomsterkte wordt bepaald door het doorlaatvermogen (m^2/dag) en het verhang van de "natuurlijke" grondwaterstand (o/oo). Voor een goede benadering van de natuurlijke stroming is van belang dat in redelijke mate wordt voldaan aan de op pagina 3 genoemde aannamen achter de eerste 4 gedachtenstreepjes.

ad 4 De dikte van het watervoerende pakket wordt aan de onderzijde begrensd door de basis. Als de afstand tussen de onderzijde van de filters en deze basis groter is dan ongeveer 20 m wordt niet meer voldaan aan de aanname dat de onttrekking plaatsvindt over de gehele hoogte van het watervoerende pakket. In dat geval kan een wat minder doorlatende laag beneden de filters de deelname van het daaronder gelegen deel van het watervoerende pakket al praktisch uitschakelen. De dikte van het watervoerend pakket moet dan fictief worden beperkt. Bij het ontbreken van gedetailleerde informatie over de ondergrond is de dikte van het watervoerende pakket gereduceerd zoals aangegeven in figuur 1.1. De diepteligging van de basis van het watervoerend pakket is overal bekend.

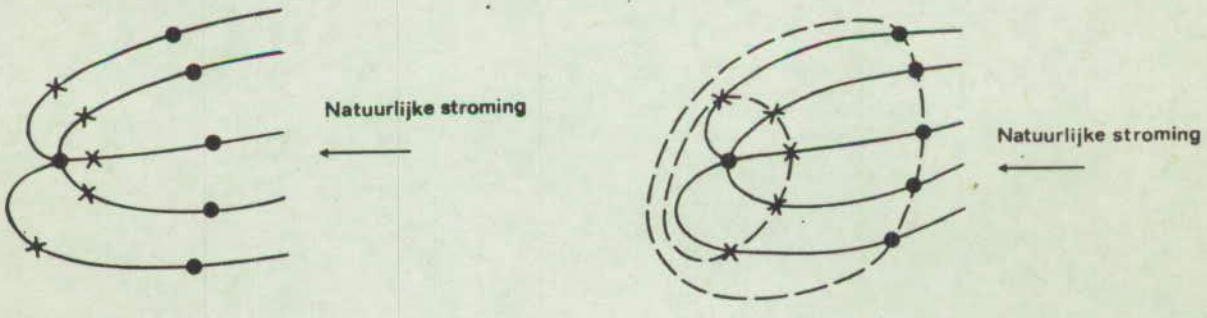


figuur 1.1 Reductie dikte van watervoerend pakket

ad 5 De neerslag minus verdamping (nuttige neerslag) is voor alle winplaatsen op 300 mm per jaar gesteld. Als er boven de filters een kleilaag aanwezig is dan vindt een reductie van deze voeding van bovenaf plaats (zie § 3.2 en § 3.3).

De werkwijze van het programma is in grote lijnen als volgt. Vanaf een onttrekkingspunt worden een aantal stroombanen (in de praktijk 4 tot 10) berekend. Tussen twee stroombanen stroomt een gelijke hoeveelheid grondwater naar het onttrekkingspunt toe. In kleine stapjes wordt op de stroombaan een stroomrichting berekend, welke afhangt van het totaal van krachten dat op dat punt werkt (onttrekkingspunten, natuurlijke stroming). Blijft de onnauwkeurigheid van de berekende stroomrichting binnen een gestelde norm dan wordt de stap op de tekening door een plotter getekend. Vanaf het nieuwe punt herhaalt zich deze handeling. Als een stap in de berekening de gestelde onnauwkeurigheidsnorm overschrijdt dan wordt zo dikwijls de stapgrootte gehalveerd tot de norm wordt onderschreden. Elke stap staat voor een zekere verblijftijd. Bereikt de berekende stroombaan een verblijftijd van 1, 10 of 25 jaar dan wordt een extra teken op de stroombaan getekend. Elke verblijftijd kent een eigen teken (bijvoorbeeld + of 0).

Door gelijke tekens van meerdere stroombanen te verbinden ontstaan veelal eivormige lijnen van gelijke verblijftijd rond een onttrekkingspunt. Het daarbinnen gelegen gebied is een x-jaars verblijftijdzone. Berekeningen voor meerdere onttrekkingspunten binnen een waterwinningen verlopen analoog. In figuur 1.2 is een voorbeeld uitgewerkt.



figuur 1.2 Voorbeeld berekening stroombanen en tekening lijnen van gelijke verblijftijd

Naast de hierboven beschreven "standaardversie" zijn er drie aangepaste versies ontwikkeld van het FLOP-programma met de volgende toepassingen:

-	versie FLOP - KLEI (§ 3.3)	berekening extra verblijftijd door beschermende kleilaag
-	versie FLOP - ANISO (§ 3.4)	berekeningen in anisotrope watervoerende pakketten
-	versie FLOP - WAT (§ 4.3)	berekeningen met waterscheiding op korte afstand van de waterwinning

2 CAPACITEIT VAN DE ONTTREKKINGSPUNTEN

De onttrekkingspunten in een stroombaanberekening bij een waterwinning bestaan in eerste instantie uit de pompputten van de waterwinning zelf. Daarnaast zijn onttrekkingen buiten de waterwinning als onttrekkingspunt ingevoerd als te verwachten is dat hierdoor het natuurlijke grondwaterstromingsbeeld rond de waterwinning wordt beïnvloed.

2.1 Capaciteit van de waterwinning

De oppervlakte van verblijftijdzones neemt globaal recht evenredig toe met de capaciteit van de waterwinning. De vorm van het puttenveld en de verdeling van de capaciteit over de pompputten speelt echter ook een rol, met name bij de eenjaars verblijftijdzone. De capaciteit waarmee gerekend wordt, bepaalt dus in belangrijke mate de omvang van verblijftijdzones en daarmee van het beschermingsgebied.

Voor het onttrekken van grondwater als grondstof voor de openbare drinkwatervoorziening is een vergunning vereist op grond van de Grondwaterwet Waterleidingbedrijven. Deze vergunningen worden verleend door de minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Vanaf 1 maart 1984 treedt de Grondwaterwet (volledig) in werking en ligt de vergunningverlenende bevoegdheid bij Gedeputeerde Staten. De vergunningshoeveelheid wordt als basis gehanteerd voor de capaciteit (zie inleiding) uitgezonderd 3 gevallen:

- als een aanvraag voor stichting of uitbreiding van de waterwinning in een vergevorderd stadium is, wordt met het standpunt van Gedeputeerde Staten rekening gehouden. In dat geval zijn in de procedure de volgende stappen doorlopen:
  1 een advies is opgesteld door de Commissie Grondwaterwet Waterleidingbedrijven;
  2 de aanvraag en het advies hebben ter visie gelegen en een openbare zitting heeft plaatsgevonden;
  3 Gedeputeerde Staten hebben een standpunt ingenomen.

  De door Gedeputeerde Staten aan de minister geadviseerde vergunningshoeveelheid wordt dan als totale capaciteit van de waterwinning gehanteerd.

- als grondwater wordt onttrokken op basis van overgangsrecht (waterwinning Pinkenberg en Oosterbeek) is rekening gehouden met de onttrekkingshoeveelheden van de laatste 5 à 10 jaar.

- als uit recente behoefte-dekkingsplannen blijkt dat de vergunningshoeveelheid in 1995 niet volledig zal worden benut, is in overleg met het waterleidingbedrijf de capaciteit beperkt.

Bij vier waterwinningen zijn geen verblijftijdzones berekend. De waterwinning Nijkerk (gemeente Nijkerk) is en Heelsum (gemeente Renkum) wordt op korte termijn beëindigd. De waterwinning Groenendaal (gemeente Apeldoorn) betreft een onttrekking van maximaal slechts 6000 m^3 per jaar. De waterwinning Dennenkamp (gemeente Groesbeek) is niet opgenomen in het behoeftedekkingsplan van het waterleidingbedrijf voor 1995. Gedeputeerde Staten hebben positief geadviseerd over een vergunningshoeveelheid van 3 miljoen m^3 per jaar voor dit nog te stichten pompstation. Een vergunning is nog niet door de minister verleend.

Per waterwinning vindt een verdeling plaats van de capaciteit over de pompputten. Uitgangspunt hierbij is de meest waarschijnlijke gemiddelde jaaronttrekking per pompput. In een aantal gevallen is het aantal pompputten voor het computerprogramma te groot (50); dicht bijeen gelegen pompputten worden dan (fictief) samengevoegd. Dit tast de nauwkeurigheid van de berekende verblijftijdzone nauwelijks aan. Bij een aantal waterwinningen is de op dit moment geïnstalleerde capaciteit maar een deel van de vergunningshoeveelheid. In dat geval zijn één of meer geprojecteerde pompputten in de berekening meegenomen met de resterende capaciteit. Bij geprojecteerde waterwinningen is de toekomstige ligging van pompputten nog niet bekend; in dit geval is de waterwinning vereenvoudigd tot 1 onttrekkingspunt.

De verdeling van de capaciteit over en de exacte locatie van de pompputten kan in de toekomst wijzigen, door een nieuwe pomp of door vervanging van een verstopte put e.d. Deze verschuivingen kunnen de vorm en omvang van de éénjaarszone beïnvloeden. De invloed op 10- en 25-jaars verblijftijdzones is echter gering.

De gehanteerde capaciteiten en het aantal pompputten zijn vermeld in tabel 1; daarbij is ook aangegeven of de vergunning, danwel één van bovengenoemde uitzonderingen de basis voor de gehanteerde capaciteit vormt. De waterwinningen zijn in tabel 1 gerangschikt naar gemeentenaam (alfabetisch). De benaming is gelijk gehouden aan het Tienjarenplan van de Vereniging van Exploitanten van Waterleidingbedrijven in Nederland (VEWIN, 1978). De enige uitzondering hierop is waterwinning Hengelo; hiervoor is de niet voor verwarring in aanmerking komende naam "Olde Kaste" gebruikt.

2.2 Capaciteit van externe onttrekkingen

In een aantal gevallen wordt op korte afstand van een waterwinning door derden grondwater onttrokken in hetzelfde watervoerende pakket. Dit kan een particuliere waterwinning zijn (industrie, landbouw e.d.), maar ook een andere drinkwaterwinning of een kop van een sprengenbeek. Dit laatste treedt op bij de waterwinningen Beekbergen (gemeente Apeldoorn) en Eerbeek (gemeente Brummen). De capaciteit van de externe waterwinningen is gebaseerd op de onttrekkingshoeveelheden over de jaren 1978 t/m 1982; zonodig zijn deze gegevens bijgesteld aan de hand van toekomstplannen van het bedrijf. Externe onttrekkingen met een pompcapaciteit groter dan 10 m^3 per uur zijn registratieplichtig krachtens de Grondwaterverordening voor de provincie Gelderland. Hiervan zijn locatie, de diepte en de onttrekkingshoeveelheid per kwartaal bekend. Onttrekkingen met een geringere capaciteit zijn niet van belang voor de berekening van verblijftijdzones.

Een externe onttrekking is steeds tot 1 onttrekkingspunt samengevoegd. Dit heeft voor de nauwkeurigheid van de berekende verblijftijdzone nauwelijks gevolgen. De capaciteit van externe onttrekkingen is meestal meer variabel in de tijd dan de capaciteit van de drinkwaterwinningen. In tabel 1 is het aantal externe onttrekkingen vermeld, dat bij nadere beschouwing van invloed is op de vorm van de verblijftijdzone.

3 GEOHYDROLOGISCHE SCHEMATISERING VAN DE WATERWINNING

3.1 Kleilagen bepalend voor schematisering

3.1.1 Ligging van kleilagen

Grondwater stroomt met minder weerstand door zand- en grindlagen dan door kleilagen: de doorlatendheid in zand- en grindlagen is veelal meer dan 1000 maal groter dan in kleilagen. Bij gelijke drukverschillen stroomt grondwater dus langzamer door klei dan door zand. Leem en veen belemmeren de grondwaterstroming eveneens, terwille van de leesbaarheid worden alle slechtdoorlatende grondlagen hier "klei" genoemd.

De activiteiten die (potentieel) de samenstelling van grondwater nadelig beïnvloeden vinden vrijwel alle plaats op of in de eerste meters beneden het maaiveld. Het is daarom voor de bescherming van de kwaliteit van het opgepompte grondwater een voordeel als boven de filters van een waterwinning een kleilaag aanwezig is; het tijdstip van aankomst van een verontreiniging wordt door een kleilaag uitgesteld. Als kleilagen boven de filters van een waterwinning ontbreken spreekt men van een freatische waterwinning (geohydrologische situatie A). In dit geval staat het grondwater "rechtstreeks" (zonder afsluiting door een kleilaag) in verbinding met de atmosfeer.

Kleilagen liggen in de ondergrond van Gelderland grotendeels (nagenoeg) horizontaal, maar in de stuwwallen van de Veluwe, het Montferland en Groesbeek komen bij een aantal waterwinningen scheefgestelde kleilagen voor. De geohydrologische schematisering bij horizontale kleilagen wordt ingeleid in § 3.1.2 en uitgewerkt in § 3.2 en § 3.3. De scheefgestelde kleilagen komen in § 3.1.3 en § 3.4 aan bod. De freatische waterwinning wordt in § 3.2 behandeld.

3.1.2 Horizontaal gelegen kleilagen

De mate van bescherming die een horizontaal gelegen kleilaag biedt, hangt van 2 factoren af:

- plaats van de kleilaag ten opzichte van het maaiveld;
- extra verblijftijd voor neerwaartsgerichte stroming die door de kleilaag ontstaat.

Aangenomen wordt dat grondwater altijd verticaal stroomt door (horizontaal gelegen) kleilagen.

Een aan het maaiveld grenzende kleilaag wordt veelal een deklaag genoemd. In Gelderland bestaan deklagen uit klei- en veenafzettingen uit het Holoceen. De dikte en samenstelling van de deklaag varieert sterk over korte afstand, met name bij rivierafzettingen. De dikte van een deklaag kan uiteenlopen van minder dan 1 m bij de ene tot meer dan 10 m bij de andere waterwinning. De deklaag kan door een aantal risicodragende activiteiten (bewust of onbewust) worden aangetast, zoals ontgrondingen, het graven van sleuven voor leidingen en funderingen, ondergrondse olie- of benzinetanks, waterwinning door derden voor mens en dier, bezinkvijvers, vuilstorten enz. Een deklaag kan daarom niet als een beschermende kleilaag worden aangemerkt; het risico van aantasting is te groot en bovendien niet te controleren. De Projectgroep Bescherming Waterwingebieden heeft voorgesteld deklagen niet als beschermende kleilagen in de berekening van verblijftijdzones mee te nemen. Gedeputeerde Staten hebben dit voorstel overgenomen (zie inleiding). Waterwinning onder een deklaag wordt aangegeven als geohydrologische situatie B (§ 3.2).

Onder diepliggende kleilagen worden verstaan kleilagen die zijn afgedekt door zand- of grindlagen; deze kleilagen grenzen dus niet zoals deklagen aan het maaiveld. Het pakket zand- en grindlagen boven de kleilaag is bij waterwinningen in Gelderland in dit soort gevallen meer dan 10 m dik. Een groot deel van de activiteiten die een deklaag kunnen aantasten, leveren geen risico's op voor de aantasting van een diepliggende kleilaag. Een diepliggende kleilaag is van belang voor de bescherming van de samenstelling van het diepe grondwater als hierdoor een extra verblijftijd ontstaat voor grondwater dat zich van het ondiepe (boven de kleilaag) naar het diepe watervoerende pakket (onder de kleilaag) beweegt.

Diepliggende kleilagen variëren evenals deklagen van plaats tot plaats in dikte en samenstelling. Dit hangt nauw samen met de ontstaanswijze (geogenese) en de mogelijke aantasting naderhand (erosie). Een uniforme dikte en samenstelling komt vooral voor bij zee-afzettingen. Een voorbeeld hiervan is de Eemklei in de Gelderse Vallei. Over grote delen van de Vallei biedt de Eemklei een flinke weerstand tegen verticale grondwaterstroming; op diverse plaatsen komen echter wel "zwakkere plekken" voor.

Afzettingen van rivieren of het landijs (keileem) zijn over een groot gebied veel minder uniform in dikte en samenstelling; dit geldt zeker voor keileem. Rivierafzettingen dienen een dikte van meerdere meters te hebben en met een zekere dichtheid te zijn onderzocht door middel van boringen voordat een aanvaardbare zekerheid bestaat dat de kleilaag voor de bescherming van de waterwinning van belang is. De kleilagen die zijn afgezet in de bekkens die het landijs vormde, variëren ook sterk in dikte en samenstelling. In het diepste deel van het IJsselbekken komt een slechtdoorlatende kleilaag voor met een dikte van 70 m over vele vierkante kilometers. Elders in de IJsselvallei zijn slechts dunne lagen zandige kleien afgezet. De geschiedenis na afzetting kan grote gevolgen hebben op de dikte van de oorspronkelijke kleilaag. Als een rivier een kleilaag plaatselijk wegerodeert en opvult met zand is van de oorspronkelijke beschermende werking van de kleilaag weinig over.

De gemiddelde weerstand van een kleilaag over een groot gebied *is in de praktijk met een pompproef vast te stellen*. Veelal is na combinatie van de resultaten met boorgegevens vast te stellen dat de kleilaag aaneengesloten en redelijk uniform van samenstelling is. "Waterdicht" is dit bewijs niet. Plaatsen met grotere en kleinere kleidikten (of zelfs gaten) kunnen elkaar afwisselen, zodat de gemiddelde weerstand weinig houvast biedt voor de bescherming. Kleilagen die plaatselijk dunner zijn dan 1 m kunnen niet als aaneengesloten worden beschouwd. De kans op een gat in de kleilaag is dan te groot. Een gat maakt de kleilaag uit een oogpunt van bescherming waardeloos, omdat (grond-)water de weg van de minste weerstand volgt. Een aaneengesloten kleilaag van 1 m dikte met een weerstand van bijvoorbeeld 100 dagen levert overigens nauwelijks een extra verblijftijd voor het grondwater op; dit heeft dus slechts geringe gevolgen voor de omvang van de verblijftijdzone.

Een uitzondering hierop is mogelijk als het diepe grondwater van nature een duidelijke overdruk heeft ten opzichte van het ondiepe grondwater (kwelsituatie). Hierdoor is de grond*waterstroming opwaarts gericht*. Als *de waterwinning in* bedrijf is, komt in ieder geval op korte afstand van de waterwinning (ten gevolge van de onttrekking van grondwater onder de kleilaag) een neerwaartsgerichte stroming voor. Dit gebied is echter beperkt en op grotere afstand kan, door de opwaarts gerichte kwel door de kleilaag, geen verontreiniging van het ondiepe naar het diepe watervoerende pakket doordringen.

Dit heeft grote gevolgen voor de omvang van verblijftijdzones, waarop de beschermingsgebieden worden gebaseerd.

Waterwinning onder een diepliggende kleilaag, waarvan geen beschermende werking mag worden verwacht (gaten in de kleilaag), wordt aangegeven als geohydrologische situatie C (§ 3.2). Ingeval de kleilaag wel beschermt en er dus extra verblijftijd door de kleilaag in rekening mag worden gebracht, dan is dit aangegeven als geohydrologische situatie D (§ 3.3).

3.1.3 Scheefgestelde kleilagen

Door het landijs zijn gedurende de ijstijden oudere afzettingen met zand- en kleilagen voor- en zijwaarts weggedrukt vanuit de bekkens in de Gelderse Vallei, de IJsselvallei, het bekken van Groesbeek en de Oost-Betuwe. Hierdoor zijn de stuwwallen van Veluwe, Montferland en Groesbeek ontstaan. In deze stuwwallen zijn zand- en kleilagen omhoog geduwd of over glijvlakken verschoven, waardoor de oorspronkelijke horizontale ligging is verstoord. Een scheefgestelde kleilaag, ook met een betrekkelijk geringe helling, beïnvloedt het grondwaterstromingsbeeld aanzienlijk. De kleilagen staan op sommige plaatsen bijna verticaal.

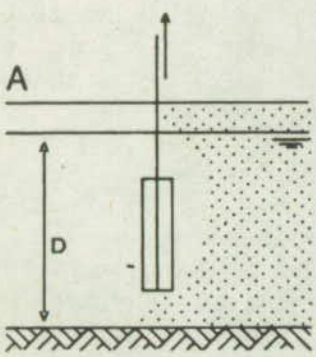
Op een aantal plaatsen in de stuwwal komen op regelmatige afstanden scheefgestelde kleilaagjes voor, zodat op grotere schaal van een min of meer homogeen watervoerend pakket kan worden gesproken. De doorlatendheid evenwijdig aan de kleilaagjes is hier groter dan loodrecht erop (in de stuwrichting). De aanname dat de doorlatendheid in alle richtingen gelijk is gaat hier niet meer op: het watervoerend pakket is anisotroop. Een geohydrologische schematisering tot freatische waterwinning (situatie A, § 3.2) is niet meer verantwoord. Hiervoor is een aparte geohydrologische situatie E opgenomen (§ 3.4). De aanname dat grondwater in zand- en grindlagen horizontaal stroomt kan hier gehandhaafd blijven, maar in de (scheefgestelde) kleilagen wordt hier ook horizontale stroming verondersteld.

In plaats van een regelmatig patroon van scheefgestelde kleilaagjes komt er bij een aantal waterwinningen op korte afstand één sterk overheersend kleischot (barrière) voor. In dit geval is de geohydrologie geschematiseerd tot een freatische waterwinning (A) met een barrière als extra element in de berekening (§ 4.2).

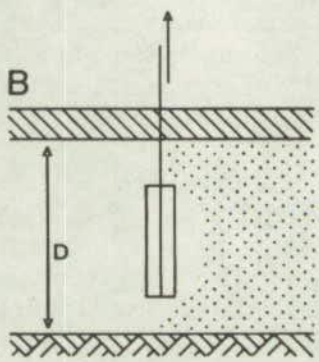
3.2 Waterwinning zonder beschermende kleilagen

Geohydrologisch zijn er 3 waterwinsituaties te onderscheiden, waarbij er geen beschermende kleilaag boven de filters van de waterwinning aanwezig is:

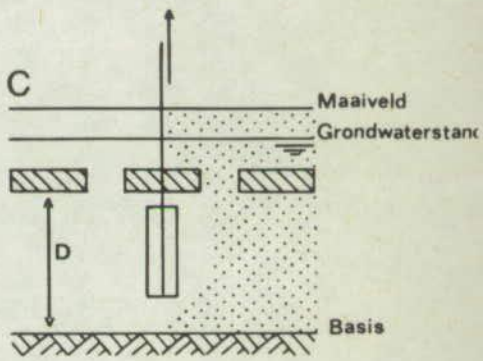
A	Freatische waterwinning	:	boven de filters is geen kleilaag aanwezig (figuur 3.1)
B	Waterwinning onder een deklaag:		boven de filters is een kleilaag (deklaag) aanwezig die grenst aan het maaiveld (figuur 3.2)
C	Waterwinning onder een diepliggende, niet-aaneengesloten kleilaag	:	boven de filters is een diepliggende kleilaag aanwezig die niet aaneengesloten mag worden verondersteld



figuur 3.1 Freatische waterwinning



figuur 3.2 Waterwinning onder een deklaag



figuur 3.3 Waterwinning onder een diepliggende, niet-aaneengesloten kleilaag

Bij 2 invoergegevens treden bij de 3 situaties verschillen op:

- de bepaling van de dikte van het watervoerende pakket (m);
- de voeding van bovenaf uit neerslag (mm/jaar).

De dikte van het watervoerend pakket is bij A de afstand tussen de grondwaterspiegel (zonder waterwinning) en de basis (figuur 3.1). Bij B en C wordt de dikte bepaald als afstand tussen de bovenliggende kleilaag en basis. Bij C wordt er dus vanuit gegaan dat het watervoerend pakket boven de niet-aaneengesloten kleilaag niet deelneemt aan de grondwaterstroming.

De voeding uit neerslag bestaat bij A eenvoudig uit het gemiddelde neerslagoverschot (zie hoofdstuk 1): 300 mm per jaar. Bij B en C wordt rekening gehouden met de gemiddelde weerstand van de bovenliggende kleilaag en de verlaging die de waterwinning veroorzaakt. De verlaging van de grondwaterstand door de winning wordt bovenop de uitgangssituatie gezet (superpositie). In de uitgangssituatie wordt verondersteld dat er geen verschil in grondwaterstand bestaat tussen de grondwaterstand in de deklaag en het watervoerend pakket (B) of tussen grondwaterstand boven en onder de kleilaag (C). De berekende voeding uit neerslag is bij B en C dicht bij de waterwinning groter dan op enige afstand. De verlaging van de grondwaterstand neemt immers met de afstand af en daarmee de grootte van de neerwaartsgerichte grondwaterstroom. De verlaging van de grondwaterstand is berekend met de formule van De Glee.

De weerstand van de deklaag (B) of van de diepliggende kleilaag (C) is slechts in een beperkt aantal gevallen uit metingen (pompproef) bekend. Bij het ontbreken van een gemeten weerstand is gerekend met een weerstand van 100 etm per m kleidikte. Dit zal in veel gevallen een onderschatting zijn van de werkelijke, gemiddelde weerstand. De weerstand van 100 etm per m komt overeen met die van sterk slibhoudend zand ($k = 0{,}01$ m/etm).

Per waterwinning is in principe slechts 1 berekening nodig om 1, 10 en 25-jaars verblijftijdzones vast te stellen, tenzij één van de 3 geohydrologische elementen: rivier, barrière of waterscheiding op korte afstand van de waterwinning voorkomen. In dat geval is een tweede berekening gemaakt om bijvoorbeeld de invloed van een dichtbijgelegen rivier op de vorm van de verblijftijdzone af te tasten. De aanvullende berekeningen (rivier, barrière, waterscheiding) zijn toegelicht in hoofdstuk 4. Als de aanvullende berekening aangeeft dat er duidelijke invloed is van een van deze elementen dan is hiermee rekening gehouden.

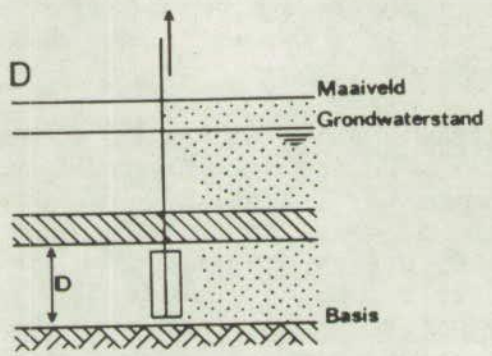
De berekende lijnen van gelijke verblijftijd vormen bij zowel A, B als C direct de basis voor de in te stellen be-

schermingsgebieden. De geohydrologische invoergegevens zijn in tabel 2 opgenomen.

Het aantal waterwinningen met geohydrologische situatie A : 23
B : 6
C : 5

3.3 Waterwinning onder beschermende kleilagen

Geohydrologisch is er één waterwinsituatie onderscheiden, waarbij er een beschermende kleilaag boven de filters van de waterwinning aanwezig is; deze is aangeduid als geohydrologische situatie D (figuur 3.4). Bij D is over een groot gebied rond de waterwinning een aaneengesloten kleilaag aanwezig, die niet aan het maaiveld grenst. Dit is al toegelicht in § 3.1.2.



figuur 3.4: Waterwinning onder een beschermende kleilaag

Er worden bij D twee berekeningen gemaakt:

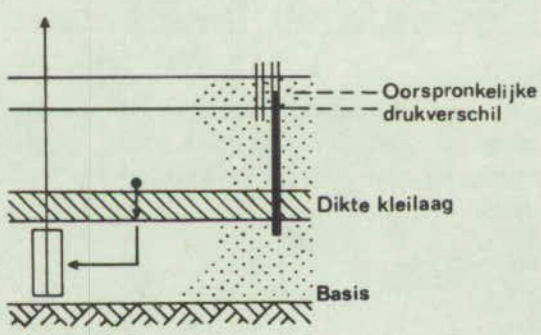
1 één berekening van de verblijftijdzones in het watervoerende pakket analoog aan C (zie § 3.2).
2 één berekening van de verblijftijdzones rekening houdend met de extra verblijftijd in de kleilaag.

Voor deze laatste berekening zijn nog 2 andere gegevens van belang:

- het drukverschil van de grondwaterstand onder en boven de kleilaag in de situatie zonder grondwateronttrekking (m);
- de minimale dikte van de kleilaag (m).

De extra verblijftijd van een waterdruppel vanaf de bovenzijde van de kleilaag tot in het watervoerend pakket, waaruit drinkwater wordt gewonnen wordt als volgt berekend (figuur 3.5). De verlaging van de grondwaterstand door de grondwateronttrekking wordt per punt berekend met de formule van De Glee; deze verlaging wordt bij het oorspronkelijke verschil in grondwaterstand opgeteld. Dit resulterende verschil in drukhoogte vormt de drijvende kracht achter de stroming door de kleilaag. Daarnaast is gemiddelde weerstand van de kleilaag bekend of geschat. Door combinatie van het verschil in drukhoogte met de weerstand van de kleilaag wordt de stroomsnelheid berekend. De extra verblijftijd volgt uit stroomsnelheid en minimale dikte van de kleilaag.

Doordat de verlaging met de afstand tot de waterwinning afneemt, wordt de extra verblijftijd met de afstand steeds groter; de stroomsnelheid door de kleilaag neemt immers af. In situaties met van nature een overdruk in het diepe grondwater, ligt er vaak al dicht bij de waterwinning, een omslagpunt. Op het punt waar de verlaging evengroot is als de oorspronkelijke overdruk vindt geen stroming meer plaats en op grotere afstand van de waterwinning blijft de bestaande kwelsituatie intact. Bescherming voorbij het omslagpunt voor verontreiniging van boven de kleilaag is niet meer nodig.



figuur 3.5: Berekening extra verblijftijd door kleilaag (schematisch)

Berekeningen van grondwaterstroming zijn gebaseerd op langzame (laminaire) grondwaterstroming. In de omgeving van pompputten komen grotere stroomsnelheden voor. De berekening van

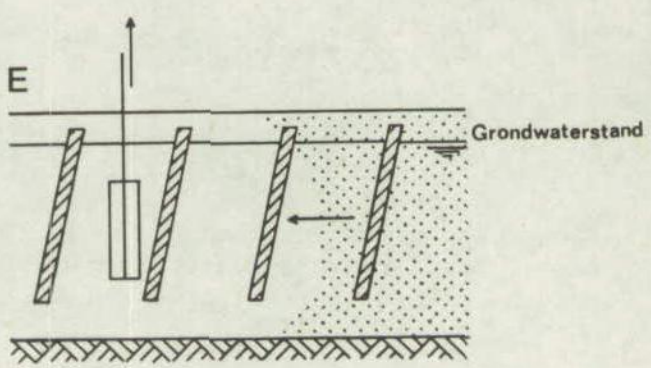
drukhoogten direct rond de pompputten heeft daardoor een geringe betrouwbaarheid, zodat ook de berekende extra verblijftijden niet goed kunnen worden onderbouwd. Daarom is afgezien van berekeningen van de 1-jaars verblijftijdzones bij de tweede berekening (mét kleilaag). De bacteriologische bescherming van het diepe grondwater is voldoende gewaarborgd als de onmiddellijke omgeving van de pompputten beschermd wordt; dit gebied is vrijwel altijd eigendom van het waterleidingbedrijf. De 10- en 25-jaars verblijftijdzones volgens de tweede berekening (mét kleilaag) vormen de basis voor de in te stellen 10- en 25-jaars beschermingsgebieden; deze zones zijn met getrokken lijnen op de bijlagen aangegeven. In een aantal gevallen zijn de 10- en 25-jaars verblijftijdzones zo klein dat deze binnen het eigen terrein van het waterleidingbedrijf vallen; in dat geval is alleen een 1-jaars zone aangegeven met een getrokken lijn.

De verblijftijdzones in het watervoerende pakket, berekend zonder rekening te houden met de extra verblijftijd in de kleilaag (eerste berekening), zijn op de bijlagen aangegeven met onderbroken lijnen. Een verontreiniging die binnen deze zone toch onder de kleilaag terecht komt, bereikt binnen 10 of 25 jaar de waterwinning. In dit gebied vormen perforaties van de kleilaag een bedreiging voor de waterwinning.

De geohydrologische invoergegevens zijn in tabel 2 opgenomen. Het aantal waterwinningen met geohydrologische situatie D bedraagt 14.

3.4 Waterwinning in anisotrope watervoerende pakketten

De situatie met waterwinning in een anisotroop watervoerend pakket wordt aangeduid als geohydrologische situatie E (figuur 3.6). De oorzaak van anisotropie (ongelijke doorlatendheid in verschillende richtingen) is al in § 3.1.3 beschreven.



figuur 3.6 Waterwinning in een anisotroop watervoerend pakket

De invoergegevens zijn voor geohydrologische situatie E gelijk aan A, met de kanttekening dat het doorlaatvermogen ter bepaling van de sterkte van de natuurlijke stroming het effectieve doorlaatvermogen is. Daarnaast is nog van belang de mate van anisotropie die tot uiting komt in de anisotropiefactor.

De mate van anisotropie kan sterk uiteenlopen. Anisotropie kan worden afgeleid uit een verlagingenbeeld van de grondwaterstand rond de waterwinning. De verhouding tussen de lengte en de breedte van een verlagingslijn van bijvoorbeeld 30 cm geeft de mate van anisotropie aan. Deze verhouding komt overeen met de verhouding tussen het doorlaatvermogen in de ene richting tot het doorlaatvermogen in de richting loodrecht daarop. In principe kunnen scheefgestelde kleilagen in alle richtingen voorkomen ten opzichte van de natuurlijke stroming. In Gelderland is anisotropie tot nu toe alleen aangetoond bij kleilagen die loodrecht op de stroomrichting staan. Het gemiddelde doorlaatvermogen in de stroomrichting is een factor 2 tot 5 kleiner dan het gemiddelde doorlaatvermogen evenwijdig aan de kleilagen. Het beperkte doorlaatvermogen in de natuurlijke stroomrichting wordt het effectieve gemiddelde doorlaatvermogen genoemd.

De tot E geschematiseerde waterwinningen liggen alle op de Veluwe. Bij een aantal van deze winningen is het watervoerend pakket dikker dan 100 m en slechts over de eerste tientallen meters gestuwd; deze bovenste laag is anisotroop. De diepe ondergrond is echter niet gestuwd en de doorlatendheid in alle richtingen is bij benadering gelijk (isotroop). De diepte van de filters waarmee grondwater wordt onttrokken is daardoor ook van invloed. Het verlagingenbeeld van een diepe waterwinning is minder anisotroop dan van een ondiepe waterwinning, die volledig plaatsvindt in het gestuwde deel van het watervoerend pakket. Niet bij alle waterwinningen is een verlagingenbeeld te construeren vanwege een gebrek aan gegevens. De mate van anisotropie is dan geschat.

Voor de berekening van verblijftijdzones in anisotrope watervoerende pakketten is door de dienst Waterbeheer en het RIVM een aangepaste berekeningsmethode ontwikkeld (FLOP-ANISO). Hiermee wordt per stap de stroomrichting bepaald rekening houdend met de grotere weerstand in de stroomrichting (= stuwrichting). Met deze aangepaste FLOP-versie kan ook met anisotropie die niet loodrecht op de stroomrichting staat worden gerekend, maar dit is niet toegepast. De hoeveelheid grondwater, die tussen tweee stroombanen toestroomt, is evenals bij de andere FLOP-versie steeds gelijk.

De geohydrologische invoergegevens zijn in tabel 2 opgenomen. Het aantal waterwinningen met geohydrologische situatie E bedraagt 8.

4 SCHEMATISERING VAN EEN RIVIER, BARRIÈRE EN WATERSCHEIDING

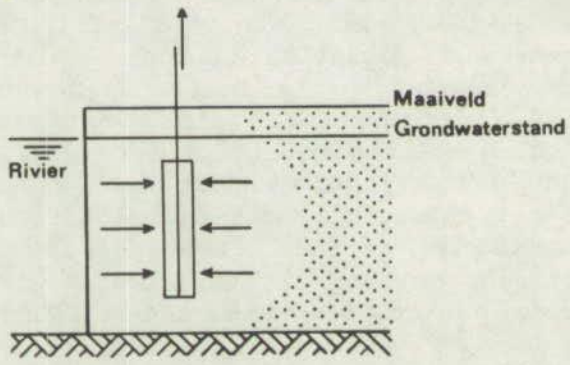
Een drietal geohydrologische elementen dient bij diverse geohydrologische schematiseringen te worden ingebracht, omdat het watervoerende pakket niet tot op grote afstand van de waterwinning in alle richtingen gelijk is. Geohydrologische elementen hebben invloed op de vorm en/of de grootte van de verblijftijdzones. Aangegeven is bij welke geohydrologische situatie een element kan voorkomen, welk gevolg dit heeft op de grondwaterstroming en op welke wijze dit is geschematiseerd.

4.1 Voeding vanuit een rivier

Bij waterwinning in een eerste watervoerend pakket kan vanuit een nabijgelegen grote watergang, een rivier of een meer, grote voeding van het grondwater plaatsvinden. Theoretisch kan dit voorkomen bij geohydrologische situatie A, B of E.

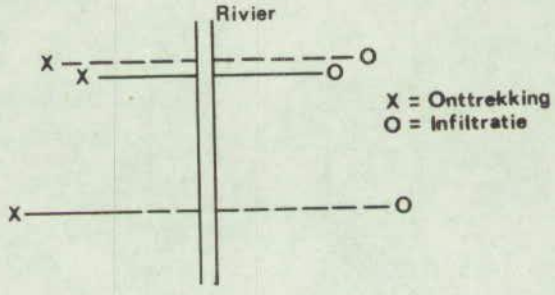
Er wordt uitgegaan van een grondwaterwinning die klein is ten opzichte van de aanvoer in de rivier: het peil in de rivier wordt niet beïnvloed door de waterwinning. De toestroming van grondwater vanuit de richting van de rivier kan belangrijk groter worden dan vanuit de tegenovergestelde richting. De omvang en vorm van de verblijftijdzone worden hierdoor beïnvloed.

Een rivier wordt in een analytische berekening, zoals een FLOP-berekening, vereenvoudigd tot een (oneindig lange) rechte lijn. Bovendien wordt verondersteld dat de rivier het gehele watervoerende pakket van boven tot aan de basis doorsnijdt (figuur 4.1). Dit is met name bij dikke watervoerende pakketten geenszins het geval. De invloed van de rivier op de grondwaterstroming wordt hierdoor overschat. In de hydrologie wordt de berekening aangeduid als de spiegelmethode.



figuur 4.1 Voeding vanuit een rivier (schematisch)

De praktische uitwerking van deze methode is aangegeven in figuur 4.2. Ten opzichte van de geschematiseerde rivier wordt op gelijke afstand aan de overzijde voor elk onttrekkingspunt een infiltratiepunt geplaatst. Elke pompput heeft dus een gespiegelde tegenhanger die (fictief) een gelijke hoeveelheid water in de bodem brengt.



figuur 4.2 Praktische uitwerking spiegelmethode

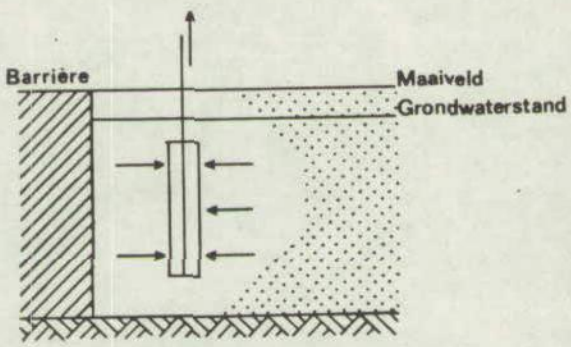
De berekening van een waterwinning met voeding uit een rivier is als extra berekening gebruikt. De invloed van de rivier wordt steeds overschat en hiermee is rekening gehouden. Na berekening blijkt dat slechts bij 2 waterwinningen de invloed van een rivier duidelijk de vorm en omvang van de verblijftijdzone wijzigt. Dit zijn de waterwinning De Pol (gemeente Doetinchem) en waterwinning Lent (gemeente Elst). In tabel 2 is dit aangegeven.

4.2 Beperking natuurlijke stroming door een barrière

Bij de waterwinningen in Gelderland blijft stuwing in alle gevallen beperkt tot het eerste watervoerende pakket. Er zijn bovendien geen waterwinningen in gestuwde pakketten die zijn afgedekt door kleilagen (deklaag), zodat barrières alleen voorkomen bij geohydrologische situatie A of E.

In § 3.1.3 is al ingegaan op de oorzaak van scheefgestelde kleilagen. Een dicht bij een waterwinning gelegen kleischot (figuur 4.3) beperkt de toestroming van grondwater. Gevolg is dat er dan meer grondwater vanaf de andere zijde wordt aangetrokken; dit heeft gevolgen voor de vorm van de verblijftijdzone.

Een barrière wordt evenals een rivier (zie § 4.1) geschematiseerd tot een (oneindig lange) rechte lijn. Ook een barrière wordt verondersteld het gehele watervoerende pakket volledig te doorsnijden. Aangenomen wordt dus, in de analytische berekening, dat het kleischot volledig waterdicht is. Dit zal in werkelijkheid niet ten volle het geval zijn; naast voeding uit neerslag zal er ook altijd enige voeding door de kleilaag toestromen. De praktische uitwerking komt overeen met



figuur 4.3 Berperking natuurlijke stroming door barrière (schematisch)

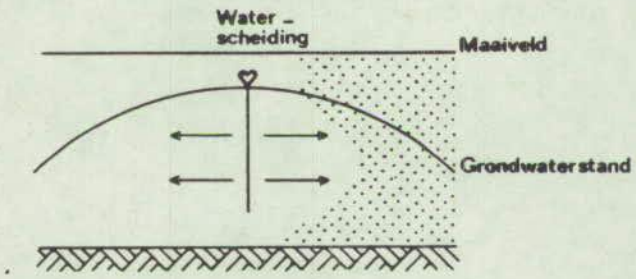
die van de rivier met dit verschil dat in plaats van (fictieve) infiltratiepunten, (fictieve) onttrekkingspunten aan de overzijde worden geprojecteerd (zie § 4.1).

De berekening met een barrière is in de meeste gevallen als extra berekening gebruikt, omdat de werking van de barrière in de berekeningsmethode wordt overschat. Bij geohydrologische situatie A komt 4 maal een berekening voor met een barrière en bij situatie E éénmaal: pompstation Putten (gemeente Putten); hier werd naast anisotropie bovendien nog een sterk overheersend kleischot vastgesteld. In tabel 2 is aangegeven bij welke waterwinningen rekening is gehouden met een barrière.

4.3 Invloed van een waterscheiding

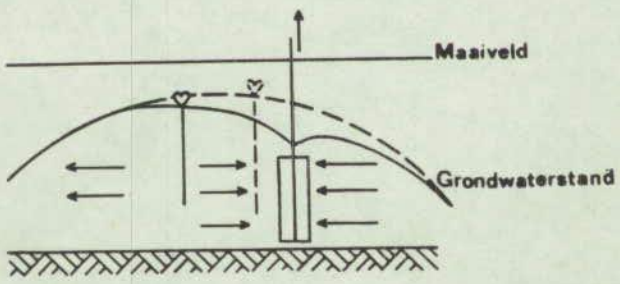
Een waterscheiding bestaat uit een verzameling van punten vanwaaruit grondwater in 2 richtingen (bijvoorbeeld naar oost en naar west) wegstroomt, omdat daar de grondwaterstand lager is. Waterscheidingen kunnen in alle geohydrologische situaties A, B, C, D en E voorkomen.

Een waterscheiding is het eenvoudigst toe te lichten in een situatie met een freatisch eerste watervoerend pakket (situatie A). Een waterscheiding stelt zich bijvoorbeeld in op de Veluwe (zie figuur 4.4). De voeding uit de neerslag wordt vanuit het Veluwemassief volledig via de ondergrond afgevoerd. Om het water zijwaarts voort te stuwen vormt zich eerst een "grondwaterberg". Het hoogste punt hiervan noemt men de waterscheiding. Vanaf een waterwinning kan de waterscheiding als een lijn worden beschouwd.



figuur 4.4 Waterscheiding zonder waterwinning

Vanaf deze lijn stroomt grondwater naar tegengestelde zijden weg. Een waterwinning met duidelijke invloed op de grondwaterstand ter plaatse van de waterscheiding laat de waterscheiding verschuiven (figuur 4.5). Hierdoor stroomt er onder andere grondwater naar de waterwinning toe uit een gebied waar het grondwater oorspronkelijk de andere kant op stroomde.



figuur 4.5 Waterscheiding met waterwinning

Een waterscheiding zou analoog aan een barrière kunnen worden geschematiseerd: er stroomt geen grondwater onder de waterscheiding door. In werkelijkheid zal de waterscheiding verschuiven volgens figuur 4.5. De afstand waarover deze verschuift hangt af van capaciteit van de waterwinning, de afstand tussen waterscheiding en waterwinning en de omvang van de "grondwaterberg".

De berekening met verschuivende waterscheiding levert direct de te berekenen verblijftijdzones op (dus is geen extra berekening). Bij geohydrologische situatie A komt de waterscheiding 3 maal voor en bij situatie D éénmaal. In tabel 2 is dit aangegeven.

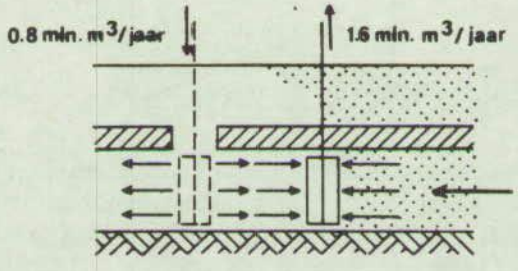
5 NADERE TOELICHTING BIJ EEN AANTAL WATERWINNINGEN

Een aantal berekende verblijftijdzones vraagt nadere toelichting. Hierbij wordt of grondwater gewonnen in meer dan één watervoerend pakket of er zijn bijzonderheden te melden met betrekking tot de schematisering.

Gemeente Borculo: waterwinning Haarlo

De diepliggende kleilaag bij de waterwinning Haarlo kan als aaneengesloten kleilaag worden beschouwd uitgezonderd één gat in de kleilaag. Van dit gat is door een tijdelijk zeer dicht net van peilbuizen en daarin gemeten grondwaterstanden nauwkeurig de ligging en grootte bekend. Uit de gemeten grondwaterstanden blijkt dat een aanzienlijk deel van het onder de kleilaag gewonnen water via dit gat toestroomt; het resterende deel stroomt onder de kleilaag vanuit het tweede watervoerende pakket toe.

De waterwinning is geschematiseerd tot geohydrologische situatie D (§ 3.3), dus tot een winning onder een beschermende kleilaag. De hoeveelheid water die door het gat naar het tweede watervoerende pakket stroomt is niet nauwkeurig vast te stellen; maximaal dit kan circa 1.000.000 m^3 per jaar zijn. In het ondiepe pakket is een verblijftijdzone van 10 en 25 jaar berekend vanaf het gat (geohydrologische situatie A). Daarnaast is bij de berekening volgens situatie D rekening gehouden met aanvoer van 800.000 m^3 per jaar uit het tweede watervoerende pakket. Bij deze berekening is ter plaatse van het centrum van het gat in de kleilaag een infiltratiebron met 50% van de capaciteit van de waterwinning geprojecteerd (zie figuur 5.1). De capaciteit van de drinkwaterwinning bedraagt 1.600.000 m^3 per jaar.



figuur 5.1 Schematisering waterwinning Haarlo

Gemeente Buren: waterwinning Zoelen

De waterwinning Zoelen is verdeeld over 2 watervoerende pakketten. In het eerste watervoerende pakket wordt 1.000.000 m^3 per jaar gewonnen (geohydrologische situatie B); in het tweede pakket maximaal 3.000.000 m^3 per jaar (geohydrologische situatie D). De verblijftijdzone van de diepe winning valt, door de extra verblijftijd van de diepliggende kleilagen, ruim binnen de verblijftijdzones van de ondiepe winning. In dit geval kan worden volstaan met beschermingsgebieden gebaseerd op de verblijftijdzone van de ondiepe winning.

Gemeente Doetinchem: waterwinning De Pol

Bij de waterwinning De Pol zijn 2 rivieren van invloed op de vorm en omvang van de verblijftijdzones; dit zijn de Oude IJssel en de Bielheimerbeek. Deze zijn tot 2 loodrecht op elkaar staande, lijnvormige rivieren geschematiseerd in de extra berekening (geohydrologische situatie A mét rivier).

Gemeente Groesbeek: waterwinning Muntberg

De waterwinning Muntberg onttrekt grondwater in de stuwwal van Groesbeek. In deze stuwwal komen duidelijke barrières voor, waarvan er één direct ten oosten van deze waterwinning ligt. De invloed hiervan kan worden berekend door bij de geohydrologische situatie A een lijnvormige barrière in te brengen. Ten westen van de waterwinning Muntberg komt ook een minder sterk werkende barrière voor. Deze laatste barrière is niet door spiegeling van de waterwinning Muntberg in rekening gebracht (§ 4.2), maar door de waterwinning Heumensoord als externe bron in rekening te brengen. Gezien de capaciteit en de ligging van Heumensoord heeft dit een ongeveer gelijk effect.

Gemeente Heteren: waterwinning Fikkersdries

De beschermende kleilaag bij de waterwinning Fikkersdries is circa 10 m dik. In zuidoostelijke richting neemt de kleilaag in dikte af tot enkele meters dikte op 1 km afstand; in noordwestelijke richting neemt de dikte tot circa 15 m toef. Bij geohydrologische situatie D zijn 3 berekeningen gemaakt:

- één met een kleilaag van 1 m voor het gebied ten zuid-oosten van de winning;
- één met een kleilaag van 10 m rond de winning;
- één met een kleilaag van 15 m voor het gebied ten noord-westen van de winning.

De omvang van de 10- en 25-jaars verblijftijdzone is aan de zuidzijde gebaseerd op een kleidikte van 1 m, ter hoogte van de waterwinning op een kleidikte van 10 m, overgaand naar het noordwesten op een verblijftijdzone bij een kleidikte van 15 m.

Gemeenten Nijmegen en Heumen: waterwinning Heumensoord

De waterwinning Heumensoord bestaat uit een noordelijk en zuidelijk puttenveld. De verdeling van de capaciteit van 10.000.000 m^3 per jaar kan in de nabije toekomst, binnen het raam van de vergunning, worden gewijzigd. Er is in overleg met het waterleidingbedrijf met 2 situaties rekening gehouden:

	huidige situatie	toekomstige situatie
noordelijk puttenveld	6.500.000 m^3/jaar	4.000.000 m^3/jaar
zuidelijk puttenveld	3.500.000 m^3/jaar	6.000.000 m^3/jaar

De grenzen van de één-jaars verblijftijdzones zijn gebaseerd op de maximale hoeveelheid per puttenveld (respectievelijk 6.500.000 en 6.000.000 m^3/jaar). De grenzen van de verblijf-tijdzones van 10 en 25 jaar zijn gelegd tussen de berekende grenzen bij de grootste en de kleinste hoeveelheid per put-tenveld.

Gemeente Rozendaal: waterwinning Pinkenberg

De waterwinning Pinkenberg is verdeeld over 2 watervoerende pakketten. In het eerste watervoerende pakket wordt 120.000 m^3 per jaar gewonnen (geohydrologische situatie E); in het tweede pakket 1.580.000 m^3 per jaar (geohydrologische situatie D). De verblijftijdzones die de basis vormen voor de in te stellen beschermingsgebieden overlappen elkaar voor een klein deel bij het centrum van de waterwinning.

Gemeente Tiel: waterwinning Tiel

De waterwinning Tiel zal volgens een besluit van de Raad van Commissarissen van het waterleidingbedrijf na 1989 niet meer worden gebruikt. De bescherming is daarom gericht op een ver-blijftijd van maximaal 5 jaar.

Gemeente Winterswijk: waterwinning Corle

De waterwinning Corle onttrekt water aan het tweede watervoerende pakket. De diepliggende kleilaag is ter plaatse van de pompputten ongeveer 2 m dik, het diepe grondwater heeft hier oorspronkelijk een overdruk van ongeveer één meter ten opzichte van het ondiepe grondwater (geohydrologische situatie D). Voor de één-jaars beschermingszone kan daarom worden volstaan met een gebied van 25 à 50 m rond de pompputten. Op vrij korte afstand van de waterwinning is bekend dat de kleilaag plaatselijk nagenoeg ontbreekt (geohydrologische situatie C). Gezien de toch al geringe dikte en weerstand van de kleilaag is voor de bepaling van verblijftijdzones van 10 en 25 jaar de beschermende werking van de kleilaag buiten beschouwing gelaten.

De vorm en omvang van de 10- en 25-jaars verblijftijdzones zijn afgeleid van een rapport van het Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen (KIWA). Het KIWA hanteerde voor de waterwinning een capaciteit van 3.200.000 m^3 per jaar, gezien de uitgangspunten van hoofdstuk 2 dient gerekend te worden met een capaciteit van 2.750.000 m^3 per jaar. De omvang van de verblijftijdzones zijn hierop gecorrigeerd.

6 KANTTEKENINGEN BIJ DE BEREKENDE VERBLIJFTIJDZONES

Door eigen ervaring in Gelderland en uit publikaties is bekend dat de berekende stroombanen in de meeste gevallen nauwkeurig en betrouwbaar zijn. Dit ondanks een vergaande schematisering, welke een vergaande versimpeling van de werkelijkheid inhoudt. De berekende verblijftijden op de stroombanen zijn minder betrouwbaar. Dit wordt vooral veroorzaakt door inhomogeniteiten in de ondergrond; in de berekeningen wordt uitgegaan van homogene watervoerende pakketten. Grondwater zoekt echter altijd de weg van de minste weerstand via grovere zand- of grindlagen. Uit onderzoek naar de invloed van inhomogeniteiten op de dimensionering van verblijfzones blijkt dat hierdoor de nodige voorzichtigheid moet worden betracht. De snelst stromende grondwaterdeeltjes bereiken de waterwinning aanzienlijk eerder dan de berekende 1, 10 en 25-jaars verblijftijdlijnen doen vermoeden. Voor de 10-jaars verblijftijd blijkt een verschil van ruim 50% op te kunnen treden: in een ongunstig geval bereikt een (verontreinigd) waterdruppeltje in zo'n 5 in plaats van 10 jaar de waterwinning. Het relatieve verschil tussen minimale en gemiddelde aankomsttijd zal bij de 25-jaarszone kleiner en bij de 1-jaarszone groter zijn.

Naast deze algemeen geldende onzekerheid vanwege de berekening van gemiddelde verblijftijden zijn er ook verschillen aan te geven tussen verblijftijdzones onderling. Hiervoor zijn 3 oorzaken aanwijsbaar:

1 de toepasbaarheid van de analytische berekeningsmethode,
2 de betrouwbaarheid van de capaciteiten per onttrekkingspunt,
3 de kwaliteit van de geohydrologische kennis.

ad 1 De berekeningsmethode (zie hoofdstuk 1) vergt een vergaande schematisering van de geohydrologische situatie ter plaatse. Er wordt nooit ten volle aan al deze aannamen voldaan, wel is per waterwinsituatie aan te geven in welke mate. Bij een groot aantal waterwinningen is de schematisering zodanig "natuurgetrouw" mogelijk, dat andere berekeningsmethoden geen van belang zijnde verbetering opleveren.

ad 2 De capaciteitsverdeling over de pompputten binnen het terrein van de waterwinning levert een zekere onbetrouwbaarheid in de tijd op. Pompputten worden op den duur vervangen vanwege bijvoorbeeld verzanding. De locatie van geprojecteerde putten is nog minder zeker.

De vorm van de één-jaars verblijftijdzone is daarom (in de tijd) aan wijzigingen onderhevig. De 10 en 25-jaars verblijftijdzones zijn hiervoor nauwelijks gevoelig. Deze laatste zijn wel gevoelig voor capaciteitsveranderingen van externe bronnen. De capaciteit van externe onttrekkingspunten verandert in de tijd ook dikwijls in niet onbelangrijke mate. De betrouwbaarheid van de ingevoerde capaciteit van externe onttrekkingspunten is dus geringer dan van pompputten binnen het terrein van de waterwinning.

ad 3 De geohydrologische invoergegevens maken in de eerste plaats een keuze mogelijk uit één van de 5 geohydrologische situaties (hoofdstuk 3), zonodig onder toevoeging van een rivier, barrière of waterscheiding (hoofdstuk 4). Ten tweede zijn invoergegevens nodig, zoals dikte van het watervoerende pakket, stroomrichting van het grondwater e.d. De gegevens zijn in het ene geval nauwkeuriger bekend dan in andere gevallen. De informatie die redelijkerwijs nodig is hangt samen met de complexiteit van het gebied (stuwing) en de kosten om de informatie te verkrijgen (diepe boringen).

In tabel 3 zijn per waterwinning en per oorzaak indicatief de "kwaliteit" van de berekende verblijftijdzones aangegeven.

Enkele algemene conclusies

- De berekende verblijfzones zijn gebaseerd op grondwaterstroming in homogene, isotrope watervoerende pakketten en leveren daardoor gemiddelde verblijftijden op. In werkelijkheid treden aanzienlijke verschillen op in verblijftijden tussen waterdruppels onderling. De snelst stromende waterdeeltjes bereiken de waterwinning ongeveer 2 maal eerder dan de gemiddelde verblijftijd aangeeft. De bescherming tegen verontreiniging van buiten het beschermingsgebied is dus korter van duur dan 1, respectievelijk 10 en 25 jaar.

- Het aantal drinkwaterwinningen onder beschermende kleilagen (D) bedraagt 14. Kleilagen beperken het beschermingsgebied aanzienlijk met name als er van nature een overdruk in het diepe grondwater ten opzichte van het ondiepe grondwater heerst. Voorwaarde is hierbij dat er (wettelijke) maatregelen worden getroffen om de diepliggende kleilaag tegen ongewenste perforaties te beschermen.

- Ongeveer ¾ van de Gelderse drinkwatervoorzieningen onttrekt grondwater zonder beschermende kleilagen boven de pompputten. Het merendeel van de waterwinningen is dus, geohydrologisch gezien, kwetsbaar.

- Voor de bescherming van de drinkwaterwinning op lange termijn is het gewenst ontwikkelingen, die de samenstelling van het grondwater nadelig kunnen beïnvloeden, te volgen in het gehele intrekgebied. Hiervoor dienen de omvang en vorm van intrekgebieden te worden vastgesteld.

- Voor de moeilijk te schematiseren waterwinningen is het gewenst een berekening uit te voeren met een numeriek grondwaterstromingsmodel.

LITERATUUR

COMMISSIE BESCHERMING WATERWINGEBIEDEN.
"Richtlijnen en aanbevelingen voor de bescherming van waterwingebieden". Rijswijk/Leidschendam, december 1980. Vereniging van Exploitanten van Waterleidingbedrijven in Nederland en Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening.

DIENST RUIMTELIJKE ORDENING EN VOLKSHUISVESTING (ROV).
"Notitie Bescherming Waterwinplaatsen - interimrapportage". Arnhem, maart 1983/4b/mk/3996.

GEDEPUTEERDE STATEN VAN GELDERLAND.
"Bescherming Gelderse Waterwinplaatsen" modelbepalingen van voorschriften met waterwingebieden in bestemmingsplannen, 4 januari 1978, nr. 16527/661-3305, Arnhem.

KEURINGSINSTITUUT VOOR WATERLEIDING ARTIKELEN (KIWA) N.V.
"Onderzoek naar de invloed van inhomogeniteiten op de verblijftijden van het grondwater". Rapport samengesteld in opdracht van het ministerie van Volksgezondheid en Mileiuhygiëne, hoofdafdeling Bodem. SNO 326 door ir. H.G. de Jonge, Nieuwegein, november 1981.

KEURINGSINSTITUUT VOOR WATERLEIDING ARTIKELEN (KIWA) N.V.
"Verblijftijdsgrenzen van de grondwaterwinplaats Corle". Rapport opgesteld in opdracht van: Waterleidingbedrijf Winterswijk. SWO-377 door ir. T.N. Oltshoorn, Nieuwegein, december 1981.

VERENIGING VAN EXPLOITANTEN VAN WATERLEIDINGBEDRIJVEN IN NEDERLAND.
"Concept Tweede Tienjarenplan VEWIN" Rijswijk, september 1983.

WERKGROEP BEREKENINGEN VAN DE COMMISSIE BESCHERMING WATERWINGEBIEDEN.
"Rapport van de werkgroep berekeningen van de Commissie Bescherming Waterwingebieden". Nieuwegein, december 1979.

coll.: S
code: sm/ez/D173/A36

LIJST VAN BIJLAGEN

Gemeente	volgnummer register provincie Gelderland	naam pompstation
AALTEN	I	'T LOOHUIS
APELDOORN	I	AMERSFOORTSEWEG
APELDOORN	III	HOENDERLOO
APELDOORN	IV	HOOG SOEREN
APELDOORN	V	BEEKBERGEN
ARNHEM	I	LA CABINE
ARNHEM	II	IMMERLOO
BERGH	I	DR. VAN HEEK
BEUNINGEN	I	BEUNINGEN
BORCULO	I	HAARLO
BRUMMEN	I	EERBEEK
BUREN	I	ZOELEN
CULEMBORG	I	CULEMBORG
DINXPERLO	I	DINXPERLO
DOETINCHEM	I	DE POL
DRUTEN	I	DRUTEN
EDE	I	EDESE BOS
EIBERGEN	I	OLDEN EIBERGEN
ELBURG	I	ELBURG
ELBURG	II	DE HAERE
ELST	I	LENT
EPE	I	EPE
ERMELO	I	SPEULD
GORSSEL	I	HARFSEN
GORSSEL	II	WOG-BOS
GROESBEEK	IV	MUNTBERG
HARDERWIJK	I	HARDERWIJK
HENGELO	I	OLDE KASTE
HENGELO	II	'T KLOOSTER
HERWEN EN AERDT	I	TOLKAMER
HETEREN	I	FIKKERDRIES
LICHTENVOORDE	I	LICHTENVOORDE
LIENDEN	I	VERSCHUER
LOCHEM	I	LOCHEM
MAASDRIEL	I	VELDDRIEL
NEEDE	I	NOORDIJKERVELD
NEERIJNEN	I	KOLFF
NIJKERK	II	HOLK
NIJMEGEN	I	HEUMENSOORD
NIJMEGEN	II	NIEUWE MARKTSTRAAT

Gemeente	volgnummer register provincie Gelderland	naam pompstation
OLDEBROEK	I	WEZEP
PUTTEN	I	PUTTEN
RENKUM	I	OOSTERBEEK
RHEDEN (ROZENDAAL)	I	PINKENBERG
RHEDEN	II	ELLECOM
RUURLO	I	RUURLO
TIEL	I	TIEL
VOORST	I	TWELLO
VORDEN	I	DENNENWATER
WAGENINGEN	I	WAGENINGSE BERG
WEHL	I	STILLE WALD
WINTERSWIJK	I	CORLE
WISCH	I	STUBBELDERWEG
ZUTPHEN	I	VIERAKKER
WOUDENBERG		WOUDENBERG

coll.
code: sm/D173/A39

Tabel 1: Gegevens grondwateronttrekking

AANDUIDING WATERWINPLAATS				GRONDWATERONTREKKING WATERWINPLAATS			
GEMEENTE	VOLGNUMMER REGISTER PROVINCIE GELDERLAND	WATERLEIDINGMAATSCHAPPIJ	NAAM POMPSTATION	ONTREKKINGSHOEVEELHEID WATERWINPLAATS	BASIS UITTREKKINGS-HOEVEELHEID 2)	AANTAL POMPPUTTEN IN BEREKENING	AANTAL EXTERNE GRONDWATER-WINNINGEN
				(*1000 m^3/jaar)	(-)	(-)	(-)
AALTEN	I	WOG	'T LOOHUIS	1.000	2	1	0
APELDOORN	I	VNB	AMERSFOORTSEWEG	7.000	1	26	0
APELDOORN	III	VNB	HOENDERLOO	1.200	1	4	0
APELDOORN	IV	VNB	HOOG SOEREN	030	1	2	0
APELDOORN	V	VNB	BEEKBERGEN	3.000	1	7	0
ARNHEM	I	ARNHEM	LA CABINE	11.000	1	18	0
ARNHEM	II	ARNHEM	IMMERLOO	4.000	1	5	0
BERGH	I	WOG	DR. VAN HEEK	3.750	1	12	0
BEUNINGEN	I	WMG	BEUNINGEN	1.000	2	1	0
BORCULO 1)	I	WOG	HAARLO	1.600	1	5	2
BRUMMEN	I	WMG	EERBEEK	2.000	1	20	1
BUREN 1)	I	WMG	ZOELEN	1.000	1	3	0
CULEMBORG	I	WMG	CULEMBORG	750	1	3	0
DINXPERLO	I	WOG	DINXPERLO	2.000	1	3	0
DOETINCHEM 1)	I	WOG	DE POL	3.600	1	22	1
DRUTEN	I	WMG	DRUTEN	4.000	3	17	0
EDE	I	VNB	EDESE BOS	6.000	2	27	0
EIBERGEN	I	WOG	OLDEN EIBERGEN	1.200	1	6	1
ELBURG	I	WMG	ELBURG	400	3	5	0
ELBURG	II	WMG	DE HAERE	3.000	1	7	0
ELST	I	WMG	LENT	2.500	3	9	0
EPE	I	WMG	EPE	6.000	1	18	0
ERMELO	I	WMG	SPEULD	500	1	3	0
GORSSEL	I	WOG	HARFSEN	1.500	1	3	0
GORSSEL	II	WOG	WOG-BOS	750	1	2	0
GROESBEEK 1)	IV	WMG	MUNTBERG	1.000	1	3	2
HARDERWIJK	I	WMG	HARDERWIJK	4.000	1	22	0
HENGELO	I	WOG	OLDE KASTE	440	1	3	0
HENGELO	II	WOG	'T KLOOSTER	5.000	1	9	0
HERWEN EN AERDT	I	WOG	TOLKAMER	185	1	2	0
HETEREN 1)	I	WMG	FIKKERDRIES	8.000	2	15	0
LICHTENVOORDE	I	WOG	LICHTENVOORDE	1.500	1	4	0
LIENDEN	I	WMG	VERSCHUER	1.000	1	5	0
LOCHEM	I	WOG	LOCHEM	3.000	1	10	0
MAASDRIEL	I	WMG	VELDDRIEL	4.000	2	8	0
NEEDE	I	WOG	NOORDIJKERVELD	3.000	1	3	1
NEERIJNEN	I	WMG	KOLFF	5.000	3	21	0
NIJKERK	II	WMG	HOLK	10.000	1	8	0
NIJMEGEN 1)	I	NIJMEGEN	HEUMENSOORD	10.000	1	16	1
NIJMEGEN	II	NIJMEGEN	NW MARKTSTRAAT	4.400	1	15	1
OLDEBROEK	I	KAMPEN	WEZEP	5.000	1	11	3
PUTTEN	I	WMG	PUTTEN	4.500	1	10	0
RENKUM	I	RENKUM	OOSTERBEEK	1.000	1	6	2

Tabel 2: Geohydrologische gegevens

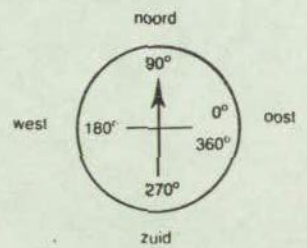
AANDUIDING WATERWINPLAATS					STANDAARD GEGEVENS							GEGEVENS BEREKENING EXTRA VERBLIJFTIJD DOOR KLEILAAG			INVLOED RIVIER, BARRIÈRE OF WATERSCHEIDING	
GEMEENTE	VOLGNUMMER REGISTER PROVINCIE GELDERLAND	WATERLEIDINGMAATSCHAPPIJ	NAAM POMPSTATION	GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE	DIKTE WATERVOEREND PAKKET	(EFFEKTIEF) DOORLAATVERMOGEN WATERVOEREND PAKKET	FAKTOR ANISOTROPIE	GEMIDDELD VERHANG NATUURLIJKE GRONDWATERSPIEGEL	STERKTE NATUURLIJKE GRONDWATER STROMING	STROOMRICHTING GRONDWATER	SPREIDINGSLENGTE (LV.M. VOEDING UIT MEERSLAG)	MINIMALE DIKTE DIEPLIGGENDE, AANEENGESLOTEN KLEILAAG	WEERSTAND DIEPLIGGENDE, AANEENGESLOTEN KLEILAAG	STIJGHOOGTE EERSTE WATERVOEREND PAKKET MINUS STIJGHOOGTE TWEEDE WATERVOEREND PAKKET	VOEDING VANUIT RIVIER	BARRIÈRE OF WATERSCHEIDING
					(m)	(m²/dag)	(-)	(‰)	(m²/dag)	2)	(m)	(m)	(etm)	(m)		
AALTEN	I	WOG	'T LOOHUIS	D	20	1400		0.80	1.12	175	530	2	200	0		
APELDOORN	I	VNB	*AMERSFOORTSEWEG*	*E*	*120*	*1500*	*3*	*5.00*	*7.50*		10					
APELDOORN	III	VNB	HOENDERLOO	E	110	1500	3	1.50	2.25	180						
APELDOORN	IV	VNB	HOOG SOEREN	A	110	6000		1.00	6.00	90						
APELDOORN	V	VNB	BEEKBERGEN	E	105	1500	3	5.00	7.50	35						
ARNHEM	I	ARNHEM	LA CABINE	C	50	3000		2.00	6.00	260	750					
ARNHEM	II	ARNHEM	IMMERLOO	C	40	2000		0.30	0.60	225	1400					X
BERGH	I	WOG	DR. VAN HEEK	A	25	1875		0.00	0.00	315						
BEUNINGEN	I	WMG	BEUNINGEN	D	20	800		0.15	0.12	210	800	5	800	0		
BORCULO 1)	I	WOG	HAARLO	D	15	1200		0.80	0.96	175	666	3.5	350	0		
BRUMMEN	I	WMG	EERBEEK	E	65	1000	3	6.00	6.00	30						
BUREN 1)	I	WMG	ZOELEN	B	40	3000		0.16	*0.48*	*200*	*800*					
CULEMBORG	I	WMG	CULEMBORG	B	40	3300		0.40	1.32	260	800					
DINXPERLO	I	WOG	DINXPERLO	A	40	3000		0.65	1.95	200						
DOETINCHEM 1)	I	WOG	DE POL	A	35	2100		1.25	2.63	220					X	
DRUTEN	I	WMG	DRUTEN	B	40	3000		0.25	0.75	250	800					
EDE	I	VNB	EDESE BOS	E	45	2500	2	1.50	3.75	205						
EIBERGEN	I	WOG	OLDEN EIBERGEN	A	15	1000		1.50	1.50	175						
ELBURG	I	WMG	ELBURG	A	100	6000		0.60	3.60	150						
ELBURG	II	WMG	DE HAERE	A	120	8000		1.00	8.00	120						
ELST	*I*	*WMG*	LENT	A	105	5000		0.25	1.25	180					X	
EPE	I	WMG	EPE	A	100	5000		0.00	0.00	340						X
ERMELO	I	WMG	SPEULD	D	105	3600		0.00	0.00	35	6600	7	12.000	6.0		X
GORSSEL	I	WOG	HARFSEN	A	30	2250		0.50	1.13	150						
GORSSEL	II	WOG	WOG-BOS	A	35	2450		0.60	1.45	170						
GROESBEEK 1)	IV	WMG	MUNTBERG	A	30	2400		0.00	0.00	180						X
HARDERWIJK	I	WMG	HARDERWIJK	A	125	8000		1.50	12.00	120						X
HENGELO	I	WOG	OLDE KASTE	A	40	4000		0.70	2.80	162						
HENGELO	II	WOG	'T KLOOSTER	A	35	3325		0.80	2.66	150						
HERWEN EN AERDT	I	WOG	*TOLKAMER*	*D*	*20*	*1500*		0.50	0.75	180	2450	20	4.000	0		
HETEREN 1)	I	WMG	FIKKERDRIES	D	30	2000		0.40	0.80	200	1400	15	980	0.3		
LICHTEN-VOORDE	I	WOG	LICHTENVOORDE	A	30	1500		0.30	0.45	185						
LIENDEN	I	WMG	VERSCHUER	B	25	2500		0.33	0.83	210	750					
LOCHEM	I	WOG	LOCHEM	A	30	3000		0.00	0.00	205						X
MAASDRIEL	I	WMG	VELDDRIEL	B	50	2600		0.20	0.50	165	1100					
NEEDE	I	WOG	NOORDIJKERVELD	D	20	800		1.50	1.20	135	630	2	500	0		
NEERIJNEN	I	WMG	KOLFF	B	40	2500		0.25	0.60	150	800					
NIJKERK	II	WMG	HOLK	D	100	7000		4.00	2.80	170	3700	30	2.000	-1		
NIJMEGEN 1)	I	NIJMEGEN	HEUMENSOORD	A	50	5000		0.75	*3.75*	*200*						X
NIJMEGEN	II	NIJMEGEN	NW MARKTSTRAAT	C	25	2500		0.75	1.88	150	1000					
OLDEBROEK	I	KAMPEN	WEZEP	A	75	4800		2.00	9.60	120						X
PUTTEN	I	WMG	PUTTEN	E	110	3000	4	2.00	6.00	190						X
RENKUM	I	RENKUM	OOSTERBEEK	D	30	2000		2.00	4.00	285	1700	10	1.500	0		

Vervolg Tabel 2: Geohydrologische gegevens

AANDUIDING WATERWINPLAATS					STANDAARDGEGEVENS							GEGEVENS BEREKENING EXTRA VERBLIJFTIJD DOOR KLEILAAG			INVLOED RIVIER, BARRIÈRE OF WATERSCHEIDING	
GEMEENTE	VOLGNUMMER REGISTER PROVINCIE GELDERLAND	WATERLEIDINGMAATSCHAPPIJ	NAAM POMPSTATION	GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE	DIKTE WATERVOEREND PAKKET	(EFFEKTIEF) DOORLAATVERMOGEN WATERVOEREND PAKKET	FAKTOR ANISOTROPIE	GEMIDDELD VERHANG NATUURLIJKE GRONDWATERSPIEGEL	STERKTE NATUURLIJKE GRONDWATER STROMING	STROOMRICHTING GRONDWATER	SPREIDINGSLENGTE (t.v.m. VOEDING UIT MEERSLAG)	MINIMALE DIKTE DIEPLIGGENDE, AANEENGESLOTEN KLEILAAG	WEERSTAND DIEPLIGGENDE, AANEENGESLOTEN KLEILAAG	STIJGHOOGTE EERSTE WATERVOEREND PAKKET MINUS STIJGHOOGTE TWEEDE WATERVOEREND PAKKET	VOEDING VANUIT RIVIER	BARRIÈRE OF WATERSCHEIDING
					(m)	(m²/dag)	(-)	(‰)	(m²/dag)	2)	(m)	(m)	(atm)	(m)		
RHEDEN (ROZENDAAL) 1)	I	RHEDEN	PINKENBERG (DIEP)	D	50	3000		2.00	6.00	270	6710	10	15.000	14.0		
			PINKENBERG (ONDIEP)	E	50	100	5	20.00	2.00	315						
RHEDEN	II	RHEDEN	ELLECOM	E	80	1500	3	6.00	9.00	340						
RUURLO	I	WOG	RUURLO	A	35	2450		0.35	0.86	120						
TIEL 1)	I	WMG	TIEL	D	45	1000		0.30	0.30	180	700	15	500	0		
VOORST	I	WMG	TWELLO	D	50	800		0.00	0.00	0	3500	70	15.000	0		
VORDEN	I	WOG	DENNENWATER	A	35	3000		0.50	1.50	160						
WAGENINGEN	I	VNB	WAGENINGSE BERG	D	30	2000		1.50	3.00	260	2450	15	3.000	2.0		
WEHL	I	WOG	STILLE WALD	A	25	2000		0.50	1.00	90						
WINTERSWIJK 1	I	W' WIJK	CORLE	C	25	2000		0.25	0.50	270	600					
WISCH	I	WOG	STUBBELDERWEG	A	30	4050		0.30	1.20	200						
ZUTPHEN	I	WOG	VIERAKKER	C	25	2000		0.20	0.40	180	600					
WOUDENBERG		WMN	WOUDENBERG	D	65	3600		0.37	1.30	120	2700	5	2.000	-1.25		

1) ZIE OOK NADERE TOELICHTING IN HOOFDSTUK 5

2)



Tabel 3: Gegevens grondwateronttrekking

AANDUIDING WATERWINPLAATS				1. TOEPASBAARHEID V.D. ANALYTISCHE BEREKENINGSMETHODE (FLOP)	2. BETROUWBAARHEID CAPACITEIT PER ONTREKKINGSPUNT	3. KWALITEIT GEOHYDROLOGISCHE KENNIS
GEMEENTE	VOLGNUMMER REGISTER PROVINCIE GELDERLAND	WATERLEIDINGMAATSCHAPPIJ	NAAM POMPSTATION			
AALTEN	I	WOG	'T LOOHUIS	+	+	—
APELDOORN	I	VNB	AMERSFOORTSEWEG	+	+	+
APELDOORN	III	VNB	HOENDERLOO	+	+	+
APELDOORN	IV	VNB	HOOG SOEREN	+	+	+
APELDOORN	V	VNB	BEEKBERGEN	+	+	+
ARNHEM	I	ARNHEM	LA CABINE	+	+	+
ARNHEM	II	ARNHEM	IMMERLOO	+	+	+
BERGH	I	WOG	DR. VAN HEEK	+	+	+
BEUNINGEN	I	WMG	BEUNINGEN	+	+	+
BORCULO 1)	I	WOG	HAARLO	+	+	+
BRUMMEN	I	WMG	EERBEEK	+	+	+
BUREN 1)	I	WMG	ZOELEN	+	+	+
CULEMBORG	I	WMG	CULEMBORG	+	+	+
DINXPERLO	*I*	*WOG*	*DINXPERLO*	+	+	+
DOETINCHEM 1)	I	WOG	DE POL	+	+	+
DRUTEN	I	WMG	DRUTEN	+	+	+
EDE	I	VNB	EDESE BOS	+	+	+
EIBERGEN	I	WOG	OLDEN EIBERGEN	—	+	+
ELBURG	I	WMG	ELBURG	+	+	+
ELBURG	II	WMG	DE HAERE	+	+	+
ELST	I	WMG	LENT	—	+	+
EPE	*I*	*WMG*	*EPE*	+	+	+
ERMELO	I	WMG	SPEULD	+	+	+
GORSSEL	I	WOG	HARFSEN	+	+	+
GORSSEL	II	WOG	WOG-BOS	+	+	+
GROESBEEK1)	IV	WMG	MUNTBERG	—	+	+
HARDERWIJK	I	WMG	HARDERWIJK	+	□	—
HENGELO	I	WOG	OLDE KASTE	+	+	□
HENGELO	II	WOG	'T KLOOSTER	+	□	+
HERWEN EN AERDT	I	WOG	TOLKAMER	+	+	—
HETEREN 1)	I	WMG	FIKKERDRIES	□	+	+
LICHTENVOORDE	I	WOG	LICHTENVOORDE	+	+	□
LIENDEN	I	WMG	VERSCHUER	+	+	□
LOCHEM	I	WOG	LOCHEM	+	+	□
MAASDRIEL	I	WMG	VELDDRIEL	+	+	+
NEEDE	I	WOG	NOORDIJKERVELD	+	□	+
NEERIJNEN	I	WMG	KOLFF	+	+	+
NIJKERK	II	WMG	HOLK	+	+	+
NIJMEGEN 1)	I	NIJMEGEN	HEUMENSOORD	+	□	□
NIJMEGEN	II	NIJMEGEN	NW MARKTSTRAAT	—	□	—
OLDEBROEK	I	KAMPEN	WEZEP	□	□	+
PUTTEN	I	WMG	PUTTEN	+	+	+
RENKUM	I	RENKUM	OOSTERBEEK	+	□	□

Vervolg Tabel 3: Betrouwbaarheid berekende verblijfszones

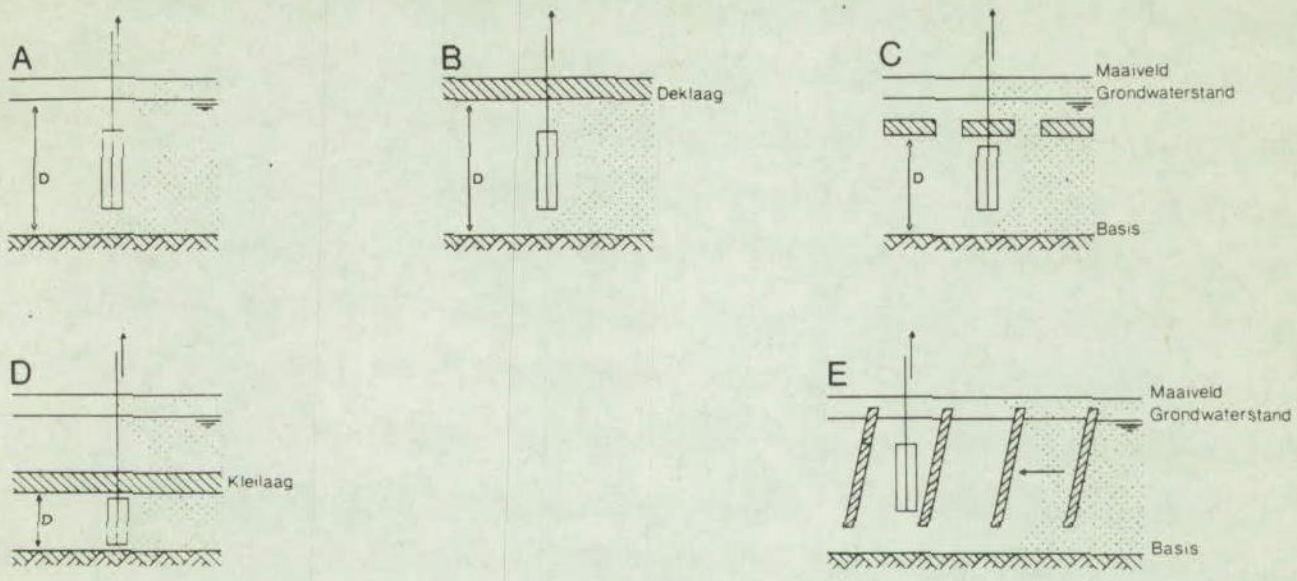
AANDUIDING WATERWINPLAATS				1. TOEPASBAARHEID V.D. ANALYTISCHE BEREKENINGSMETHODE (FLOP)	2. BETROUWBAARHEID CAPACITEIT PER ONTREKKINGSPUNT	3. KWALITEIT GEOHYDROLOGISCHE KENNIS
GEMEENTE	VOLGNUMMER REGISTER PROVINCIE GELDERLAND	WATERLEIDINGMAATSCHAPPIJ	NAAM POMPSTATION			
RHEDEN (ROZENDAAL) 1)	I	RHEDEN	PINKENBERG (DIEP)	+	+	□
			PINKENBERG (ONDIEP)	□	+	
RHEDEN	II	RHEDEN	ELLECOM	+	+	+
RUURLO	*I*	*WOG*	*RUURLO*	+	+	+
TIEL 1)	I	WMG	TIEL	□	+	+
VOORST	*I*	*WMG*	*TWELLO*	+	+	□
VORDEN	I	WOG	DENNENWATER	+	□	□
WAGENINGEN	I	VNB	WAGENINGSE BERG	+	□	+
WEHL	I	WOG	STILLE WALD	+	□	□
WINTERSWIJK 1)	I	WINTERSWIJK	CORLE	□	+	+
WISCH	I	WOG	STUBBELDERWEG	+	□	□
ZUTPHEN	I	WOG	VIERAKKER	□	+	□
WOUDENBERG		WMN	*WOUDENBERG*	+	+	+

\+ (RELATIEF) GOED
□ (RELATIEF) MATIG
— (RELATIEF) SLECHT

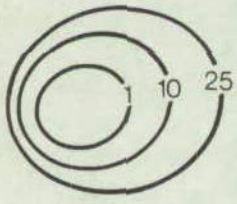
Bijlagen

LEGENDA

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIES

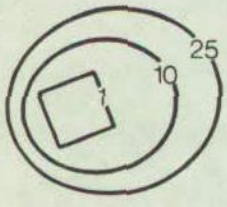


VOOR GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE A, B, C, OF E

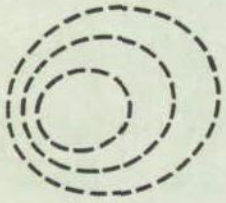


- BEREKENDE LIJNEN VAN GELIJKE GEMIDDELDE VERBLIJFTIJD VAN 1, 10 EN 25 JAAR= BASIS VOOR IN TE STELLEN BESCHERMINGSGEBIEDEN

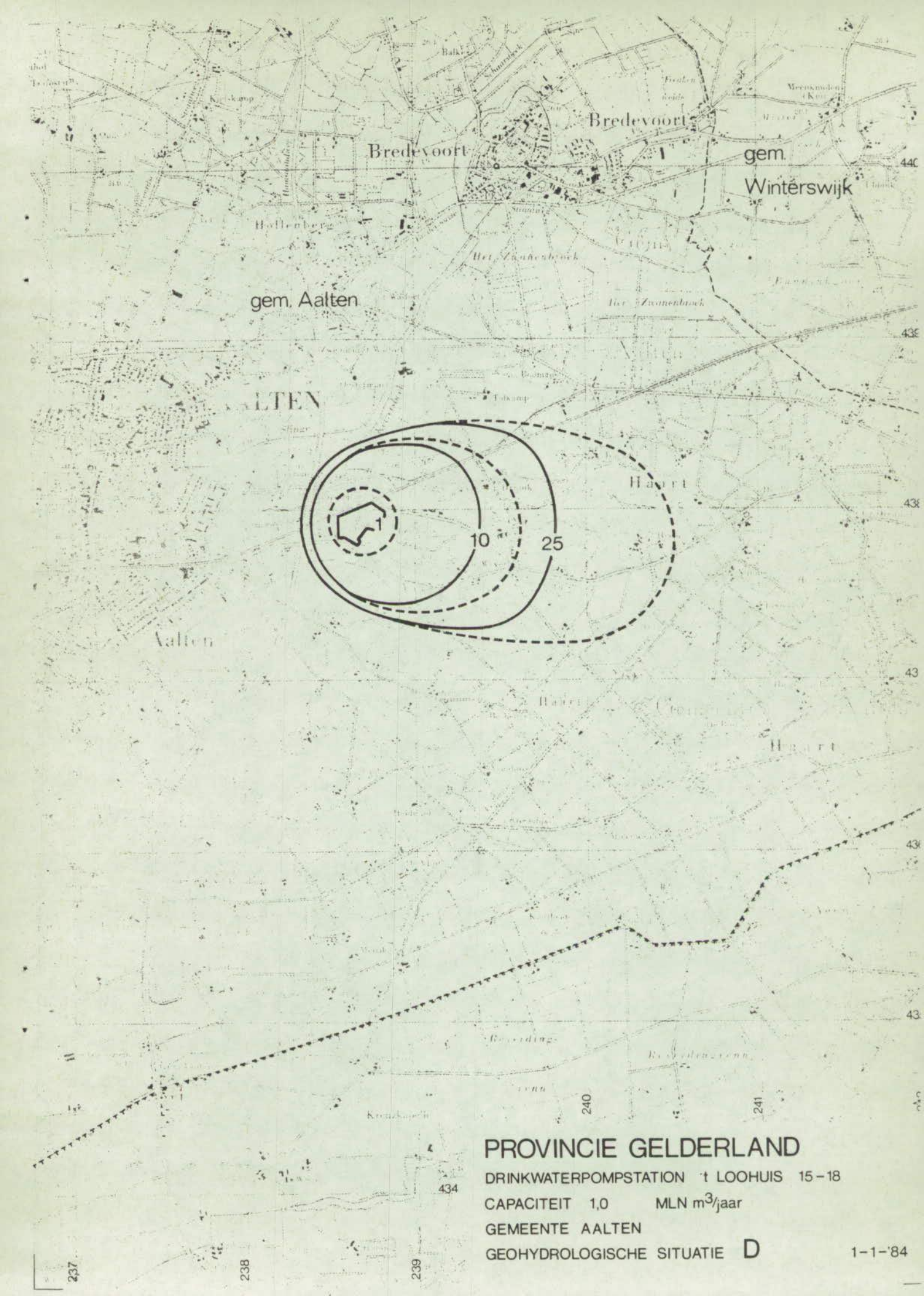
VOOR GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE D



- IN TE STELLEN ÉÉNJAAR BESCHERMINGSGEBIED
- BEREKENDE LIJNEN VAN GELIJKE GEMIDDELDE VERBLIJFTIJD VAN 10 EN 25 JAAR, REKENING HOUDEND MET DE EXTRA VERBLIJFTIJD IN DE KLEILAAG= BASIS VOOR IN TE STELLEN BESCHERMINGSGEBIEDEN



- BEREKENDE LIJNEN VAN GELIJKE GEMIDDELDE VERBLIJFTIJD VAN 1, 10 EN 25 JAAR ZONDER REKENING TE HOUDEN MET DE EXTRA VERBLIJFTIJD IN DE KLEILAAG



PROVINCIE GELDERLAND

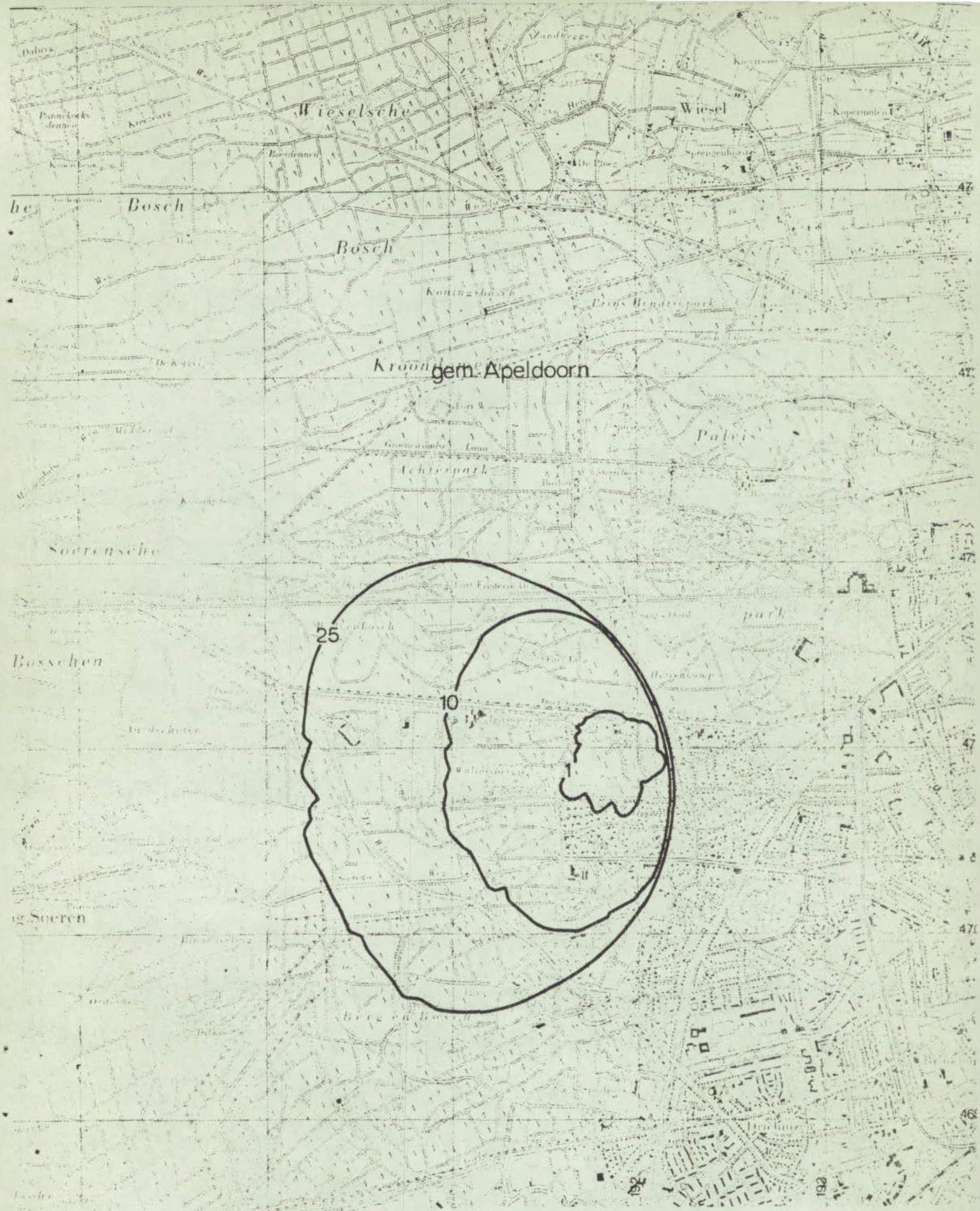
DRINKWATERPOMPSTATION 't LOOHUIS 15-18

CAPACITEIT 1,0 MLN m^3/jaar

GEMEENTE AALTEN

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE **D**

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

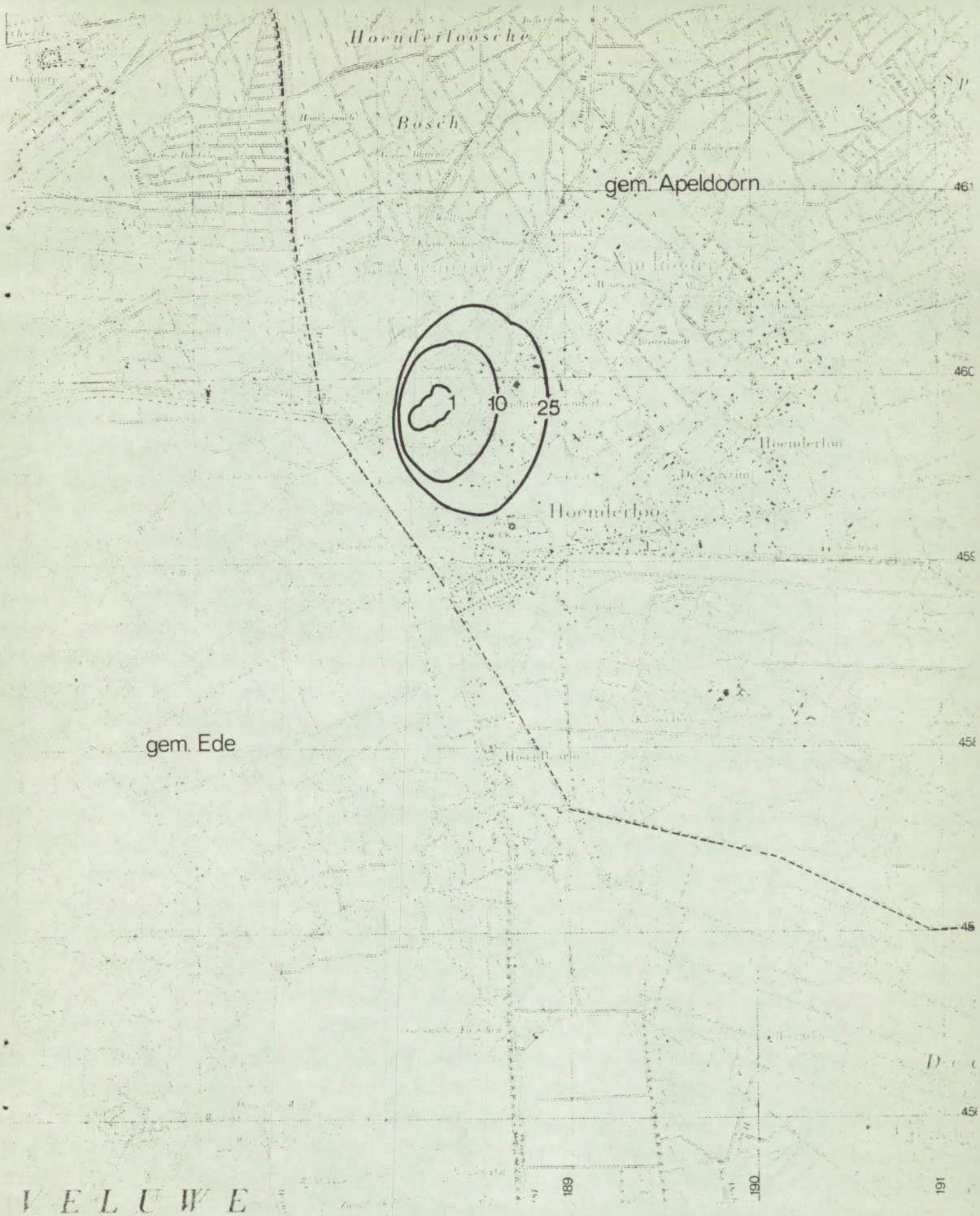
DRINKWATERPOMPSTATION AMERSFOORTSEWEG 20-2

CAPACITEIT 7,0 MLN m^3/jaar

GEMEENTE APELDOORN

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE E

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

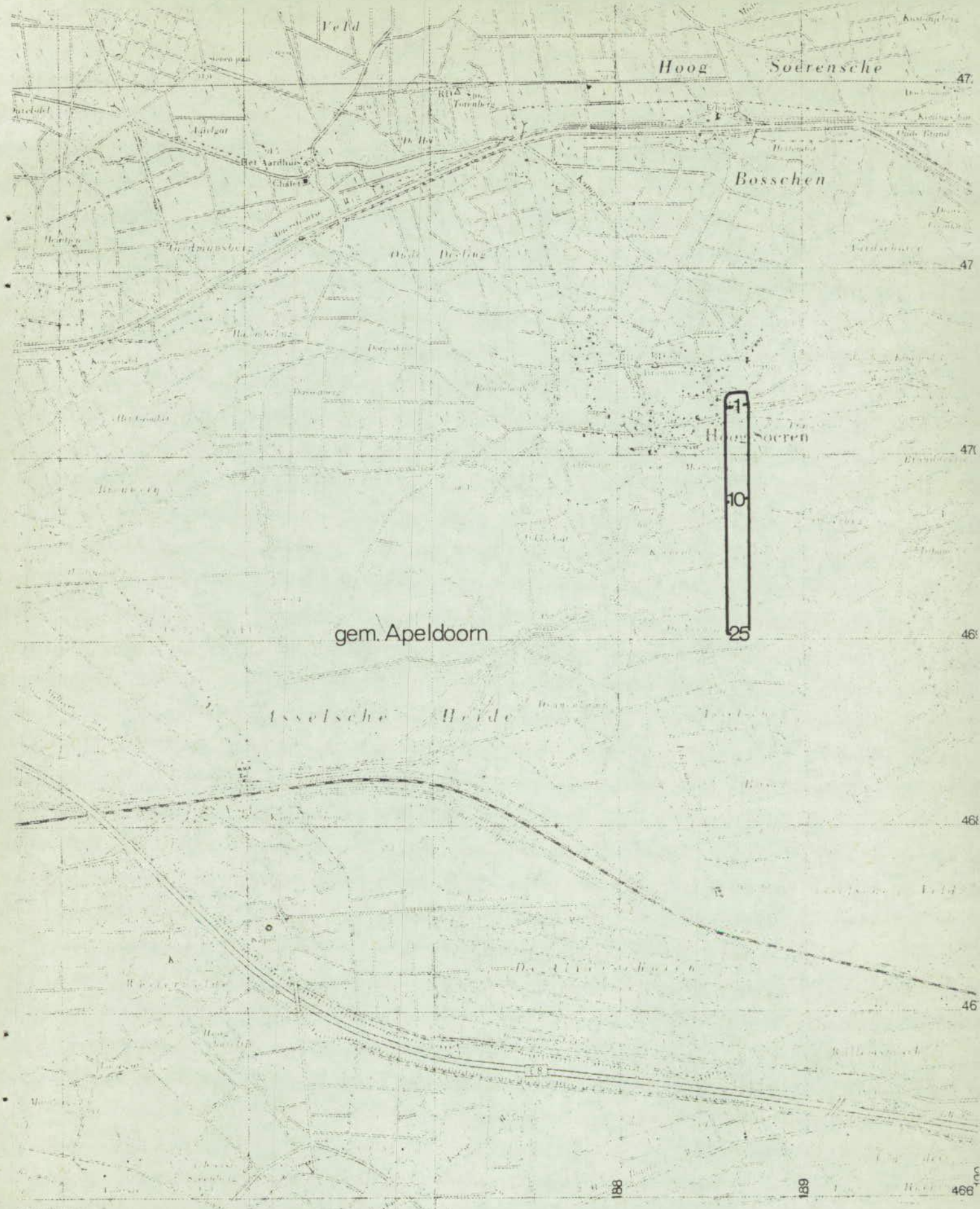
DRINKWATERPOMPSTATION HOENDERLO 20 - 3

CAPACITEIT 1,2 MLN m^3/jaar

GEMEENTE APELDOORN

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE E

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

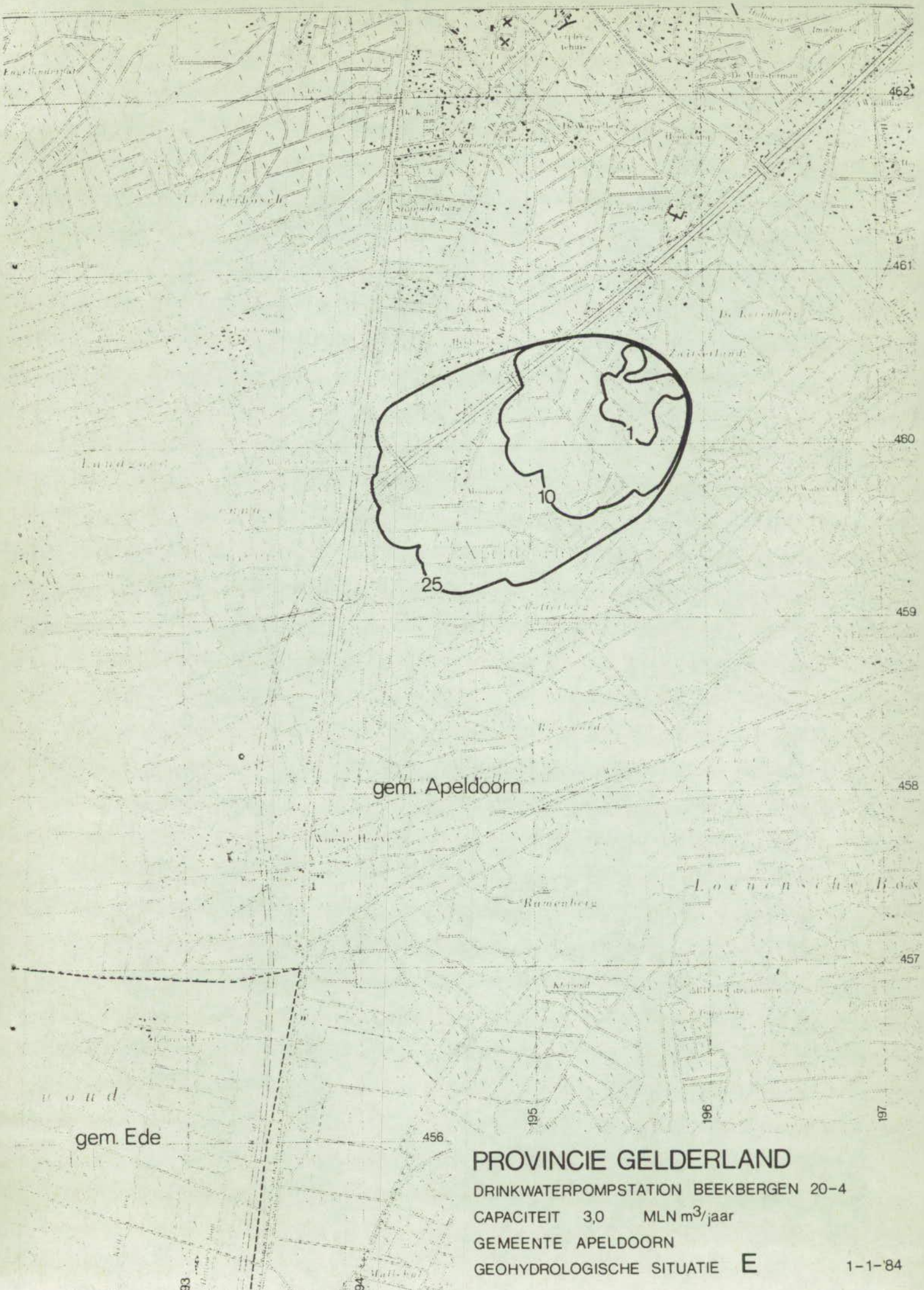
DRINKWATERPOMPSTATION HOOG SOEREN 20-1

CAPACITEIT 0,03 MLN m^3/jaar

GEMEENTE APELDOORN

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE A

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

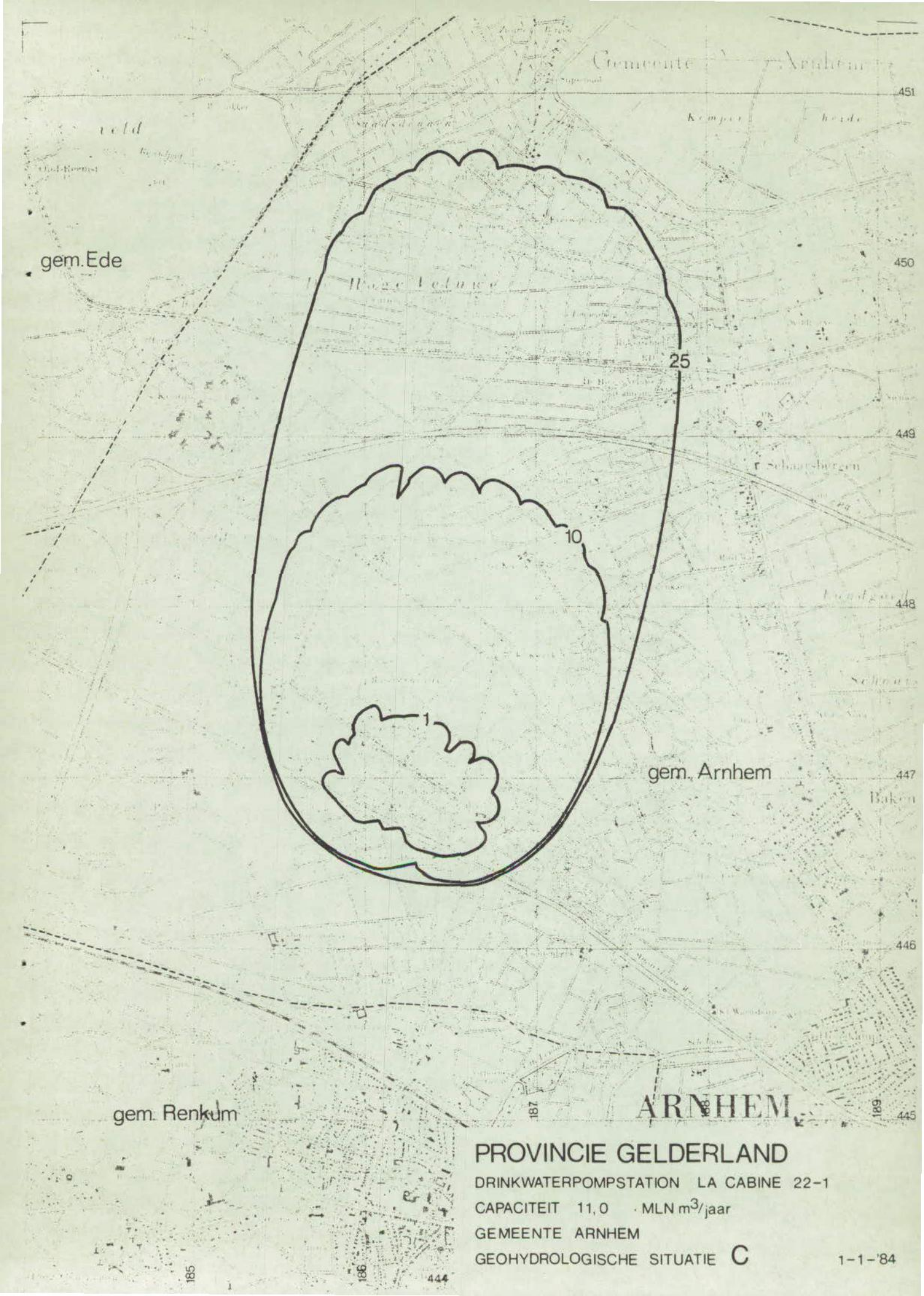
DRINKWATERPOMPSTATION BEEKBERGEN 20-4

CAPACITEIT 3,0 MLN m^3/jaar

GEMEENTE APELDOORN

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE E

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

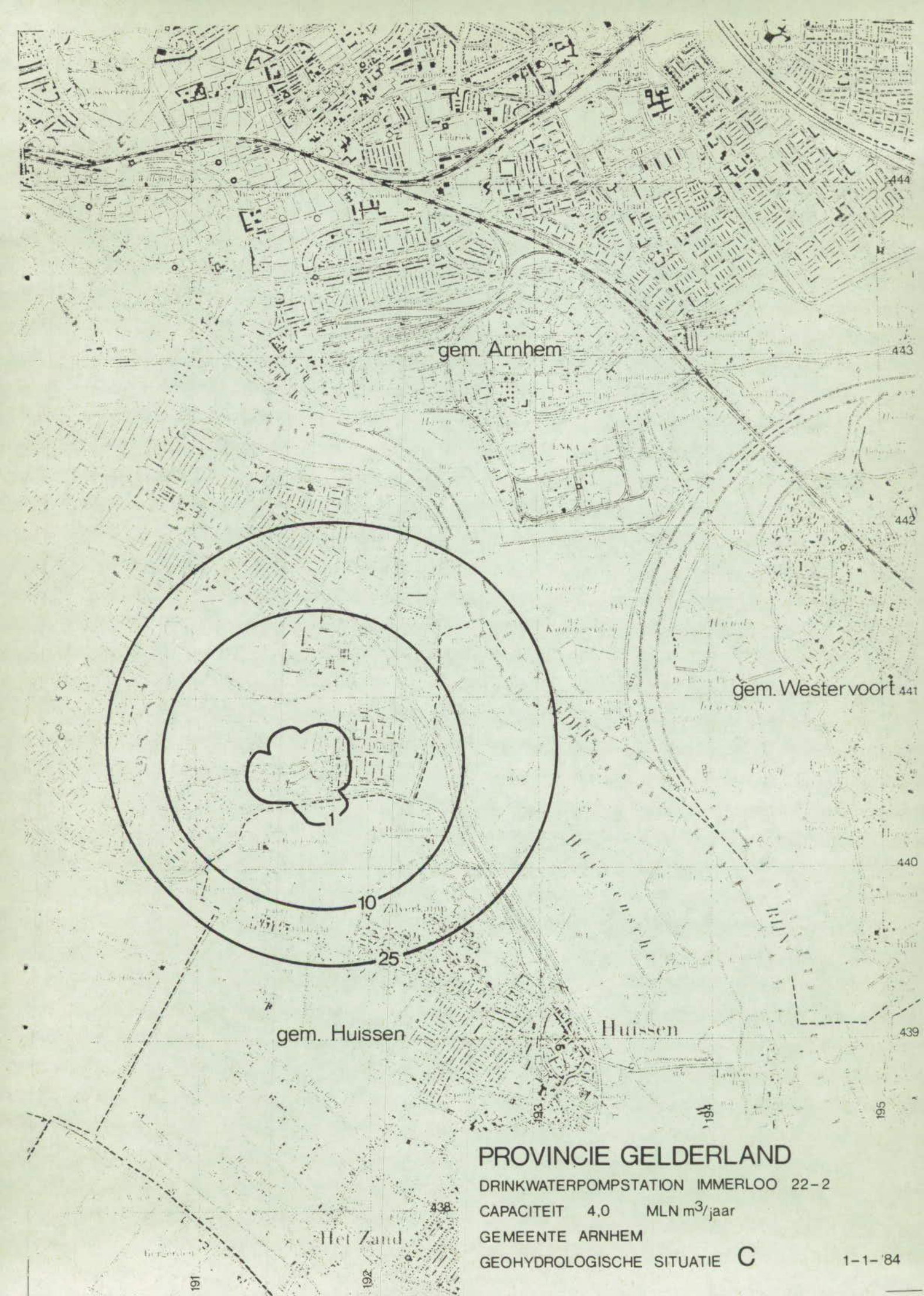
DRINKWATERPOMPSTATION LA CABINE 22-1

CAPACITEIT 11,0 · MLN m^3/jaar

GEMEENTE ARNHEM

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE C

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

DRINKWATERPOMPSTATION IMMERLOO 22-2

CAPACITEIT 4,0 MLN m^3/jaar

GEMEENTE ARNHEM

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE C

1-1-'84

PROVINCIE GELDERLAND

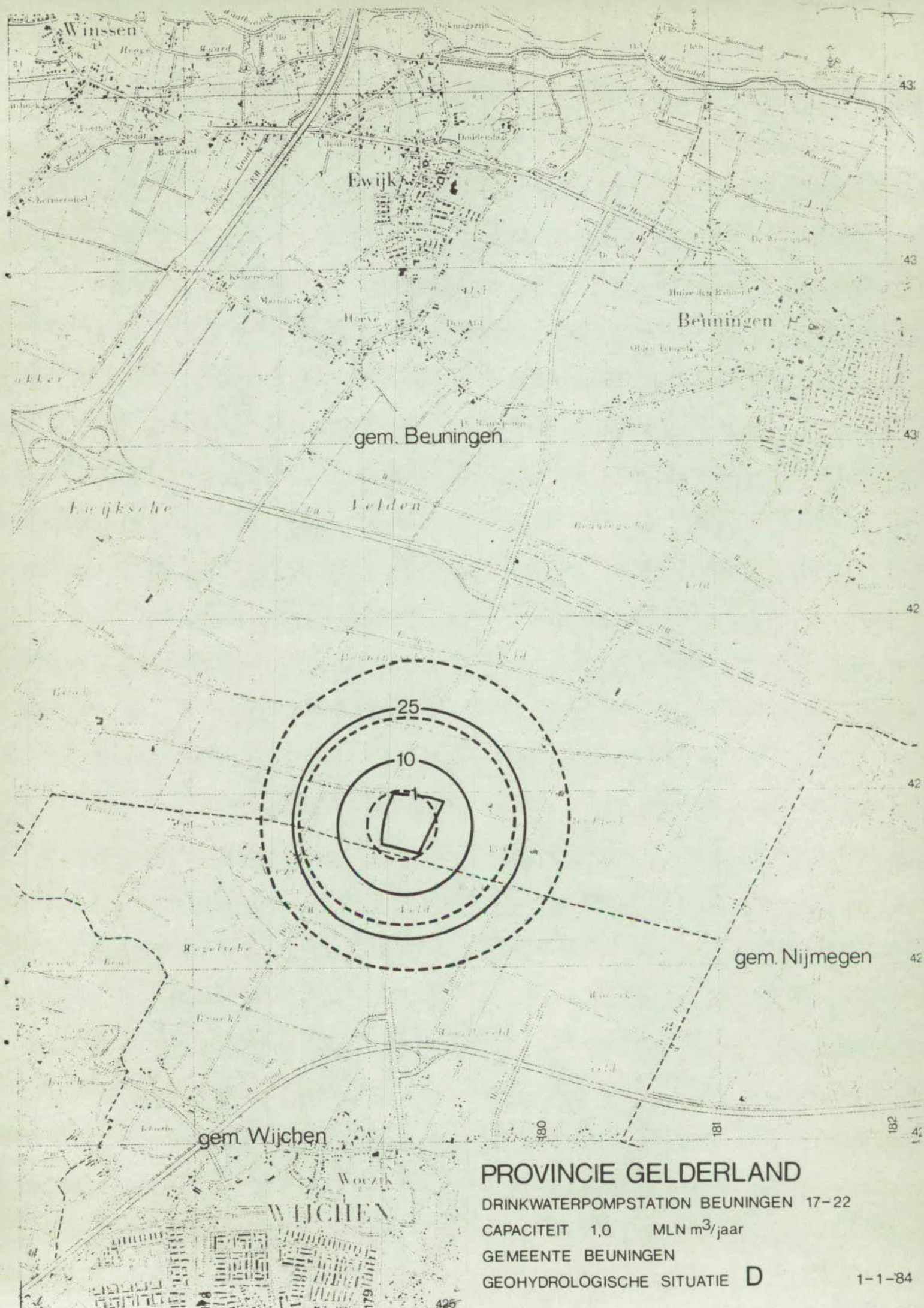
DRINKWATERPOMPSTATION DR. VAN HEEK 15 – 14

CAPACITEIT 3,75 MLN m^3/jaar

GEMEENTE BERGH

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE **A**

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

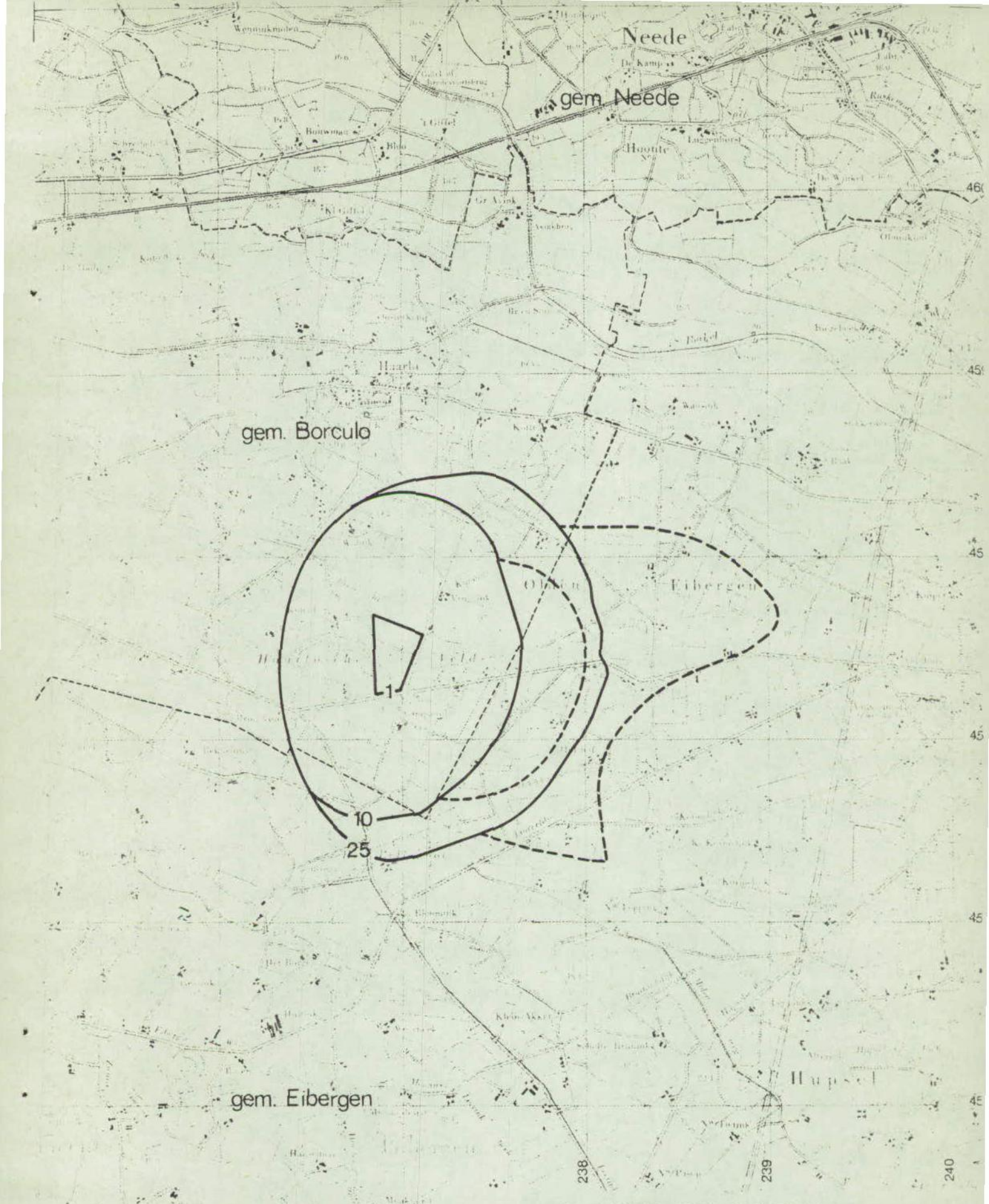
DRINKWATERPOMPSTATION BEUNINGEN 17-22

CAPACITEIT 1,0 MLN m^3/jaar

GEMEENTE BEUNINGEN

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE D

1-1-'84



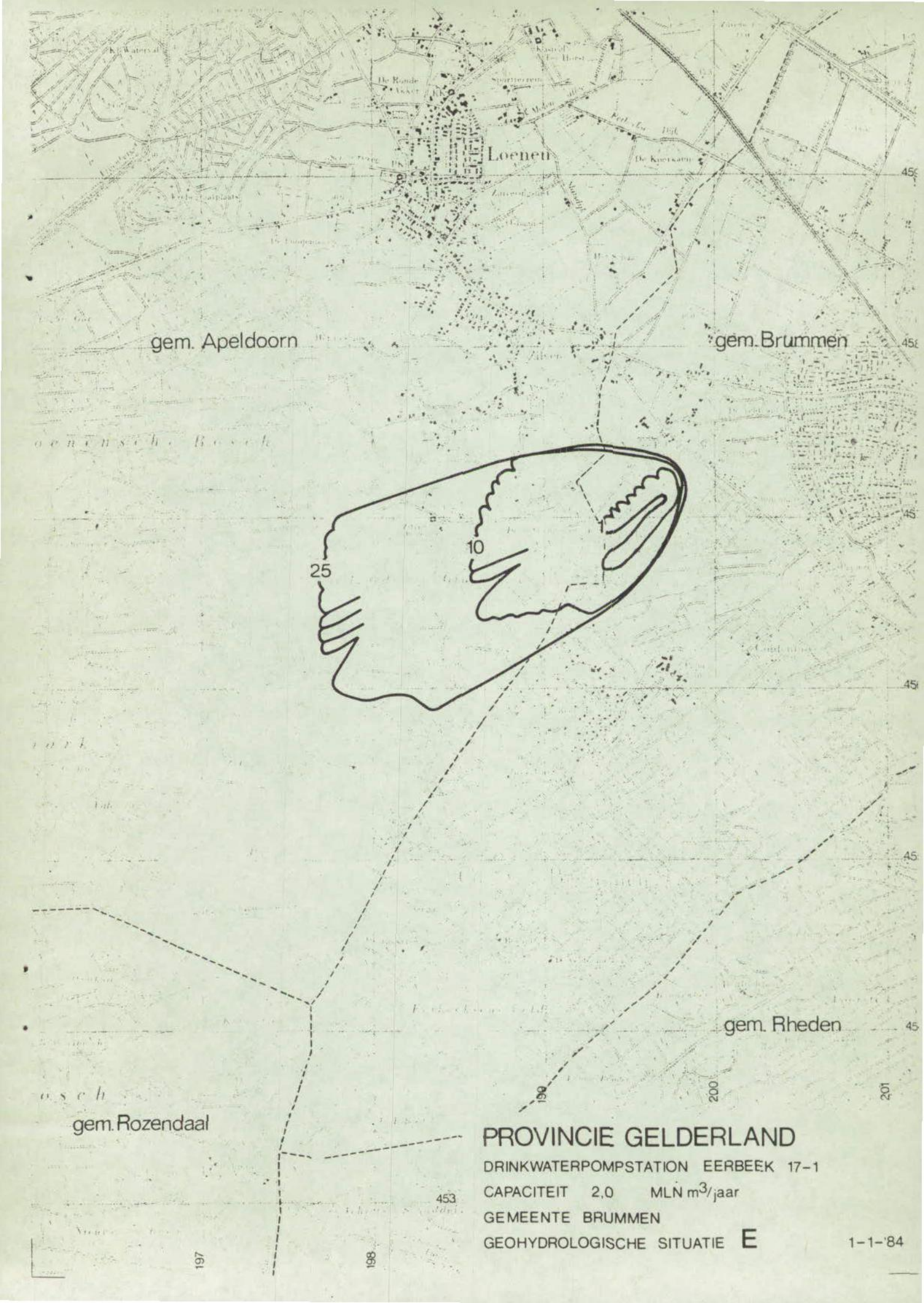
PROVINCIE GELDERLAND

DRINKWATERPOMPSTATION HAARLO 15 – 4

CAPACITEIT 1,6 MLN m^3/jaar

GEMEENTE BORCULO

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE **D (en A)** 1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

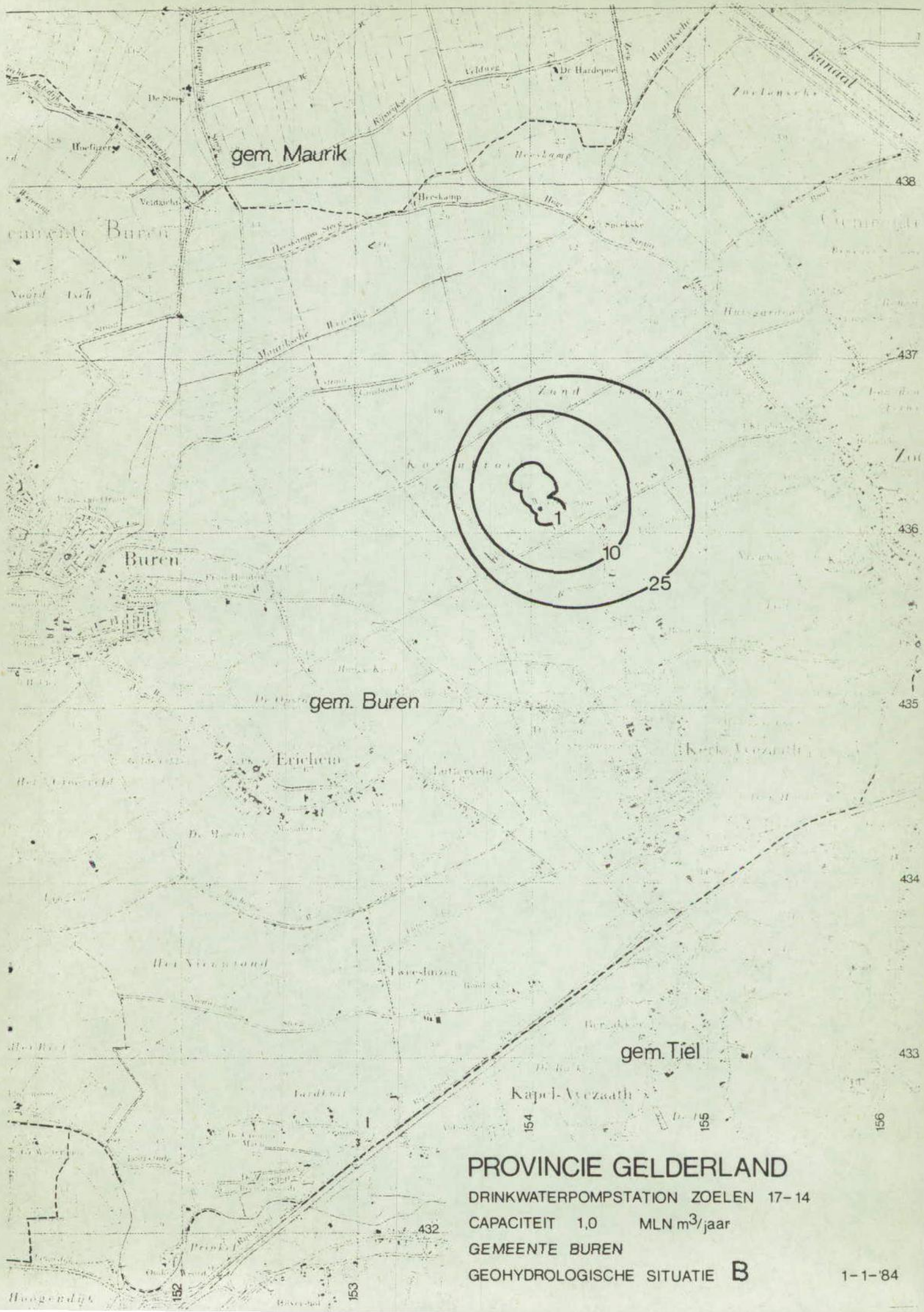
DRINKWATERPOMPSTATION EERBEEK 17-1

CAPACITEIT 2,0 MLN m^3/jaar

GEMEENTE BRUMMEN

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE **E**

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

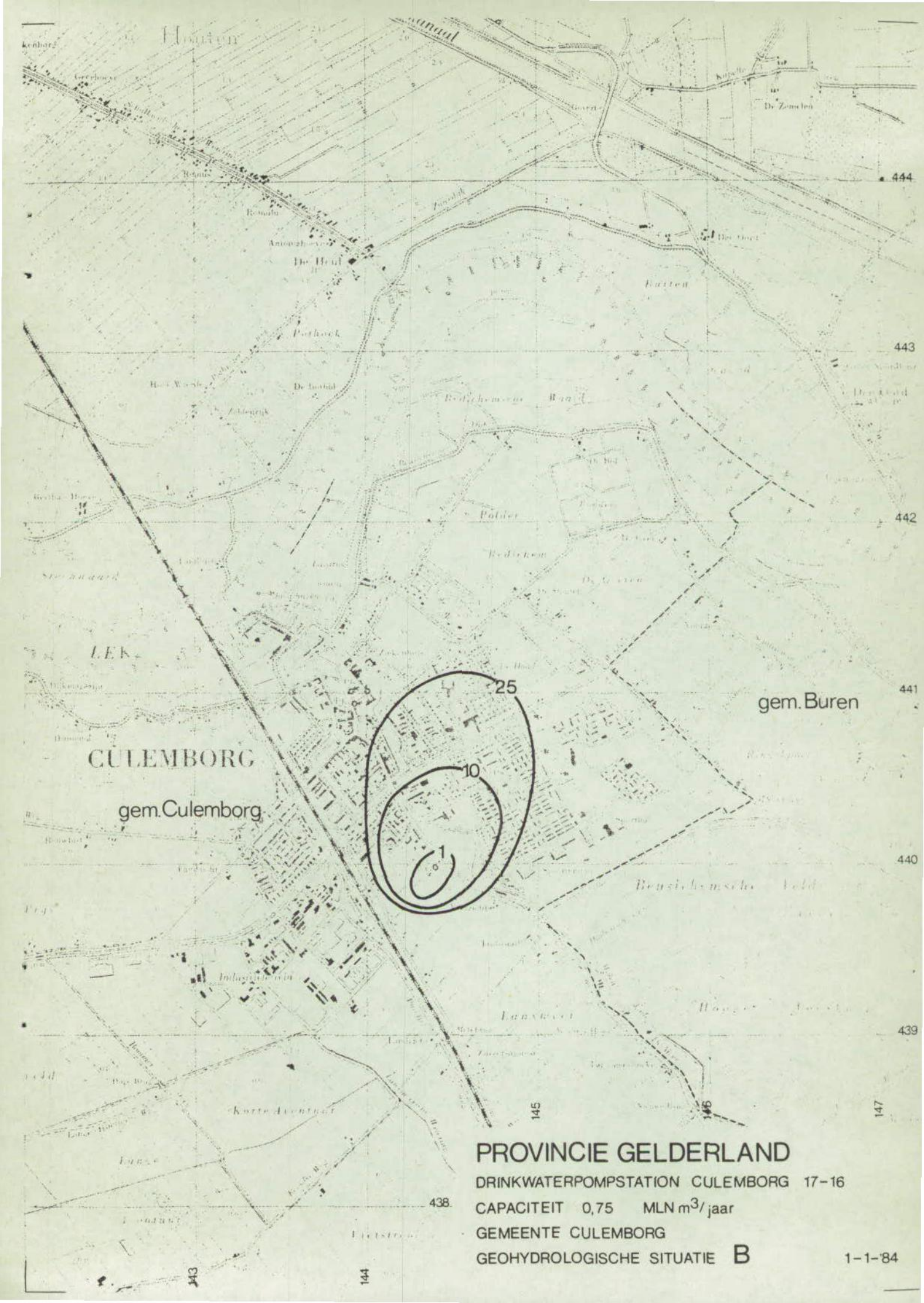
DRINKWATERPOMPSTATION ZOELEN 17-14

CAPACITEIT 1,0 MLN m^3/jaar

GEMEENTE BUREN

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE **B**

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

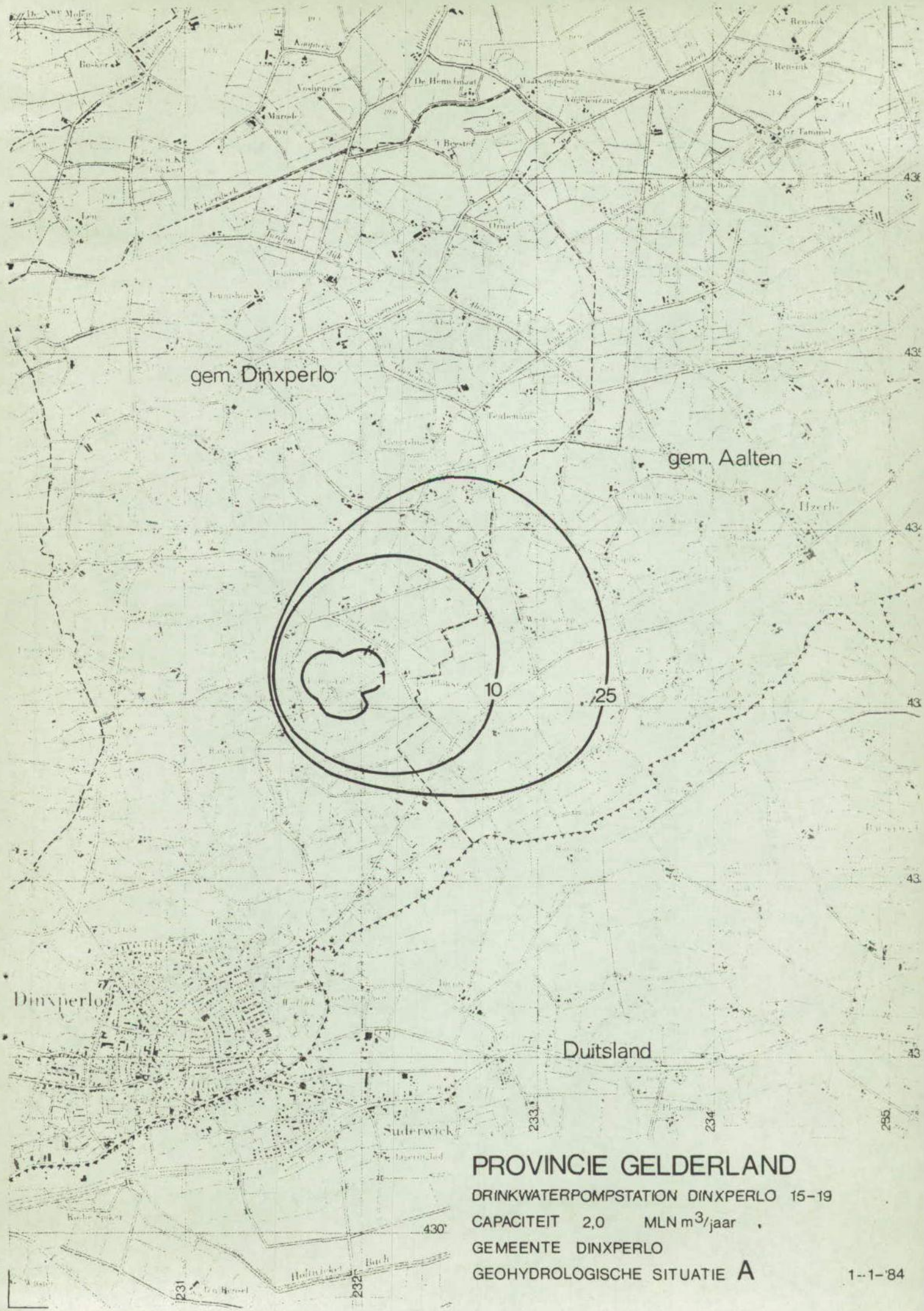
DRINKWATERPOMPSTATION CULEMBORG 17-16

CAPACITEIT 0,75 MLN m^3/jaar

GEMEENTE CULEMBORG

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE **B**

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

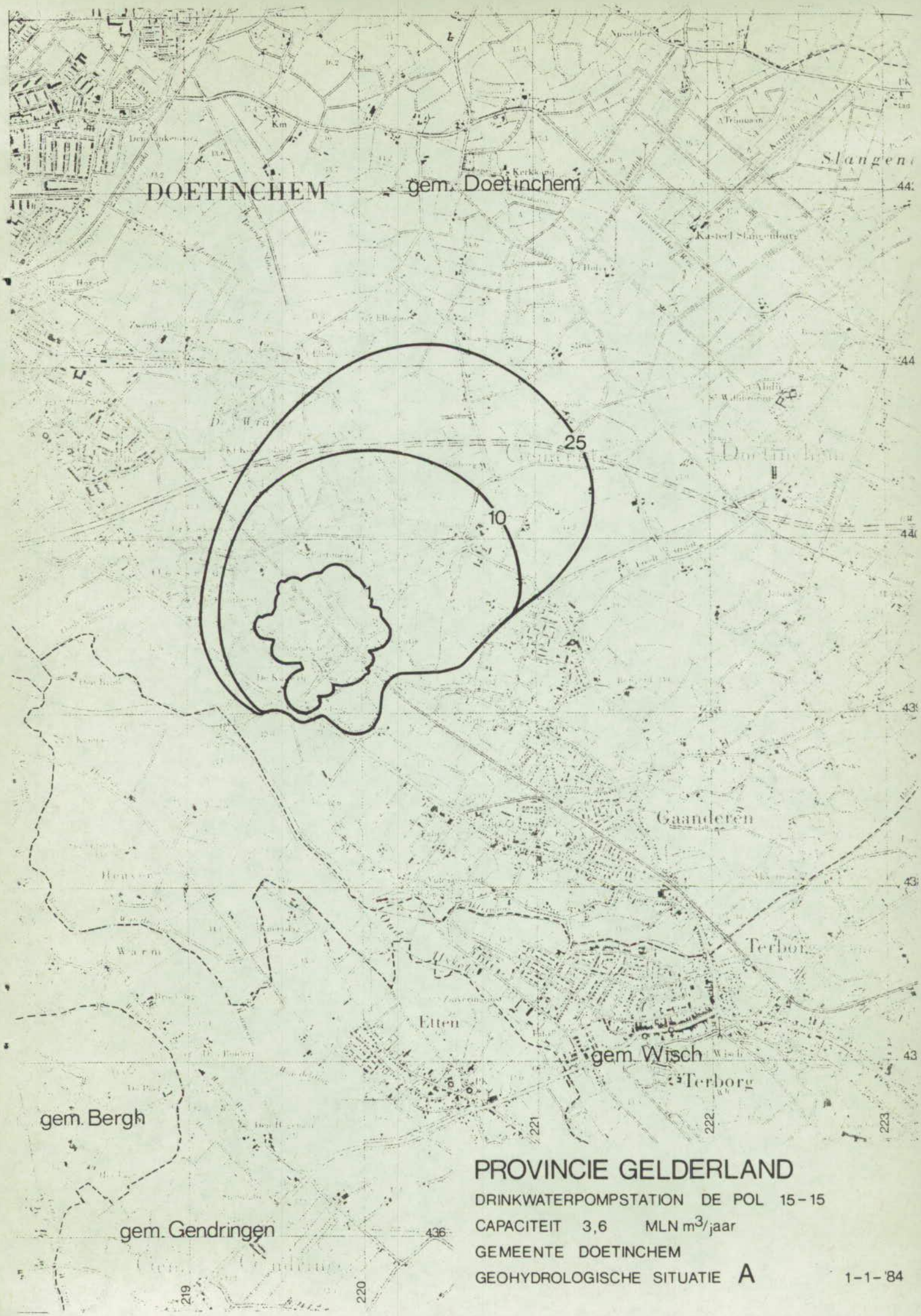
DRINKWATERPOMPSTATION DINXPERLO 15-19

CAPACITEIT 2,0 MLN m^3/jaar

GEMEENTE DINXPERLO

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE **A**

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

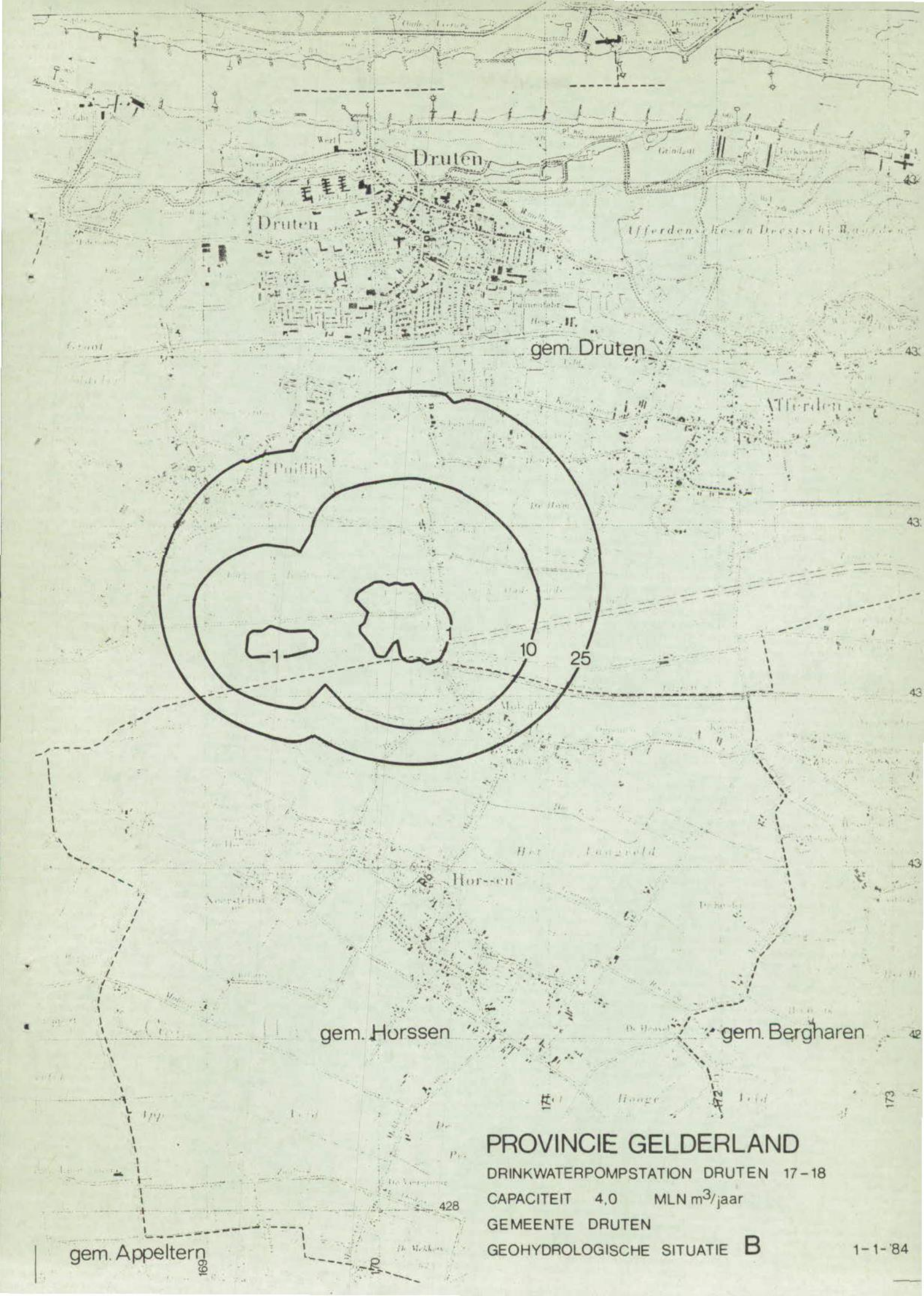
DRINKWATERPOMPSTATION DE POL 15-15

CAPACITEIT 3,6 MLN m^3/jaar

GEMEENTE DOETINCHEM

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE A

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

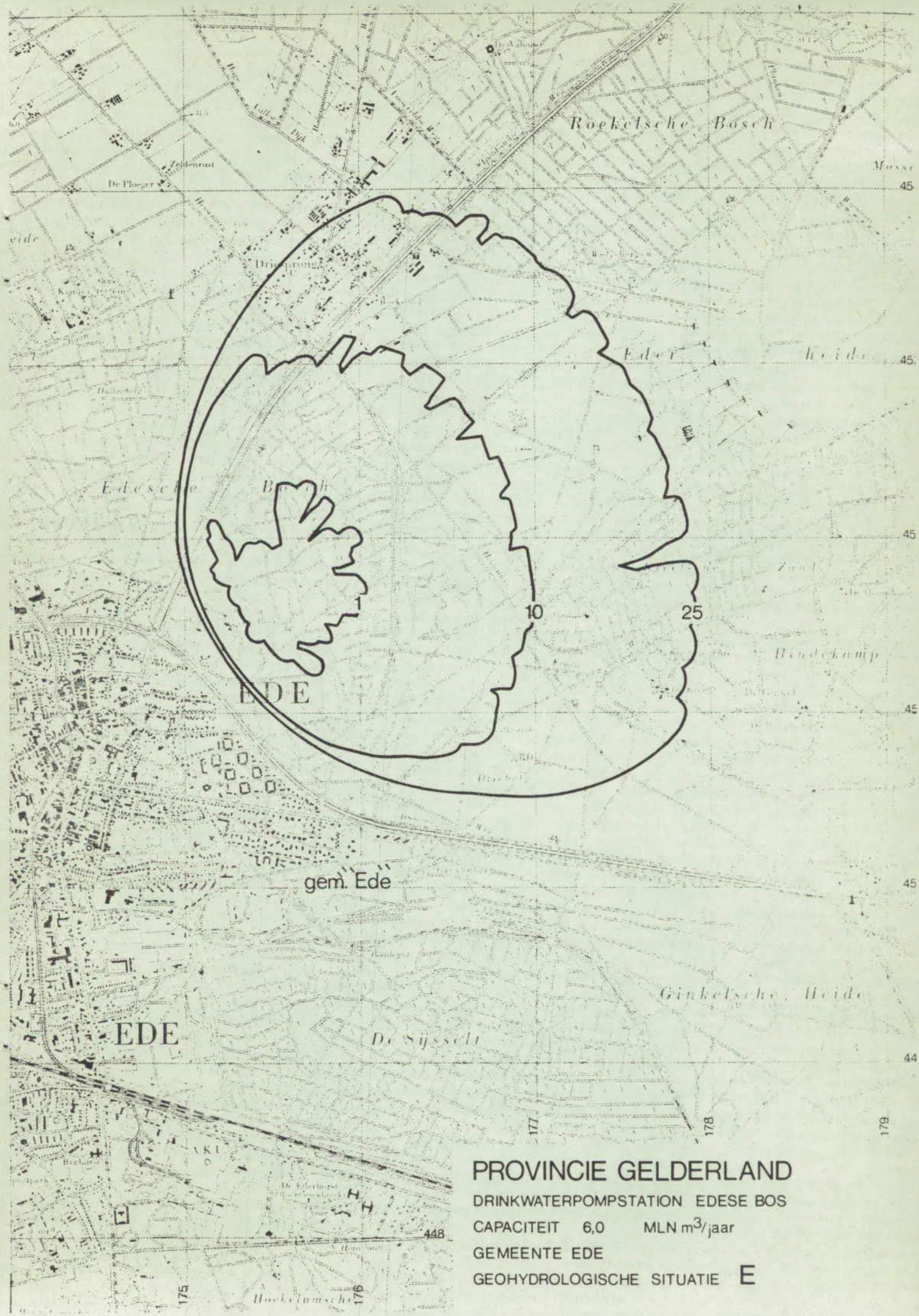
DRINKWATERPOMPSTATION DRUTEN 17-18

CAPACITEIT 4,0 MLN m^3/jaar

GEMEENTE DRUTEN

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE B

1-1-'84



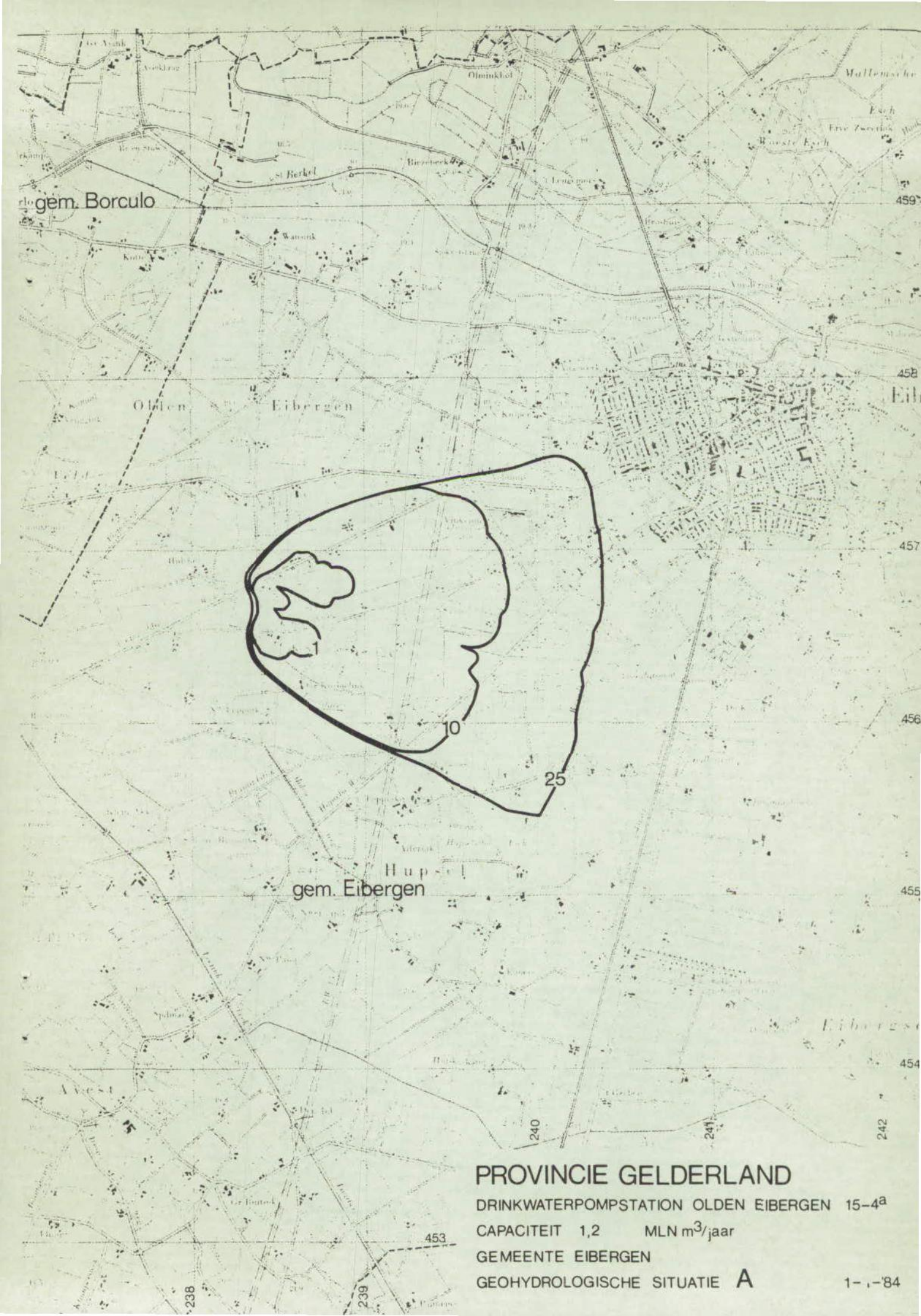
PROVINCIE GELDERLAND

DRINKWATERPOMPSTATION EDESE BOS

CAPACITEIT 6,0 MLN m^3/jaar

GEMEENTE EDE

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE E



PROVINCIE GELDERLAND

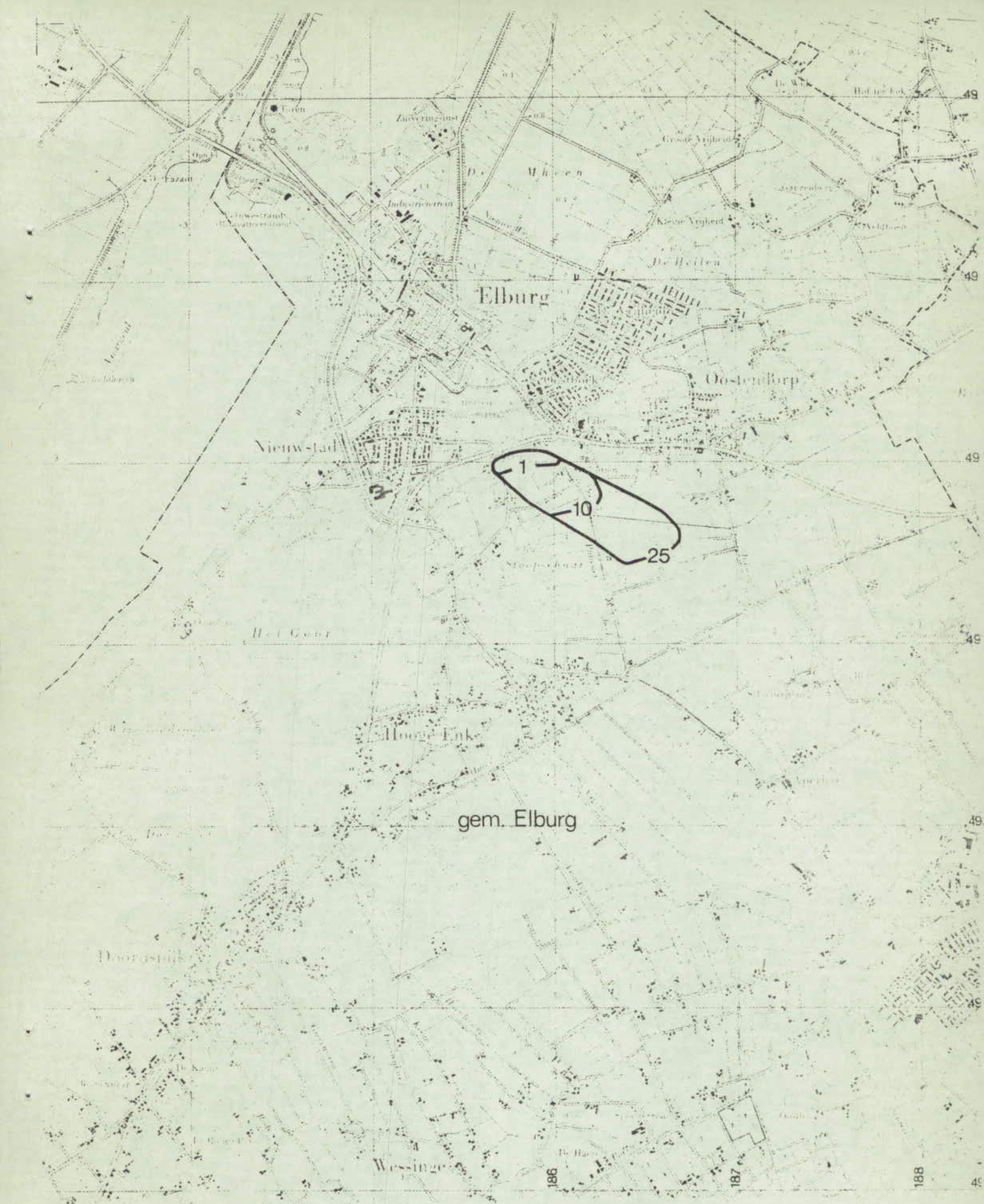
DRINKWATERPOMPSTATION OLDEN EIBERGEN 15-4[a]

CAPACITEIT 1,2 MLN m^3/jaar

GEMEENTE EIBERGEN

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE A

1-,-'84



PROVINCIE GELDERLAND

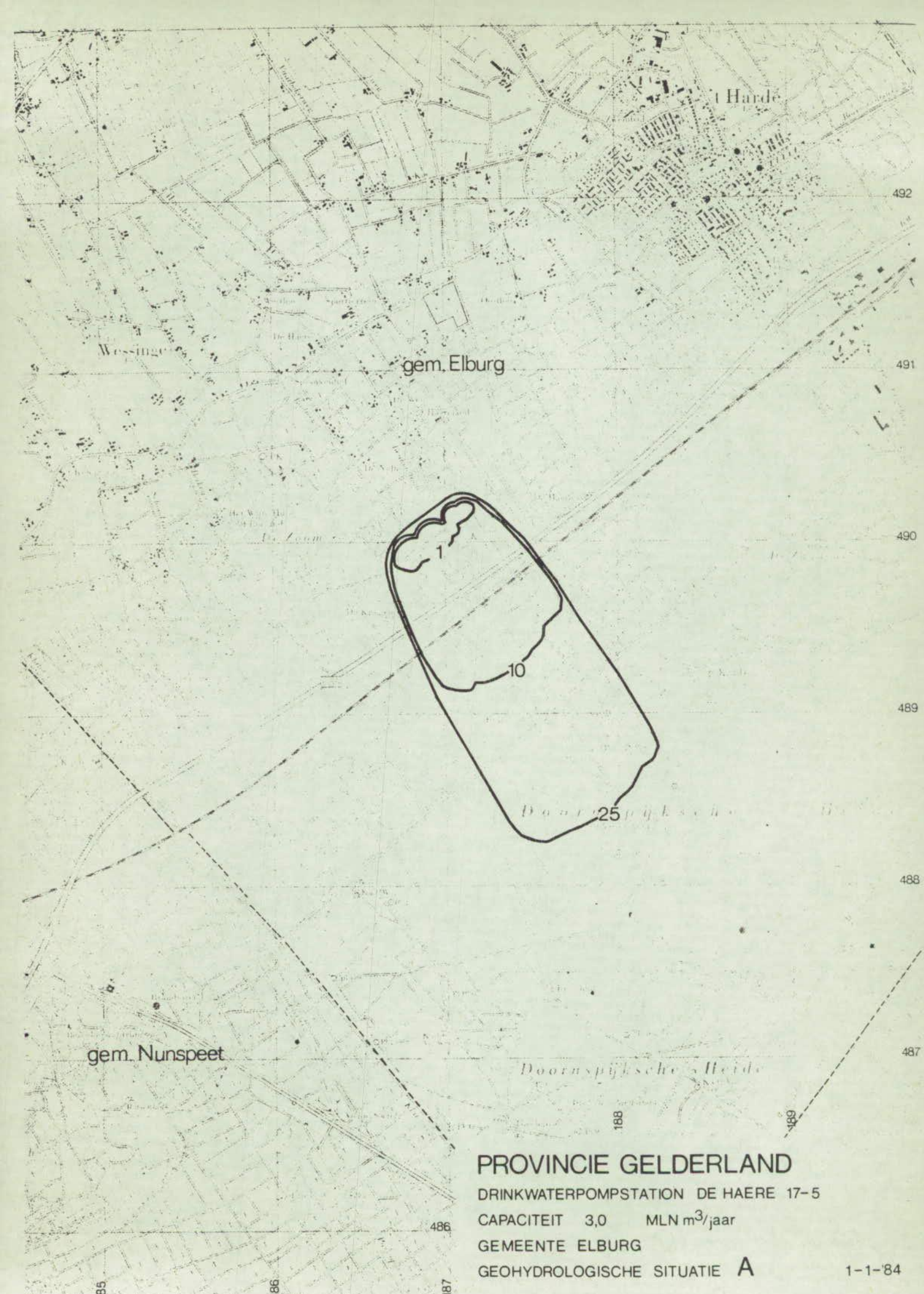
DRINKWATERPOMPSTATION ELBURG 17-4

CAPACITEIT 0,4 MLN m^3/jaar

GEMEENTE ELBURG

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE A

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

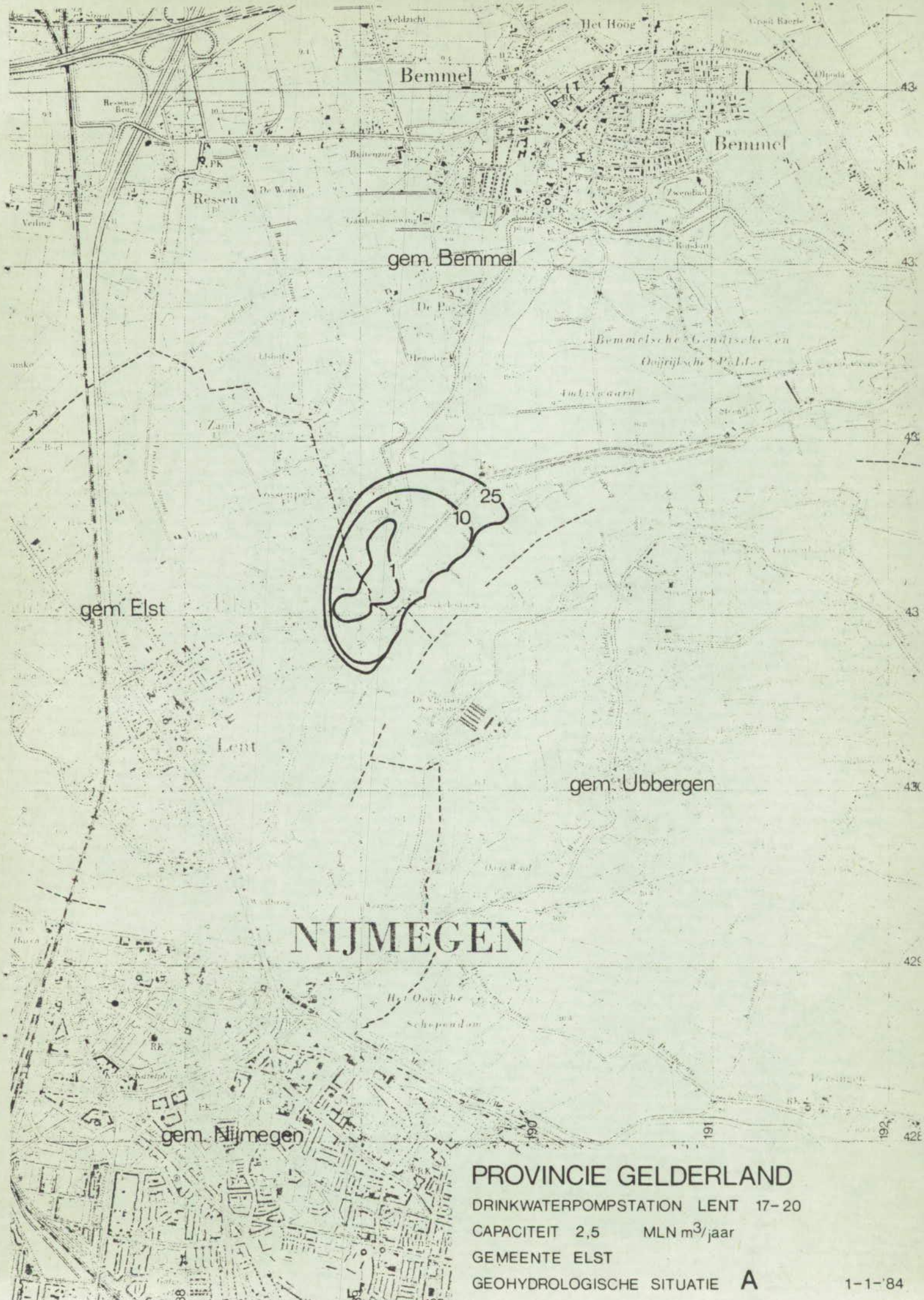
DRINKWATERPOMPSTATION DE HAERE 17-5

CAPACITEIT 3,0 MLN m^3/jaar

GEMEENTE ELBURG

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE A

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

DRINKWATERPOMPSTATION LENT 17-20

CAPACITEIT 2,5 MLN m^3/jaar

GEMEENTE ELST

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE **A**

1-1-'84

PROVINCIE GELDERLAND

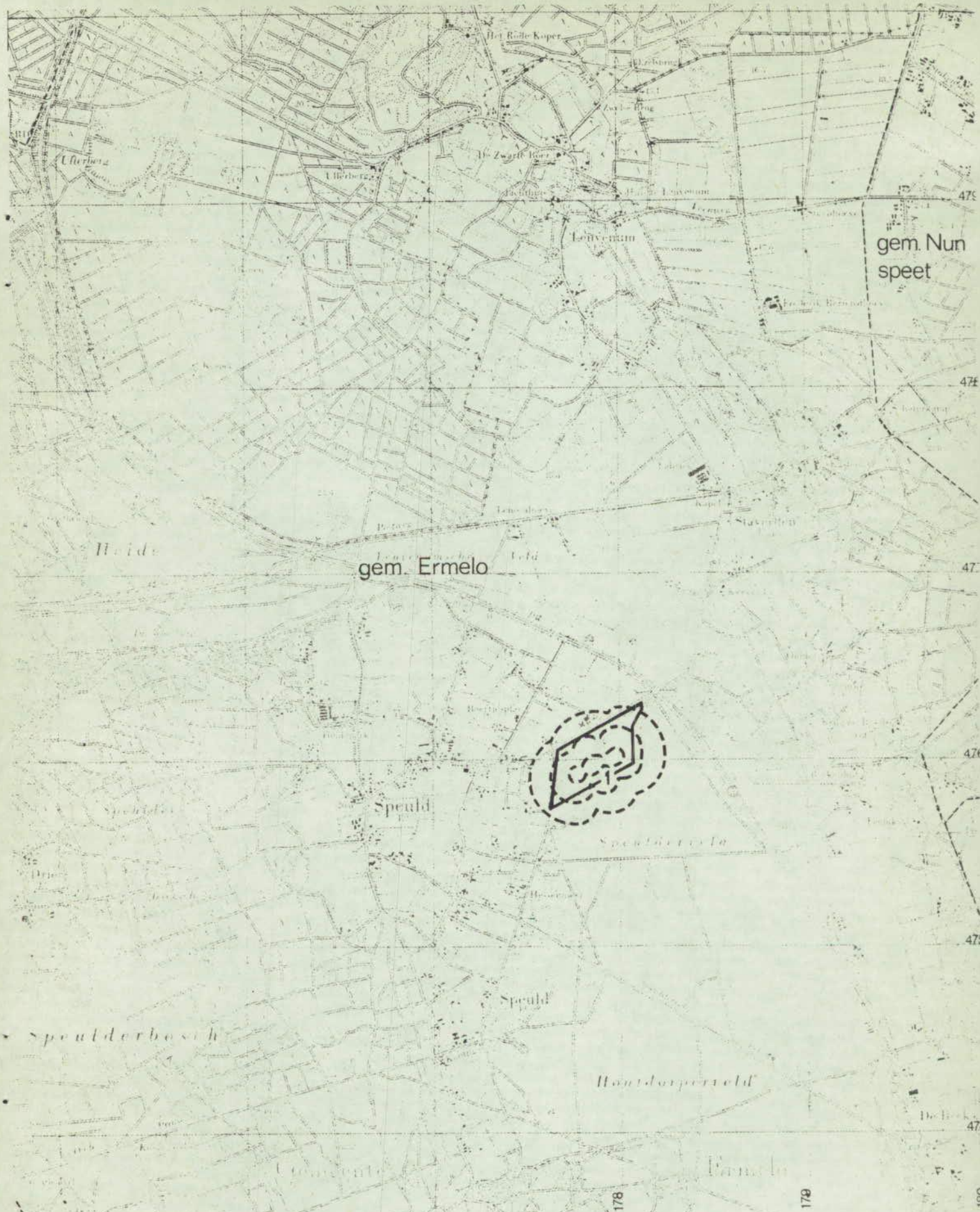
DRINKWATERPOMPSTATION EPE 17-3

CAPACITEIT 6,0 MLN m^3/jaar

GEMEENTE EPE

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE A

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

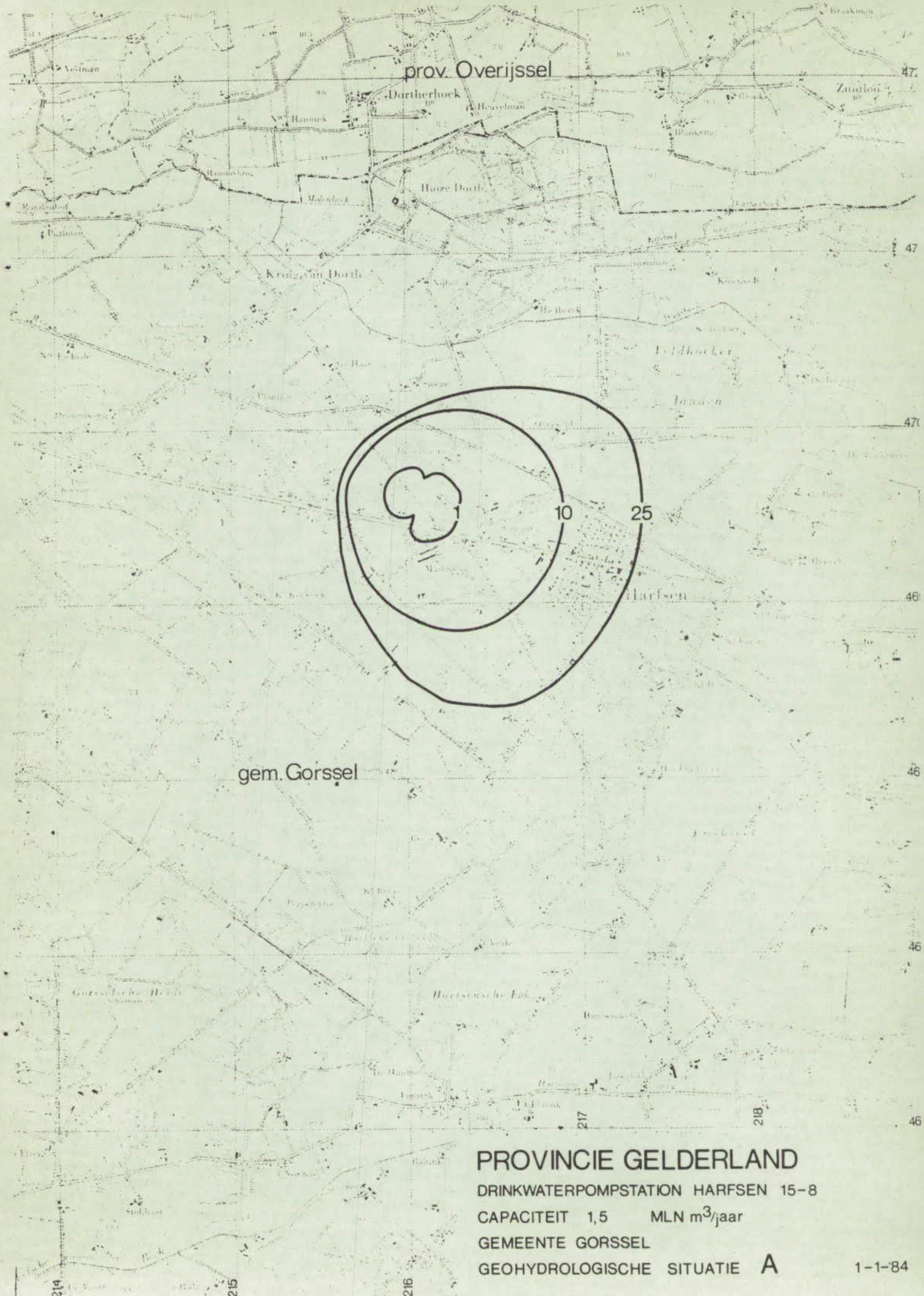
DRINKWATERPOMPSTATION SPEULD 17-7

CAPACITEIT 0,5 MLN m^3/jaar

GEMEENTE ERMELO

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE D

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

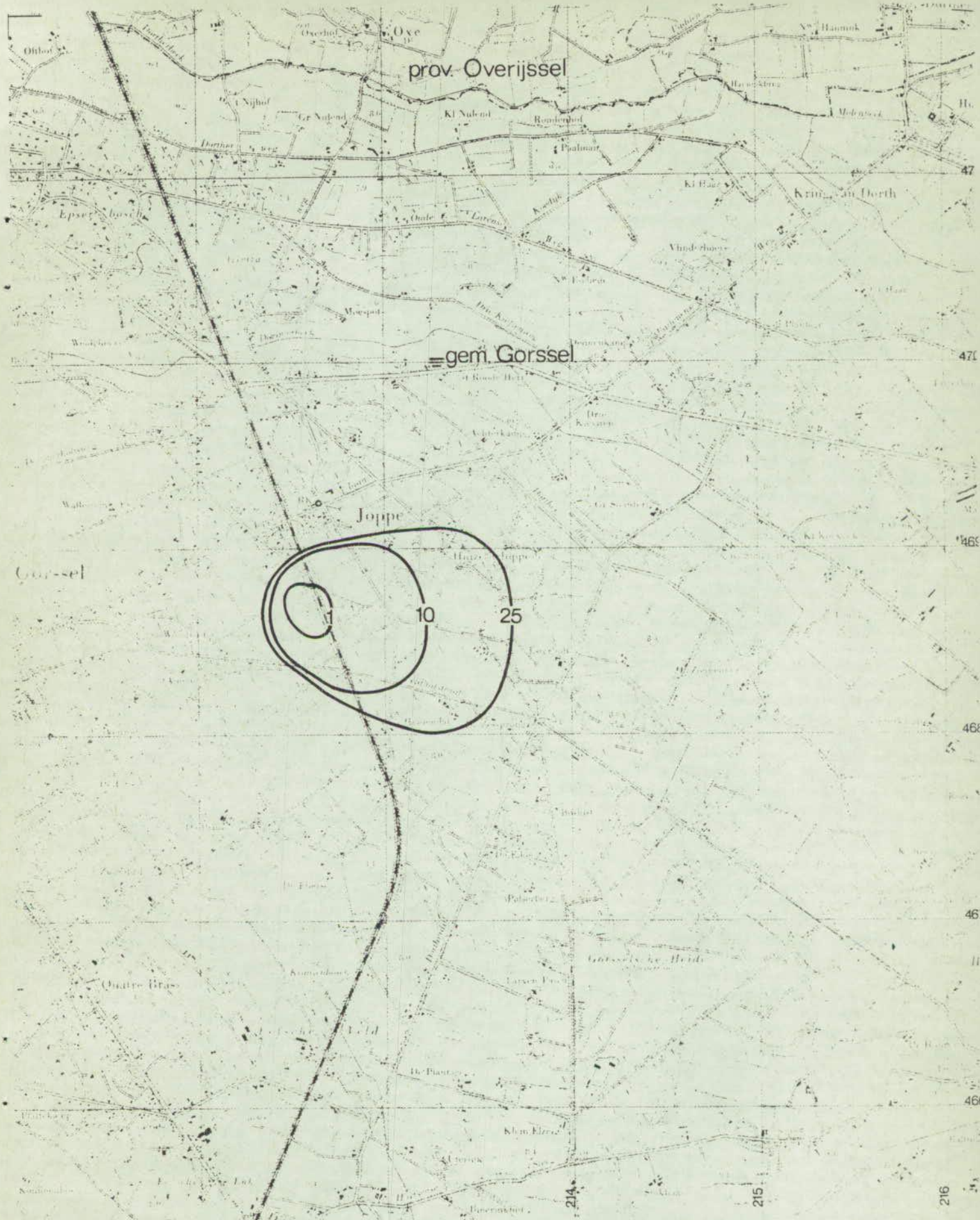
DRINKWATERPOMPSTATION HARFSEN 15-8

CAPACITEIT 1,5 MLN m^3/jaar

GEMEENTE GORSSEL

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE A

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

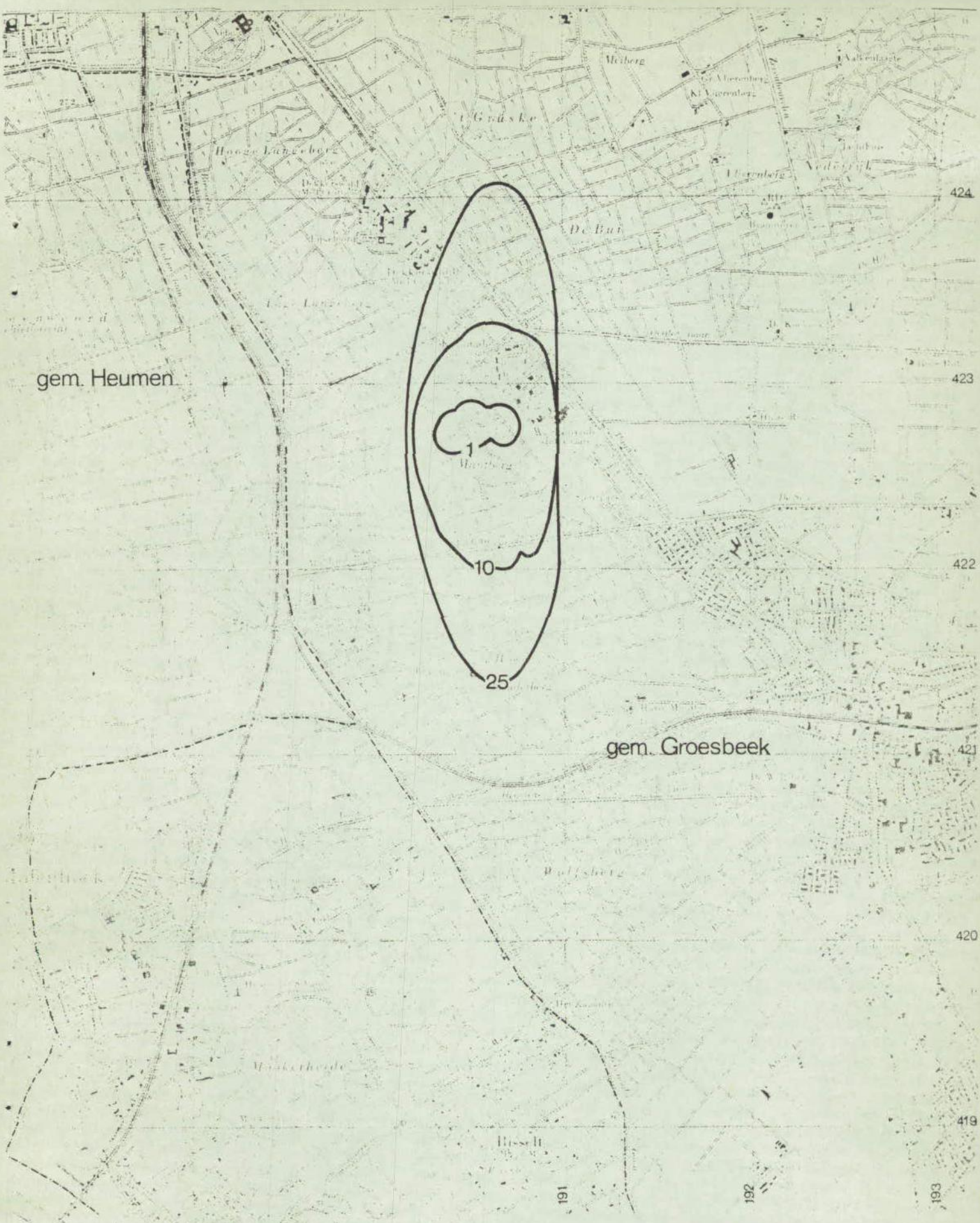
DRINKWATERPOMPSTATION WOGBOS 15-9

CAPACITEIT 0,75 MLN m^3/jaar

GEMEENTE GORSSEL

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE **A**

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

DRINKWATERPOMPSTATION MUNTBERG 17-21

CAPACITEIT 1,0 MLN m^3/jaar

GEMEENTE GROESBEEK

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE A

1-1-'84

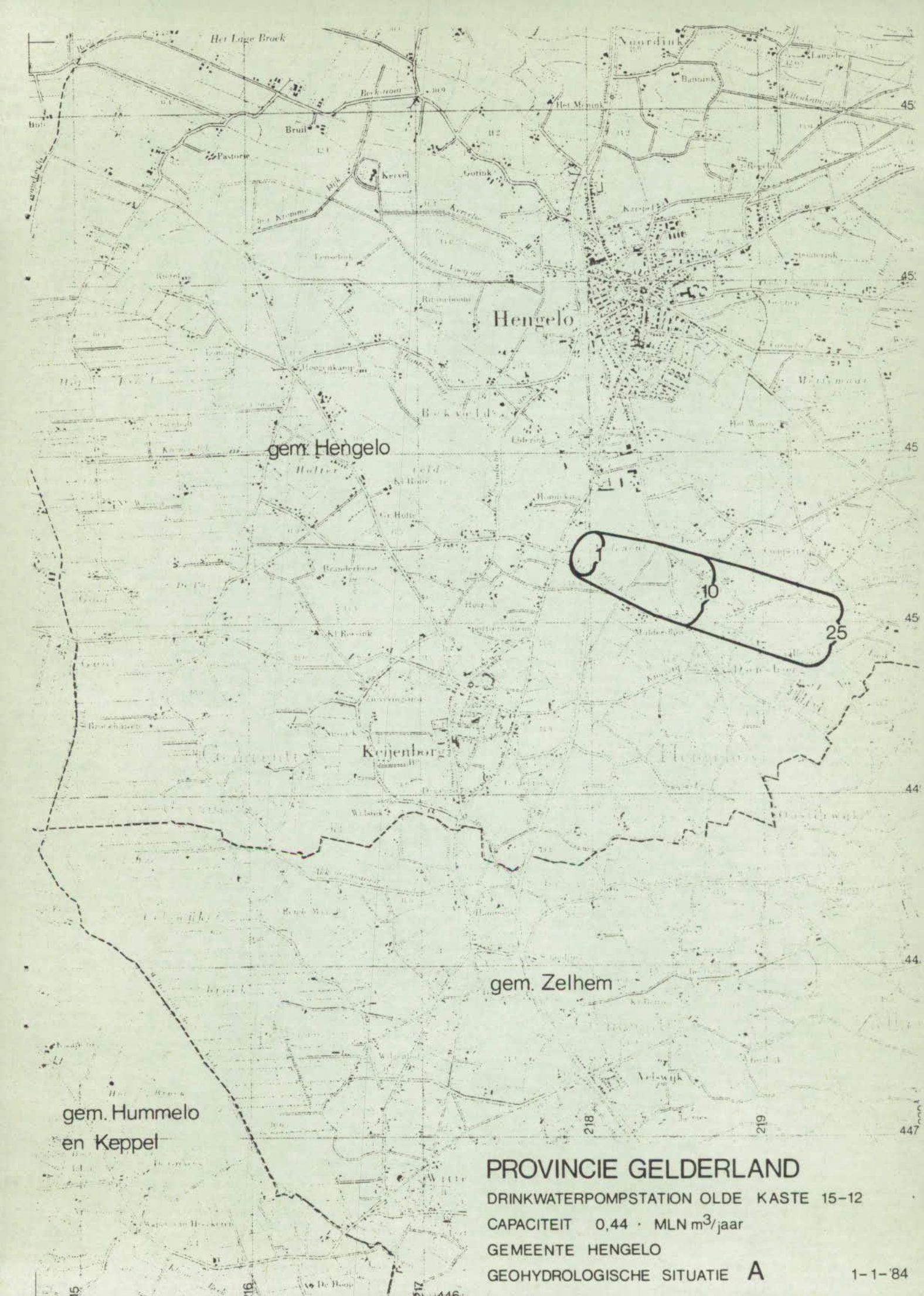
PROVINCIE GELDERLAND

DRINKWATERPOMPSTATION HARDERWIJK 17-6

CAPACITEIT 4,0 MLN m^3/jaar

GEMEENTE HARDERWIJK

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE **A** 1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

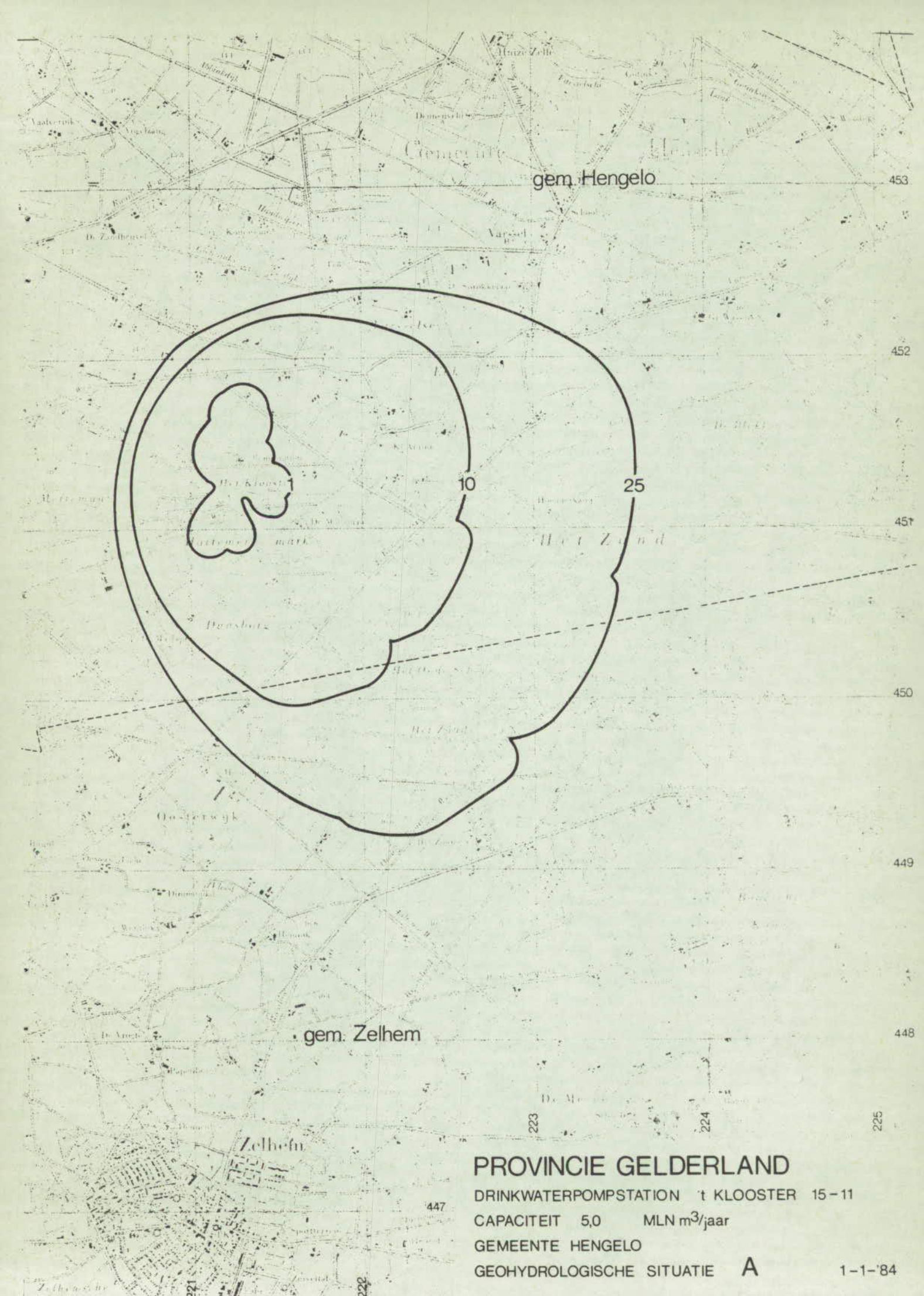
DRINKWATERPOMPSTATION OLDE KASTE 15-12

CAPACITEIT 0,44 · MLN m^3/jaar

GEMEENTE HENGELO

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE A

1-1-'84



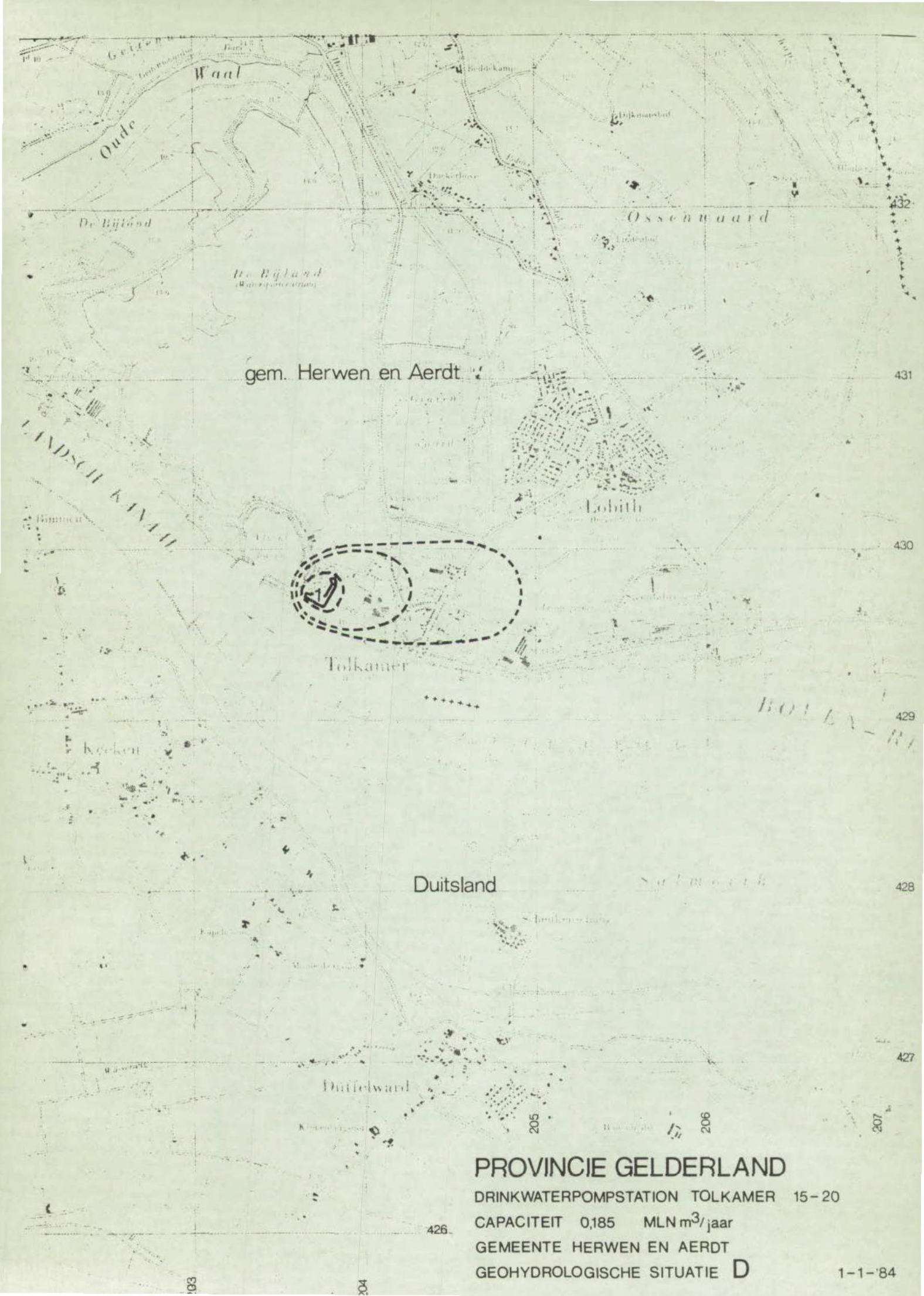
PROVINCIE GELDERLAND

DRINKWATERPOMPSTATION 't KLOOSTER 15 – 11

CAPACITEIT 5,0 MLN m^3/jaar

GEMEENTE HENGELO

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE A 1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

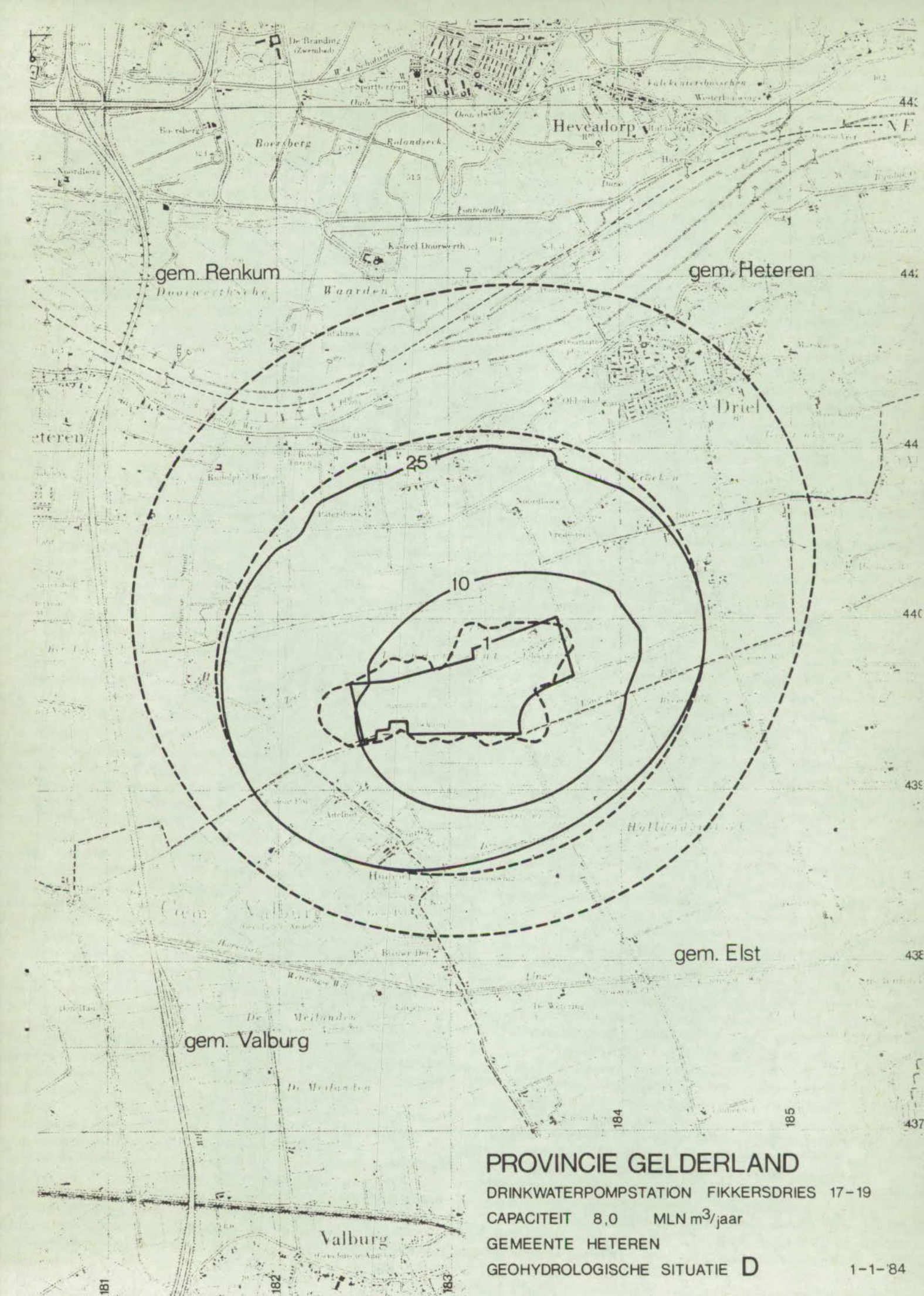
DRINKWATERPOMPSTATION TOLKAMER 15-20

CAPACITEIT 0,185 MLN m^3/jaar

GEMEENTE HERWEN EN AERDT

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE D

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

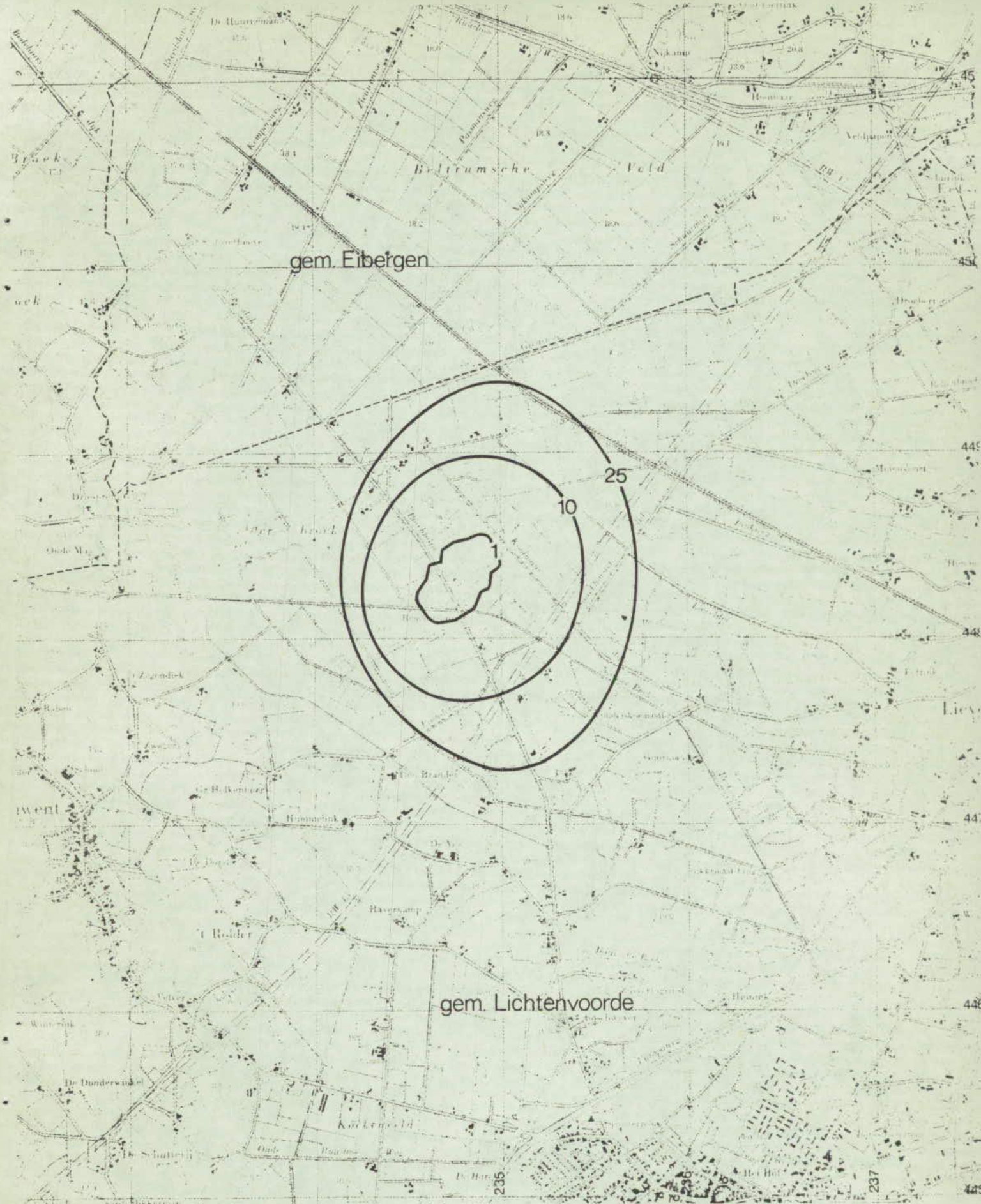
DRINKWATERPOMPSTATION FIKKERSDRIES 17-19

CAPACITEIT 8,0 MLN m^3/jaar

GEMEENTE HETEREN

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE **D**

1-1-'84



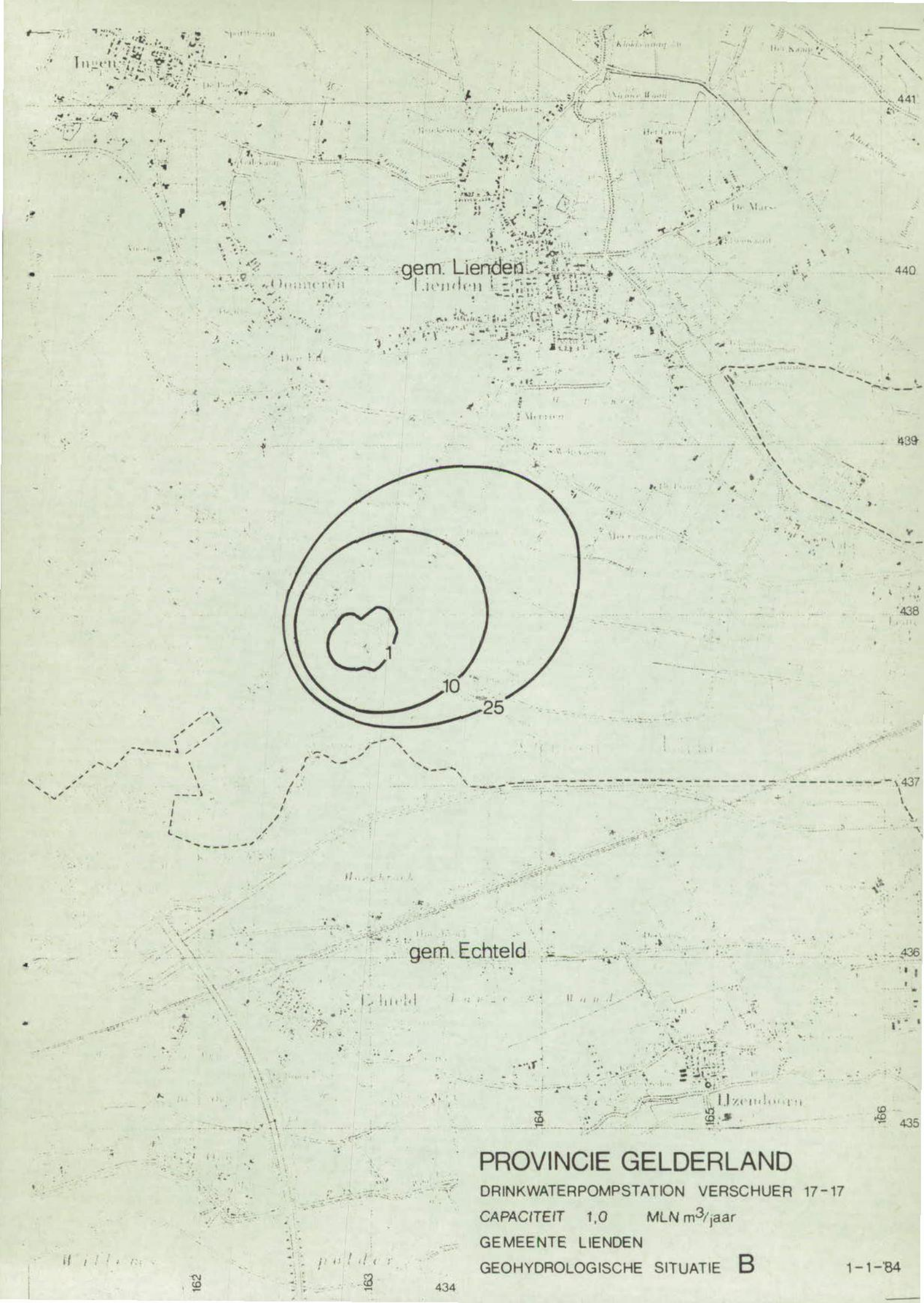
PROVINCIE GELDERLAND

DRINKWATERPOMPSTATION LICHTENVOORDE 15-17

CAPACITEIT 1,5 MLN m^3/jaar

GEMEENTE LICHTENVOORDE

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE A 1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

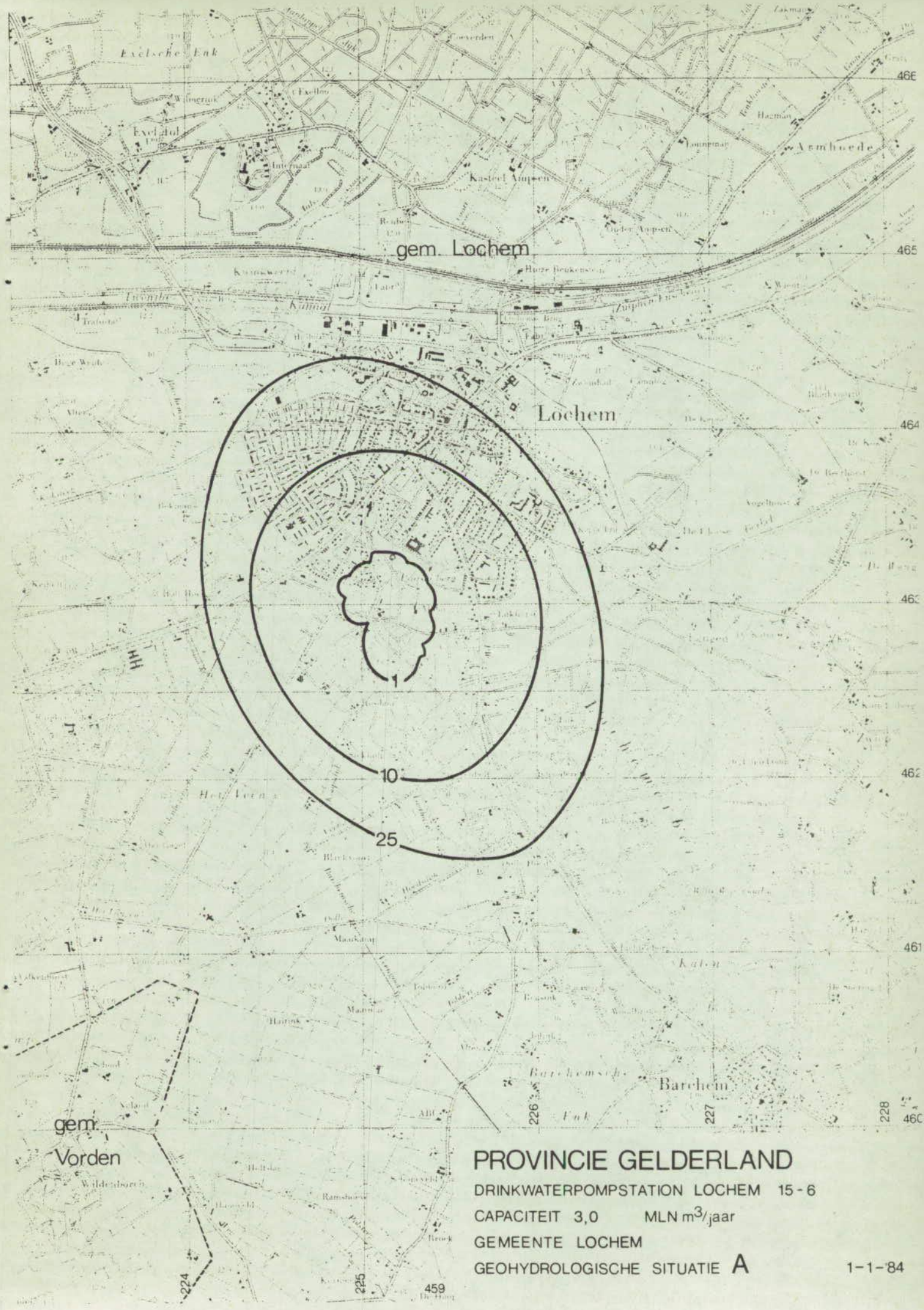
DRINKWATERPOMPSTATION VERSCHUER 17-17

CAPACITEIT 1,0 MLN m^3/jaar

GEMEENTE LIENDEN

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE **B**

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

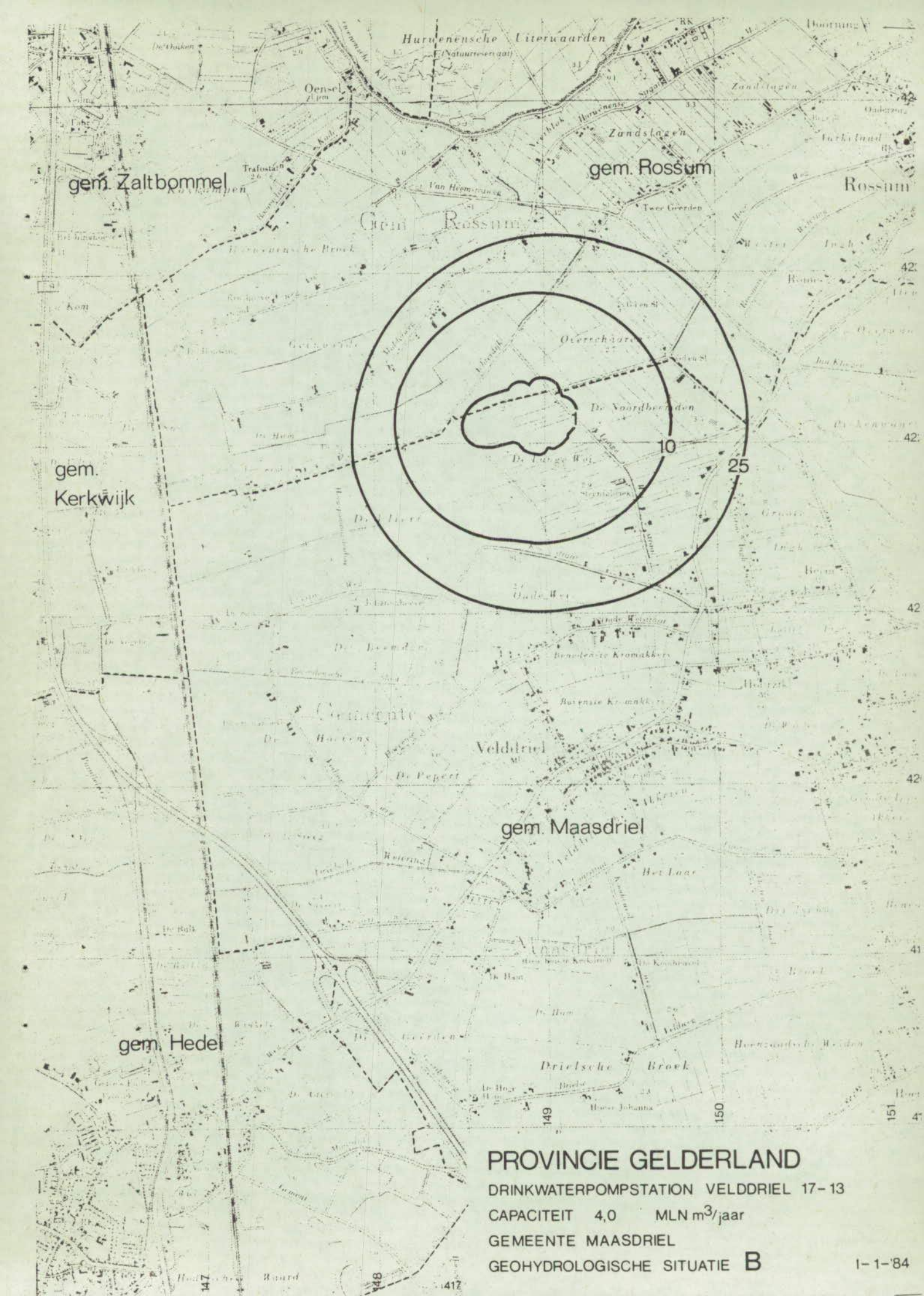
DRINKWATERPOMPSTATION LOCHEM 15 - 6

CAPACITEIT 3,0 MLN m^3/jaar

GEMEENTE LOCHEM

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE A

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

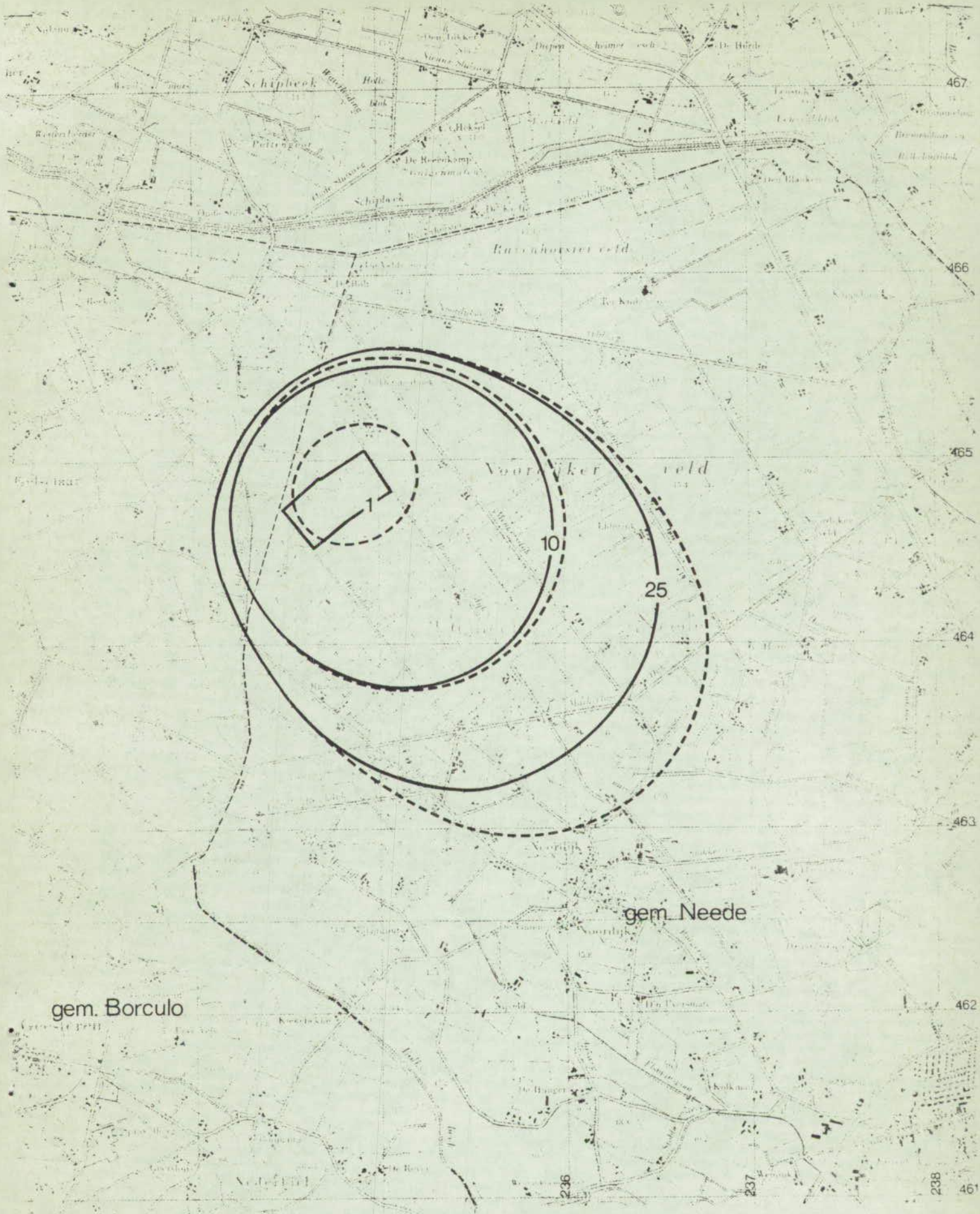
DRINKWATERPOMPSTATION VELDDRIEL 17-13

CAPACITEIT 4,0 MLN m^3/jaar

GEMEENTE MAASDRIEL

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE **B**

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

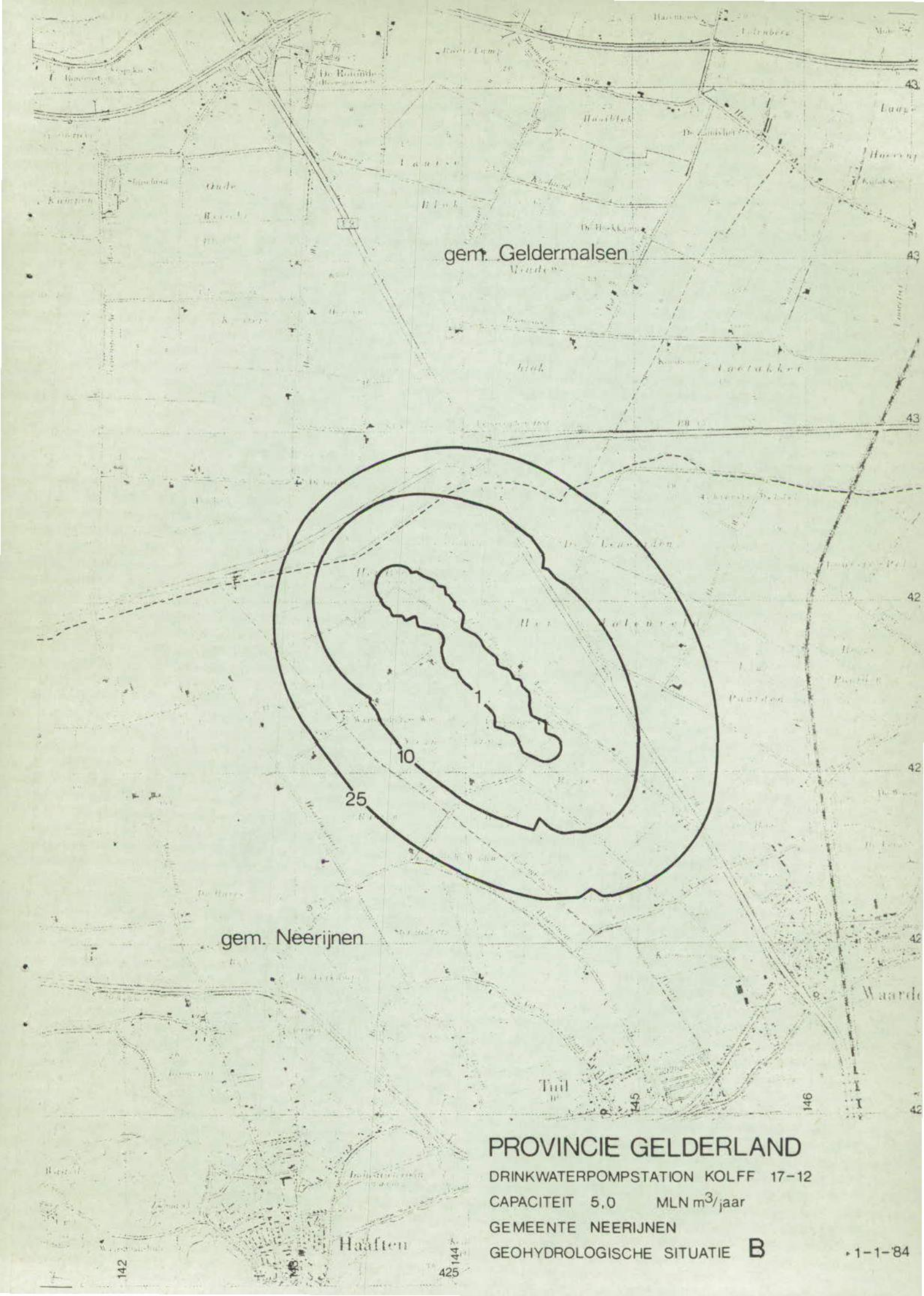
DRINKWATERPOMPSTATION NOORDIJKERVELD 15-3

CAPACITEIT 3,0 MLN m^3/jaar

GEMEENTE NEEDE

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE D

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

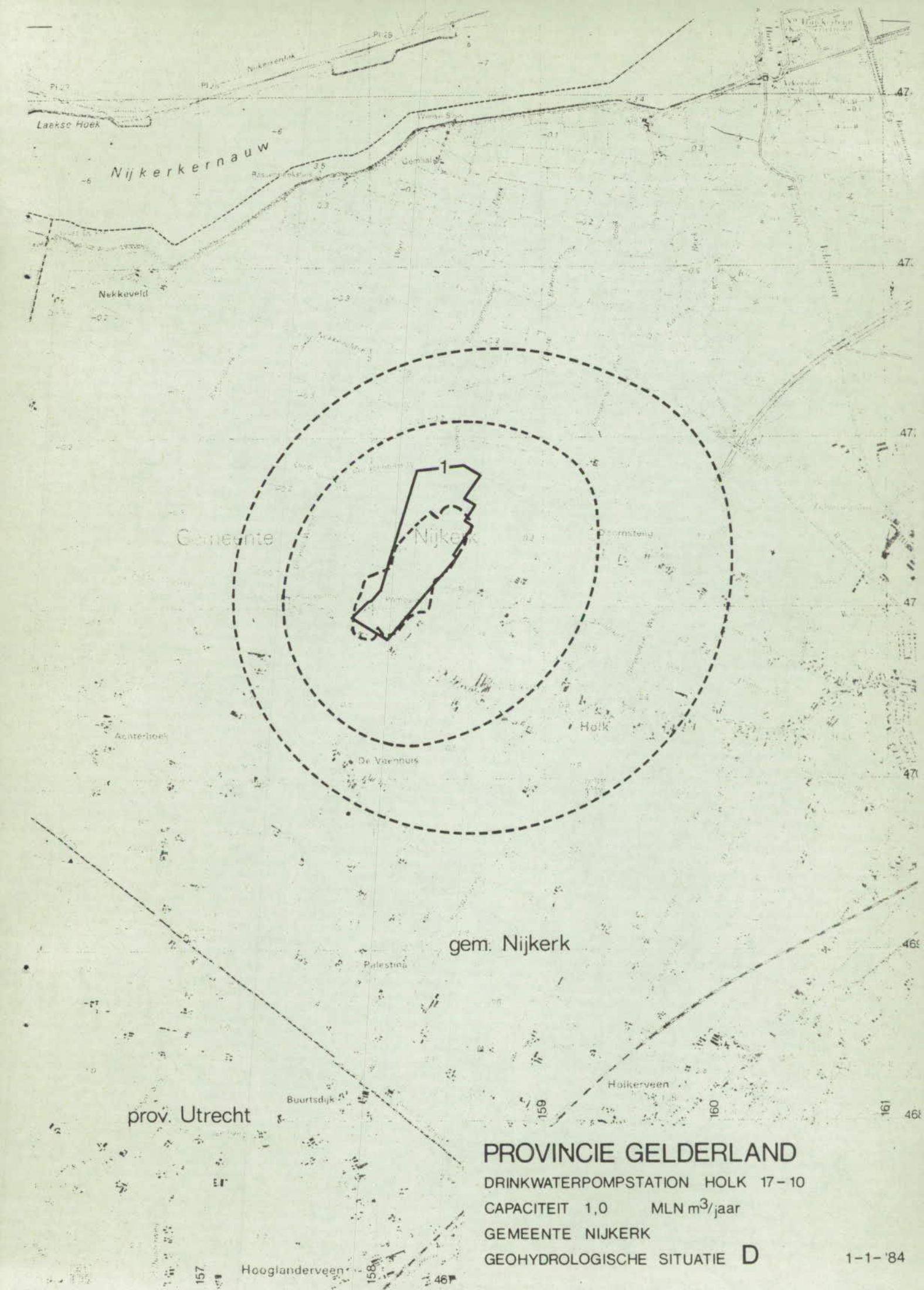
DRINKWATERPOMPSTATION KOLFF 17-12

CAPACITEIT 5,0 MLN m^3/jaar

GEMEENTE NEERIJNEN

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE B

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

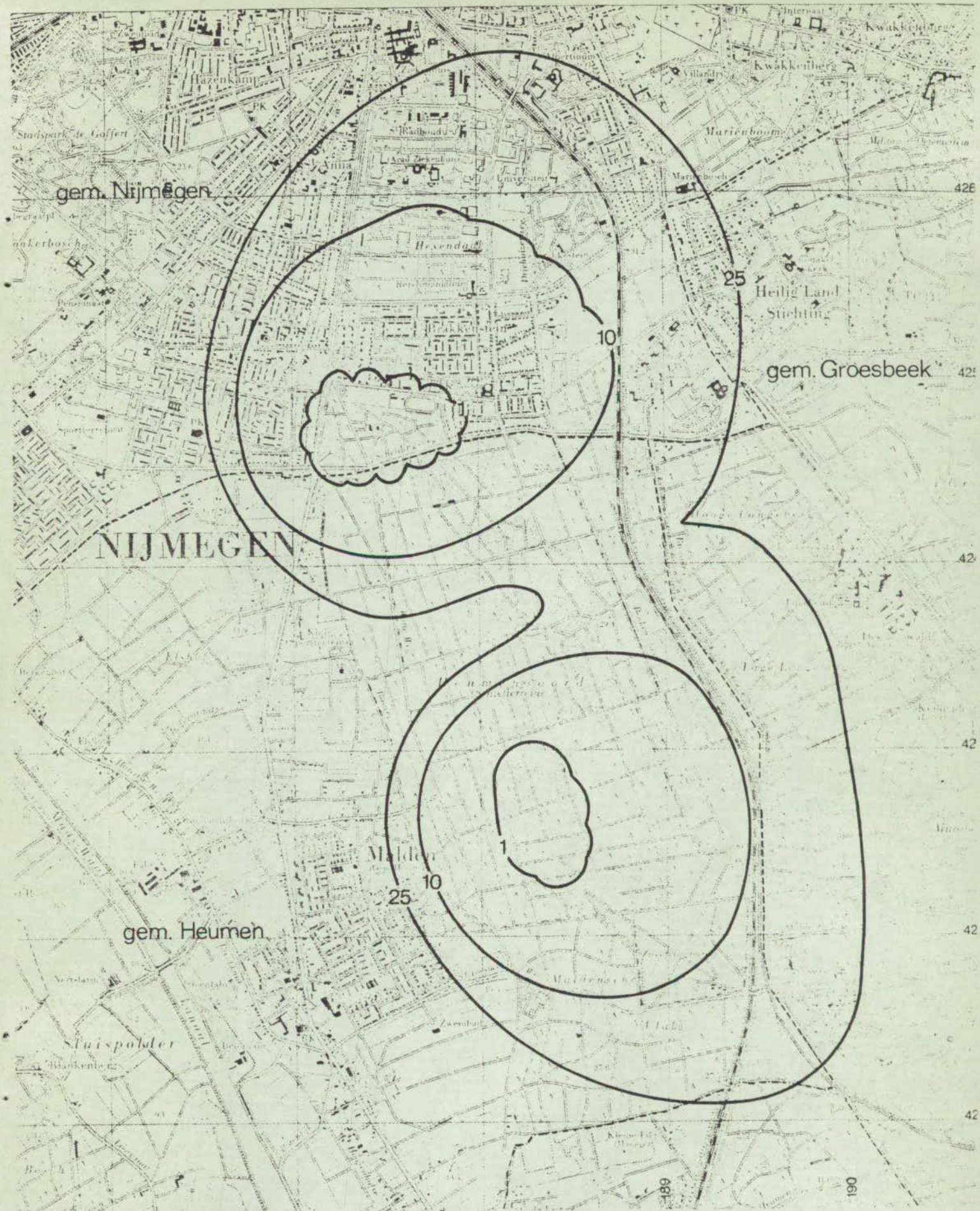
DRINKWATERPOMPSTATION HOLK 17 – 10

CAPACITEIT 1,0 MLN m^3/jaar

GEMEENTE NIJKERK

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE D

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

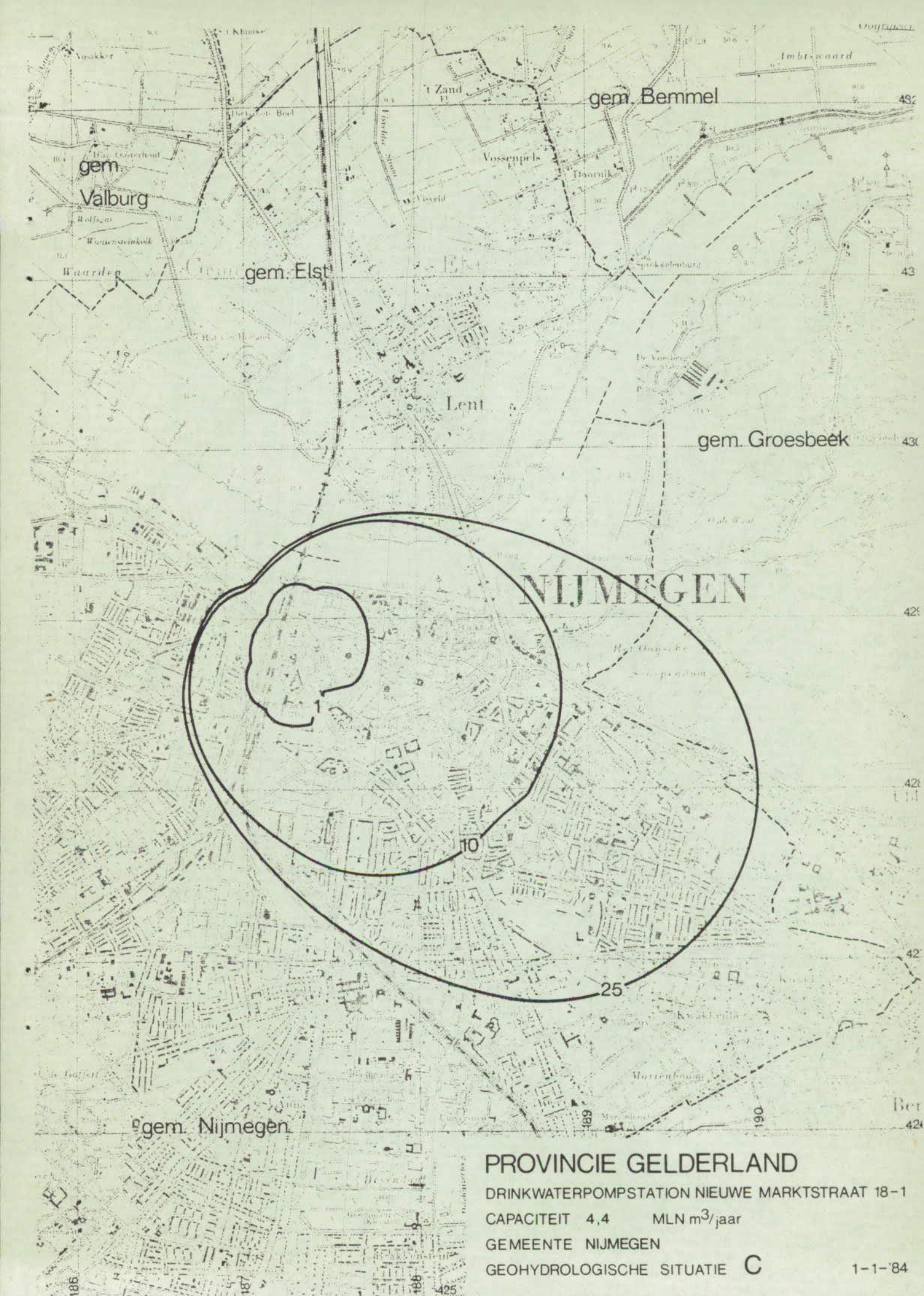
DRINKWATERPOMPSTATION HEUMENSOORD I+II 18-2

CAPACITEIT 10,0 MLN m^3/jaar

GEMEENTE NIJMEGEN EN HEUMEN

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE A

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

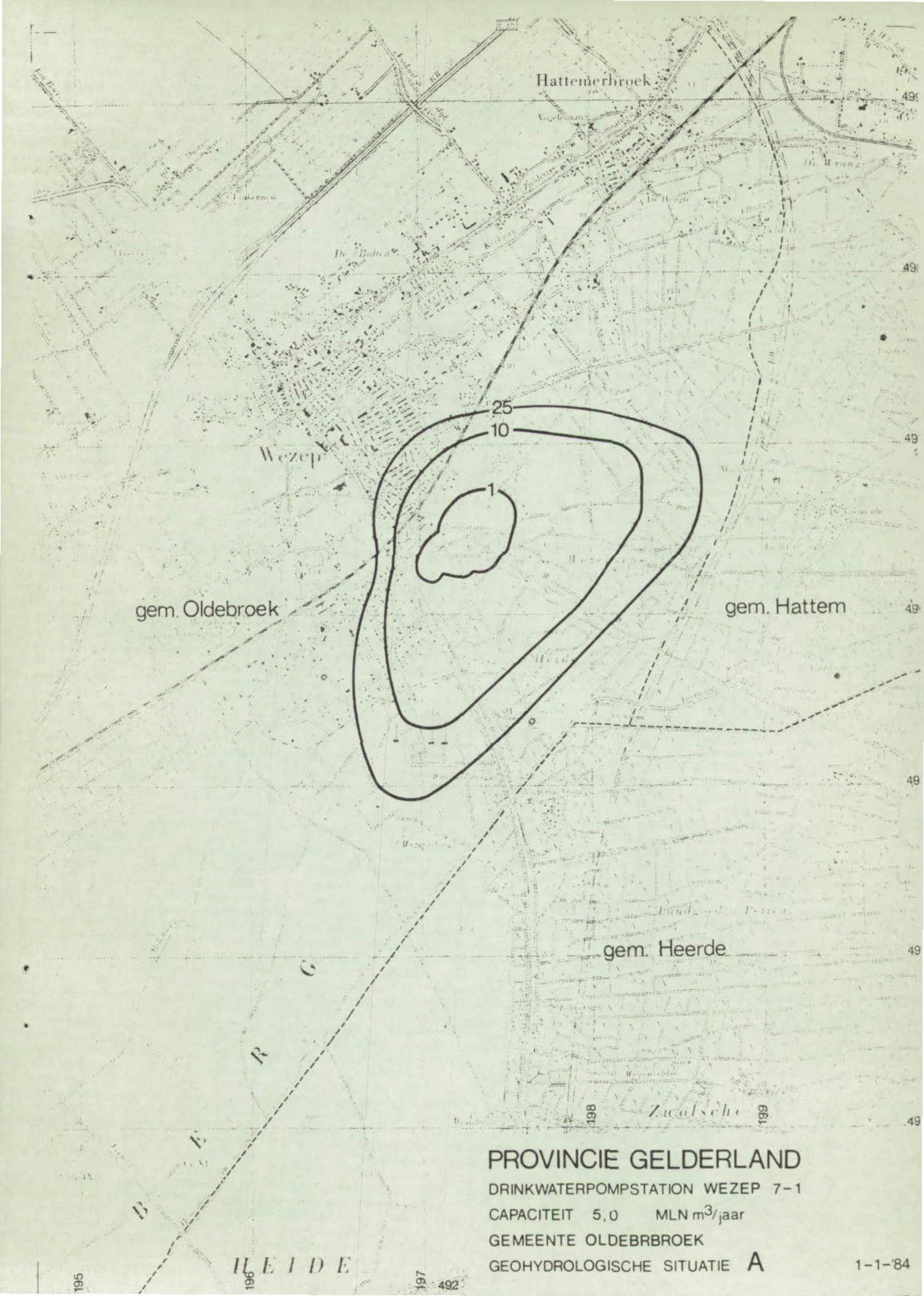
DRINKWATERPOMPSTATION NIEUWE MARKTSTRAAT 18-1

CAPACITEIT 4,4 MLN m^3/jaar

GEMEENTE NIJMEGEN

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE C

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

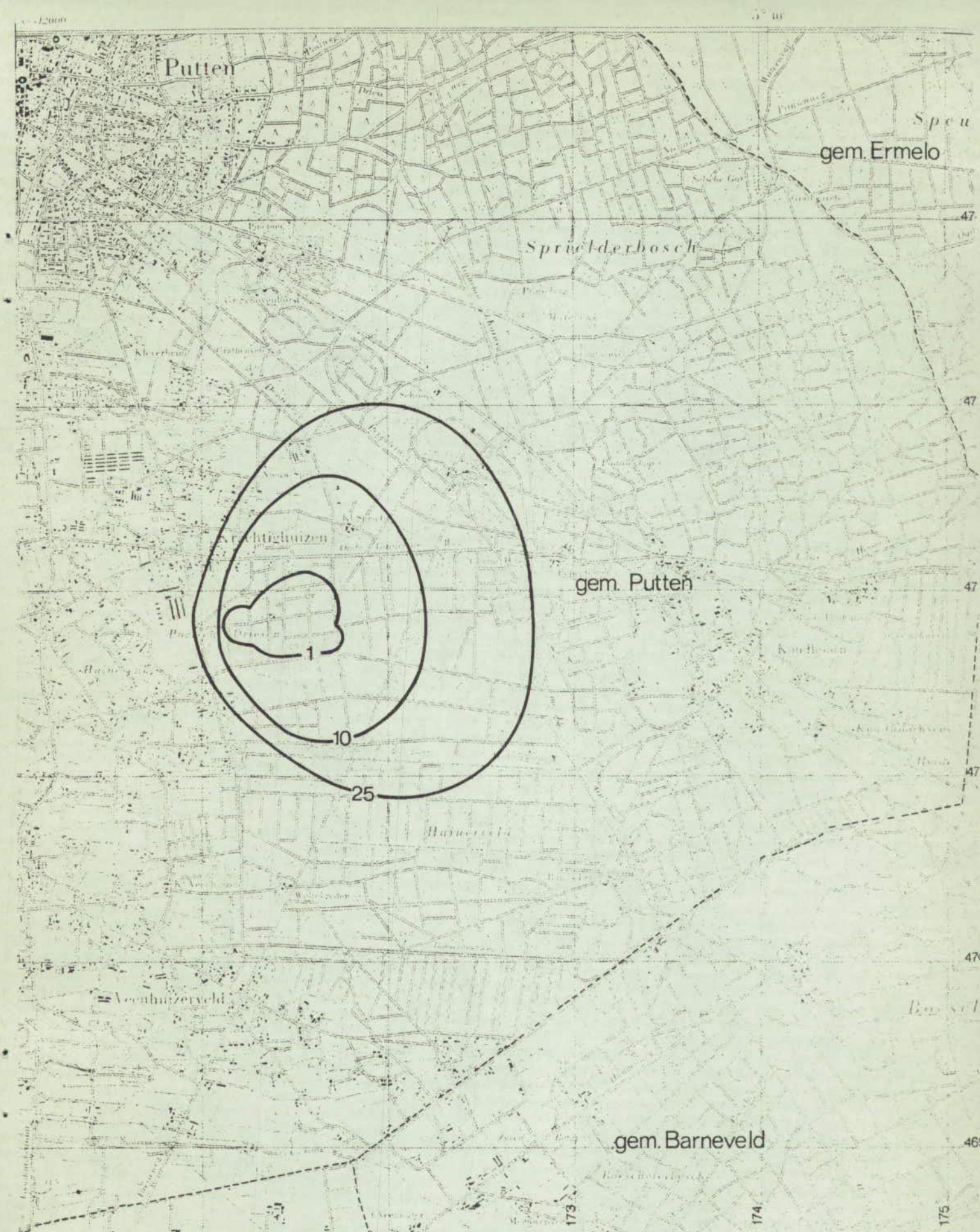
DRINKWATERPOMPSTATION WEZEP 7-1

CAPACITEIT 5,0 MLN m^3/jaar

GEMEENTE OLDEBRBROEK

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE A

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

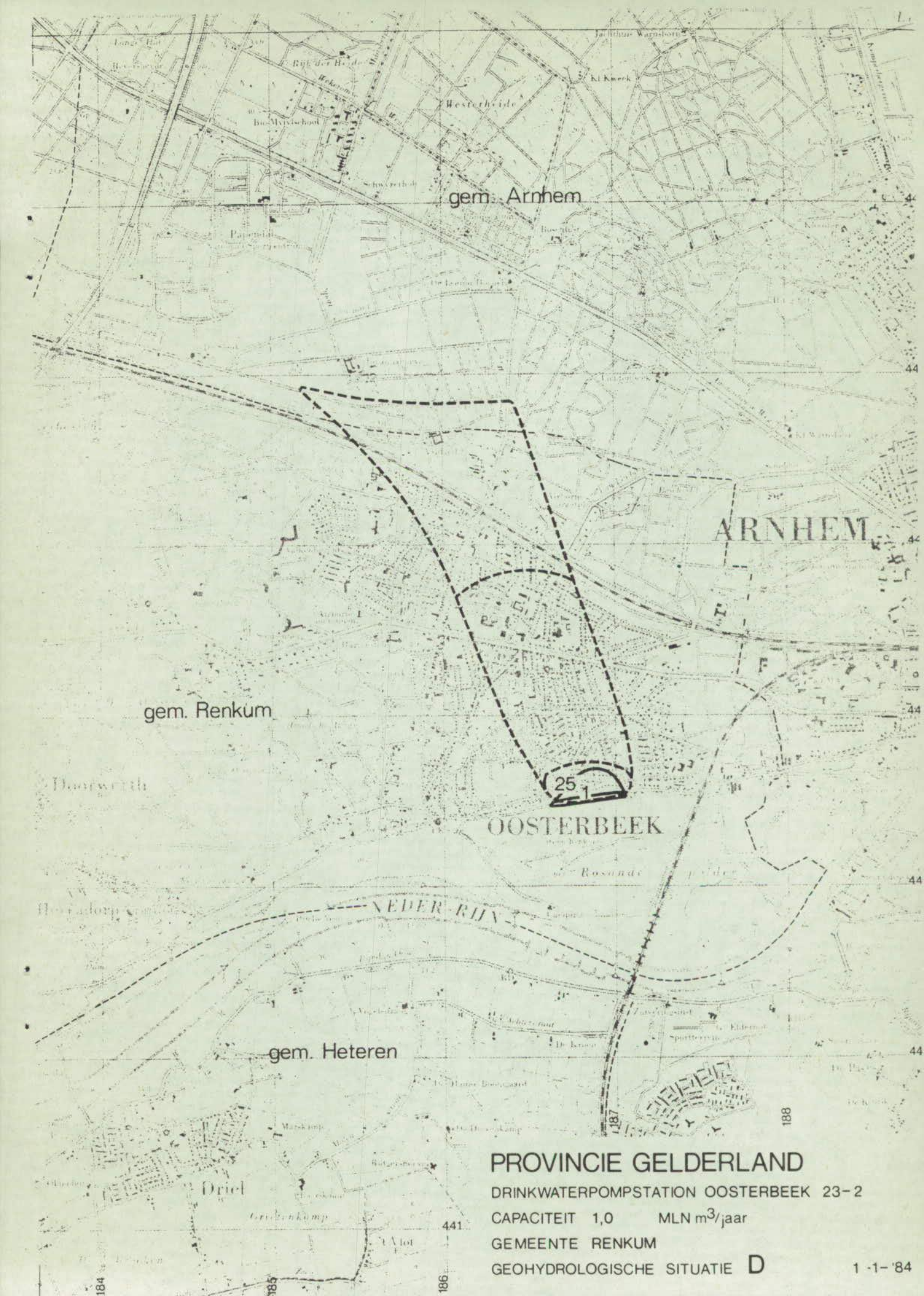
DRINKWATERPOMPSTATION PUTTEN 17-8

CAPACITEIT 4,5 MLN m^3/jaar

GEMEENTE PUTTEN

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE E

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

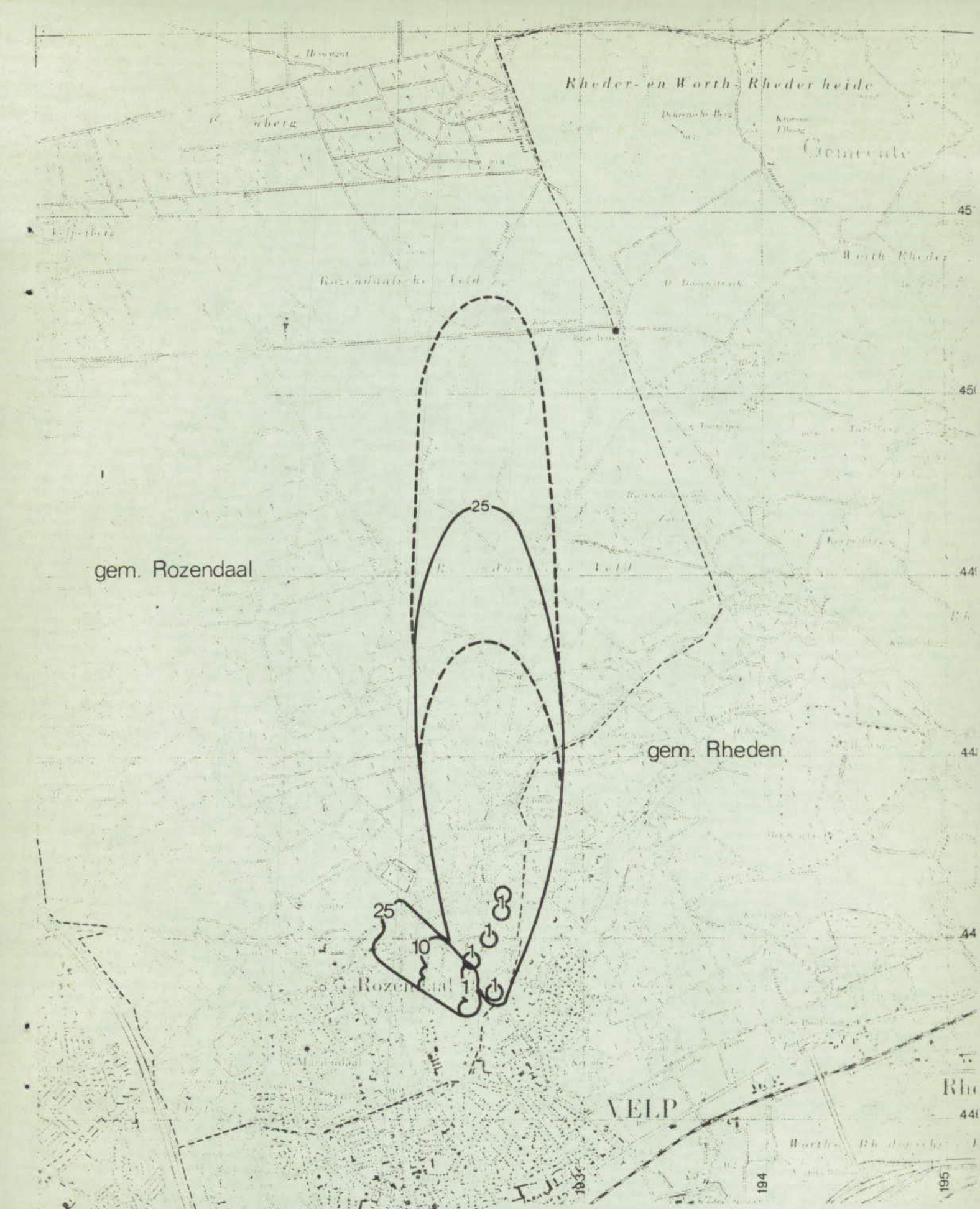
DRINKWATERPOMPSTATION OOSTERBEEK 23-2

CAPACITEIT 1,0 MLN m^3/jaar

GEMEENTE RENKUM

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE **D**

1-1-'84



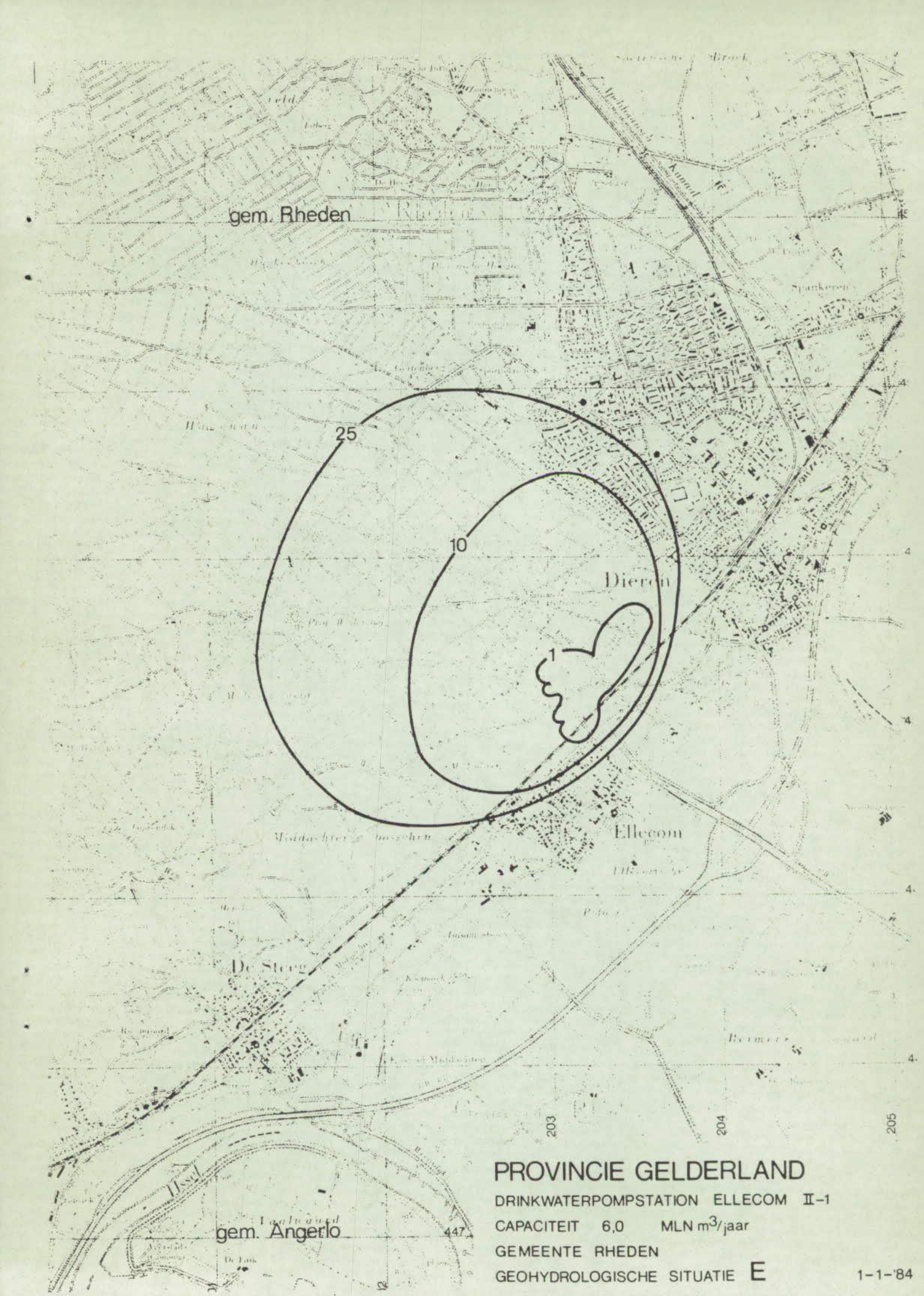
PROVINCIE GELDERLAND

DRINKWATERPOMPSTATION PINKENBERG 21-1

CAPACITEIT 1,7 MLN m^3/jaar

GEMEENTE **ROZENDAAL**

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE **D en E** 1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

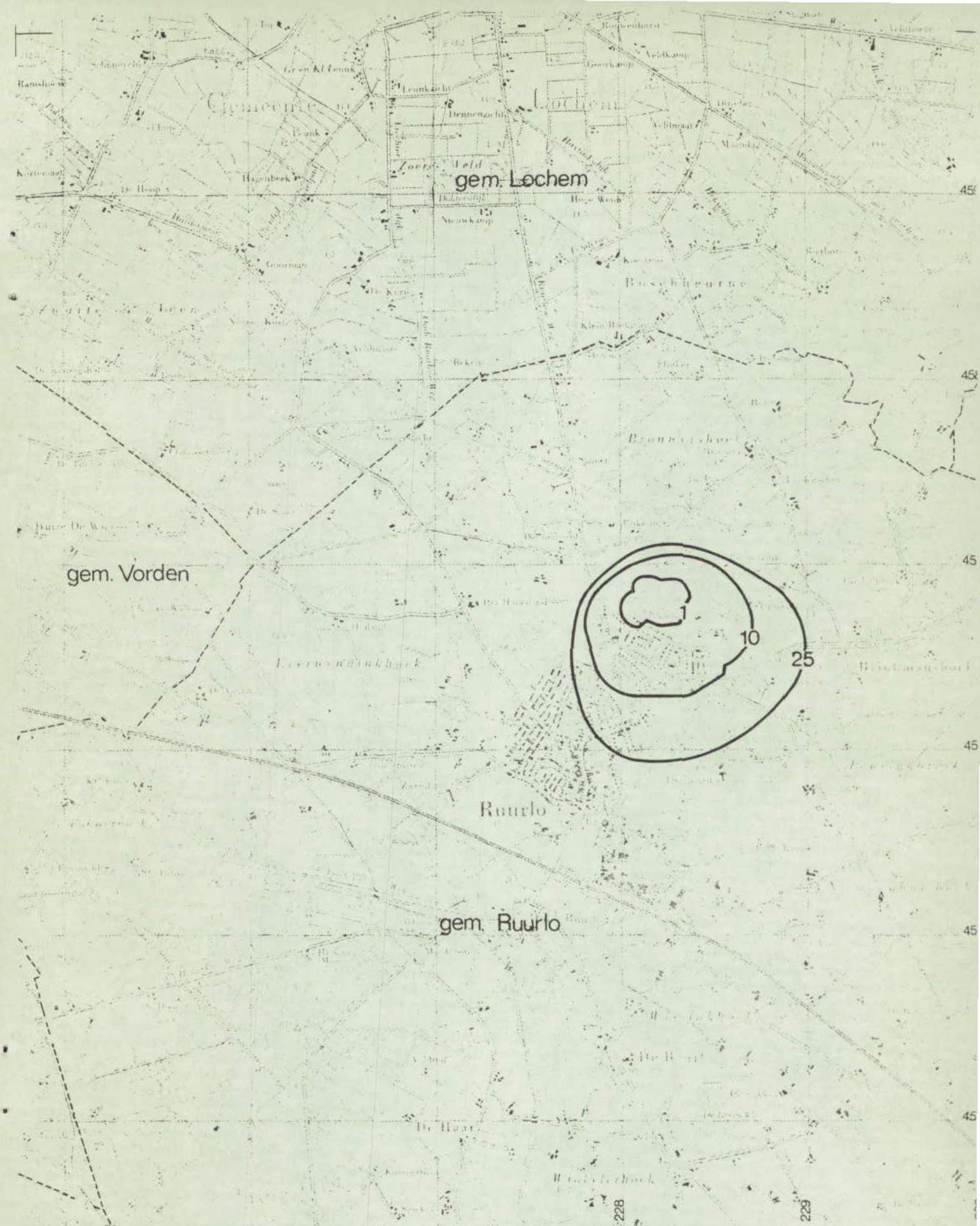
DRINKWATERPOMPSTATION ELLECOM II-1

CAPACITEIT 6,0 MLN m^3/jaar

GEMEENTE RHEDEN

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE E

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

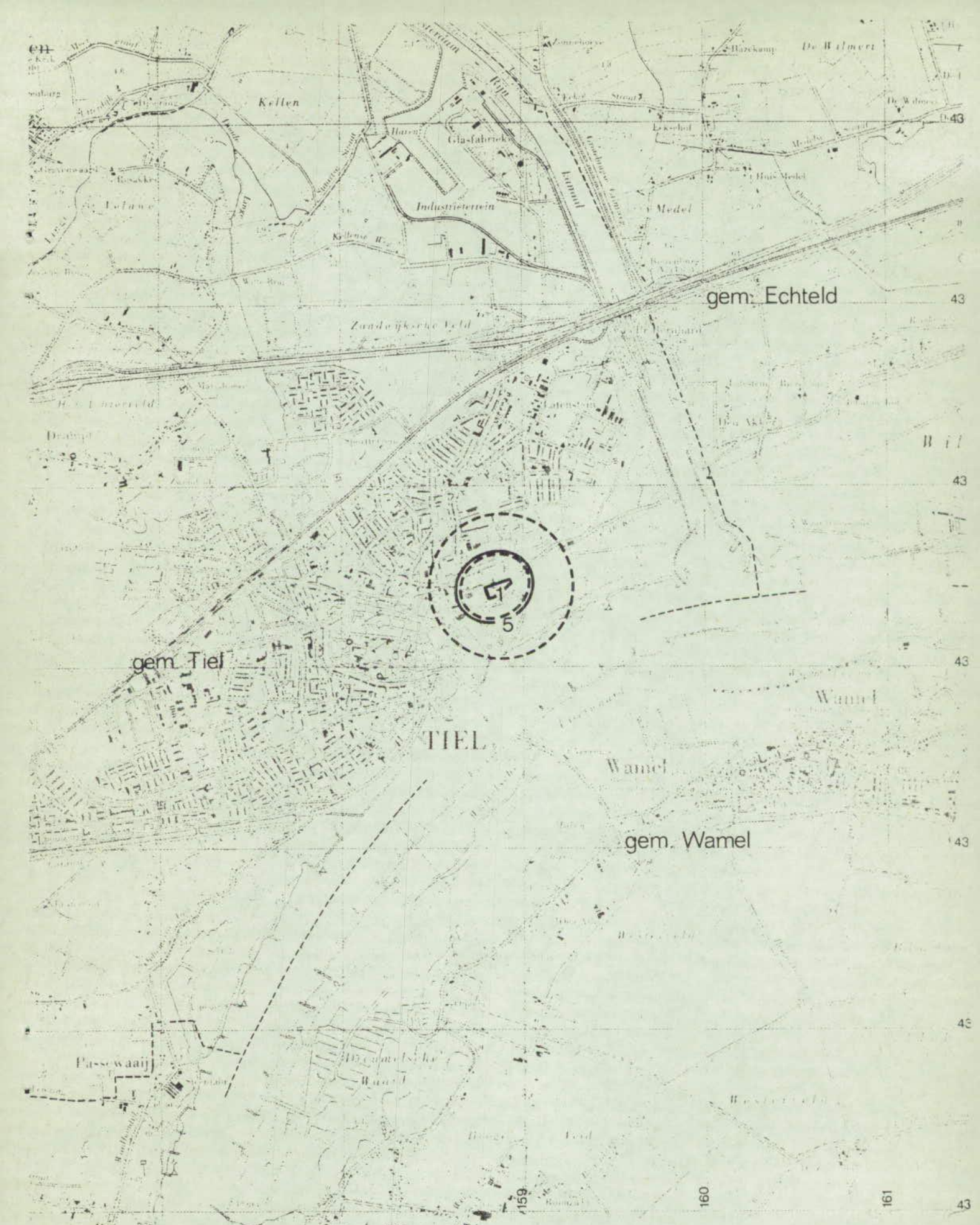
DRINKWATERPOMPSTATION RUURLO 15-5

CAPACITEIT 0,75 MLN m^3/jaar

GEMEENTE RUURLO

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE **A**

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

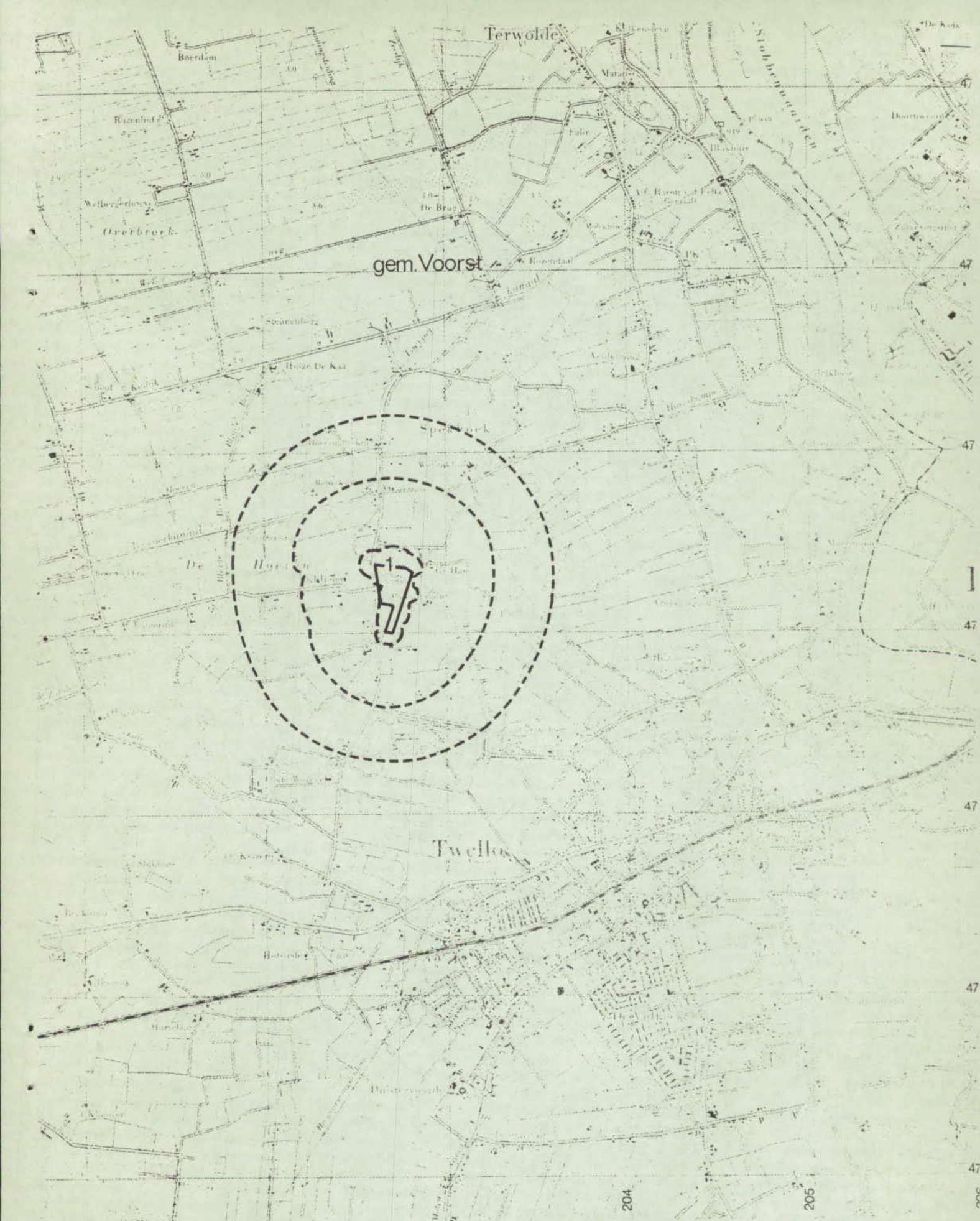
DRINKWATERPOMPSTATION TIEL 17-15

CAPACITEIT 1,8 MLN m^3/jaar

GEMEENTE TIEL

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE D

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

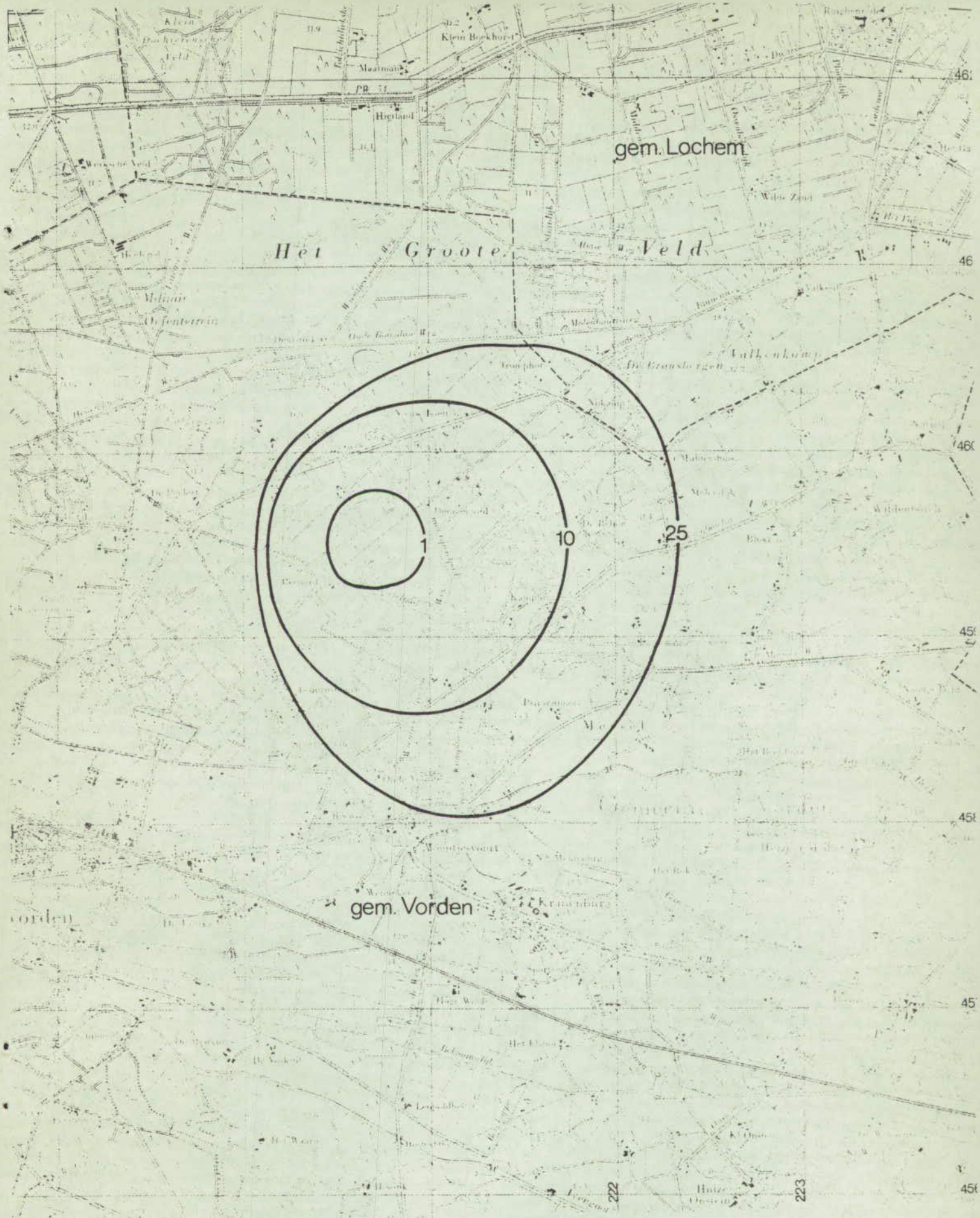
DRINKWATERPOMPSTATION TWELLO 17-2

CAPACITEIT 2,0 MLN m^3/jaar

GEMEENTE VOORST

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE D

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

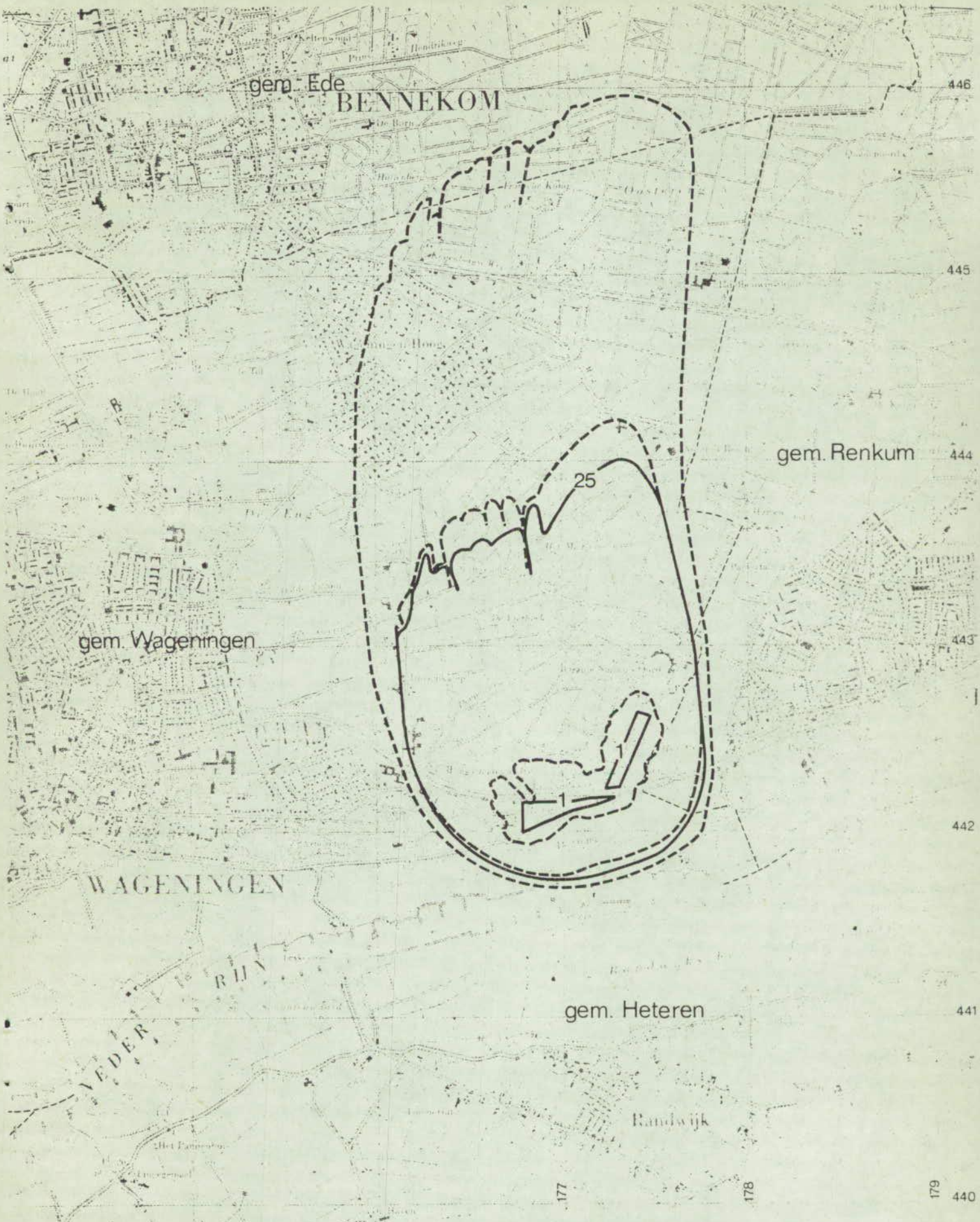
DRINKWATERPOMPSTATION DENNENWATER 15-7

CAPACITEIT 3,0 MLN m^3/jaar

GEMEENTE VORDEN

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE A

1-1-'84



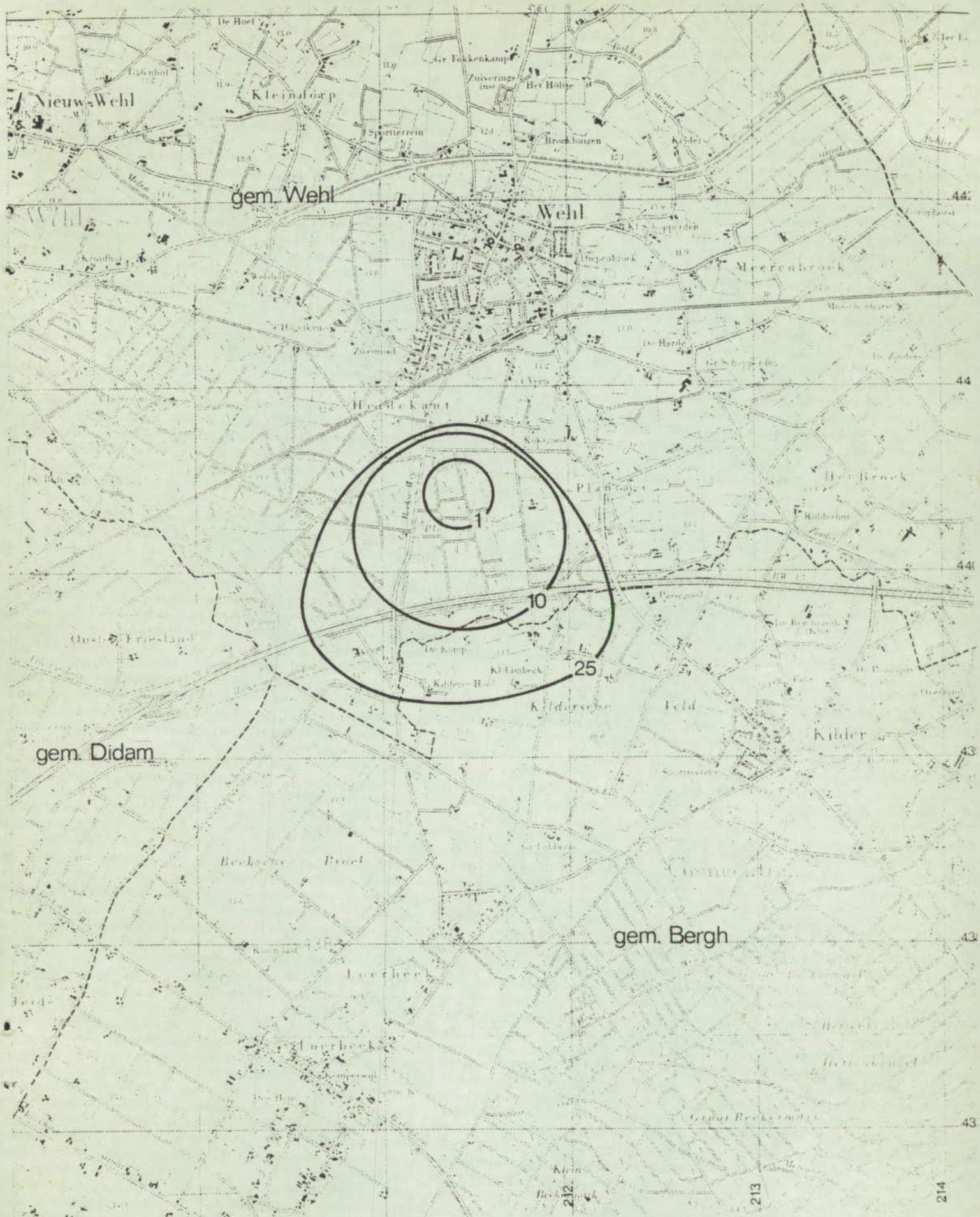
PROVINCIE GELDERLAND

DRINKWATERPOMPSTATION WAGENINGSE BERG 20-7

CAPACITEIT 3,6 MLN m^3/jaar

GEMEENTE WAGENINGEN

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE D 1-1-'84



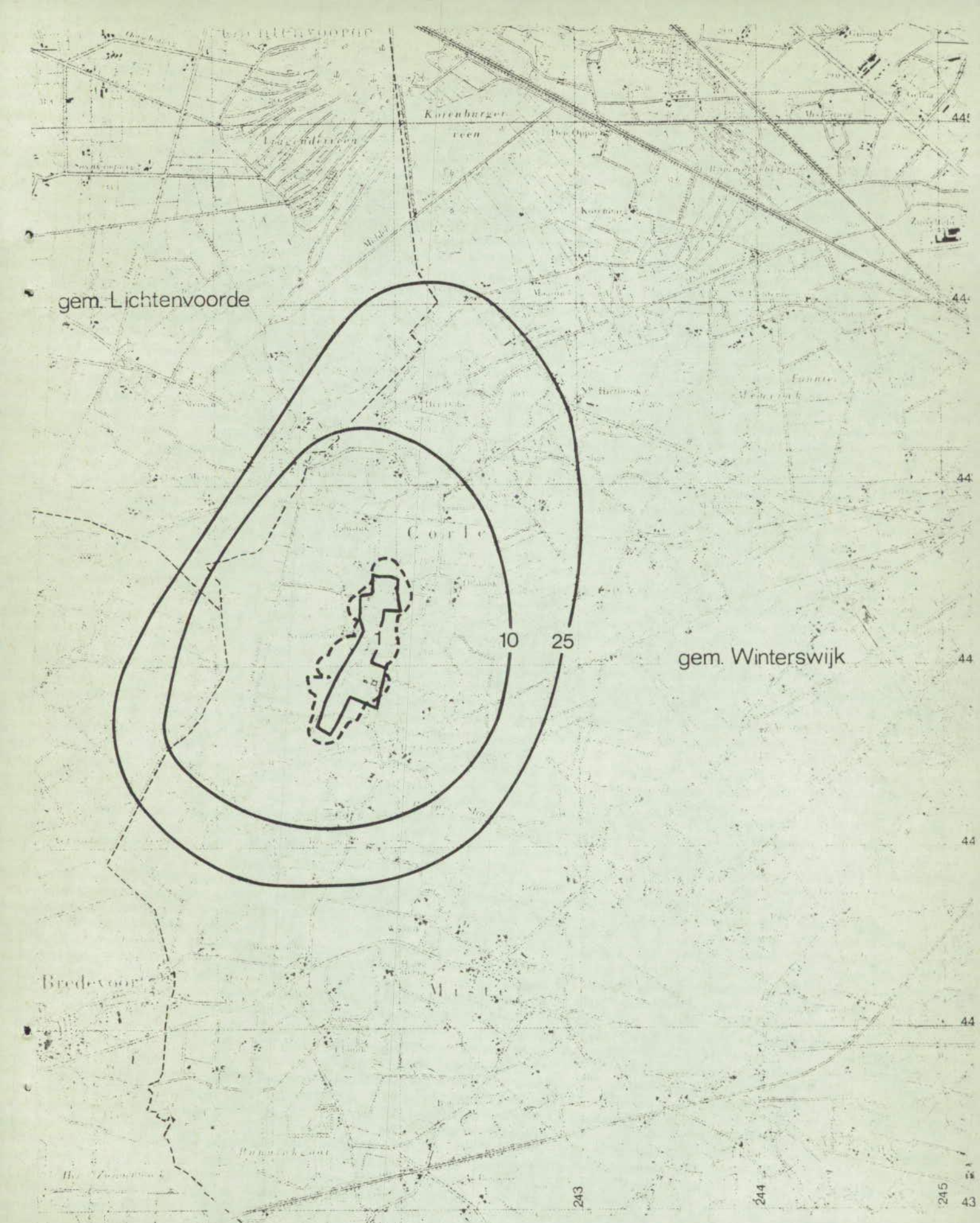
PROVINCIE GELDERLAND

DRINKWATERPOMPSTATION STILLE WALD 15-13

CAPACITEIT 1,0 MLN m^3/jaar

GEMEENTE WEHL

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE A 1-1-'84



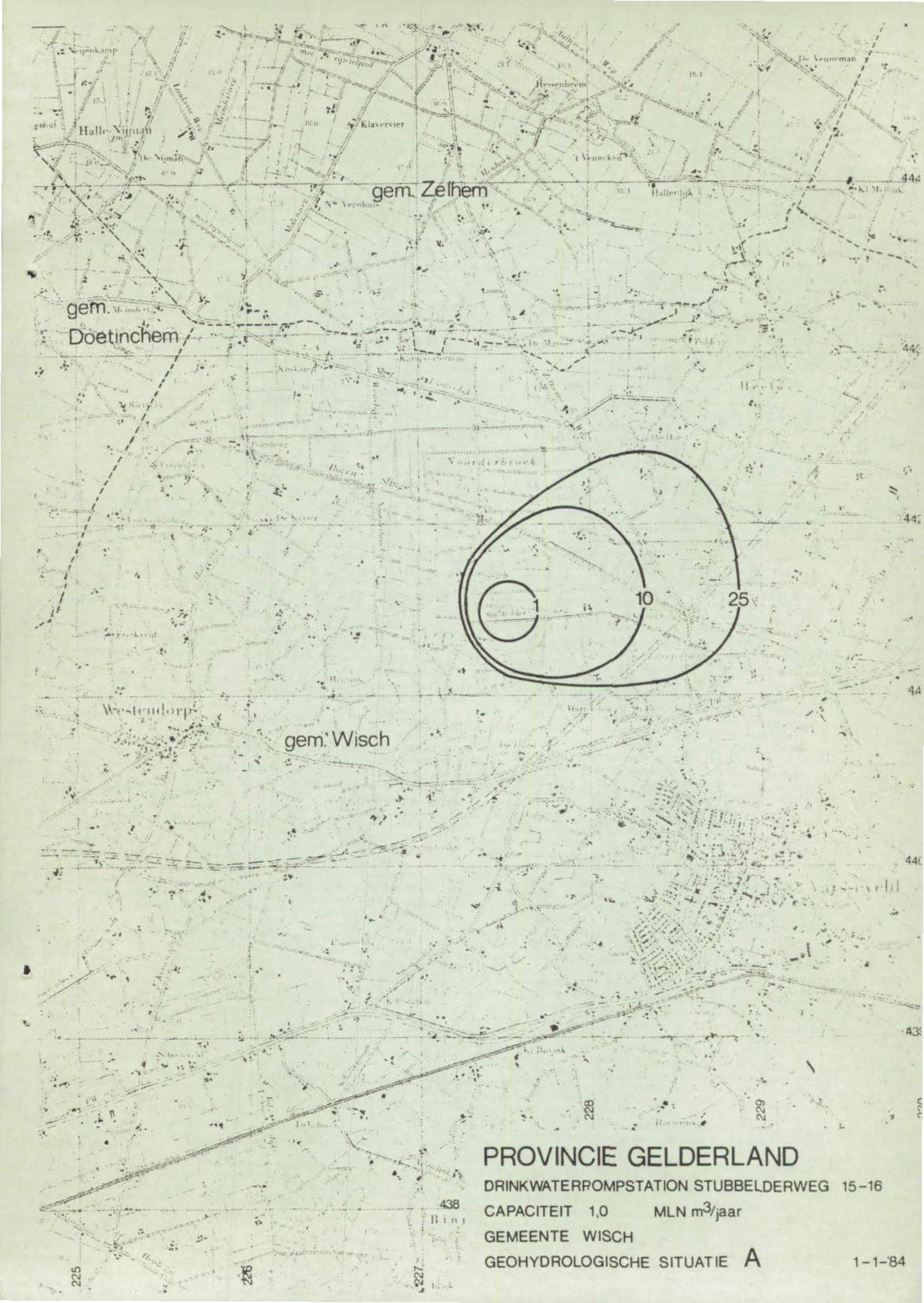
PROVINCIE GELDERLAND

DRINKWATERPOMPSTATION CORLE 16-1

CAPACITEIT 2,75 MLN m^3/jaar

GEMEENTE WINTERSWIJK

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE C (en D) 1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

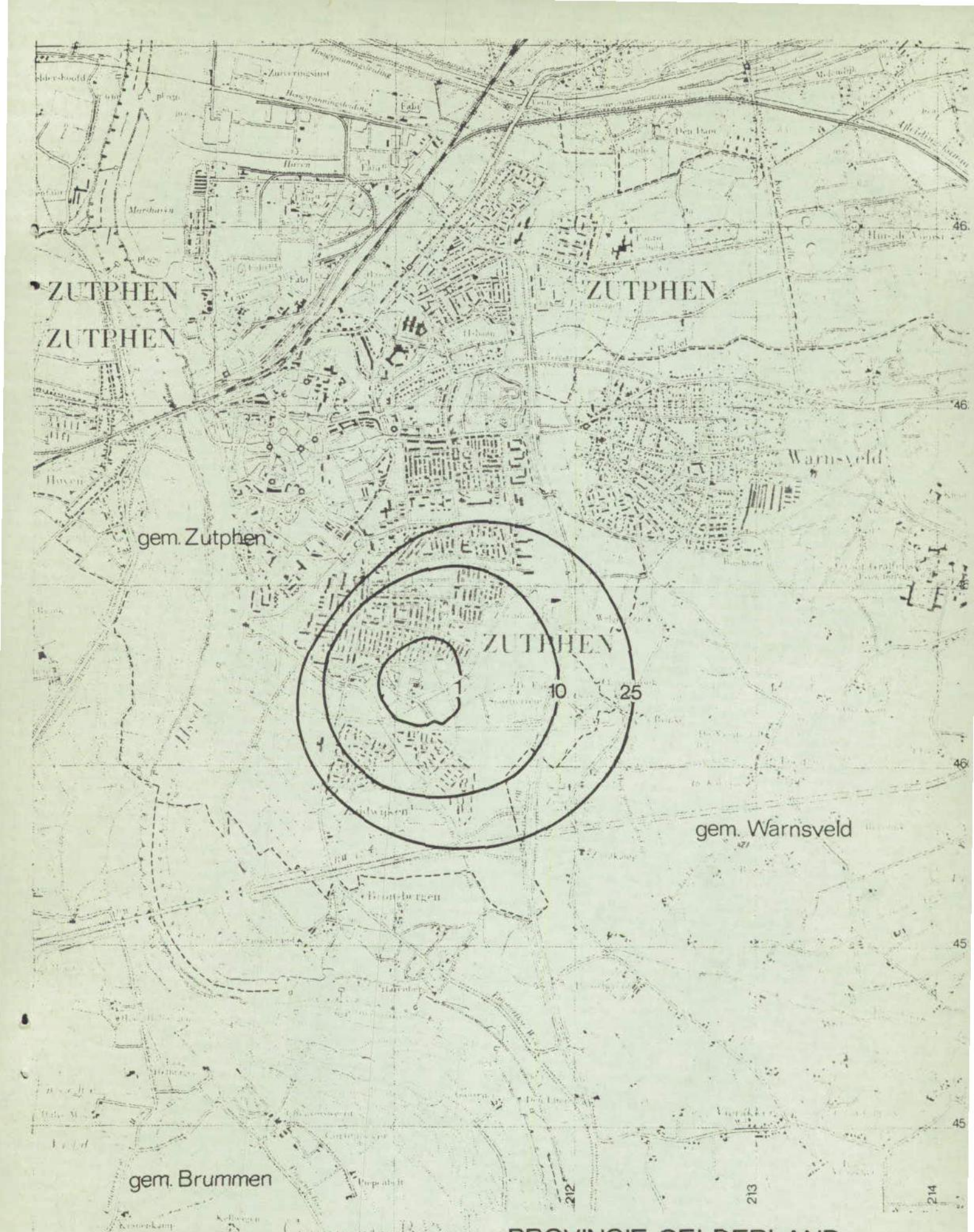
DRINKWATERPOMPSTATION STUBBELDERWEG 15-16

CAPACITEIT 1,0 MLN m^3/jaar

GEMEENTE WISCH

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE A

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

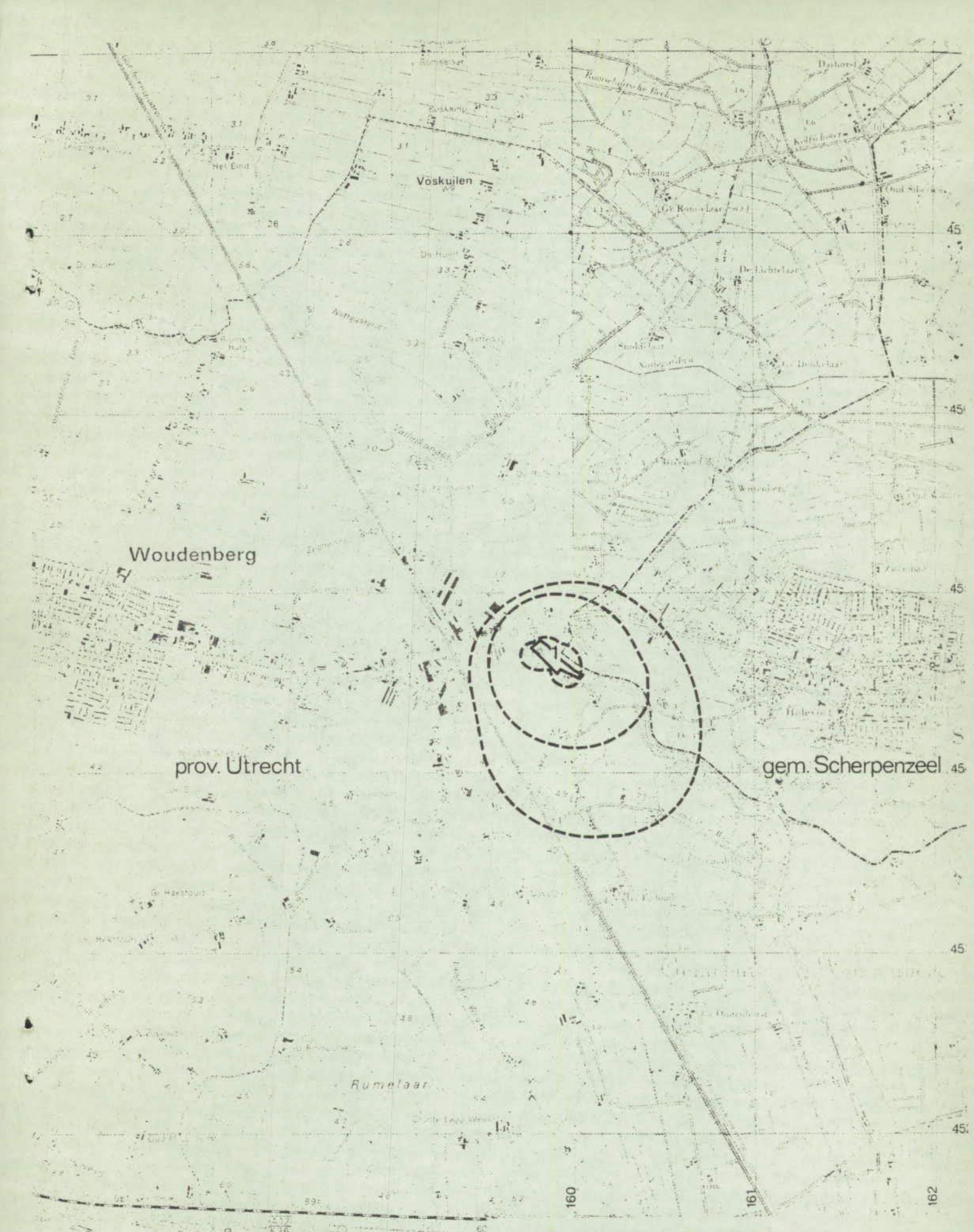
DRINKWATERPOMPSTATION VIERAKKER 15-10

CAPACITEIT 1,7 MLN m^3/jaar

GEMEENTE ZUTPHEN

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE C

1-1-'84



PROVINCIE GELDERLAND

DRINKWATERPOMPSTATION WOUDENBERG 29-1

CAPACITEIT 1,4 MLN m^3/jaar

GEMEENTE WOUDENBERG

GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE D 1-1-'84