

Ribe Amt

Kørsler med Grindsted-modellen

Rapport

August 1998



WaterTech a/s

Rådgivende ingeniører - vindforsyning & forurening

Titelblad

Rekvirent: Ribe Amt
Sorsigvej
6760 Ribe

Rådgiver: WaterTech a/s
Søndergade 53, Postboks 3
DK-8000 Århus C
Tlf.: +45 87 32 20 70
Fax: +45 87 32 20 05
E-mail: wt@watertech.dk

Rapport titel: Kørsler med Grindsted-modellen

Dato: 4. august 1998

Sags nr.: 5-50.114

Nøgleord: Ribe Amt, Grindsted, grundvandsmodel

Filnavn: Rapport2.doc

Udarbejdet af: Ole Kloster Jacobsen

Kvalitetssikret af: Max Halkjær

Indholdsfortegnelse

1	Indledning og formål	1
2	Modelkørsler	2
2.1	Målt tidsserie	2
2.2	Indvinding til Grindsted Vandværk	2
2.3	Analytisk beregning af sænkning som funktion af øget oppumpning	3
2.4	Modelkørsler	3
2.4.1	<i>Simulering 11: Dynamisk kørsel af stationært kalibrerede regionalmodel</i>	3
2.4.2	<i>Simulering 14: Indflydelse af markvanding m. v.</i>	4
2.4.3	<i>Simulering 19: Effekt af hydrauliske begrænsninger i modellens lag 7</i>	5
2.4.4	<i>Simulering 28: Effekt af nedsat hydraulisk ledningsevne for lag 6 og 7</i>	5
3	Vurderinger og anbefalinger	8
4	Referencer	9

1 Indledning og formål

Stationær model

Der er opstillet en stationær grundvandsmodel for Grindsted-området. Grindsted-modellen er dokumenteret i rapport af oktober 1997 /1/.

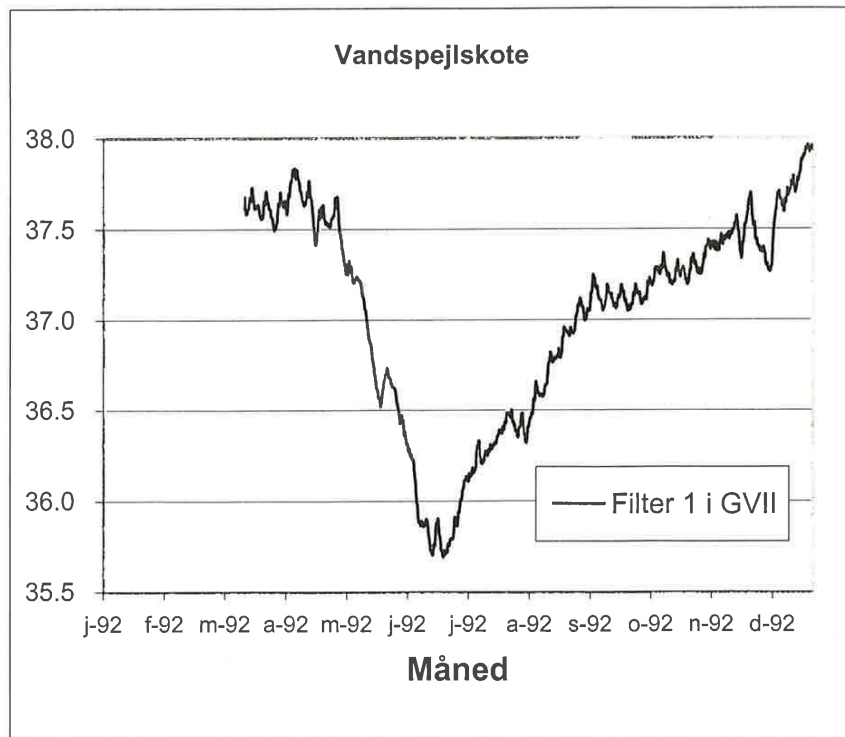
Der er hidtil primært gennemført stationære kørsler med modellen, men desuden enkelte ukalibrerede dynamiske kørsler til vurdering af markvandingens effekt på vandløbene /1/.

Pejlinger

I forbindelse med overvågning af forureningen ved Danisco Ingredients (DIGR) er vandspejlet i boring GVII (DGU nr. 114.1430), filter 1 og 5, pejlet kontinuerligt siden oktober 1991. Resultaterne viser meget store potentialevariationer i filter 1 (det dybe magasin), som forekommer overraskende i forhold til den forventede store hydrauliske ledningsevne og udbredelse af dette dybe magasin.

Simuleringer

Ribe Amt (RA) har anmodet WaterTech a/s (WT) om at undersøge, hvorvidt Grindsted-modellen umiddelbart kan simulere disse store potentialevariationer, eller om der er behov for justering af modellen. WT's undersøgelser fremgår af denne rapport. Arbejdet er udført i henhold til oplæg af 5. maj 1998.



Figur 2.1 Målt vandspejlsænkning og -stigning i GVII

2 Modelkørsler

Den målte tidsserie for boring GVII og de modelkørsler, som er gennemført for at simulere de store potentialevariationer, fremgår af det følgende.

2.1 Målt tidsserie

GVII, filter 1

RA har udleveret en tidsserie for vandspejl i boring GVII til WA. Denne målte tidsserie omfatter filtrene 1 og 5 i perioden fra oktober 1991 til marts 1997. Det fremgår, at der er store sænkninger af sommervandspejlet i filter 1 i årene 1992, 1993 og 1994. Disse sænkninger er størst i 1992.

1992

Sænkningerne i filter 1 i 1992 er vist i figur 2.1. Det fremgår, at vandspejlet i perioden maj – juni 1992 sænkes med ca. 1,8 m. I den efterfølgende periode, juli – november 1992 stiger vandspejlet til udgangsniveauet.

Sænkingsdel

Arbejdet med modelkørslerne er koncentreret omkring sænkingsdelen af denne mest ekstreme del af tidsserien.

2.2 Indvinding til Grindsted Vandværk

Indvinding 1992

Indledningsvist er det vurderet, at Grindsted Vandværks indvindingsmængder udgør en væsentlig faktor ved simuleringen af tidsserien. Der er derfor indhentet data for indvindingen til Grindsted Vandværk. Data for 1992, fordelt på de to kildepladser, er vist i tabel 2.1.

Måned i 1992	Indvinding i 1992 i m ³		
	Kildeplads 2	Kildeplads 3	Total
Januar	138.360	54.230	192.59
Februar	109.040	69.640	178.68
Marts	106.840	81.590	188.43
April	90.700	89.220	179.92
Maj	112.810	136.470	249.28
Juni	146.250	176.490	322.74
Juli	96.950	134.280	231.23
August	92.530	127.420	219.95
September	91.760	106.210	197.97
Oktober	90.160	106.060	196.22
November	60.100	136.790	196.89
December	40.420	145.240	185.66
Total 1992	1177.920	1366.640	2544.56

Tabel 2.1 Indvinding til Grindsted Vandværk i 1992

50 % mere i juni

Det fremgår, at der i juni er indvundet ca. 50 % mere end den gennemsnitlige måned. Dette er kvalitativt overensstemmende med, at der i denne periode optræder store sænkninger i det dybe grundvandsmagasin, jf. figur 2.1.

Forudsætninger

2.3 Analytisk beregning af sænkning som funktion af øget oppumpning

Grindsted vandværks gennemsnitlige oppumpning er ca. 300 m³/t. I juni måned 1992 var oppumpningen ca. 450 m³/t, svarende til en øget oppumpning på ca. 150 m³/t. Heraf antages halvdelen (ca. 75 m³/t) indvundet fra det dybe magasin på Kildeplads 2 ved vandværket.

Sænkning i GVII's filter 1, som funktion af en sådan forøget oppumpning, er beregnet analytisk under anvendelse af de hydrauliske parametre, som indgår i grundvandsmodellen. Der er således anvendt følgende parametre:

- transmissivitet, $T = 0,01 \text{ m}^2/\text{s}$
- magasintal, $S = 0,0001$
- øget oppumpning, $Q = 75 \text{ m}^3/\text{t}$
- pumpetid, $t = 50 \text{ døgn}$.

Resultat

Det er på den baggrund beregnet, at den forøgede oppumpning i løbet af 50 døgn vil medføre sænkning i GVII's filter 1 på ca. 1,3 m. På baggrund af denne simple beregning kan de målte data således ikke betegnes som urealistiske.

Den kritiske forudsætning for beregningerne er dog, at der ikke forekommer lækage til magasinet. Lækage vil mindske sænkningerne.

2.4 Modelkørsler

Der er i /1/ gennemført simulering 1 – 9. I forbindelse med nærværende arbejde er der gennemført simuleringerne 10 – 28 med henblik på at afprøve effekten af forskellige modelændringer. I rapporten er udelukkende medtaget de simuleringer, som har bidraget til en øget forståelse af problemstillingen. Det er valgt, primært at gennemføre simuleringerne med den regionale model, med henblik på at undgå de problemer, der kan være med modelranden i detailmodellen.

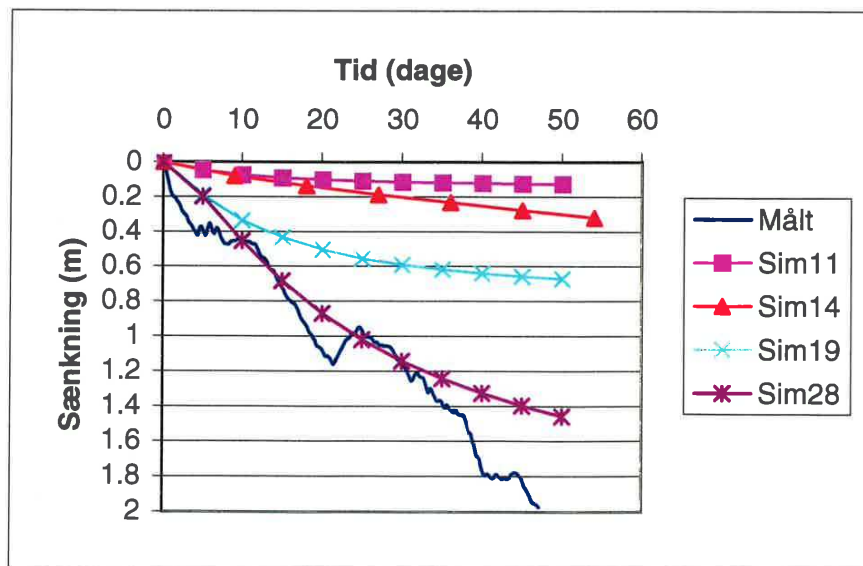
Formål

2.4.1 Simulering 11: Dynamisk kørsel af stationært kalibreret regionalmodel

Beregning af sænkning i GVII's filter 1 efter 50 døgn øget oppumpning.

Udgangspunkt

Den kalibrerede regionale model /1/. Denne model er stationært kalibreret under anvendelse af nedbørs- og indvindingsdata fra 1995.



Figur 2.2 Målt/beregnet sænkning i boring GVII, filter 1

Ændringer

Som startpotentialer er anvendt de beregnede stationære potentialer i kalibreringssituationen.

Der er indsat en observationsboring med placering og filterplacering som GVII, filter 1.

På baggrund af indvindingsdata fra Grindsted Vandværk er der anvendt følgende indvindingsfordeling for Grindsted Vandværk (i parentes er anført indvindingsfordelingen fra kalibreringssituationen):

- kildeplads 2, lag 3 136 m³/t (36 m³/t)
- kildeplads 2, lag 7 68 m³/t (23 m³/t)
- kildeplads 3, lag 3 61 m³/t (52 m³/t)
- kildeplads 3, lag 7 183 m³/t (163 m³/t)
- total indvinding 448 m³/t (274 m³/t)

Resultat

Det beregnede sænkingsforløb i en observationsboring, svarende til GVII, filter 1, er vist på figur 2.2. Det fremgår, at den beregnede sænkning efter 50 døgn er ca. 0,13 m, hvilket er mindre end 10 % af den faktisk målte sænkning.

På den baggrund konkluderes det, at dynamisk kørsel af den stationært kalibrerede model ikke umiddelbart kan simulere de målte sænkninger.

Formål

2.4.2 Simulering 14: Indflydelse af markvanding m. v.
De målte sænkninger i GVII, filter 1, er sammenfaldende med en periode, hvor der kan have været stor markvanding. Markvandings indflydelse på sænkningerne i GVII, filter 1, er derfor undersøgt.

Udgangspunkt

Simulering 3b i /1/. Denne model er stationært kalibreret, men kørt dynamisk i en 3 måneders periode med markvanding og uden grundvandsdannelse.

Ændringer

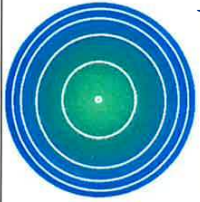
Der er indsat en observationsboring med placering og filterplacering som GVII, filter 1.

Der er anvendt samme indvindingsfordeling på Grindsted Vandværk, som i simulering 11.

Resultat

Det beregnede sænkingsforløb i en observationsboring, svarende til GVII, filter 1, er vist på figur 2.2. Det fremgår, at den beregnede sænkning efter 50 døgn er ca. 0,3 m, hvilket er mindre end 20 % af den faktisk målte sænkning.

	<p>På den baggrund konkluderes det, at markvandingens indflydelse er begrænset og ikke tilstrækkelig til at forklare de målte sænkninger. Dette er i overensstemmelse med forventningerne, da indvindingen til markvanding primært foregår fra de overfladenære lag og i forholdsvis stor afstand fra vandværket og GVII.</p>
	<p>2.4.3 Simulering 19: Effekt af hydrauliske begrænsninger i modellens lag 7</p>
<i>Formål</i>	<p>Kvalitativt vurderes det, at de store sænkninger kan skyldes hydrauliske begrænsninger i det dybe grundvandsmagasin, svarende til modellens lag 7.</p> <p>Dette er nærmere vurderet ved kørsel med detailmodel, hvor randbetingelserne er ændret fra fastholdt rand (positiv hydraulisk grænse) til impermeabel rand (negativ hydraulisk grænse).</p>
<i>Udgangspunkt</i>	<p>Den kalibrerede detailmodel, svarende til simulering 4 i 1/. Denne model er stationært kalibreret under anvendelse af nedbørs- og indvindingsdata fra 1995.</p>
<i>Ændringer</i>	<p>Rand for lag 7 er ændret fra fastholdt til impermeabel, jf. ovenstående.</p> <p>Som startpotentiale for alle lag er anvendt kote 37 m.</p> <p>Der er indsat en observationsboring med placering og filterplacering som GVII, filter 1.</p> <p>Indvindingsmængden fra kildeplads 2, lag 7, er øget med 75 m³/t (fra 23 til 98 m³/t).</p>
<i>Resultat</i>	<p>Det beregnede sænkingsforløb i en observationsboring, svarende til GVII, filter 1, er vist på figur 2.2. Det fremgår, at den beregnede sænkning efter 50 døgn er ca. 0,7 m, hvilket er knap halvdelen af den faktisk målte sænkning.</p> <p>På den baggrund konkluderes det, at magasinbegrænsning <u>kan</u> udgøre en væsentlig del af forklaringen på de målte sænkninger. Beliggenheden af eventuelle magasinrænser er dog helt uafklaret.</p>
	<p>2.4.4 Simulering 28: Effekt af nedsat hydraulisk ledningsevne for lag 6 og 7</p>
<i>Formål</i>	<p>Simulering 19 gav anledning til, at der blev udført eksperimenter med at belyse effekten af lækage fra lag, som ligger over lag 7. Startpotentiale for lag 1 – 6 blev sat ned til kote 30 m, hvorved lækage til lag 7 forhindres. Dette medførte beregnede sænkninger på ca. 8 m i observationsboringen. På den baggrund kan det konkluderes, at lækage fra overliggende lag er meget afgørende for modelresponsen.</p>



WaterTech a/s
Rådgivende ingeniører - vandforsyning & forurening

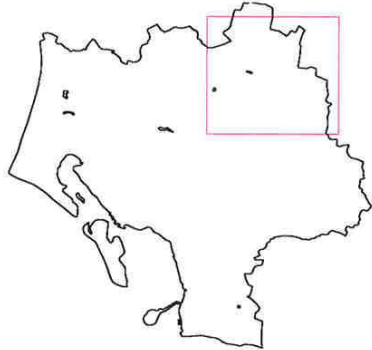
Søndergade 53
Postbox 3
DK - 8000 Århus C

Tlf. + 45 87 32 20 70
Fax + 45 87 32 20 05
E-mail: wt@watertech.dk

Sag: Kørsler med Grindsted modellen

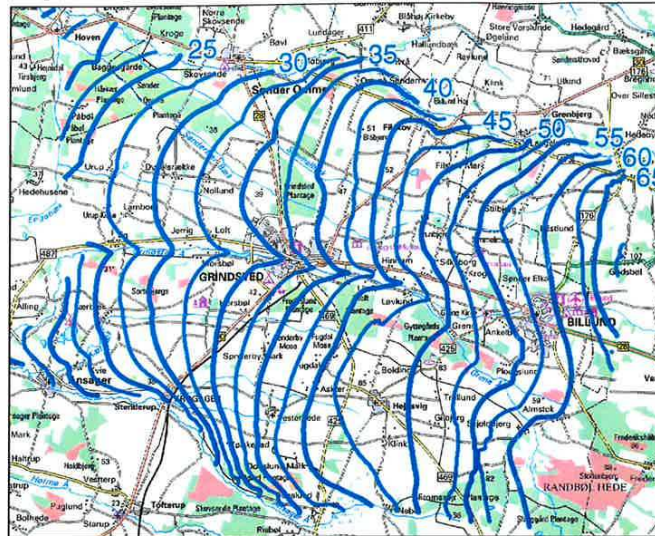
Rekvirent: Ribe Amt
Sagsnr: 5-50-114
Filnavn: pot.wor
Udført af: MHA
Dato: 03. august 1998

Oversigtskort, Ribe Amt med
markering af undersøgelsesområde

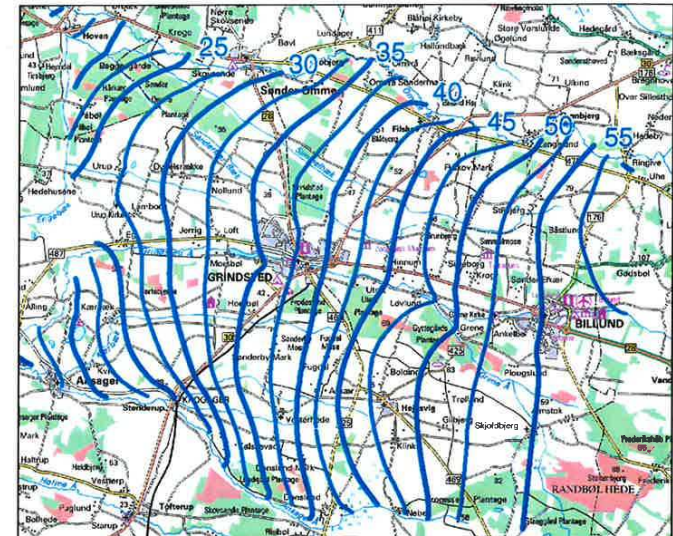


Målestok 1:2.500.000

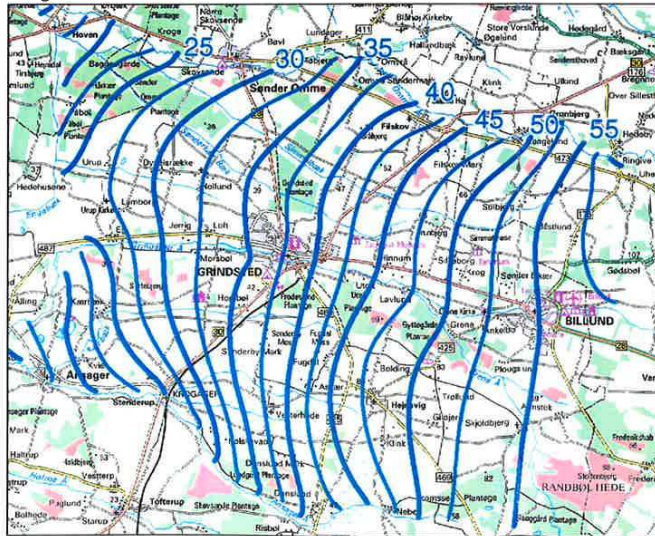
Lag 1



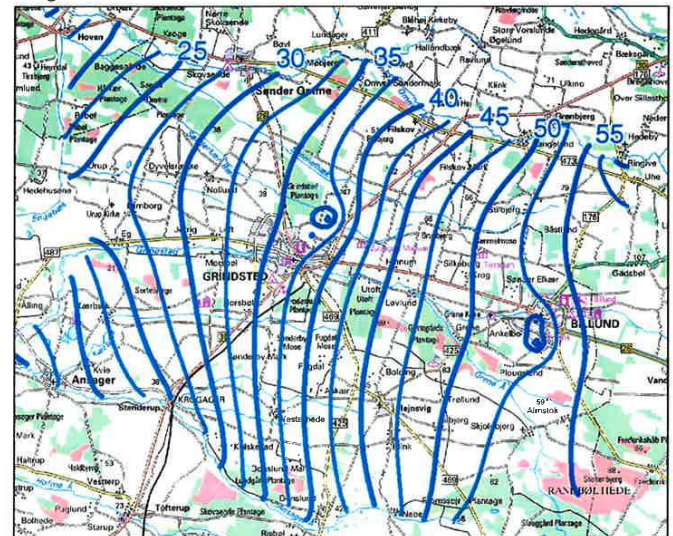
Lag 3



Lag 5



Lag 7



Figur 2.3 Potentialeforhold i lag 1, 3, 5 og 7 (simul. 28)



WaterTech a/s

Rådgivende ingeniører - vandforsyning & forurening

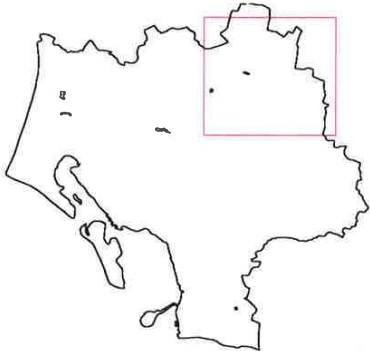
Søndergade 53
Postbox 3
DK - 8000 Århus C

Tlf. + 45 87 32 20 70
Fax + 45 87 32 20 05
E-mail: wt@watertech.dk

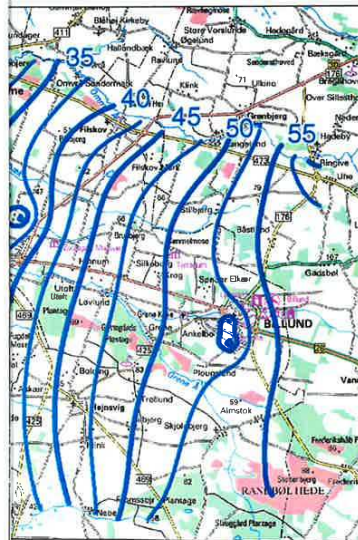
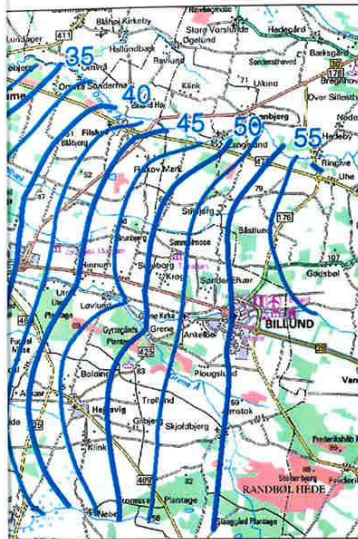
Sag: Kørsler med Grindsted modellen

Rekvirent: Ribe Amt
Sagsnr: 5-50-114
Filnavn: pot.wor
Udført af: MHA
Dato: 03. august 1998

Oversigtskort, Ribe Amt med
markering af undersøgelsesområde



Målestok 1:2.500.000



Figur 2.3 Potentialeforhold i lag 1, 3, 5 og 7 (simul. 28)

Udgangspunkt

Med henblik på at belyse dette yderligere er der foretaget justeringer i hydraulisk ledningsevne for lag 6 og 7.

Ændringer

Den kalibrerede regionale model /1/. Denne model er stationært kalibreret under anvendelse af nedbørs- og indvindingsdata fra 1995.

Der er anvendt følgende hydrauliske ledningsevner for lag 6 og 7 (i parentes er anført ledningsevner fra kalibreringssituationen):

- lag 6, hor. hydr. ledn.-evne 10^{-8} m/s (10^{-7} m/s)
- lag 6, ver. hydr. ledn.-evne 10^{-8} m/s (10^{-7} m/s)
- lag 7, hor. hydr. ledn.-evne 10^{-4} m/s (5×10^{-4} m/s)
- lag 7, ver. hydr. ledn.-evne 10^{-5} m/s (5×10^{-5} m/s)

Resultater (stationære)

Med disse ændringer er regionalmodellen kørt stationært. Beregnede stationære potentialer, der er anvendt som startpotentialer for den efterfølgende dynamiske kørsel i 50 døgn, er vist i figur 2.3.

Ved at sammenholde denne nye stationære kalibrering med den tidligere kalibrering (figur 4.5 i /1/), kan følgende forhold bemærkes:

- beregnede potentialer for lagene 1, 3 og 5 er stort set identiske
- de nye kalibrerings beregnede potentialer for lag 7 er i Grindsted-området (og Billund-området) 1 – 2 m lavere end potentialerne beregnet med den tidligere kalibrering.

Årsagen til, at den nye kalibrering beregner lavere potentialer i Grindsted- og Billundområdet er primært, at den hydrauliske ledningsevne for modellens lag 7 er formindsket med en faktor 5, hvilket giver anledning til større sænkninger ved de store kildepladser.

Generelt er der fin overensstemmelse mellem målte og beregnede potentialer, hvorfor de potentialer, der er beregnet med den nykalibrerede model, ikke er urealistiske.

Ændringer

Med henblik på dynamisk kørsel af denne stationære model er der indsat en observationsboring med placering og filterplacering som GVII, filter 1.

Der er anvendt følgende indvindingsfordeling for Grindsted Vandværk (i parentes er anført indvindingsfordelingen fra kalibreringssituationen):

- kildeplads 2, lag 3 $56 \text{ m}^3/\text{t}$ ($36 \text{ m}^3/\text{t}$)
- kildeplads 2, lag 7 $168 \text{ m}^3/\text{t}$ ($23 \text{ m}^3/\text{t}$)
- kildeplads 3, lag 3 $56 \text{ m}^3/\text{t}$ ($52 \text{ m}^3/\text{t}$)
- kildeplads 3, lag 7 $168 \text{ m}^3/\text{t}$ ($163 \text{ m}^3/\text{t}$)
- total indvinding $448 \text{ m}^3/\text{t}$ ($274 \text{ m}^3/\text{t}$)

Denne indvindingsfordeling svarer til, at 75 % af indvindingen sker fra lag 7, samt at indvindingen er ligeligt fordelt på de to kildepladser. Det vides ikke, om en sådan indvindingsfordeling faktisk har fundet sted, men det er vurderet, at den ikke er urealistisk.

Resultater (dynamiske)

Det beregnede sænkingsforløb i en observationsboring, svarende til GVII, filter 1, er vist på figur 2.2. Det fremgår, at den beregnede sænkning efter 50 døgn er ca. 1,5 m, hvilket er fint overensstemmende med den faktisk målte sænkning.

På den baggrund konkluderes det, at lavere hydrauliske ledningsevner for lag 6 og 7 kan udgøre en meget væsentlig del af forklaringen på de målte sænkninger.

3 Vurderinger og anbefalinger

Modelændringer

De gennemførte modelkørsler viser, at de målte, meget store variationer, i vandspejlet i det dybe grundvandsmagasin (lag 7) kan simuleres, hvis grundvandsmodellen ændres. Ændringerne kan bestå i nedsættelse af den hydrauliske ledningsevne for lag 6 og 7 (simulering 28). Endvidere kan magasinbegrænsninger i lag 7 have stor indflydelse på sænkningerne (simulering 19).

Prøvepumpning

Af disse to alternative muligheder vurderes det, at usikkerheden om de hydrauliske ledningsevner er størst. Det foreslås derfor, at der gennemføres en kontrolleret prøvepumpning i området ved Grindsted med henblik på nærmere at afklare disse forhold.

Datafejl ?

De målte sænkninger er overraskende store, og det har været overvejet, om der kan være fejl i data, hvilket der dog ikke er fundet tegn på. En kontrolleret prøvepumpning i området vil kunne virke som en verificering af de målte data.

Prøvepumpningen kan formentlig gennemføres med Grindsted Vandværk i normal eller næsten normal drift med detaljeret registrering af oppumpningsmængder og kontinuerlig pejling i relevante boringer i området.

Pejleboringer

Det vil være relevant at pejle i boringer, som ligger i eller tæt på Grindsted, med henblik på at afklare lokale forhold, der især har betydning for forureningsspredning fra DIGR. Det vil endvidere være relevant at pejle i boringer, der ligger i en afstand på nogle kilometer fra Grindsted, med henblik på at afklare regionale forhold, der eksempelvis har betydning for vurdering af markvandingens effekt på vandføringen i åerne.

Pejling i boringer, som ligger nogenlunde jævnt fordelt i området omkring pumpeboringen, vil desuden give mulighed for at belyse eventuelle anisotropiske forhold i det dybe grundvandsmagasin. I den sammenhæng kan eksistensen af eventuelle begravede dale eventuelt blive belyst.

Fortolkning

Resultaterne af prøvepumpningen kan tolkes traditionelt, og supplerende kan prøvepumpningsforløbet simuleres i grundvandsmodellen med henblik på at opnå en dynamisk kalibrering af modellen.

Konsekvenser

Såfremt det viser sig, at den hydrauliske ledningsevne for lag 6 og 7 er mindre end hidtil antaget, kan det have indflydelse på flere af de allerede gennemførte modelkørsler. Eksempelvis kan oplandet for vandværkets indvinding på kildeplads 2 forventes at omfatte dele af området under DIGR's fabriksgrund. Det er dog ikke fundet formålstjenligt at vurdere disse konsekvenser nærmere, da det nuværende grundlag vurderes at være for spinkelt.

4 Referencer

1. Ribe Amt
Grundvandsmodel for Grindsted-området
Hoved- og bilagsrapport
Kemp & Lauritzen, Vand & Miljø, oktober 1997.