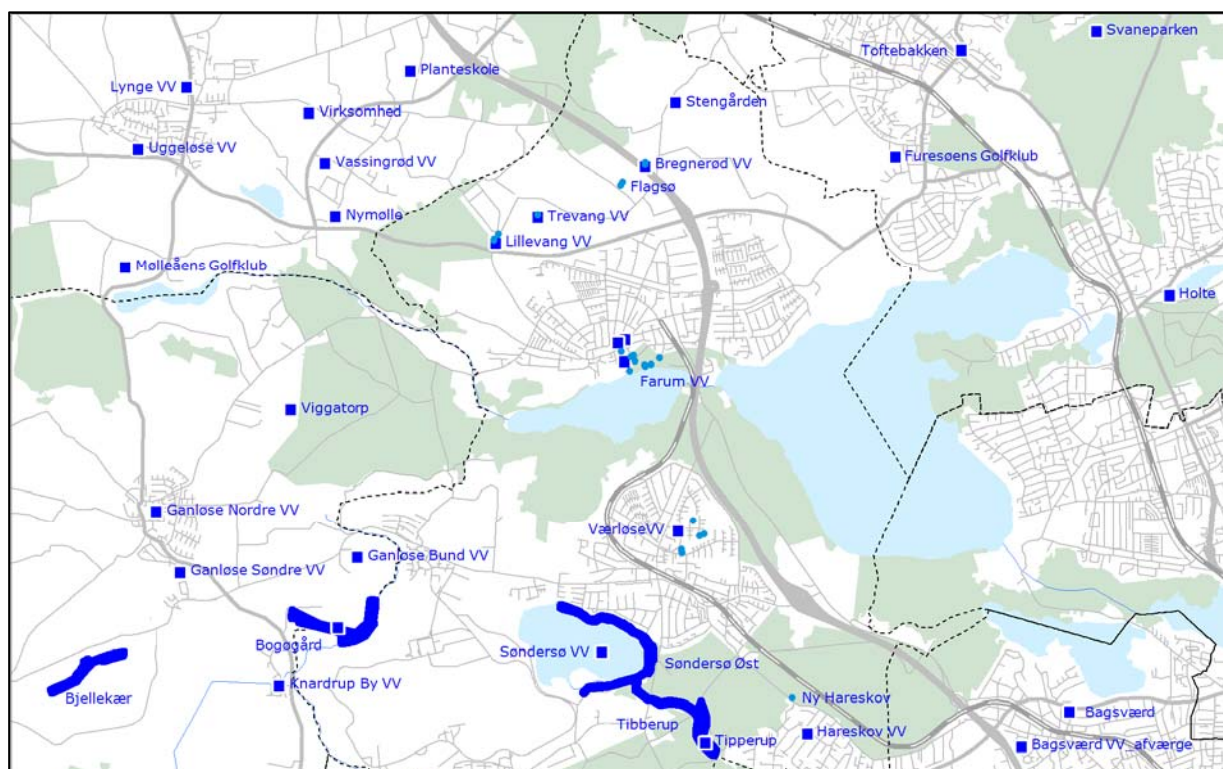


Til
Furesø Vandforsyning

Dokumenttype
Rapport

Dato
Oktober, 2015

VVM FOR FURESØ VANDFORSYNING RESULTATER FRA LOKAL GRUNDVANDSMODEL



VVM FOR FURESØ VANDFORSYNING RESULTATER FRA LOKAL GRUNDVANDSMODEL

Revision **1**
Dato **2015-10-23**
Udarbejdet af **Kristinan Bitsch, Marlene Ullum**
Kontrolleret af **Michael Olesen**
Godkendt af **Marlene Ullum**
Beskrivelse **Præsentation af modelresultater for Furesø Vandfor-
syning i forbindelse med VVM for forlængelse af ind-
vindingstilladelserne**

Ref. 1100017458

INDHOLD

1.	BAGGRUND OG FORMÅL	1
2.	MODELSCENARIER	2
3.	MODELRESULTATER	4
3.1	Vandføringer	4
3.2	Grundvandsstand og trykniveauer	6
3.3	Vandudveksling i de terrænnære lag	10
4.	REFERENCER	12

FIGURLISTE

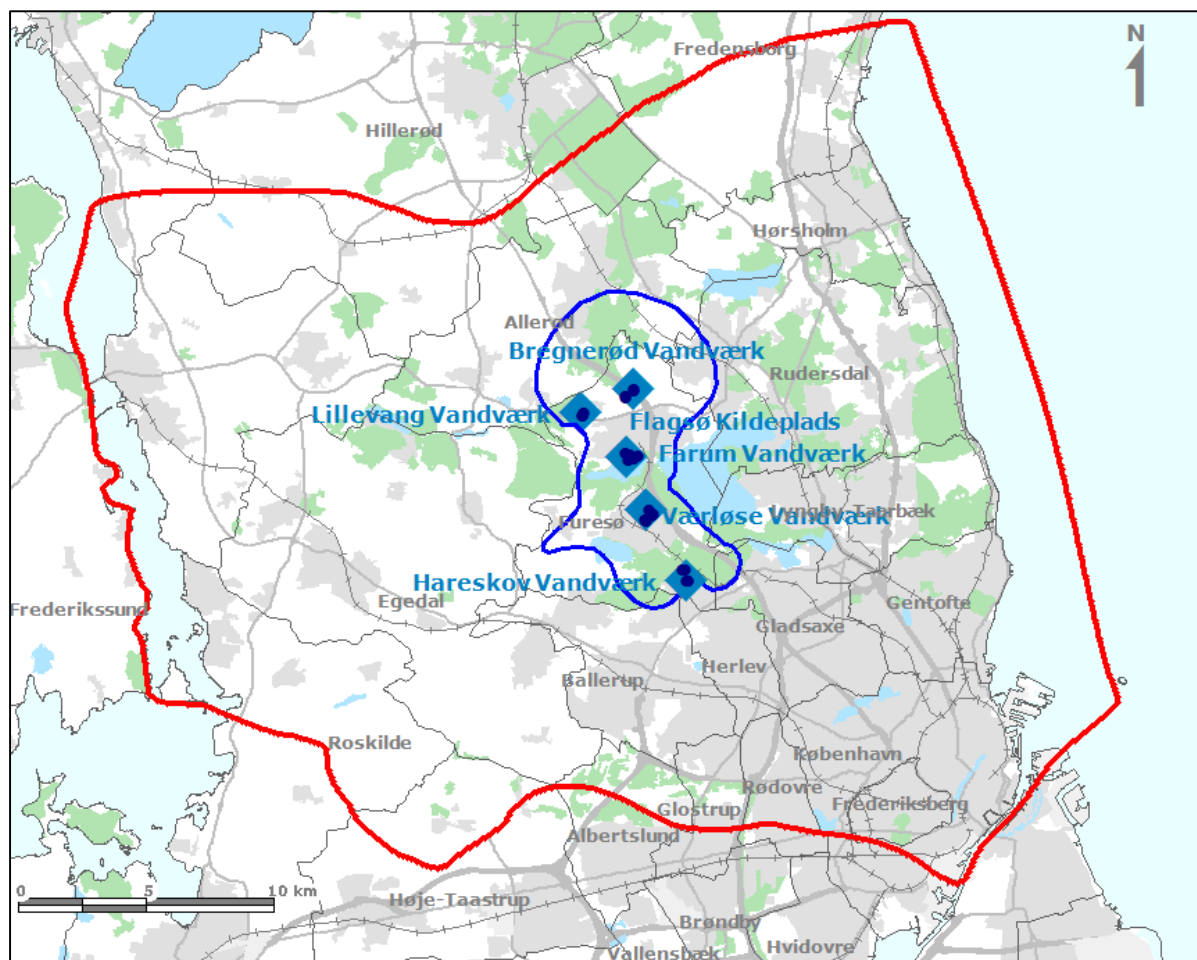
Figur 1.1	Afgrænsning af modelområde.	1
Figur 3.1	Vandløbsmålestationer.	5
Figur 3.2	Trykniveauændring (m) i kalkmagasinet (det primære magasin) for scenarie 2 beregnet i forhold scenarie 0. De blå farver repræsenterer et fald i trykniveau, de grønne farver viser at trykket stiger.	6
Figur 3.3	Simuleret trykændring i det terrænnære lag. Scenarie 1 i forhold til scenarie 0. Ændringer med grøn farve sier en trykstigning, den orange farve er et trykfald	7
Figur 3.4	Simuleret trykstigning i det terrænnære lag. Scenarie 2 i forhold til scenarie 0.	8
Figur 3.5	Ændringer i magasinforhold i sand 3, som udgør den øvre del af grundvandsmagasinet i scenarie 2. Orange: Fra artesisk til spændt. Turkis: Fra spændt til artesisk.	9
Figur 3.6	Områder hvor den umættede zone er mindre end 5 m tyk.....	10
Figur 3.7	Modelleret ændring i opadrettet flow for scenarie 2 ved sammenligning med referencescenariet. Ændringer under 20 mm/år vurderes at ligge indenfor grundvandsmodellens usikkerhed og betragtes som en uvæsentlig påvirkning.	11

1. BAGGRUND OG FORMÅL

I forbindelse med de to VVM-redegørelser for vandindvindingen på kildepladserne til Furesø Vandforsyning a.m.b.a., er der opstillet en lokal grundvandsmodel for området omkring Farum og Værløse. Modelområdet er vist på Figur 1.1.

Den opstillede lokalmodel er opstillet i modelværktøjet MIKE SHE og med udgangspunkt i det tidligere Naturstyrelsen Roskildes integrerede vandressourcemodel for Sjælland kaldet Sjællandsmodellen /1/. Modellen er opstillet som en fuldt integreret dynamisk model, der beskriver hele det landbaserede hydrologiske kredsløb. Modellen er valideret mod observerede vandføringer og trykniveauer i henhold til GEUS' anbefalinger for grundvandsmodeller /2/. Dokumentation af modellen og resultatet af valideringen fremgår af /3/.

Med baggrund i den opstillede grundvandsmodel for området omkring Farum og Værløse er der gennemført en lang række modelscenarier til belysning af mulige effekter ved at omfordele Furesø Vandforsynings vandindvinding samt ved at etablere en ny kildeplads vest for Bregnerød Vandværk. Den nye kildeplads, kaldet Flagsø Kildeplads, er under etablering, og med den vil den fremtidige indvinding til Furesø Vandforsyning kunne beskrives ved to scenarier. De to modelscenarier samt resultater fra disse fremgår af dette notat.



Figur 1.1 Afgrænsning af modelområde.

2. MODELSCENARIER

Med udgangspunkt i Furesø Vandforsynings indvindingsansøgninger er der, defineret to indvindings-scenarier, som skal beskrive konsekvenserne ved at omfordele indvindingen mellem kildepladserne ift. den nuværende indvinding, både nord og syd for Farum Sø og Furesøen, samt ved at etablere den nye Flagsø Kildeplads.

I Tabel 2.1 er de aftalte indvindings-scenarier sammenstillet med nuværende og ansøgte indvindingsstilladelser på kildepladserne omkring Farum og Værløse, hhv. Farum Nord og Farum Syd. I den sydlige del fastholdes den ansøgte indvinding på det eksisterende niveau svarende til 1.222.000 m³ om året fordelt på kildepladsen i Værløse og den nye kildeplads i Hareskov. For den nordlige del af vandforsyning er den ansøgte indvinding reduceret med 100.000 m³ således at der ansøges om i alt 1.200.000 m³/år som fordeles på kildepladserne ved Lillevang, Farum og Bregnerød vandværker samt på den nye Flagsø kildeplads.

Som grundlag for at kunne vurdere betydningen på omgivelserne fra den ansøgte vandindvinding er der fastlagt en referencesituation, kaldet **scenarie 0**, som kan betragtes som et repræsentativt sammenligningsgrundlag inden for gyldighedsperioden for den ansøgte vandindvindingsstilladelse, dvs. 30 år. Som udgangspunkt er det valgt at anvende en referenceindvinding svarende til middelindvindingen i den 12-årige periode 1994-2005. Det er dog valgt at afvige for dette på de nordlige kildepladser, da der i den periode har været store udsving på indvindingsmængderne på disse kildepladser. Lillevang Vandværk har siden 2007 indvundet vand på en midlertidig indvindingsstilladelse, der er væsentlig større end vandværkets oprindelige tilladelse på 70.000 m³. Den samlede indvindingsmængde anvendt i referencescenariet for de nordlige kildepladser svarer til den samlede mængde der blev indvundet i perioden 1994-2005. Fordelingen på de nordlige kildepladser i referencescenariet er tilrettet sådan, at den er svarende til den aktuelle fordeling i perioden.

Ud over Furesø Vandforsynings kildepladser har HOFOR kildepladser i den sydlige del af kommunen, hvor der indvindes en betydelig mængde vand til Sønderøsværket. HOFOR har ansøgt nye indvindingsstilladelser og udarbejdet VVM for disse. De fremtidige indvindingsmængder er anvendt i denne lokalmodel for at medtage eventuelle kumulative effekter, se Tabel 2.1. For vandindvindinger i større afstand til Furesø Vandforsynings kildepladser er de indvindingsmønstre, som i forvejen er indlagt i modellen fra Naturstyrelsen Roskildes side, bibeholdt i lokalmodellen.

Scenarie 0 viser således ikke de effekter, som nabovandforsyningernes eventuelt ændrede indvinding alene vil medføre. Det er disse vandforsyninger, som skal redegøre for eventuelle effekter i deres respektive ansøgninger og eventuelle VVM-redegørelser. Effekter afledt af HOFORs ændringer i den fremtidige indvinding kan således findes i den tilhørende VVM for Sønderøsværket.

Afværgpumpningerne på Flyvestation Værløse og på Kirke Værløsevej indgår i alle modelscenarierne, da de har en lang tidshorisont, og derfor ikke kan påregnes afsluttet inden for indvindingsstilladelsens gyldighedsperiode på forventelig 30 år.

Da Furesø Vandforsyning ønsker en vis fleksibilitet i vandindvindingen på de nordlige kildepladser - blandt andet af hensyn til de mange grundvandstruende forureningskilder i oplandet til Farum Vandværk - er der i Tabel 2.1 vist to fremtidige indvindings-scenarier udover referencescenariet 0.

Fordeling af vandindvindingen på de to sydlige kildepladser Værløse og Hareskov er den samme i begge de fremtidige scenarier. På de nordlige kildepladser leverer Lillevang og Bregnerød drikkevand som grundlastværker med en fast maksimal ydelse på hhv. 70.000 og 220.000 m³/året. Farum Vandværk leverer sammen med den nye Flagsø kildeplads spidsbelastningen og de to kildepladser dækker det resterende indvindingsbehov på op til 810.000 m³/år.

Minimumskapaciteten, svarende til den teknisk laveste kapacitet som anlægget kan køre med, er for Farum Vandværk på 180.000 m³/år og tilsvarende er minimumskapaciteten for Lillevang vandværk 250.000 m³. Da Lillevang vandværk behandler vandet fra både Flagsø Kildeplads og boringer ved Lillevang vandværk er minimumsbidraget fra Flagsø kildeplads 180.000 m³/år.

De to fremtidige scenarier definerer således yderpunkter i en fleksibel indvindingsstrategi, hvor kravet er en minimums indvinding på 180.000 m³ fra både Flagsø kildeplads og boringerne ved Farum vandværk. Indvindingsfordelingen fremgår af Tabel 2.1.

Vandværk og/eller kildeplads	Tilladelse	Ansøgt	Scenarie 0	Scenarie 1	Scenarie 2
Furesø Vandforsyning – nordlige del af kommunen (x 1.000 m³/år)					
Farum Vandværk			910	630	180
Bregnerød Vandværk			220	220	220
Lillevang Vandværk kildeplads	250 (midlertidig)		70	70	70
Flagsø Kildeplads, Lillevang			0	180	630
Farum Nord	1.200	1.100	1.200	1.100	1.100
Furesø Vandforsyning – sydlige del af kommunen (x 1.000 m³/år)					
Værløse Vandværk	852	1222	781	977	
Hareskov Vandværk	245		158	0	
Hareskov Vandværk, ny kildeplads			0	245	
Flyvestation Værløse	125		44	0	
Farum Syd	1.222	1.222	983	1.222	
Afværgeboringer (x 1.000 m³/år)					
Kirke Værløsevej, afværge	0		178	178	
Flyvestation Værløse – afværge	0		298	298	
HOFOR - Kildepladser ved Søndersøværket (x 1000 m3/år)					
- Bjellekær	19.000	1.200	927	927	
- Bogøgård		1.800	1.762	1.762	
- Egholm		1.300	1.214	1.214	
- Kildedal		0	316	316	
- Øst		4.500	3.665	3.665	
- Vest		1.800	1.856	1.856	
- Tibberup		2.600	2.218	2.218	
Søndersøværket, samlet	19.000	13.200	11.958	11.958	

Tabel 2.1 Indvindingsscenarier

3. MODELRESULTATER

Med baggrund i den opstillede lokale grundvandsmodel og de i kapitel 2 opstillede modelscenarier er der gennemført modelsimuleringer.

Modelsimuleringerne er kørt som dynamiske modelsimuleringer over en periode på 7 år. Som klimainput for denne periode er anvendt data fra perioden 1999-2005. Til alle scenarieberegningerne er der anvendt samme startbetingelserne for trykniveauerne og disse repræsenterer indvindingsfordelingen i scenarie 0.

Resultaterne af de udførte modelscenarier er efterfølgende analyseret ved at sætte dem i relation til referencescenariet – scenarie 0.

Til belysning af mulige effekter af en ændret indvinding er der udtrukket resultater af følgende forhold:

- Vandføring ved udvalgte vandløbsstationer
- Flow mellem de øverste to modellag
- Trykniveau i øverste modellag
- Trykniveau i det primære kalkmagasin
- Magasinformhold i det primære magasin
- Vandbalance

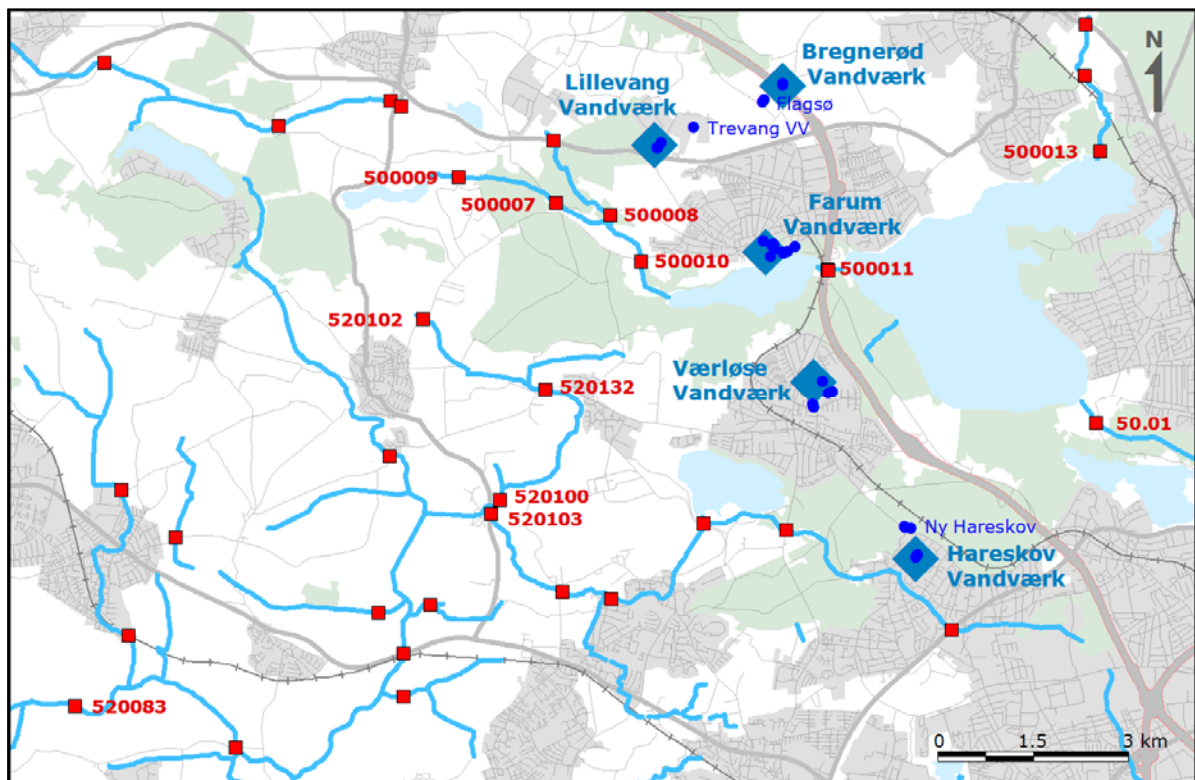
3.1 Vandføringer

Med henblik på at kvantificere effekten af ændret indvinding på vandløbsafstrømningen er den simulerede årlige minimumsvandføring udtrukket ved en række målestationer i Hestetangså, Vassingerødløbet, Mølleåen, Bundså, Jonstrup å og Værebroså. Placering af målestationer fremgår af Figur 3.1.

De årlige minimumsvandføringer er udtrukket for de sidste 4 år i simuleringsperioden, som klimatisk repræsenteres af årene 2002-2005. På trods af den korte periode med 4 år, kan middel af de årlige minimumsvandføringer betragtes som en medianminimumsvandføring. Ændringer i simuleret medianminimumsvandføring i forhold til scenarie 0 er vist i Tabel 3.1 sammen med kravværdien til medianminimumsafstrømningen angivet i den gældende vandplan.

Som det fremgår af Tabel 3.1, ses den største samlede nedgang i medianminimumsvandføringen ved indvindingsscenarie 1. Den største simulerede reduktion er på 0,2 l/s hvilket er på niveau med modelusikkerheden. Det er ændringer som man ikke vil kunne dokumentere ved at målte vandføringer.

Den største ændring i medianminimumsafstrømningen er en stigning på 1,8 l/s, og ses i afløbet fra Farum Sø til Furesø (Fiskebæk -station 500011) og som følge deraf øges også afløbet fra Furesø til Mølleå (Mølleå – station 50.01). Bortset fra en lille reduktion i vandføringen ved Værebroså, ses ellers små generelle stigninger på de øvrige vandløbsstrækninger.



Figur 3.1 Vandløbsmålestationer.

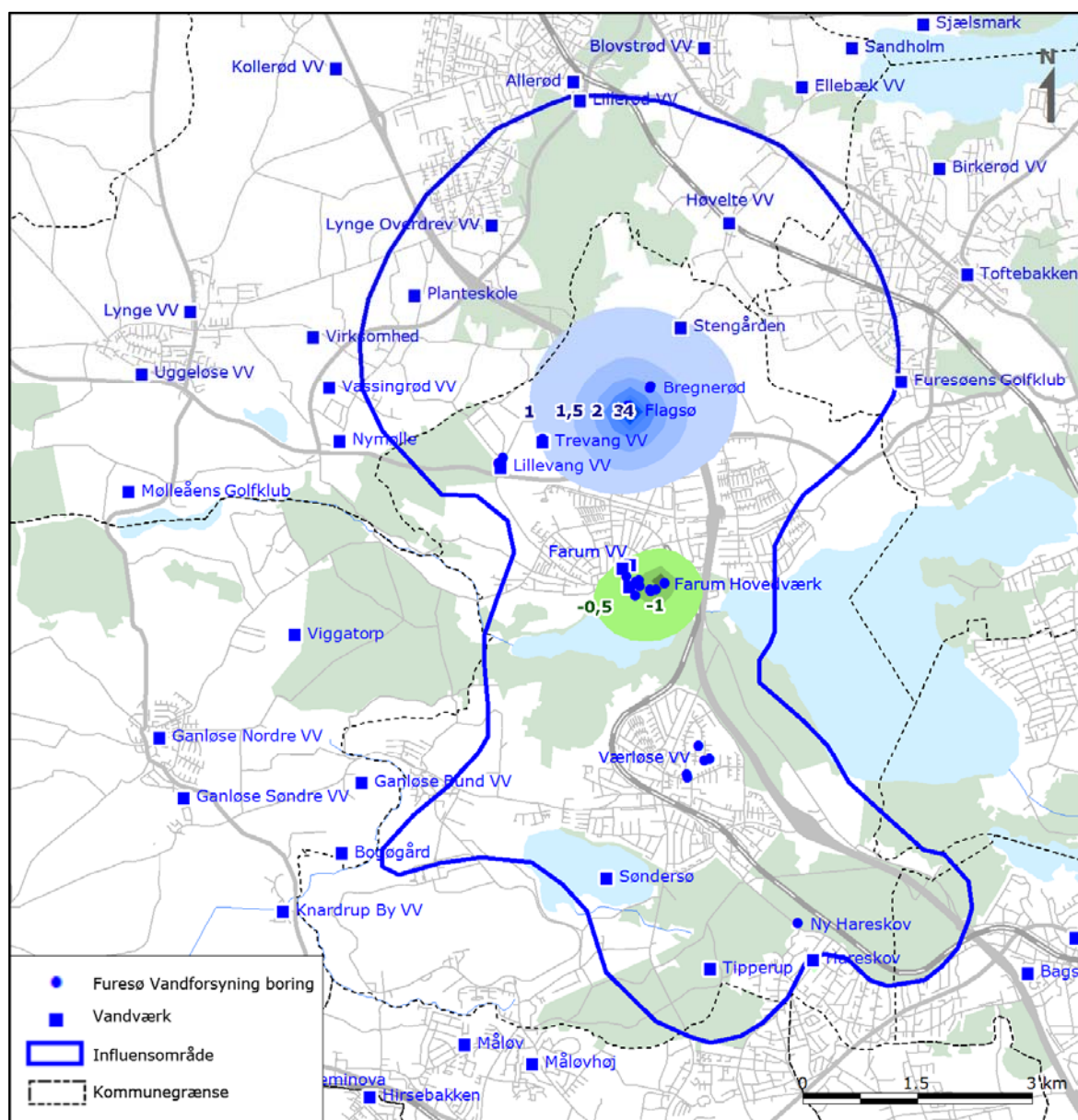
Vandløbs-Strækning	Stations nr.	Målkrav Q_{medmin} l/s	Aktuel Q_{medmin} l/s	Ændringerne i Q_{medmin} , ift Sce. 0 (l/s)	
				Sce. 1	Sce. 2
Nordlige forsyningsområde					
Dumpedalsrende	500013	12	0,1	0,0	0,1
Vassingerødløbet	500008	4	4,2	0,0	0,0
Hestetangså	500009	3	2,3	0,0	0,0
Hestetangså	500007	18	17,9	0,0	0,1
Hestetangså	500010	6	38,5	0,2	0,1
Fiskebæk	500011	44	44,5	-0,5	-1,8
Mølleå	50.01	169	175,1	-0,3	-1,8
Sydlige forsyningsområde					
Bundså	520102	0	0,0	0,1	0,0
Bundså	520132	2	2,0	0,2	0,1
Bundså	520100	4	7,0	0,0	0,0
Jonstrup å	520103	29	69,0	0,2	0,1
Værebros Å	520083	127	142,9	-0,0	-0,1

Tabel 3.1 Ændring i medianminimumsvandføring beregnet i forhold til scenarie 0. De rødt markerede aktuelle eller ændrede værdier for vandføring angiver hvor medianminimumafstrømningen ligger under kravværdien. Positive værdier angiver en reduktion i vandføring og negative værdier viser at vandføringen stiger.

3.2 Grundvandsstand og trykniveauer

Til afgrænsning af det maksimale influensområde fra en ændret fremtidig indvinding er det simulerede trykniveau i det primære grundvandsmagasin i kalken udtrykket. Trykniveauet er udtrykket som et middeltrykniveau for de to sidste simuleringsår 2004-2005.

Ændringer i trykniveauet i kalkmagasinet for scenarie 2 i forhold til scenarie 0 er præsenteret i Figur 3.2. På figuren er der markeret et "influensområde". Influensområdet er i denne sammenhæng defineret som det område, hvor trykniveauet i kalkmagasinet påvirkes $> 0,1$ meter i mindst et af de udførte modelscenarier.



Figur 3.2 Trykniveauændring (m) i kalkmagasinet (det primære magasin) for scenarie 2 beregnet i forhold til scenarie 0. De blå farver repræsenterer et fald i trykniveau, de grønne farver viser at trykket stiger.

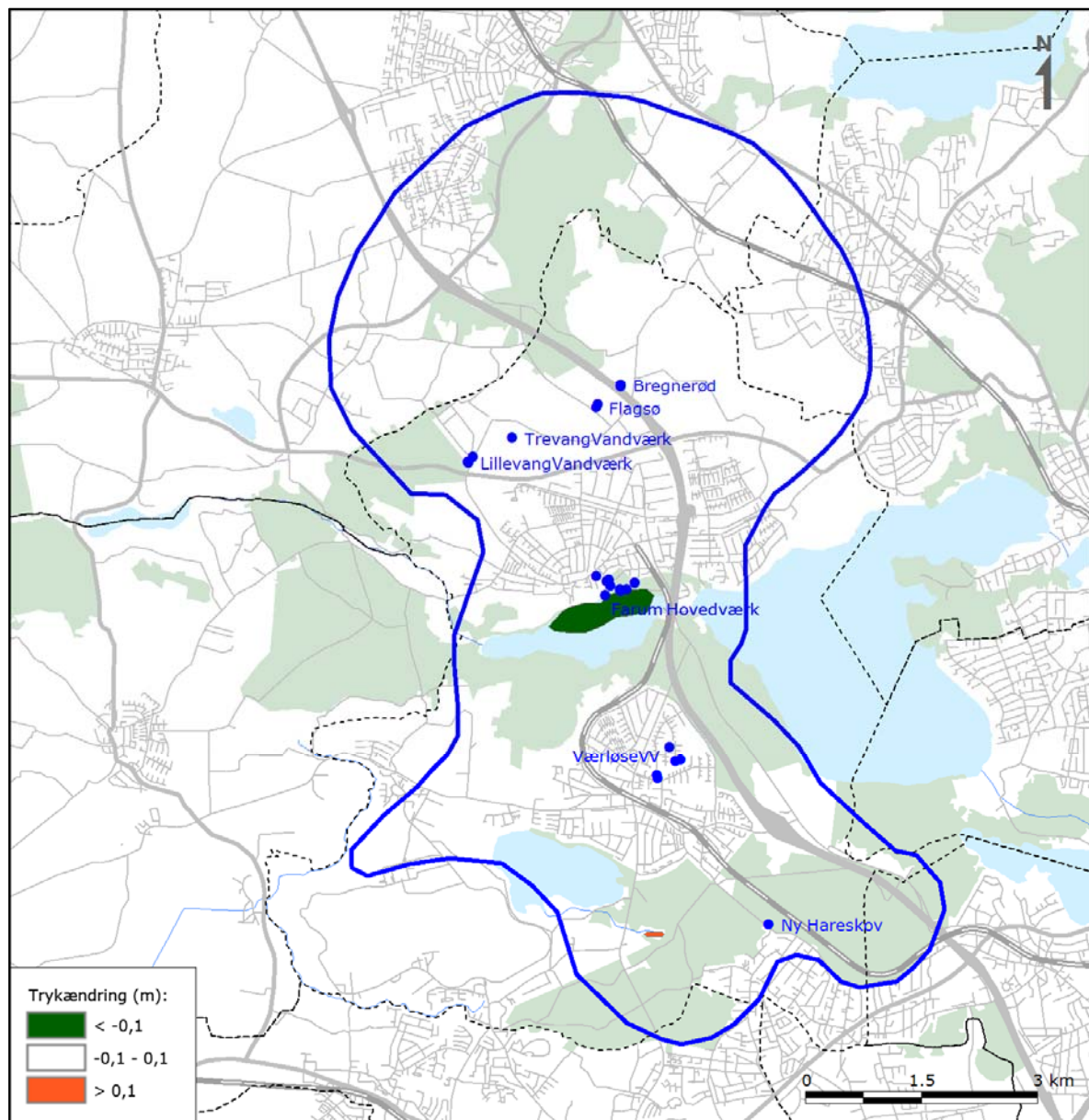
Scenarie 2 indeholder de største ændringer i forhold til scenarier 0, hvilket også fremgår af Tabel 3.2. Her ses at trykniveauet i scenarie 1 maksimalt stiger 0,7 m og falder 1,4 m, hvorimod de tilsvarende værdier for scenarie 2 er en maksimal stigning på 2 m og en stigning på 4,9 m. Det maksimale fald i trykniveauet finder sted i den beregningscelle hvor den nye Flagsø kildeplads etableres og afspejler sænkningstragten omkring borerne.

Da indvindingen reduceres ved Farum vandværk ses her en mindre stigning af trykniveauet i kalken.

Tabel 3.2 Ændring i grundvandstand i det primære magasin i forhold til scenarie 0

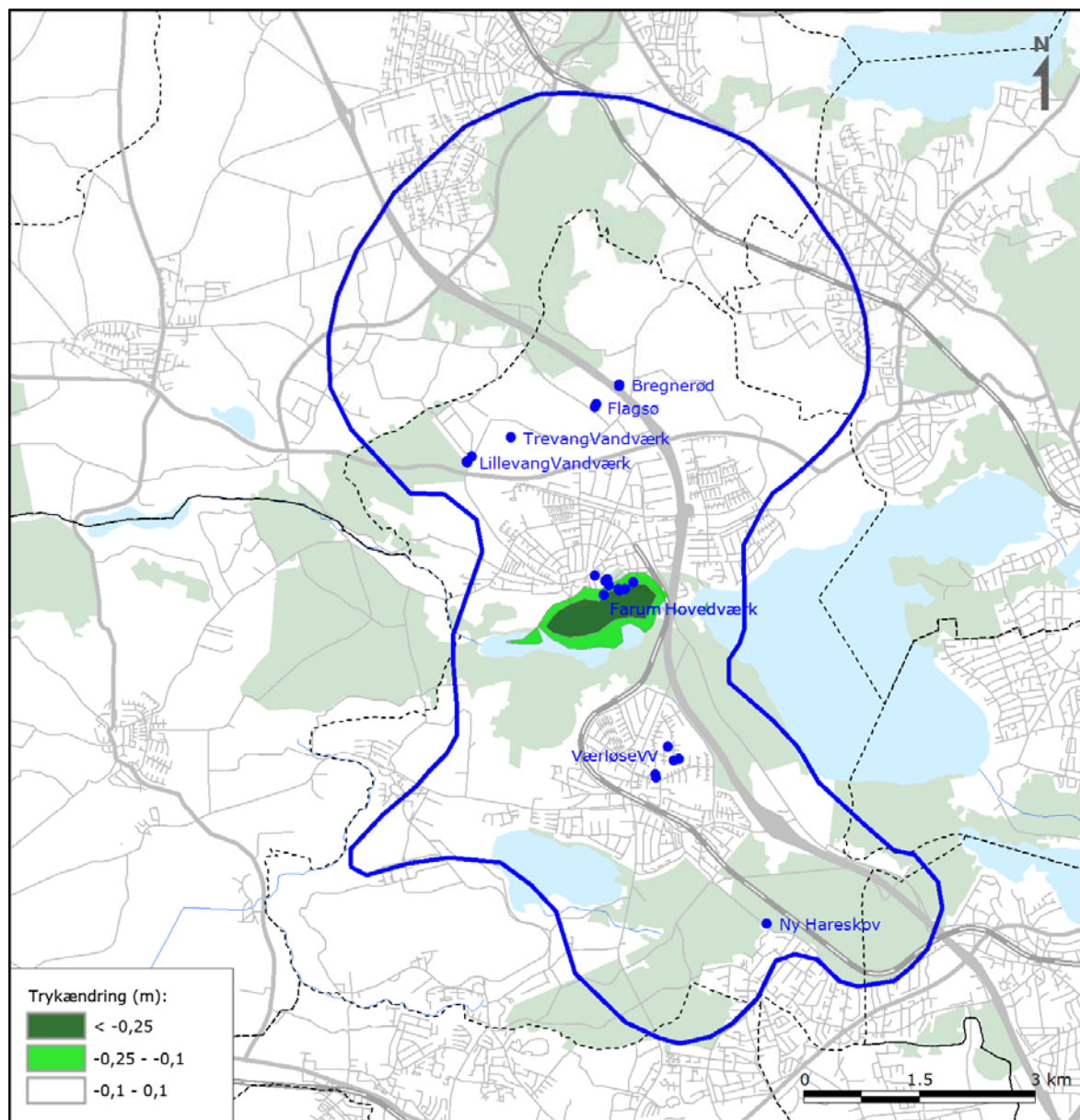
Maks. sænkning, Scenarie 1 (m)	Maks. stigning, Scenarie 1 (m)	Maks. sænkning, Scenarie 2 (m)	Maks. stigning, Scenarie 2 (m)
1,4	0,7	4,9	2,0

Ændringer i trykniveauet i det terrænnære lag er vurderet ved udtræk af trykniveau i det øverste modellag. Områder med trykændringer i det terrænnære lag kan give et fingerpeg om, hvor der potentielt kan være problemer for vådområder. Trykniveauet i det terrænnære lag er udtrukket som et middelgrundvandsspejl for de to sidste simuleringsår 2004-2005 og fremgår af Figur 3.3 og Figur 3.4.



Figur 3.3 Simuleret trykændring i det terrænnære lag. Scenarie 1 i forhold til scenarie 0. Ændringer med grøn farve sier en trykstigning, den orange farve er et trykfald

Det fremgår af begge figurer, at der generelt kun sker mindre ændringer af grundvandsstanden i det øverste modellag. I scenarie 1 ses et enkelt lille område syd for Søndersø, hvor trykniveauet falder mere end 10 cm. Største ændring i begge scenarier er trykstigningen ved Farum Vandværk, hvor indvindingen reduceres og flytte til den nye Flagsø kildeplads. De maksimale trykstigninger og trykfald fremgår af Tabel 3.3.



Figur 3.4 Simuleret trykstigning i det terrænnære lag. Scenarie 2 i forhold til scenarie 0.

Tabel 3.3 Ændring i trykniveau i det terrænnære lag i forhold til scenarie 0

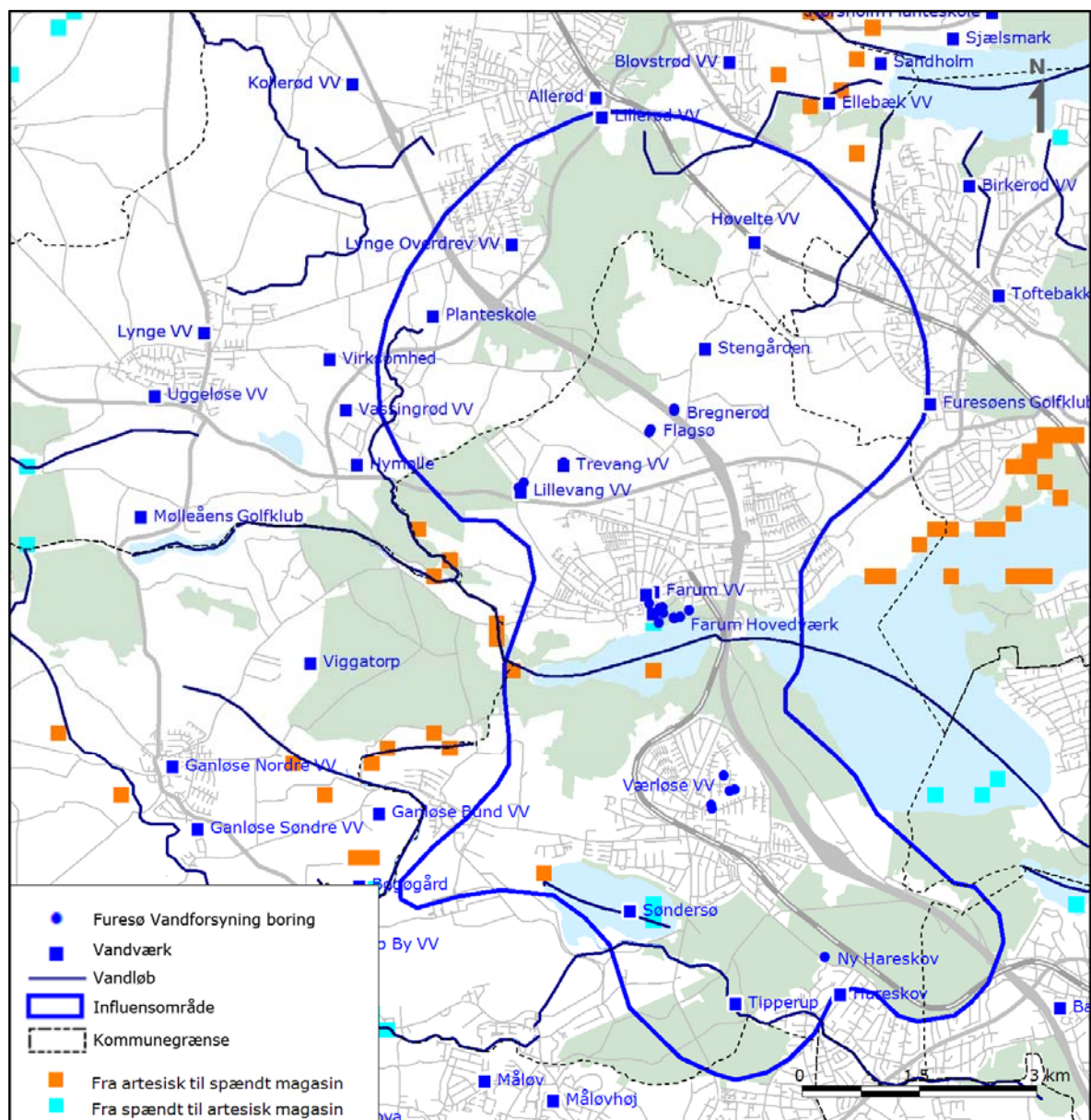
Maks. sænkning, Scenarie 1 (m)	Maks. stigning, Scenarie 1 (m)	Maks. sænkning, Scenarie 2 (m)	Maks. stigning, Scenarie 2 (m)
0,1	0,1	0,1	0,4

Trykændringerne i det primære magasin kan medføre ændrede magasinforhold og derfor er det undersøgt om de fremtidige scenarier giver anledning til sådanne ændringer i større områder. Som udgangspunkt er det primære magasin spændt i hele området og for at hindre fremtidig iltning af magasinet ønskes denne situation bevaret.

Fra modellen er de simulerede trykniveauer sammenlignet med topkoten af de primære magasin, som udgøres af et sandlag direkte aflejret oven på kalken. Det undersøges om den fremtidige indvinding resulterer i, at større områder med spændt eller artesisk magasin ændres til områder med frit vandspejl. Derfor er magasinforholdene i scenarie 1 og 2 sammenholdt med de eksisterende magasinforhold.

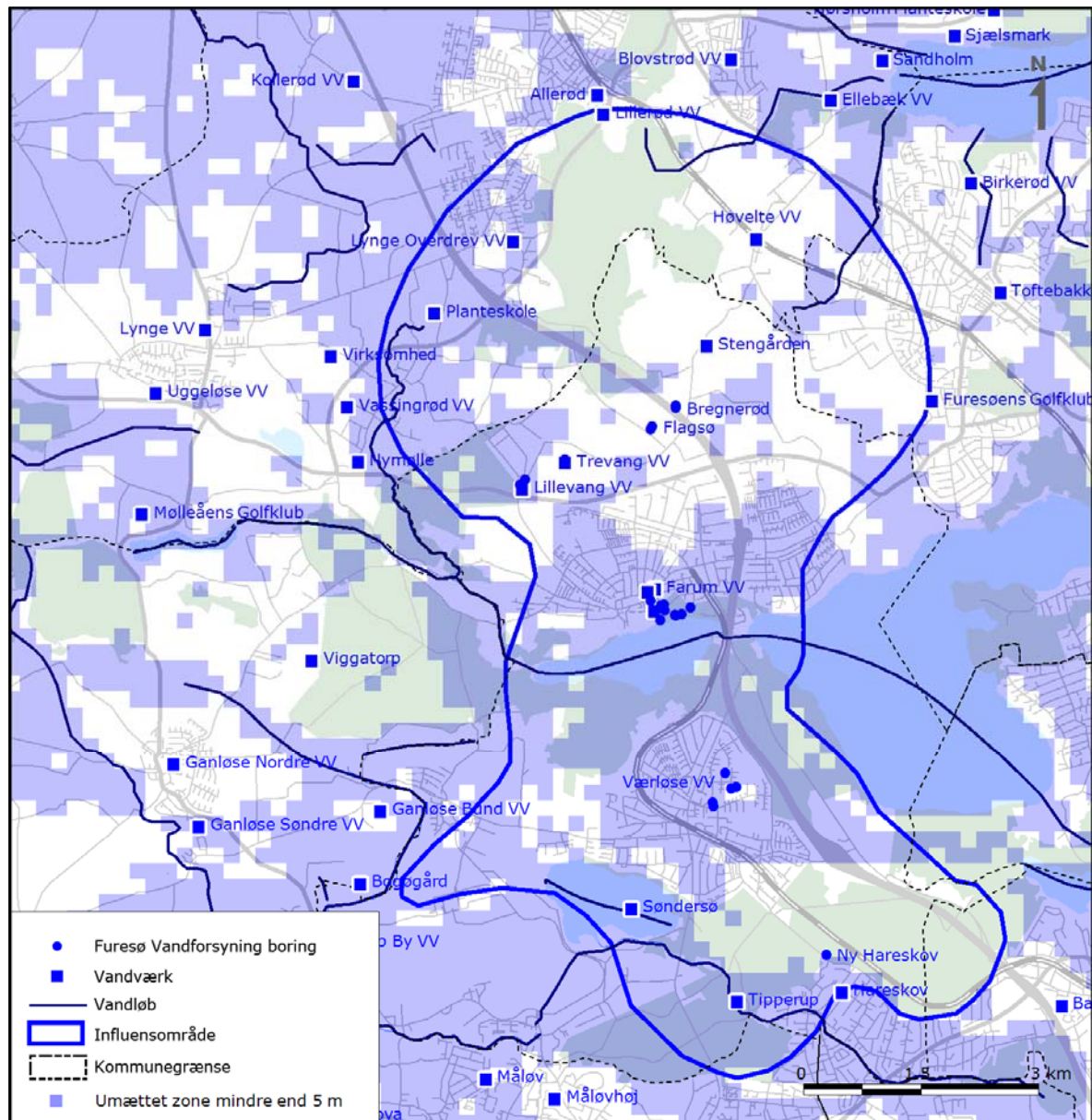
Forholdene i scenarie 1 er uændrede, der er én celle som skifter fra artesisk til spændt magasin (ved Flagsø kildeplads), og tilsvarende én celle der skifter fra spændt til artesisk magasin (Farum Vandværk).

Scenarie 2 giver flere celler, der skifter magasinforhold. Men der er ikke større sammenhængende områder der ændres, og der er ingen gridceller, der skifter til at være frit magasin. Placeringen af gridceller med ændrede magasinforhold fremgår af Figur 3.5.



Figur 3.5 Ændringer i magasinforhold i sand 3, som udgør den øvre del af grundvandsmagasinet i scenarie 2. Orange: Fra artesisk til spændt. Turkis: Fra spændt til artesisk.

Trykniveauet i et grundvandsmagasin betegnes frit i de områder hvor det står lavere end bunden af et eventuelt overliggende lavpermeabelt lag. Under lavpermeable lag kan der optræde en umættet zone, igennem hvilken eventuelle trykændringer i grundvandsmagasinet ikke kan forplante sig til terræn og dermed til vådområder. I områder hvor den umættede tykkelse er større end 5 m vurderes det således at der ikke er kontakt mellem trykniveauet i det øverste terrænnære lag og det dybere liggende vandspejl. Områder hvor den umættede zone er mindre end 5 m er vist på xx og her fremgår det at den umættede zone er stor i den nordlige del af influensområde og i det sydøstlige område af influensområdet. Som forventet er der hydraulisk sammenhæng mellem terræn og de underliggende magasiner i området omkring søerne og vandløbene.

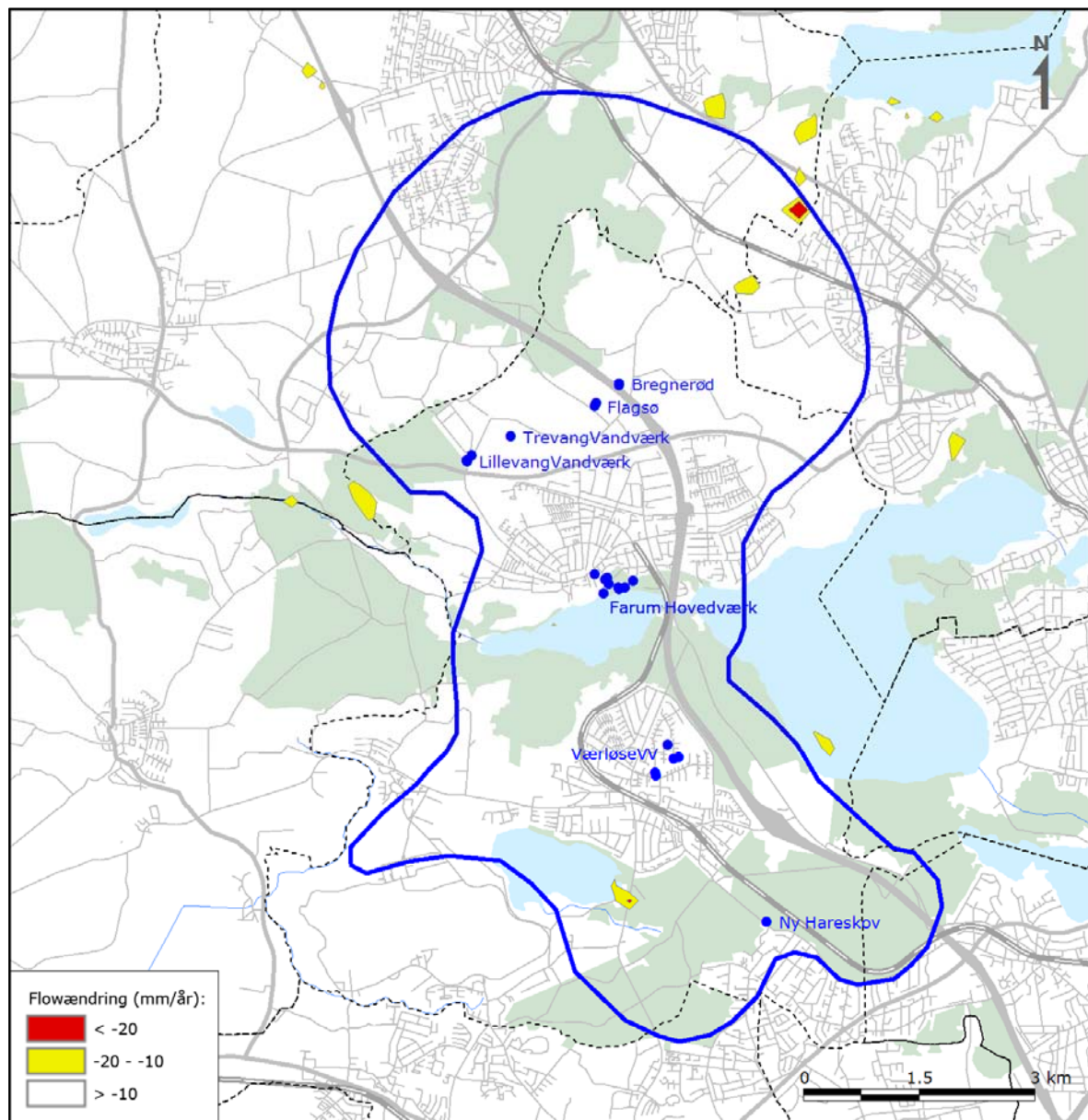


Figur 3.6 Områder hvor den umættede zone er mindre end 5 m tyk.

3.3 Vandudveksling i de terrænnære lag

Som supplement til en vurdering af hvilke våde naturtyper, der potentielt kan være berørt af en ændret indvinding, er der udpeget områder i modellen, hvor den opadrettede grundvandsstrømning reduceres. Disse områder er udpeget ved udtræk af strømmingen mellem de øverste to modelag i de to modelscenarier og sammenlignet med referencescenariet scenarie 0. Strømningen er udtrykt som en middelstrømning for de to sidste simuleringsår 2004-2005.

I Figur 3.7 er med rød signatur vist det ene, meget lille område, hvor den opadrettede strømning i scenarie 2 reduceres mere end 20 mm/år i forhold til scenarie 0. Ændringer under 20 mm vurderes at ligge inden for modellens usikkerhed. De gule områder, som viser ændringer mellem 10 og 20 mm/år er kun medtages for at vise, at der er andre områder, hvor der simuleres ubetydelige ændringer. Som det fremgår af figuren findes kun et enkelt meget lille område på den nordøstlige grænse af influensområdet, hvor det opadrettede flow reduceres med mere end 20 mm. Det lille område svarer til arealet af en enkelt beregningscelle i modellen.



Figur 3.7 Modelleret ændring i opadrettet flow for scenarie 2 ved sammenligning med referencescenariet. Ændringer under 20 mm/år vurderes at ligge inden for grundvandsmodellens usikkerhed og betragtes som en uvæsentlig påvirkning.

4. REFERENCER

- /1/ Sjællandsmodellen - et integreret modelværktøj for det hydrologiske vandkredsløb. Dokumentationsrapport. Miljøministeriet, DHI og Niras. 2009
- /2/ Håndbog i grundvandsmodellering, Sonnenborg & Henriksen. 2005/80 GEUS
- /3/ Furesø Kommune. Modelberegninger og vurderinger til VVM behandling om vandindvindings-tilladelse. Rapport. Juli 2009. Cowi

