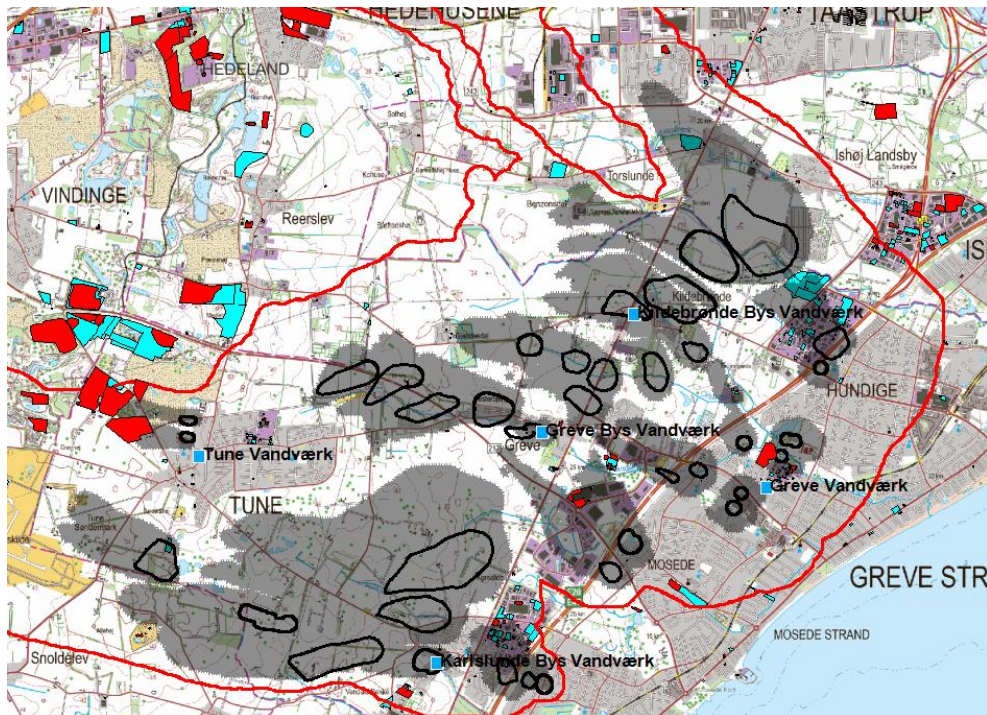


## Revision af Indsatsplan for grundvandsbeskyttelse i Greve området

### Hydrologisk model - Scenarier og oplandsberegninger

Rapport

2015-06-08



ALECTIA A/S

Teknikerbyen 34  
2830 Virum  
Danmark

Tlf.: +45 88 19 10 00  
Fax: +45 88 19 10 01

CVR nr. 22 27 89 16

[www.alectia.com](http://www.alectia.com)  
[jnku@alectia.com](mailto:jnku@alectia.com)

Udarb.: JNKU/Maon      Kontrolleret: JNKU      Godkendt: Greve Kommune

## Indholdsfortegnelse

1	Introduktion .....	4
1.1	Modelberegninger - baggrund og opdatering af modellen.....	4
2	Scenarier.....	6
2.1	Indvindings- og grundvandsdannende opland .....	6
2.1.1	Modelopsætning til partikelbanesimuleringer samt afgrænsning af opland	8
2.1.2	Transporttid og aldershistrogramer .....	9
2.1.3	Usikkerhed på opland .....	9
3	Simuleringsresultater .....	10
3.1	Vandbalance .....	11
3.2	Potentialer.....	14
3.3	Grundvandsdannelse.....	15
3.4	Indvindings- og grundvandsdannende opland .....	16
3.4.1	Beregnet usikkerhed på oplandene .....	17
3.4.2	Transporttid og aldersvurdering .....	17
3.5	Indvindingens påvirkning på recipienter .....	17
3.6	Nedsivningspotentiale ved LAR.....	18
3.7	Bæredygtig indvinding og vandbehov.....	20
3.7.1	Fremtidigt vandbehov .....	20
3.7.2	Krav i vandplanerne .....	21
3.7.3	Påvirkning ved klimaændringer .....	25
3.7.4	Risiko for optrængende grundvand som følge af klimaændringer.....	27
3.7.5	Risiko for saltvands indtræk i de kystnære områder .....	27
3.7.6	Vurderinger Karslunde .....	31
3.7.7	Vurderinger Hundige .....	31
3.8	Arealanvendelse og forureningskilder .....	36
4	Referencer.....	44

## **Bilagliste**

- Bilag 1 Grundvandsdannende- og indvindingsopland  
Tilladelse scenarie
- Bilag 2 Grundvandsdannende- og indvindingsopland  
Budget scenarie
- Bilag 3 Grundvandsdannende- og indvindingsopland  
Aktuel indvinding
- Bilag 4 Indvindingsopland, tre scenarier for hver kildeplads
- Bilag 5 Grundvandsdannende opland, tre scenarier for hver kildeplads
- Bilag 6 Medianminimumsvandføring, l/s samt påvirkning i %
- Bilag 7 Grundvandsdannelse
- Bilag 8 Nedsivningspotentiale
- Bilag 9 Ændring i afstand til grundvandsspejl, samt frit  
magasin i kalken
- Bilag 10 Potentialer og sænkninger af protientialet
- Bilag 11 Usikkerhed på oplande
- Bilag 12 Transporttid til kildepladser - Histogrammer
- Bilag 13 Vandbalancefigurer for Aktuel indvinding, budget scenarie og  
tilladelse scenarie
- Bilag 14 Indvindingsprocent, aktuelt scenarie og tilladelse scenarie
- Bilag 15 Indvinding, alle anlæg og boringer i modellen
- Bilag 16 Modelsimuleret potentiale og observerede potentialer i kyst-  
nære boringer

## **1 Introduktion**

I forbindelse med revision af indsatsplanen for grundvandsbeskyttelse i Greve området er der foretaget en optimering af det geologiske og hydrogeologiske grundlag. Der er foretaget en opdatering af den geologiske model samt opstillet en dynamisk hydrologisk model der dækker hele vandkredsløbet. På baggrund af det opdaterede grundlag, er der foretaget følgende beregninger og analyser:

- Beregnet indvindings- og grundvandsdannende oplande
- Beregnet usikkerhed på oplande
- Vurderet indvindingens påvirkning på recipienter
- Nedsivningspotentiale ved LAR
- Vurderet bæredygtig indvinding og vandbehov
- Beregnet påvirkninger ved klimaændringer
- Vurderet risiko for optræende grundvand som følge af klimaændringer
- Vurderet risiko for saltvands indtræk i de kystnære områder som følge af klimaændringer

### **1.1 Modelberegninger - baggrund og opdatering af modellen**

Som grundlag for revisionen af indsatsplanen er der opstillet en fuldt integreret dynamisk model i MIKE SHE. I forbindelse med opdateringen er der implementeret en ny geologisk/hydrostratigrafisk model.

Det har været målet, at modellen skal kunne simulere de væsentligste elementer af det hydrologiske kredsløb på landfasen med vægt på grundvandssystemet og interaktioner mellem grundvand og overfladevand. Der er lagt vægt på at beskrive grundvandsmagasinerne og de overfladenære processer så fysisk korrekt som muligt. Greve modellen er derfor opbygget med fuld integrering af rodzonen, umættet og mættet zone og hvor grundvandsdannelsen beregnes samtidig med, og under indflydelse af grundvandsspejlets beliggenhed.

Input til simuleringerne udgøres af:

- Nedbør på døgnværdi (10 km klimagrid)
- Potentiell fordampning på døgnniveau (20 km klimagrid)
- Temperatur på døgnniveau (20 km klimagrid)
- Arealanvendelse med vegetationstyper
- Vandindvindingsdata (ugentlige, månedlige eller årlige oppumpninger)
- Udledninger til vandløb fra rensningsanlæg og afværgeanlæg

Modellen er opstillet for perioden 1990- primo 2014.

Output fra simuleringerne udgøres bl.a. af grundvandspotentialer og forskellige vandbalancedata. Væsentlige eksempler på output er:

- Vandindhold i rodzonen
- Aktuel fordampning
- Overfladisk afstrømning
- Drænafstrømning
- Afstrømning fra befæstede arealer
- Infiltration fra rodzone til umættet zone
- Strømning i umættet zone
- Tykkelse af umættet zone
- Vandudveksling mellem mættet og umættet zone
- Grundvandspotentialer
- Grundvandsdannelse til geologiske/hydrostratigrafiske lag

Modelsystemet er MIKE SHE, der kan beskrive hele det hydrologiske kredsløb.

Der er gjort brug af følgende moduler i MIKE SHE:

- OC modul: Som beregner den overfladiske afstrømning (OL) og afstrømningen i vandløb (MIKE 11)
- ET modul: Som beregner fordampningen ud fra oplysninger om potentiel fordampning, vegetation og vandindhold i umættet zone
- UZ modul: UZ-modulet beskriver vandtransporten gennem den umættede zone
- SZ modul: SZ-modulet beskriver vandstrømningen i den mættede zone.
- Snesmeltningsmodul: Snesmeltningen er beskrevet er beskrevet ved daggradsmodellen. I daggradsmodellen sammenholdes en snesmeltnings-frysekoeficient med daglige værdier for temperaturen.

For yderligere oplysninger om den hydrologiske model henvises til modelnotatet /1/.

## 2 Scenarier

Den integrerede hydrologiske model er opstillet og evalueret med henblik på at udføre scenarieberegninger for at afgrænse indvindings- og de grundvandsdannende oplande for 14 kildepladser indenfor modelområdet. Modellen er videre anvendt ved beregninger for klimascenarier og som udgangspunkt ved opstilling af detailmodeller for at beregne BNBO, beskrevet i /2/. Modellens parameter værdier inklusive porøsitet, er beskrevet i /1/.

Scenarierne er nærmere beskrevet i de to afsnit; 2.1 Indvindings- og grundvandsdannende opland, men generelt de gennemført ved at køre en opvarmingsperiode på ca. 15 år, hvor slutbetingelserne fra en modelkørsel anvendes som startbetingelser for den næste modelkørsel og hvor potentialet er vurderet at være i ligevægt når resultaterne fra scenarierne behandles.

Resultater for alle scenarier er beskrevet og kommenteret på i afsnit 3; Simuleringsresultater, hvor resultater fra de tre indvindings-scenarier præsenteres ved vandbalance (afsnit 3.1), potentialer i magasinerne samt gradienter mellem kalk magasinet og KS2 (afsnit 3.2), grundvandsdannelse til kalken (afsnit 3.3) samt vandløbspåvirkning ved medianminimumsafstrømninger (afsnit 3.5). Resultater fra de tre klimascenarier præsenteres i afsnit 3.7.3.

Resultaterne for påvirkningerne på medianminimumsvandføringer opgøres i forhold til et 0-scenarie hvor der ikke bliver indvundet i modellen og beskriver et naturligt tilstand, uden indvinding.

### 2.1 Indvindings- og grundvandsdannende opland

Indvindings- og grundvandsdannende opland er beregnet og afgrænset for 14 kildepladser indenfor modelområdet, hvor der er opstillet tre senarier som afspejler hhv. 1) aktuel indvinding, 2) indvindingstiladelser og 3) budget indvinding.

Af Tabel 1 fremgår indvindingsmængder samt fordeling på boringsniveau for disse tre scenarier.

Derudover er der gennemført to ekstra scenarier for at vurdere den bæredygtige indvinding i området. Disse scenarier er nærmere beskrevet i afsnit 3.7. Øvrig indvinding indenfor modelområdet svarer til en historisk indvinding i perioden 1990 - 2014, baseret på et Jupiter udtræk fra november 2014 og i hvert scenarie ændres indvindingen kun på de 14 kildepladser, der beregnes opland for. Fordelingen på hver boring følger oplysninger fra Greve Kommune og vandforsyningerne. For de øvrige boringer er indvindingen fordelt på de aktive boringer i den pågældende periode på basis af Jupiter udtrækket.

Den aktuelle indvinding i hele modelområdet opgør ca. 11.5 mio. m<sup>3</sup>/år hvor de 14 kildepladser udgør ca. 3.9 mio. m<sup>3</sup>/år (ca. 34 %). Alle indvindinger samt fordeling på boringsniveau i modellen fremgår af Bilag 15.

Tabel 1 Indvindingsmængder samt fordeling på boringsniveau for 14 vandværker.

Anlæg / DGU nr.	Scenarie 1 Aktuel indvinding [m3/år]	Scenarie 2 Tilladelser [m3/år]	Scenarie 3 Budget scenarie [m3/år]
<b>Greve Landsby Vandværk</b>	<b>34606</b>	<b>35000</b>	<b>35000</b>
104370_207.2246_1	17303	17500	17500
104370_207.297_1	17303	17500	17500
<b>Greve Vandværk – Gjeddedal</b>	<b>478035</b>	<b>700000</b>	<b>600000</b>
105139_207.3582_1	98677	144496	123854
105139_207.3583_1	104765	153410	131494
105139_207.3709_1	127453	186633	159971
105139_207.3710_1	72751	106531	91312
105139_207.3711_1	74389	108931	93369
<b>Greve Vandværk – Greve</b>	<b>355083</b>	<b>500000</b>	<b>400000</b>
104364_207.3024_1	52143	73424	58739
104364_207.3025_1	83516	117600	94080
104364_207.3027_1	69418	97749	78199
104364_207.3044_1	67979	95722	76578
104364_207.3045_1	82027	115505	92404
<b>Greve Vandværk – Greve Strand</b>	<b>488447</b>	<b>500000</b>	<b>500000</b>
104362_207.2387_1	27189	27833	27833
104362_207.2388_1	64183	65702	65702
104362_207.2390_1	9386	9608	9608
104362_207.2499_1	100143	102512	102512
104362_207.2582_1	28496	29170	29170
104362_207.2583_1	25729	26338	26338
104362_207.2719_1	24986	25577	25577
104362_207.2720_1	37681	38573	38573
104362_207.2732_1	29370	30065	30065
104362_207.2733_1	37056	37932	37932
104362_207.2734_1	22885	23427	23427
104362_207.852_1	36254	37111	37111
207_4727	45088	46155	46155
<b>Greve Vandværk – Karlslunde</b>	<b>106617</b>	<b>200000</b>	<b>100000</b>
104357_207.1141_1	30043	56357	28179
104357_207.1142_1	22516	42238	21119
104357_207.1262_1	54058	101405	50703
<b>Greve Vandværk – Kildebrønde</b>	<b>398393</b>	<b>600000</b>	<b>400000</b>
104363_207.2757_1	29224	44012	29342
104363_207.2818_1	172665	260043	173362
104363_207.2821_1	150255	226292	150861
104363_207.3775_1	46249	69653	46435
<b>Greve Vandværk – Vendals Bakke</b>	<b>350000</b>	<b>600000</b>	<b>600000</b>
105169_207.3797_1	103910	103910	103910
105169_207.3862_1	112416	112416	112416
207_4117	133674	133674	133674

VendalsB_1	0	125000	125000
VendalsB_2	0	125000	125000
<b>HOFOR Lyksager</b>	<b>691800</b>	<b>800000</b>	<b>800000</b>
119830_207.3579_1	138360	160000	160000
119830_207.3970_1	69180	80000	80000
119830_207.3971_1	311310	360000	360000
207_4057	172950	200000	200000
<b>HOFOR Ishøj</b>	<b>470520</b>	<b>700000</b>	<b>500000</b>
207_3585	94104	140000	100000
207_4004	164682	245000	175000
207_4005	117630	175000	125000
207_4006	94104	140000	100000
<b>HOFOR Karlslunde</b>	<b>205560</b>	<b>290000</b>	<b>290000</b>
33062_207.2724_1	51390	72500	72500
33062_207.2725_1	30834	43500	43500
33062_207.2727_1	61668	87000	87000
33062_207.3476_1	61668	87000	87000
<b>Karlslunde By Vandværk</b>	<b>43224</b>	<b>85000</b>	<b>85000</b>
104371_207.2961_1	10374	20400	20400
104371_207.429_1	32850	64600	64600
<b>Kildebrønde By Vandværk</b>	<b>19191</b>	<b>22000</b>	<b>22000</b>
104369_207.228_1	9595	11000	11000
104369_207.2756_1	9595	11000	11000
<b>Tune vandværk</b>	<b>70000</b>	<b>90000</b>	<b>90000</b>
104360_207.2598_1	35000	45000	45000
104360_207.2599_1	35000	45000	45000
<b>Tune vandværk syd</b>	<b>170000</b>	<b>210000</b>	<b>210000</b>
104360_206.1059_1	34000	42000	42000
104360_206.934_1	34000	42000	42000
206_1814	34000	42000	42000
206_1824	34000	42000	42000
207_4317	34000	42000	42000

Indvindingsoplandet omfatter de arealer, hvor der strømmer grundvand til vandværkernes indvindingsboringer, mens de grundvandsdannende opland er de infiltrationsområder, hvor vandet der siver ned fra det terrænnære lag strømmer videre til de indtag som indvindingsboringerne indvinder fra. Det grundvandsdannede opland er pr. definition en del af indvindingsoplandet.

### 2.1.1 Modelopsætning til partikelbanesimuleringer samt afgrænsning af opland

Modellen er kørt for de tre indvindingsscenarier som beskrevet ovenfor. Modellerne er opstillet for perioden 1990 – primo 2014, og strømningsberegningerne er suppleret med partikelbaneberegninger (gemte partikelbaner), hvorefter der udtrækkes partikelsværme som anvendes til at afgrænse indvindings- og grundvandsdannende opland.

Partikelbanesimuleringerne udføres ved brug af partikelbanemodulet i MIKE SHE og oplandene beregnes for den opvarmede model på baggrund af forlæns partikeltransport, hvor flowbilledet for perioden



2009 – primo 2014 gentages. Perioden er valgt fordi, den vurderes at repræsentere det nutidige klima bedst. Perioden indeholder både nogle våde år, 2010 og 2011, begge år med kraftige nedbørshændelser om sommeren, samt nogle mere tørre år, 2012 og 2013. Det er valgt at starte partikelsimuleringen om sommeren hvor grundvandspejlet er lavt og færre partikler går direkte i dræn og det derved er større chance for at partiklerne når grundvandsmagasinerne. Proceduren for beregning og afgrænsning af indvindings- og grundvandsdannende oplande følger vejledningen "Præcisering af anbefalinger i GeoVejledning 2 mht. afgrænsning af indvindings- og grundvandsdannende oplande" /3/.

I beregningslag 2–13 er der indledningsvist placeret 9 partikler uniformt i hver beregningscelle. I modellens øverste lag dannes partiklerne proportionalt med nettonedbøren ved en koncentration af  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , som svarer til  $1 \text{ mm}/\text{år}$  pr. partikel. Partikelbaneberegningerne simulerer over en periode på 1000 år, hvor de fuldt udviklede oplande vurderes at være indfriet. Partiklerne følges under beregningerne og det registreres, hvis de når frem til en beregningscelle med en indvindingsboring. Partiklerne fra samtlige modellag, som ender i en indvindingsboring eller passerer en celle med en indvindingsboring definerer indvindingsoplandet. Partikler med initial placering i det øverste modellag udgør det grundvandsdannende område.

Indvindingsoplande, grundvandsdannende oplande samt transporttider er beregnet for de fire scenarier og resultater præsenteret i afsnit 3.

### *2.1.2 Transporttid og aldershistrogramer*

Transporttiden i den mættede zone inden for blandt andet de grundvandsdannende oplande er beregnet for de partikler, der afgrænser opland til scenariet med Aktuel indvinding. Alderen er opgjort på celleniveau ( $100 \times 100 \text{ m}$ ), og for hver celle er minimumspartikelalderen udtrukket. Minimumsalderen er benyttet, idet middelalderen kan være misvisende, hvis f.eks. en partikel "sidder fast" i celler med ler, og derfor opnår en meget høj alder inden den ankommer til borerne. Resultatet for minimumstransporttiden for de 14 vandværker er vist i Bilag 12.

### *2.1.3 Usikkerhed på opland*

Stokastiske beregninger af oplandene er gennemført med henblik på at belyse de usikkerheder, som skyldes usikkerheder der er koblet til parameterværdierne i modellen. Det skal dog bemærkes, at parameterusikkerheden her, kun dækker over den del af usikkerheden som stammer fra resultaterne fra den hydrologiske model. For områder med en kompleks geologi, udgør usikkerheden på den geologiske model oftest langt den største usikkerhed på modelresultaterne, specielt på oplandsberegningerne. Parameterusikkerheden er dog nem at kvantificere i modsætning til usikkerheden på den geologiske model,

der kræver opstilling og kalibrering af flere hydrologiske modeller på baggrund af forskellige geologiske modeller for området.

Tabel 2 Parameterværdier i usikkerhedskørslerne

Geologi	Geologisk kode	Usikkerhedskørsel			
		$K_h$ [m/s]	$K_z$ [m/s]	Lav værdi*	Høj værdi*
<b>Sand</b>	<b>25</b>	0.0006	6.00E-05	6.00E-05	6.00E-03
<b>GreveLer_Vest</b>	<b>76</b>	1.00E-06	1.00E-07	1.00E-07	1.00E-05
<b>GreveLer_Indland</b>	<b>70</b>	4.15E-07	4.15E-08	4.15E-08	4.15E-06
<b>GreveLerKogeBugt</b>	<b>77</b>	1.00E-08	1.00E-09	1.00E-09	1.00E-07
<b>DanienKalk</b>	<b>80</b>	0.0002	2.00E-05	2.00E-05	2.00E-03
<b>Danienkalk</b>	<b>81</b>	8.00E-06	5.00E-07	5.00E-07	5.00E-05
<b>Danienkalk</b>	<b>84</b>	0.0004	4.00E-05	4.00E-05	4.00E-03
<b>Danienkalk</b>	<b>85</b>	3.00E-05	3.00E-06	3.00E-06	3.00E-04
<b>Danienkalk</b>	<b>87</b>	1.20E-06	1.20E-07	1.20E-07	1.20E-05
<b>Danienkalk</b>	<b>89</b>	0.0001	1.00E-05	1.00E-05	1.00E-03
<b>Danienkalk</b>	<b>88</b>	2.00E-05	2.00E-06	2.00E-06	2.00E-04
<b>Skrivekridt</b>	<b>90</b>	2.00E-06	2.00E-07	2.00E-07	2.00E-05
<b>Skrivekridt</b>	<b>91</b>	1.00E-05	1.00E-06	1.00E-06	1.00E-04
<b>Grønsandskalk</b>	<b>92</b>	8.00E-05	8.00E-06	8.00E-06	8.00E-04
<b>Skrivekridt</b>	<b>93</b>	5.00E-06	5.00E-07	5.00E-07	5.00E-05
	<b>dybde [m]</b>	<b>Tidskonstant [/s]</b>			
<b>Drain Level</b>	-1.42			-2	-0.5
<b>Drain Time Constant 1</b>		3.00E-07		1.00E-07	1.00E-06
<b>M11 Lækage (Aquifer + bed)</b>		1.00E-07		5.00E-08	1.00E-06

\* Værdien for  $K_z$  sættes en faktor 10 lavere end  $K_h$  ved usikkerhedskørslen

Parameterusikkerhedens effekt på modelresultatet er belyst ved at udvælge en række forskellige parametersæt, som vurderes at have indflydelse på oplandsberegningerne. Parametrene er udvalgt på baggrund af sensitivitetsanalysen og ud over den bedste kalibrerede model, er der udvalgt 16 geologiske parameter, to dræn parameter samt en parameter som styrer udvekslingen mellem grundvandet og vandløbene, se Tabel 2.

Der er udført partikelbaneberegninger for de i alt 37 modeller (inkl. den udvalgte model), og resultaterne er opgjort på celleniveau. Sandsynligheden for at en given celle er med i oplandet eller ej, er bestemt ved forholdet mellem antallet af modeller, der inkluderer cellen i oplandet, og det totale antal modelkørsler.

### 3 Simuleringsresultater

Resultaterne for indvindingsscenarierne præsenteres i nedstående afsnit ved vandbalancer (3.1), potentialer og gradienter mellem magasinerne (3.2) samt grundvandsdannelse til magasinerne (3.3).

Resultaterne fra partikelbanesimuleringerne præsenteres som fuldt udviklede opland i afsnit 3.4, samt Bilag 1- Bilag 5, stokastiske opland i afsnit 3.4.1 og Bilag 11, samt transporttider som histogrammer med aldersfordelingen til borerne for hvert enkelt vandværk i afsnit 3.4.2 og Bilag 12.

Indvindingens påvirkning på recipienter bliver præsenteret i afsnit 3.5, den bæredygtige indvinding samt vandbehov vurderes i afsnit 3.7 og derefter præsenteres resultaterne for klimascenarierne i afsnit 3.7.3.

Nogle af resultaterne leveres som selvstændige bilag, og andre kun som figurer i denne rapport. Resultater leveres også digitalt som Ascii filer og TAB filer.

### **3.1 Vandbalance**

Vandbalancen for perioden december 2009 – december 2013 er udtrukket for de tre scenarier aktuel indvinding, budget og tilladelse. Endvidere er vist vandbalancen for et scenarie med reduceret indvinding nærmere beskrevet i afsnit 3.7.2.1 (50 % scenariet). Vandbalancen er udtrukket hele modelområdet og årsmiddel for de væsentligste hydrologiske komponenter er præsenteret i Tabel 3. Følgende skal bemærkes:

- Nedbøren går til fordampning, randudstrømning, afstrømning, magasinering og indvinding
- Nettonedbør udgør nedbør minus fordampning
- Dræn består af dræn både til rand og til vandløb
- Magasineringen angiver ændringer i hele grundvandszonen og i den umættede zone. Her er der kun magasinændring i den mættede zone
- Indvindingen er angivet som total indvinding fra alle lag
- Mindre afvigelser kan forekomme pga. afrundinger

I modelområdet udgør nettonedbøren ca. 25 % af nedbøren i alle scenarier undtaget klimascenarierne, hvor den udgør 21 – 23 %. Vandbalancen for modelområdet viser endvidere, at en stor del af nettonedbøren løber af i dræn.

Indvindingen i scenarierne udgør mellem 27 – 38 % af nettonedbøren, hvor der indvindes mest i Tilladelse scenariet og mindst i 50 % af Aktuel indvindings scenariet. Indvindingsprocenten i forhold til nettonedbøren varierer dog en del indenfor modelområdet, jævnfør bilagene 14a og 14b, hvor indvindingsprocenten er opgjort i forhold til vandløbsoplande. Ved Solhøj Kildeplads, omkring Lille Vejle Å, det centrale Kildebrønde område og ved Karlslunde er indvindingsprocenten høj (over 50-75 %).

Grundvandsdannelsen til kalken udgør 29 - 36 % af nettonedbøren, hvor 36 % er for Tilladelse scenariet og 29 % i 50 % af historisk ind-

vindings scenariet. Grundvandsdannelsen til kalken forøges således ved forøget indvinding (induceret grundvandsdannelse). Ud af grundvandsdannelsen til kalken indvindes næsten 75 % ved aktuel indvinding og næsten 90 % af grundvandsdannelsen i tilladelsesscenarioet. Strømningen til havet gennem grundvandszonen er derfor begrænset og udgør kun nogle få procent af nedbøren, jævnfør Tabel 3.

Vandbalancen viser, at ca. 1 mm/år af nedbøren afstrømmer som baseflow (udstrømning fra grundvandet) i alle scenarier, svarende til ca. 0.2 % af nedbøren. Afstrømningen i vandløbene består således primært af overfladeafstrømning og drænastrømning, hvor drænastrømningen udgør det største bidrag til vandløbsafstrømningen.

Drænkomponten er størst i scenariet med 50 % af Aktuel indvinding i forhold til de andre tre scenarier, ca. 1 % større end i de andre scenarier, imellem hvilke den varierer negligerbart.

Af de knap 1.4 mio. m<sup>3</sup> der indvindes ekstra i tilladelsesscenarioet i forhold til det aktuelle scenarie tages godt 400.000 m<sup>3</sup> fra afstrømningen til havet og godt 800.000 m<sup>3</sup> fra vandløbsafstrømningen. En mindre del tages fra magasineringen.

Bidraget ud af modelområdet i den mættede spænder fra 52-54 mm/år, lavest i tilladelsesscenarioet. Bidraget fra ind i modelområdet spænder fra 51-53 mm/år, højest i tilladelsesscenarioet. Disse bidrag udgøres overvejende af helt terrænnært vandudveksling med havet i den kystnære zone. I kalken simuleres en indstrømning af grundvand fra det fastholdte trykniveau langs den nordlige rand på knap 5 mm/år i tilladelsesscenarioet, hvilket tages fra naboerområder.

Afstrømningen til havet fra kalken er meget lille. Den samlede afstrømning er under 10 mm/år i tilladelsesscenarioet, hvilket er i overensstemmelse med at en stor andel af infiltrationen til kalken indvindes.

Ifølge vandplanerne opereres med at indvindingen ikke overstige 30 % af den langsigtede grundvandsdannelse til det pågældende grundvandsmagasin, ellers beskrives den kvantitative tilstand som værende ringe. Den maksimalt anbefalede indvindingsprocent på 30 % skal dog kun tages som en vejledende værdi, da den varierer fra område til område bl.a. afhængig af hvordan de lokale grundvandskemiske forhold påvirkes af indvindingen. I Greve indsatsområde indvindes i dag omkring 70 % af grundvandsdannelsen til kalken og ca. 85 % ved fuld udnyttelse af tilladelsen, jævnfør afsnit 2.7.2.3 tabel 5. Den store udnyttelses grad i forhold til anbefalede værdier, både i forhold til nettonedbøren men især i forhold til grundvandsdannelsen til kalken, indikerer at der lokalt trækkes kraftigt på ressourcen, og flere steder er der også observeret stigende koncentrationer af nikkel og sulfat.

Tabel 3 Vandbalance for hele modelområdet i perioden 2010 – 2013.

Periode: 2010-2013 Modelområde	Aktuel indvinding				Reduceret indvinding jævnfør afsnit 3.7.2.1 (50 % af aktuel Indvinding)			
	mm/år		% af nedbør		mm/år		% af nedbør	
	Ind	Ud	Ind	Ud	Ind	Ud	Ind	Ud
Nedbør	706		100%		706		100%	
Fordampning		527		75%		527		75%
<b>Nettonedbør</b>	<b>179</b>		<b>22%</b>		<b>179</b>		<b>22%</b>	
Overfladeafstrømning til vandløb		2		0%		2		0%
Dræn		133		16%		138		15%
Baseflow	0	1	0%	0.2%	0	1	0%	0.2%
<b>Vandløbsafstrømning (Sum)</b>		<b>137</b>		<b>19%</b>		<b>141</b>		<b>20%</b>
Overfladeafstrømning over randen	0	1	0%	0%	0	1	0%	0%
Strømning over randen i mættet zone	52	53	1%	7%	51	54	1%	8%
<b>Strømning over randen (Sum)</b>		<b>2</b>		<b>0%</b>		<b>4</b>		<b>1%</b>
<b>Indvinding</b>		<b>60</b>		<b>9%</b>		<b>49</b>		<b>7%</b>
<b>Magasinering</b>		<b>-20</b>		<b>-3%</b>		<b>-16</b>		<b>-2%</b>
<b>Fejl</b>		<b>0</b>		<b>0%</b>		<b>0</b>		<b>0%</b>

\* 50 % af aktuel indvinding på kildepladserne vi beregner opland.

Periode: 2010-2013 Modelområde	Tilladelser				Budget scenarie			
	mm/år		% af nedbør		mm/år		% af nedbør	
	Ind	Ud	Ind	Ud	Ind	Ud	Ind	Ud
Nedbør	706		100%		706		100%	
Fordampning		527		75%		527		75%
<b>Nettonedbør</b>	<b>179</b>		<b>22%</b>		<b>179</b>		<b>22%</b>	
Overfladeafstrømning til vandløb		2		0%		2		0%
Dræn		130		16%		132		16%
Baseflow	0	1	0%	0.2%	0	1	0%	0.2%
<b>Vandløbsafstrømning (Sum)</b>		<b>133</b>		<b>19%</b>		<b>135</b>		<b>19%</b>
Overfladeafstrømning over randen	0	1	0%	0%	0	1	0%	0%
Strømning over randen i mættet zone	53	52	1%	7%	52	53	1%	7%
<b>Strømning over randen (Sum)</b>		<b>0</b>		<b>0%</b>		<b>1</b>		<b>0%</b>
<b>Indvinding</b>		<b>68</b>		<b>10%</b>		<b>64</b>		<b>9%</b>
<b>Magasinering</b>		<b>-22</b>		<b>-3%</b>		<b>-22</b>		<b>-3%</b>
<b>Fejl</b>		<b>0</b>		<b>0%</b>		<b>0</b>		<b>0%</b>

### 3.2 Potentialer

I Bilag 10a-d er vist grundvandspotentiale for Sand 2 (KS2) og kalken for Aktuel indvinding, Tilladelser og Budget scenariet, beregnet som middelværdi i perioden 2010 – 2013. Potentialeforskelle vises for Tilladelser og Budget scenariet mod Aktuel indvinding for kalken i Bilag 10h-j. Potentialeforskel vises også for Aktuel indvinding mellem Sand 2 og kalken i Bilag 10e.

Det overordnede strømningsbillede for sandmagasinet KS2 følger generelt topografien, hvilket blandt andet betyder at der ses et højt potentiale i den vestlige del af modellen, omkring Roskilde og Tune, samt et faldende potentiale ud mod havet. Det overordnede strømningsbillede for kalken i modelområdet viser generelt det samme billede, med fald fra vest til øst. Der observeres i overgangszonen ud mod skrivekridtet ret tætte potentialelinjer, der både skyldes overgangen fra danienkalk til skrivekridt. I det kystnære område ved Hundige ved Greve Strand Kildeplads simuleres potentialer under kote 0, hvilket også er i overensstemmelse med det observerede.

Potentialeændringer i det primære magasin (kalken) mellem de tre scenarier og Aktuel indvinding er vist i Bilag 10h-j. Resultaterne viser sænkninger og stigninger omkring forskellige kildepladser alt efter indvindingen er ændret i det pågældende scenarie.

De mest markante sænkninger i potentialet ses mellem Tilladelse scenariet og den Aktuelle indvinding, Bilag 10i, hvor forskellen i indvindingen er størst, og den maksimale sænkning er ca. 4 m og ses omkring boring 207.2727 (HOFOR Karlslunde). Sænkninger på mere end 10 cm dækker store dele af modelområdet. Arealet med mere end 10 cm sænkning er ca. 130 km<sup>2</sup>.

Sænkningerne i kalken mellem Budget scenariet og Aktuel indvinding, er igen størst omkring boring 207.2727 med en maksimal sænkning på ca. 3.3 m. Området med sænkninger på mere end 10 cm er næsten halveret i forhold til Tilladelse scenariet, og dækker et areal på ca. 79 km<sup>2</sup>, fra midt i modelområdet mod syd vest.

For scenariet hvor indvindingen er 50 % af den aktuelle indvinding beregnes de største stigninger i potentialet omkring HOFOR Lyksager kildeplads, med maksimal stigning på ca. 3.8 m omkring boring 207.3971, som er den boring som indvinder kraftigst på kildepladsen. Arealet med mere end 10 cm stigning er ca. 61 km<sup>2</sup>.

I Budgetscenariet og Tilladelsesscenariet er observeret sænkninger ud til den vestlige rand mod Solrød (Bilag 10l) i Grønsandskalken. Denne rand er i høj grad indvindingsstyret og også under indflydelse af indvindingen vest herfor.

Det er vurderet, at det regionale grundvandsskel i dette område er forholdsvis fikseret på grund af den intensive indvinding, der findes sted både i og udenfor området og at den simulerede sænkning ved randen derfor er realistisk. Det mest optimale ville være at lægge en

dynamisk rand ind fra en regional model kørt med tilladelsesmængderne. Alternativt kunne man have lagt et fastholdt trykniveau ind i modellen langs den vestlige rand, men denne kunne potentielt føre for store vandmængder ind i området end der reelt er til stede.

Der er således valgt en konservativ løsning, hvor det ikke er muligt at hente yderligere vand mod vest på grund af de kildepladser der er beliggende i dette område, altså fastholdelse af en no-flow rand langs den vestlige rand (modsat den nordlige rand, hvor der er indlagt et fastholdt tryk fra Sjællandsmodellen, jævnfør /1/).

Som det endvidere bemærkes af bilag 10I er sænkningerne små i grønsandskalken, hvor der er frit magasin i grønsandskalken.

### **3.3 Grundvandsdannelse**

Grundvandsdannelsen til kalken udgør ca. 32 % af grundvandsdannelsen til det øverste grundvandsspejl i tilladesscenariet og knap 30 % af grundvandsdannelsen til det øverste grundvandsspejl i det aktuelle scenarie. Den større grundvandsdannelse til kalken i tilladesscenariet indikerer, at grundvandsdannelsen til kalken forøges ved større indvinding (såkaldt induceret grundvandsdannelse). I Bilag 7 vises grundvandsdannelsen til det primære magasin, kalken, beregnet for Aktuel indvinding og Tilladelser. Grundvandsdannelsen til Bilag 7, er beregnet ved at registrere partiklerne fra terræn til toppen af kalk magasinet for hele modelområdet, og den simulerede grundvandsdannelse for kalken repræsenterer således den arealdistribuerede grundvandsdannelse i mm/år.

Grundvandsdannelsen til kalken/skrivekridtet i det kystnære område er lille, hvilket især skyldes de geologiske forhold med en forholdsvis lavpermeabel ler over skrivekridtet kombineret med et forholdsvis fladt terræn og tæt bebyggelse. I Tilladelse scenariet strækker sig dog området med grundvandsdannelse en smule længere ud mod kysten end det gør i scenariet med Aktuel indvinding.

Ved at beregne grundvandsdannelsen ved vandudveklingen mellem naboceller fremfor ved partikeltracking, beregnes dog en del grundvandsdannelse ved kysten, jævnfør bilag 7c, især omkring Greve Strand kildeplads. Dette indikerer, at selvom hovedparten af grundvandet til kalken dannes længere inde i landet, bør man også være opmærksom på beliggenheden af f.eks. kystnære forureningskilder.

Gradientforskellene mellem Sand 2 (KS2) og kalken vises i Bilag 10k. Det fremgår af gradientforskellene mellem det kvartære sandmagasin og kalken, at der generelt er nedadrettet gradient i modelområdet i områderne med et højt potentiale omkring Tune og i Hedelandsområdet mellem Tune og Hedehusene. Den øvrige del af området er domineret af svagt nedadrettede gradienter fra KS2 til kalken, dog afbrudt af lokale områder med opadrettede gradienter især i de kystnære egne og op mod Ishøj. Endvidere er der et område ved Gjeddesdal, hvor modellen beregnet en opadrettet gradient mellem kalken og

KS2. I dette område falder topografien mod øst, samt danienkalken reduceres i tykkelse med ca. 15 meter fra vest mod øst. Derved vil potentialet stige i kalken og vandet presset opad, hvilket kan forklare den opadrettede gradient i dette område.

### **3.4 Indvindings- og grundvandsdannende opland**

I Bilag 1 - Bilag 3 vises de fuldt udviklede grundvandsdannende- og indvindingsopland for Aktuel indvinding, Tilladelse scenariet samt Budget scenariet. I Bilag 4 vises indvindingsopland til hver en af de 14 kildepladser for sig for alle tre scenarier, og det samme vises for de grundvandsdannende opland i Bilag 5.

For tilladelsesscenariet og budgetscenariet er inkluderet en indvinding på 500.000 m<sup>3</sup> ved den fremtidige HOFOR kildeplads ved Torslunde.

Det bemærkes at både de grundvandsdannende oplande og indvindingsoplandene for de enkelte vandværker overlapper hinanden og i meget stor udstrækning udbreder sig den samme vej, fra øst mod sydvest. Overlappende oplande betyder at kildepladserne i noget omfang deles om vandet fra samme områder.

Indvindingsoplandet til Greve Vandværk Kildebrønde strækker sig i Tilladelse- og Budget scenariet op mod Hedehusene hele vejen til modelranden, hvor indvindingen i Tilladelse scenariet er 200.000 m<sup>3</sup>/år mere end ved aktuel indvinding og hvor oplandet kun strækker sig i vestlig retning. Det er dog næsten ingen forskel på indvindingsmængderne mellem Budget scenariet og Aktuel indvinding, og oplandets sporadiske udbredelse i Budget scenariet skyldes få partikler. Årsagen til at oplandet i tilladelses og budgetscenariet forskydes mod nord i forhold til det aktuelle scenarie, er at den større indvinding fra de øvrige indvindinger i tilladelsesscenariet og budgetscenariet "tager vandet". Oplandet, især tilladelsesscenariet, forplanter sig derfor ind i oplandene til Solhøj Kildeplads og Thorsbro Kildeplads.

Indvindingsoplandet til HOFOR Ishøj Kildeplads strækker sig i budget scenariet op mod Hedehusene, men dog ikke i Tilladelse scenariet, eller scenariet med Aktuel indvinding, trods større indvinding i Tilladelse scenariet. I tilladelsesscenariet trækker kildepladsen lidt længere inde i Ishøj og Høje-Taastrup Kommune.

Udbredelsen af både det grundvandsdannende og indvindingsoplandet for Greve Strand Kildeplads i Tilladelse scenariet er mindre end i de to andre scenarier hvor indvindingen er marginalt større end i scenariet med Aktuel indvinding (ca. 12.000 m<sup>3</sup>/år).

Ovennævnte forhold vurderes, at skyldes, at der generelt produceres større sænkninger i tilladelsesscenariet, og at der derved lokalt kan bidrages med en større grundvandsdannelse.



### 3.4.1 Beregnet usikkerhed på oplandene

Sandsynlighedsplots for indvindingsoplande (fuldt udviklede) er vist i og sænkninger af potentialet

Bilag 11.

På bilagene er dels vist de fuldt udviklede oplande (reference opland-ende). Disse er beregnet på baggrund af de kalibrerede hydrauliske parametre (jævnfør tabel 2, kolonne 3 og 4). Derudover er vist de stokastiske oplande beregnet på baggrund af usikkerhedskørslerne (tabel 2, kolonne 5 og 6).

Det endelige opland for de enkelte kildepladser udgøres af det fuldt udviklede opland plus de modelceller, hvor usikkerhedskørslerne viser at der er mere end 80 % sandsynlighed for at modelcellen er en del af indvindingsoplandet (eller grundvandsdannende opland).

### 3.4.2 Transporttid og aldersvurdering

Aldershistogrammerne (transporttiden fra dannelsen til den ender i boringsindtaget) for de enkelte vandværker fremgår i Bilag 12 og det fremgår at der primært indvindes vand, der er yngre end 100 år, dog har vandet der indvindes fra Greve Strand Kildeplads en længere hale af gammelt vand. Det yngste vand indvindes fra Tune Vandværk Nord og Tune Vandværk Syd.

Alderssimuleringer passer fint på grundvandstyperne, idet Tune vandværk indvinder vand af grundvandstype A og B, der repræsenterer yngre grundvand, mens Greve Vandværks kildeplads ved Greve Strand indvinder grundvand af type C og D, hvor D repræsenterer ældre grundvand.

## 3.5 Indvindingens påvirkning på recipienter

Indvindingens påvirkning af recipienter beskrives i forhold til de miljømål, som er fastlagt i vandplanen for Køge bugt /4/. For vandløb bør indvindingen ikke medføre en reduktion af vandføringen på over 5 %, og 10 – 25 % af oprindelig medianminimumsvandføring, hvor vandløbets miljømål er henholdsvis høj økologisk tilstand og god økologisk tilstand. Oprindelig medianminimumsvandføring er bestemt ved at køre et 0-scenarie med modellen, som er uden indvinding og repræsenterer et upåvirket tilstand. Påvirkningerne beskrives således i forhold til dette upåvirkede scenarie.

Resultaterne for Aktuel indvinding, Tilladelses scenariet samt Budget scenariet er præsenteret i Bilag 6, både som medianminimumsvandføring i l/s samt påvirkningen i procent i forhold til det upåvirkede scenarie.

I det upåvirkede scenarie simulerer modellen en medianminimum på mindre end 1.5 l/s i de opstrøms dele. Medianminimum stiger dog

nedstrøms og opnår værdier større end 20 og 30 l/s især i Lille vejle Å og Olsbækken. Området, hvor medianminimum stiger, falder sammen med overgangen til skrivekridtet. I dette område findes ofte tætte potentialelinjer (både simuleret potentiale og fra synkronpejlekort). Overgangen til den mere lavpermeable skrivekridt medfører, at når der ikke indvindes vand, vil en stor mængde grundvand strømme mod terræn i dette område og ende i vandløb.

Bortset fra de opstrøms dele af vandløbene er den simulerede påvirkning af medianminimum meget stor, Bilag 6k - Bilag 6m, og antager værdier på mere end 50 og 75 % i alle scenarier. Påvirkningen er dog under 50 % i de sydlige vandløbssystemer, herunder Møllebæk. Den store påvirkning af medianminimum medfører bl.a. at flere vandløbsstrækninger periodevis løber tør om sommeren.

I vandplanen beregnes påvirkningen af medianminimum ikke direkte ved sammenlign mellem medianminimum i nul-scenariet og medianminimum i tilladelsesscenarie (da man reelt ikke har nogen målinger af medianminimum i nul-scenariet). Derimod relateres differencen mellem medianminimum for aktuell indvinding og tilladelsesscenariet til medianminimum i nul-scenariet. For vandløb bør forskellen mellem aktuell indvinding og tilladelsen ikke medføre en yderligere reduktion af vandføringen på 5 eller 10 % (afhængig af målsætning) af oprindelig medianminimumsvandføring (nul-scenariet). Denne beregning er vist i bilag 6l.

Ifølge vandplanen, er kravene til medianminimum ikke overholdt i dele af Lille Vejle Å, Kildebrøndebækken, Rørmoseløbet, Karlstrup Mosebæk og Olsbækken. I dette projekt beregnes også de største påvirkningsprocenter i disse vandløb jævnfør bilag 6l. Men det skal understreges at kravværdierne i vandplanen er beregnet med NO-VANA modellen, og ikke med nærværende model.

I forhold til beregningerne med nærværende model reduceres medianminimum yderligere med mere end 10 % i forhold til det upåvirkede scenarie i store dele af Kildebrøndebækken, Olsbækken og Hederenden når indvindingen øges fra det aktuelle niveau til tilladelsesscenariet. I store dele af disse vandløbssystemer reduceres medianminimum med mere end 75 % i forhold til de upåvirkede scenarie (bilag 6h). I Lille Vejle Å er reduktionen over 75 % i næsten hele vandløbet, mens i budgetscaenariet er det kun den øvre del af Lille Vejle Å der reduceres med mere end 75 % (jævnfør bilag 6i).

Dette indikerer, at tilladelsesscenariet er på kanten af det bæredygtige i forhold til vandløbspåvirkningen. Budgetscaenariet virker mere realistisk.

### **3.6 Nedsivningspotentiale ved LAR**

Nedsivningspotentiale for LAR er screenet på baggrund af den eksisterende viden om de geologiske og hydrologiske forhold suppleret

med udtræk fra den hydrologiske model omkring umættet sand og dybde til grundvandsspejl.

Umættede sandlag udgør aflejringer med godt nedsivningspotentiale. I modellen er inkluderet 3 sandlag KS1, KS2 og KS3. KS2 udgør det øverste sandlag med større udbredelse indenfor modelområdet især i Hedelands området. KS3 er primært tilstede i det kystnære område og er derfor interessant i dette område.

Dybden til grundvandsspejlet er vurderet både på baggrund af det øverste simulerede potentiale i den hydrologiske model, samt i forhold til det simulerede potentiale i KS2 og KS3. Årsagen til dette, er at der ikke findes mange data om dybden til det øverste grundvandsspejl.

Dybden til grundvandsspejlet i KS2 er vist i figur 8e. Denne dybde vurderes at være tæt på den maksimale potentielle tykkelse af umættede aflejringer. Bilaget viser, at den største tykkelse af umættede aflejringer findes i den nordvestlige del af området omkring Tune samt nord og vest for Tune. I forhold til etablering af LAR er der således potentielt gode muligheder i Tune.

I det øvrige område findes der lokalt potentielt mere end tre meter umættede aflejringer der kunne være interessante i LAR sammenhænge. Dette er bl.a. tilfældet omkring Karslunde By. Da dette område er by eller grænser op til byområde, kunne det også være interessant i LAR sammenhænge. Geofysiske undersøgelser /12/ har også indikeret at der er muligheder i dette område. Også i det centrale Kildebrønde område samt ved Hundige findes potentielle muligheder for mere end 3 meter umættede aflejringer.

Tykkelsen af umættet sand, der ligger over potentialet i KS2 og KS3 er vist i Bilag 8c-d. Som det fremgår af bilagene er der potentielt store forekomster af umættet sand omkring Tune. I dette område er der gode muligheder for at etablere LAR. Der er dog en del forureninger i området som der skal tages hensyn til, især da der i områdets dannes en stor mængde grundvand til vandværkerne. De tolkede sandlag fra geofysiske undersøgelser /12 / kan erkendes i det omfang de er implementeret i den geologiske model. Der er dog kun implementeret geofysiske tolkninger der kan verificeres ved borer.

Tykkelsen af umættet sand over det simulerede øverste grundvandsspejl vurderes at udgøre det minimale potentiale for etablering af LAR. Denne er vist på figur 8b. De største tykkelser af umættet sand findes igen omkring og nord for Tune. Nærmere det kystnære byområde findes lokalt mere end tre meter umættet sand f.eks. mellem Kildebrønde og Greve, der kunne være interessant i LAR sammenhænge f.eks. i forbindelse med fremtidig byudvikling.

Samlet set vurderes de bedste muligheder for etablering af LAR i byområder eller fremtidige byområder, at være i Tune samt ved Karls-

lunde. I det centrale område fra Kildebrønde ned mod Greve findes også lokalt områder der kunne være interessante i forbindelse med LAR, f.eks. i forbindelse med fremtidig byudvikling.

I det kystnære område er mulighederne generelt ringere, dog findes der lokalt muligheder for at etablere LAR, bl.a. centralt i området omkring motorvejen, områder ved Karlslunde Strand og omkring Ishøj, hvor der findes op til 10 meter umættet sand.

Tykkelsen af umættet over grundvandsspejlet i KS2 og KS3 er på bilag 8c og 8d præsenteret sammen med placering af boringer, BNBO samt V1 og V2 forureninger. Ved etablering af LAR-anlæg skal der især tages højde for de boringsnære beskyttelsesområder og risikoen for at mobilisere forureninger til grundvandet.

Kortet over nedsivningspotentialer skal dog ses som en screening, der kan bruges som udgangspunkt for at foretage yderligere mere detaljerede undersøgelser.

Ved vurdering af fremtidigt LAR er det dog nødvendigt at vurdere forskellige datakilder, bl.a. fordi geofysikken kun er implementeret i den geologiske model når den kan verificeres med boringer. Foruden de viste bilag kan screeningen suppleres med følgende:

1. Geofysiske undersøgelser
2. Jordartskort der viser jordlagenes sammensætning i den øverste meter.

De geofysiske undersøgelser / 12/ understøtter generelt at de største muligheder for etablering af LAR findes omkring Tune og Karlslunde samt lokalt i det centrale område mellem Kildebrønde og Greve. Jordartskortet understøtter også tilsvarende at de bedste muligheder findes nord for Tune samt lokalt i det centrale område mellem Kildebrønde og Greve. Men de forskellige datatyper kan have lidt afvigelse på matrikelniveau så de med fordel kan inddrages.

### **3.7 Bæredygtig indvinding og vandbehov**

Den bæredygtige indvinding for området er vurderet i forhold til det fremtidige vandbehov, og er vurderet bl.a. i forhold til de miljøkrav der er fastsat i vandplanen for Køge bugt /4/. Endvidere er den bæredygtige indvinding vurderet i forhold til de grundvandskemiske forhold.

#### *3.7.1 Fremtidigt vandbehov*

Der foregår generelt en tilflytning fra land mod by i Danmark ikke mindst til hovedstaden. Der forventes dog ikke en markant stigning i vandforbruget i København, da vandsparekampagner og teknologisk udvikling forventes at reducere den enkeltes vandforbrug. Derfor er

der taget udgangspunkt i de ansøgte indvindingstilladelser for kildepladserne i indsatsområdet, da disse forventes at rumme den forventede udvikling i et 30 årigt perspektiv.

### 3.7.2 Krav i vandplanerne

I vandplanerne er kravet til medianminimum blevet beregnet på oplandsniveau.

Den bæredygtige indvinding i vandplanerne er vurderet i forhold til et scenarie uden indvinding – benævnt det upåvirkede scenarie i forhold til vandindvinding.

I det upåvirkede scenarie er beregnet en medianminimumsvandføring som vist i Bilag 6a. I de opstrøms dele af vandløbet er beregnet en lille medianminimums vandføring på 0-2 l/s. Den simulerede medianminimum stiger nedstrøms i vandløbssystemerne, og når generelt vandføringer på over 20 l/s i det bebyggede område langs med kysten. Årsagen til den forholdsvis markante stigning i medianminimum i de nedstrøms dele, skyldes at den lave hydrauliske ledningsevne i skrivekridtet presser grundvandet op mod terræn, når det ikke indvindes. Men der er selvfølgelig usikkerhed forbundet med fastlæggelsen af denne størrelse, da størrelsen af denne ikke reelt er kendt.

Reduktionen af medianminimum i indvindingsscenerierne er procentmæssigt lille i de opstrøms dele, men stiger markant på de nedstrøms vandløbsstrækninger, hvor den beregnede medianminimum i scenariet uden indvinding er større. Reduktionen af medianminimum er vist i Bilag 6h. Fra Køge landevej og nedstrøms er påvirkningen af medianminimum generelt over 25 % og ofte over 50-75 %. Dette indikerer, at vandindvindingen i området i høj grad har påvirket sommervandføringen i området. Dette stemmer med observationer af vandløbene i praksis. I tørre perioder om sommeren, hvor medianminimum udgøres af baseflow fra grundvandet til vandløbet løber Hulbækken og Olsbækssystemet også helt tørt til et stykke efter motorvejen skærer vandløbene. For Ll. Vejleå har der i de seneste år været målt et medianminimum på omkring 3 l/s ved Pilemølle, hvilket skyldes at det primære grundvandsspejl får kontakt med vandløbsbunden på strækningen mellem Kappeløv Landevej og Motorvejen.

Kravene i vandplanerne til medianminimumsvandføringen er vist sammen med den simulerede medianminimumsvandføring for scenariet med Aktuel indvinding i Bilag 6b og for Tilladelse scenariet i Bilag 6c. I forhold til kravene i vandplanen er de største problemer med at overholde miljøkravene især knyttet til vandløbsstrækninger i Lille Vejle Å og Olsbækken. Dette gælder for alle tre scenarier; Aktuel indvinding, Budget scenarie og Tilladelser. Greve Kommune har dog observeret, at der ikke længere løber vand om sommeren i tørre perioder i Hulbækken og Karlsrudebækken. Dette gælder for strækningen indtil vandløbet har passeret motorvejen lige inden det løber ud i Karlsrude Mose, en strækning hvor modellen simulerer en medianminimum på over 2 l/s. På denne baggrund vurderes det, at den simulerede medianminimum for Hulbækken og Karlsrudebækken er

overestimeret i grundvandsmodellen. På denne baggrund vurderes det, at Kommunes sydlige vandløbssystem heller ikke lever op til kravene om medianminimumsvandføring i vandplanerne med den nuværende vandindvinding. Vurderingen understøttes også af, at der på vandløbsstrækningen er udbredte ferskvandsaflejringer, hvilket indikerer, at vandløbet ikke oprindeligt har været naturligt sommerudtørrende

Ifølge vandplanen /4/ er grundvandet i dårlig kvantitativ tilstand i området. Bl.a. overholdes ikke det kriterie, at der max. anbefales at indvinde 30 % af den langsigtede grundvandsdannelse under nuværende indvindingsforhold /13/. Endvidere er indvindingen vurderet i forhold til størrelsen af nettonedbøren, hvor der i /13/ anbefales at max. 35 % af nettonedbøren indvindes.

Indvindingssprocenten både i forhold til kalken og nettonedbøren er dog afhængig af zoom-niveau. F.eks. indvindes der 36 % af nettonedbøren i tilladelsesscenariet for hele modelområdet som helhed, mens at indvindingssprocenten er betydelig større på lokalniveau. Indvindingssprocenten er dog primært en guideline til, at for stor indvinding kan have en uheldig påvirkning på vandkvaliteten. Kan det påvises at en større indvindingssprocent ikke har en signifikant dårlig påvirkning af vandkvaliteten, kan der være mulighed for at indvinde mere, selvfølgelig stadig under hensyntagen til påvirkningen af overfladevand.

I Bilag 14a-b er vist indvindingssprocenten i forhold til nettonedbøren i tilladelsesscenariet. De største indvindingssprocenter haves omkring HOFORs kildepladser samt i det centrale område omkring Greve Vandværks kildepladser ved Kildebrønde og Greve. Der er både i forhold til indvindingssprocenten og i forhold til vandløbspåvirkningen plads til at spredning af indvinding til området omkring Tune Vandværks sydlige kildeplads. Til gengæld er der risiko for, at der introduceres nye områder med frit magasin i kalken omkring Tune, hvilket kan have en uheldig indflydelse på vandkvaliteten. Risikoen formindskes ved at der indvindes med mindre ydelse over længere tid for at minimere de maksimale sænkninger.

#### *3.7.2.1 Scenarie med reduceret indvinding*

I Greve Kommune er det ikke hensigten af alle indvindingstilladelser skal reduceres med 50 %, men det er interessant at køre scenarier med reduceret vandindvinding for at kunne vurdere hvor meget det betyder for grundvandsressourcen og mulighederne for at få et vandkredsløb i bedre balance, herunder at opfylde målene i vandplanen og sikre at grundvandsressourcen også i mange år fremover vil være i god kvalitativ og kvantitativ tilstand.

For at vurdere for meget vandindvindingen i området skal reduceres for at opfylde anbefalede maksimale indvindingssprocenter, er der derfor kørt et scenarie med halvering af indvindingen i indsatsområdet i forhold til den aktuelle indvinding. Fra kildepladserne er der således kørt men en samlet årlig indvinding på knap 2 mio. m<sup>3</sup>/år. Solhøj, som ligger uden for indsatsområdet er således ikke reduceret til 50 %

selvom kildepladsen står for mere end halvdelen af indvindingen i modelområdet.

Resultaterne med hensyn til vandløb fra dette scenarie er vist i Bilag 6e og den simulerede stigning i potentialet i KS2 er vist i bilag 10e. I dette scenarie overholdes kravene i vandplanen.

Den sikre bæredygtige indvinding i den kystnære region øst for Køge Bugt motorvejen er vurderet til at være i størrelsesordenen 800.000 m<sup>3</sup>/år (beskrevet i afsnit 3.5.7).

I forhold til nettonedbøren er det kun deloplandene omkring HOFOR-Ishøj Kildeplads/Delvis Greve Vandværk-Kildebrønde Kildeplads samt Greve vandværk-Karlsunde Kildeplads der indvinder mere end 40 % af nettonedbøren.

Den primære trussel mod Karlsunde kildeplads er indtrængning af havvand og foretagne analyser viser at den nuværende indvinding er bæredygtig i forhold til dette. Derfor er der ikke vurderet at være et problem ved denne indvinding. Ved Ishøj Kildeplads/Kildebrønde kildeplads er det primært nikkel som er en risiko og denne vurderes heller ikke at være en trussel, da en halvering er mindre end den nuværende aktuelle indvinding.

Den årlige bæredygtige indvinding i indsatsområdet ligger derfor minimum på 2 mio. m<sup>3</sup>.

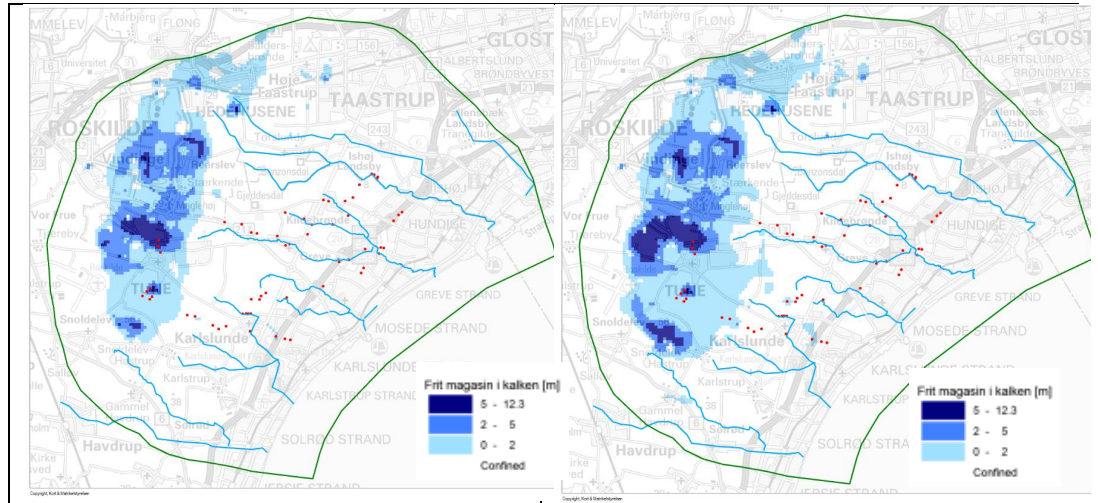
#### 3.7.2.2 Scenarie 5, Tune Syd

I scenarie 5 fastholdes den samlede indvinding fra tilladelsesscenariet, men der omflyttes på indvindingen således at:

- Der er flyttet i alt 0.35 mio. m<sup>3</sup> fra det centrale Kildebrønde område til nye borerer vest for Vendals Bakke. I alt indvindes 0.7 mio. m<sup>3</sup> fra denne "hypotetiske" kildeplads.
- Der indvindes ekstra 0.4 mio. m<sup>3</sup> fra Tune Vandværks sydlige kildeplads

Ved at sammenligne Bilag 6c og Bilag 6f er medianminimum bemærkes at medianminimum øges i Lille Vejle Å og Kildebrøndebækken. Flytningen af indvinding mod vest har således været gunstig for sommervandføringen i disse vandløb, men flytningen har også betydet at medianminimum reduceres i de vestlige vandløb herunder også Hederenden der nedstrøms løber sammen med Olsbækken.

Flytningen af indvinding mod vest betyder også en udvidelse af området med frie vandspejlsforhold i grønsandskalken, hvilket kan have en ugunstig påvirkning af vandkvaliteten, idet den øgede tilgængelighed af ilt f.eks. kan betyde iltning af pyrite og frigivelse af nikkel til grundvandet, Figur 1.



**Figur 1 Frit magasin i kalk. Scenarie med Aktuel indvinding øverst og Scenarie 5 – Tune Syd nedunder.**

Der er således både fordele og ulemper ved at flytte indvindingen mod vest. Lokalt i det centrale Kildebrønde område opnås fordele i form af reduceret vandløbspåvirkning og mindre sænkninger, men til gengæld sker en påvirkning af andre vandløb. Derudover kan opnås væsentlige fordele i forbedret vandkvalitet, da der i området er udfordringer med hensyn til stigende indhold af nikkel og sulfat.

Såfremt det forøgede område med frit magasin i grønsandskalken ikke har en betydelig påvirkning på grundvandskvaliteten, vurderes der samlet set at være en fordel i at flytte en del af indvindingen vestpå.

### 3.7.2.3 Konklusioner vedrørende den bæredygtige ressource.

For tilladelsesscenariet indvindes mere end 35 % af nettonedbøren i modelområdet som helhed og næsten 90 % af nedsivningen til kalken jævnfør tabel 5. Endvidere vil de introducerede sænkninger ikke kun påvirke andre indvindingsområder (bilag 10I), men også øge områder med frit vandspejl i kalken (figur 1) og kan derved potentielt få en negativ effekt på grundvandskvaliteten i form af bl.a. frigivelse og øget mobilitet af nikkel.

Især i området omkring Lille Vejle Å/centrale Kildebrønde område ligger indvindingsprocenten højt og i dette område er der en stor belastning på ressourcen. Der er lavet et scenarie, hvor indvinding fra det centrale Kildebrønde område er flyttet til området syd for Tune og vest for Vendals Bakke. Som beskrevet i afsnit 3.7.2.2 kan der samlet set være fordele i at flytte en del af indvindingen vestpå.

Tilladelsesscenariet vurderes at være på kanten af det bæredygtige, bl.a. forøger tilladelsesscenariet området med frie magasinforhold omkring Tune, jævnfør Bilag 9c og 9d. Budgetscenariet introducerer stadig store indvindingsprocenter, men producerer generelt mindre



sænkninger, jævnfør bilagene 10i og 10j, og vil påvirke naboer mindere. Især omkring HOFOR's kildeplads ved Ishøj produceres mindre sænkninger. Endvidere er der en potentiel mulighed for at klimaændringerne reducerer ressourcen på godt 5 %, jævnfør afsnit 3.7.3. En indvinding svarende til Budgetscenariet vurderes derfor i højere grad at være bæredygtigt for området som helhed, heraf kan indvindes ca. 800.000 m<sup>3</sup> syd for Køge Bugt motorvejen uden at det giver problemer med indtrængning af havvand.

*Tabel 4 Indvindingsprocenter*

Scenarie	Indvind % af nedsivning øverste mættede grundvandsspejl	Indvind % af nedsivning øverste sandlag	Indvind % af nedsivning til kalk
Tilladelse	38	88	85
Budget	36	76	78
Aktuel	34	71	72
50% Scenarie	27	45	51

I Tabel 4 er vist indvindingsprocenten indenfor det område som indvindingsoplandene fra dækker indsatsområdet (dvs. exkl. Thorsbro og Solhøj mm.).

### *3.7.3 Påvirkning ved klimaændringer*

Der er gennemført 3 klimascenarier, henholdsvis et vådt klimascenarie (A2), middel klimascenarie (A1B) og endelig tørt klimascenarie (B1). Klimascenarierne er gennemført på baggrund af DHI's klimaportal. Ved nedskalering fra global klimamodel er der ikke taget udgangspunkt i en specifik klimamodel, men taget et gennemsnit af alle tilgængelige klimamodeller.

Der er kørt med fremskrivning frem til 2050. De væsentligste forskelle fremtræder først efter 2050, til gengæld stiger usikkerheden på resultaterne.

Klimascenarier er kørt på baggrund af DHI's klimaportal. Der er valgt at nedskalere fra et gennemsnit af alle klimamodeller, hvilket bl.a. anbefales i såfremt specifik viden ikke foreligger /9/. Frem til 2050 er der ikke markant forskel på scenarierne, dog er det specielt for området, at der genereres en større nettonedbør i det tørre klimascenarie (B1) end i de øvrige scenarier. Muligvis er dette et resultat af at der er nedskaleret fra et gennemsnit af alle klimamodeller. Dog produceres der i alle scenarierne en mindre nettonedbør end i dag. Det vurderes, at de større temperaturer som følge af klimaændringerne, og den derved forøgede fordampning, har stor betydning i et område som Greve, hvor der mange steder ikke er særligt dybt til grundvandsspejlet. En analyse af vandspejlsændringerne (Bilag 9b), indikerer da også, at grundvandsspejlet stiger i det sandede Hedelandsområde, men falder eller er uændret i store dele af det øvrige område.

Den mindre nettonedbør på 5-10 % som følge af klimaændringerne, Tabel 5, understøtter vurderingen af, at indvindingen i Budget scenariet er mere realistisk for området end Tilladelse scenariet, da ressourcen potentielt kan blive reduceret.

Tabel 5 Vandbalance for hele modelområdet fremskrevet frem til år 2050. Scenarie A2 og B1 er henholdsvis et vådt og et tørt klimascenarie og Scenarie A1B er et middel klimascenarie.

Periode: 2010-2013 Modelområde	Klima scenarie A2				Klima scenarie B1			
	mm/år		% af nedbør		mm/år		% af nedbør	
	Ind	Ud	Ind	Ud	Ind	Ud	Ind	Ud
Nedbør	751		100%		753		100%	
Fordampning		594		79%		582		77%
<b>Nettonedbør</b>	<b>157</b>		<b>22%</b>		<b>171</b>		<b>22%</b>	
Overfladeafstrømning til vandløb		10		1%		11		1%
Dræn		115		12%		132		14%
Baseflow	0	1	0%	0.1%	0	1	0%	0.2%
<b>Vandløbsafstrømning (Sum)</b>		<b>126</b>		<b>17%</b>		<b>144</b>		<b>19%</b>
Overfladeafstrømning over randen	0	1	0%	0%	0	1	0%	0%
Strømning over randen i mættet zone	68	60	1%	8%	65	65	1%	9%
<b>Strømning over randen (Sum)</b>		<b>-7</b>		<b>-1%</b>		<b>1</b>		<b>0%</b>
<b>Indvinding</b>		<b>56</b>		<b>7%</b>		<b>56</b>		<b>7%</b>
<b>Magasinering</b>		<b>-17</b>		<b>-2%</b>		<b>-31</b>		<b>-4%</b>
<b>Fejl</b>		<b>0</b>		<b>0%</b>		<b>0</b>		<b>0%</b>

Periode: 2010-2013 Modelområde	Klima scenarie A1B			
	mm/år		% af nedbør	
	Ind	Ud	Ind	Ud
Nedbør	761		100%	
Fordampning		596		78%
<b>Nettonedbør</b>	<b>165</b>		<b>22%</b>	
Overfladeafstrømning til vandløb		10		1%
Dræn		125		13%
Baseflow	0	1	0%	0.2%
<b>Vandløbsafstrømning (Sum)</b>		<b>137</b>		<b>18%</b>
Overfladeafstrømning over randen	0	1	0%	0%
Strømning over randen i mættet zone	67	64	1%	8%
<b>Strømning over randen (Sum)</b>		<b>-3</b>		<b>0%</b>
<b>Indvinding</b>		<b>56</b>		<b>7%</b>
<b>Magasinering</b>		<b>-25</b>		<b>-3%</b>
<b>Fejl</b>		<b>0</b>		<b>0%</b>

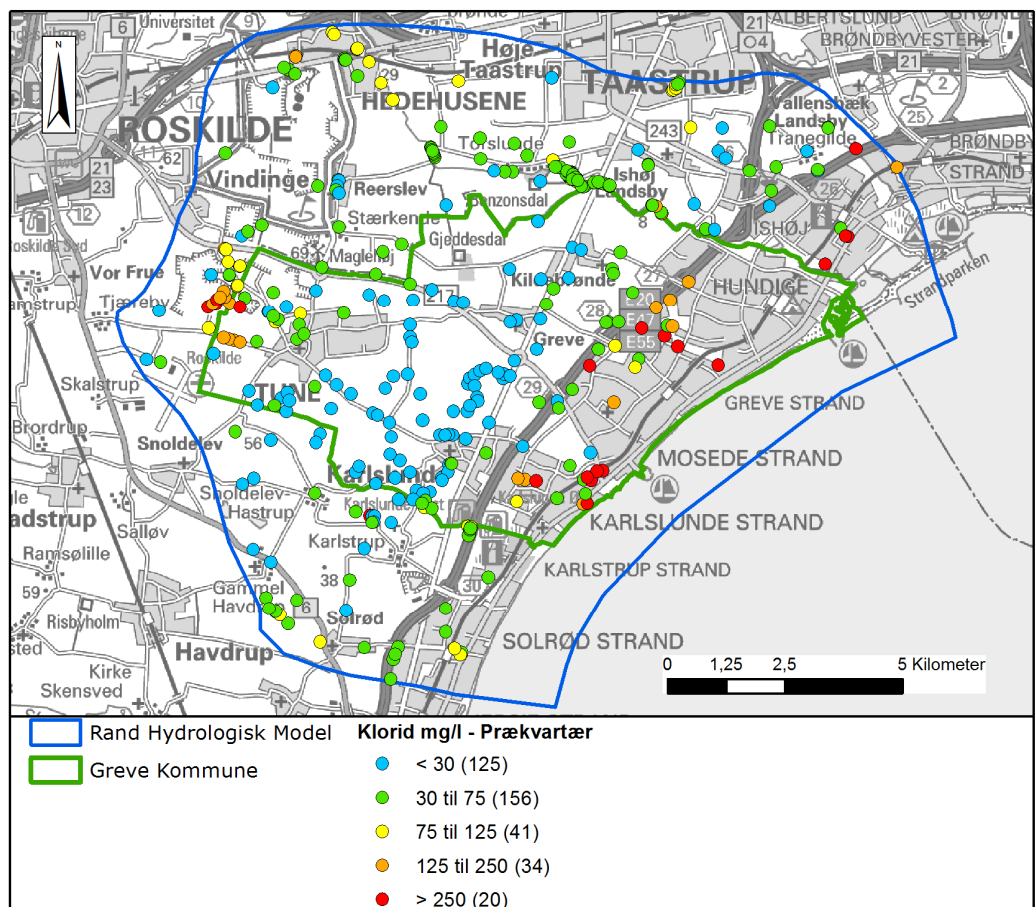
### 3.7.4 Risiko for optrængende grundvand som følge af klimaændringer

Områder med risiko for optrængende grundvand er vist i Bilag 9f, hvor dybden til grundvandsspejlet i KS2 er vist for det våde klimascenarie A2. Lavere dybde til grundvandsspejlet er primært tilstede i den østlige del af området. Områder, hvor grundvandsspejlet ligger tættere end 1-1.5 meter under terrænen kan udgøre risikoområder for huse med kældre. Disse områder er vist med de gule og røde områder. Det største sammenhængende risikoområde ligger omkring Køge Bugt motorvejen, der hvor Olsbækken krydser motorvejen.

Klimaændringerne indikerer at, grundvandspotentialet vil stige i Hede-landsområdet, men ikke i det øvrige område som helhed, jævnfør Bilag 9b. Potentialet stiger dog helt kystnært primært som følge af stigende havniveau (ca. 0.3 meter frem til 2050).

### 3.7.5 Risiko for saltvands indtræk i de kystnære områder

Det kystnære område har været præget af påvirkning fra havvand og residualt saltholdigt vand. Som følge af påvirkningerne indvindingen reduceret i det kystnære område og indvindingen er i højere grad flyttet ind i landet.



Figur 2 Klorid indhold i seneste analyse fra prækvartæret.

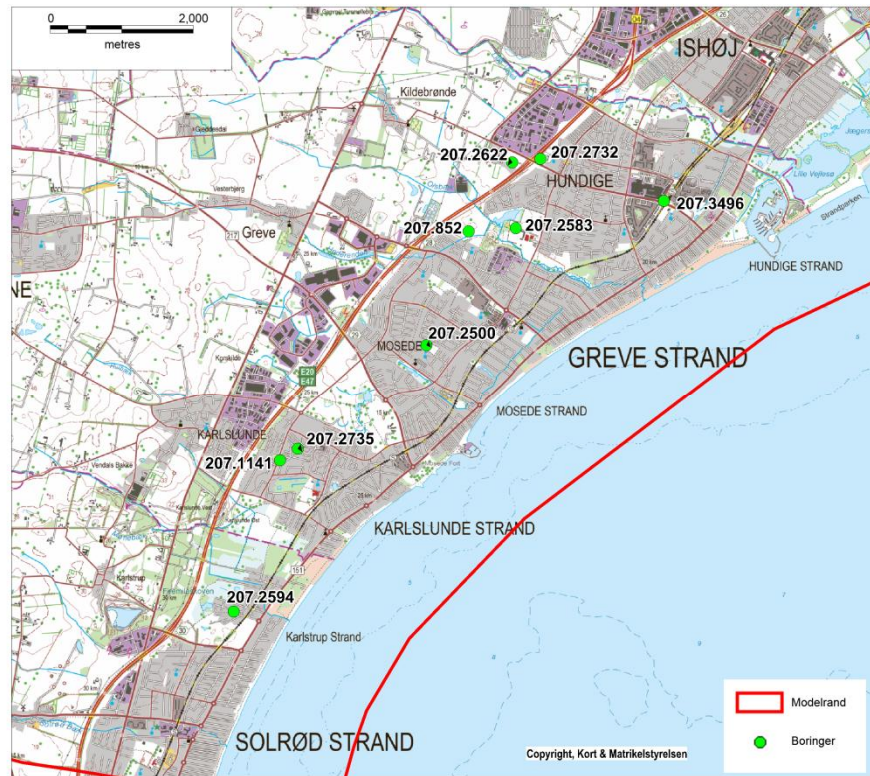
Ifølge tidligere undersøgelser /5/ og /6/ viser en analyse af grundvandskemien, at i den nordlige del af området op mod Hundige stammer klorid truslen fra residualt havvand, mens truslen er havvand i det sydlige område omkring Karlslunde. Analysen understøttes af de nyeste analyser /7/.

I det følgende henvises til en række boringer ved kysten. Beliggenheden af disse boringer fremgår af Figur 3.

På Figur 4 samt i til bilag 16 (Figur 1-3) er vist observeret og model-simuleret potentiale i boringer ved Hundige, hvor der tidligere og stadig til en vis grad i dag er en markant sænkning i potentialet i skriveliddet. De viste boringer fungerer også som indvindingsboringer og de observerede værdier repræsenterer rovandsspejl. Der er tilbage i 90'erne observeret potentialer ned til kote -20 - -30 m DNN i rovandsspejlet i indvindingsboringerne. Modellen simulerer et potentiale der ligger under det observerede i flere af boringerne før år 2008. Den i modellen indlagte lave hydrauliske ledningsevne i skriveliddet er dog den værdi der passer bedst til simulering af det potentialebillede der er observeret i området, i forbindelse med synkronpejlerunden oktober 2012 og de senere års pejlinger. Det er vurderet, at være acceptabelt at modellen simulerer et potentiale der ligger under det observerede i starten af simuleringsperioden, fordi de observerede pejlinger repræsenterer rovandsspejlet. I et magasin som skriveliddet, dobbeltporøst og med en lav hydraulisk ledningsevne med hele magasinet i spil (både sprækker og matrix) vil potentialet i det nærliggende område omkring boringen stige hurtigt ved stop af indvinding, da der hurtigt kan tilføres vand via sprækkerne ved stop af indvinding. Især når indvindingen har været stor, som i starten af simuleringsperioden, vil potentialestigningen være stor og derfor ikke nødvendigvis sammenlignelig med det potentiale modellen simulerer.

I bilag 16 (Figur 4-6) er vist observeret og simuleret potentiale i boringer der fungerer som pejleboringer i dag. I boring 207.3496, beliggende ved kysten, simulerer modellen et potentiale der ligger 0.5 – 1 meter under det observerede. I boring 207.2622 beliggende ved Hundige lige vest for motorvejen, simulerer modellen også potentialet tilfredsstillende.

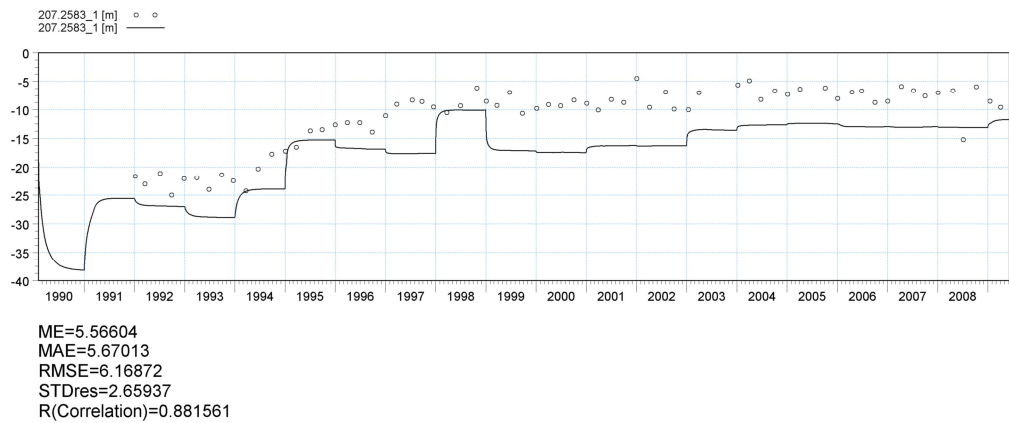
I boring 207.2500 (bilag 16 – figur 7) beliggende mellem Hundige og Karlslunde, simulerer modellen også potentialet tilfredsstillende.

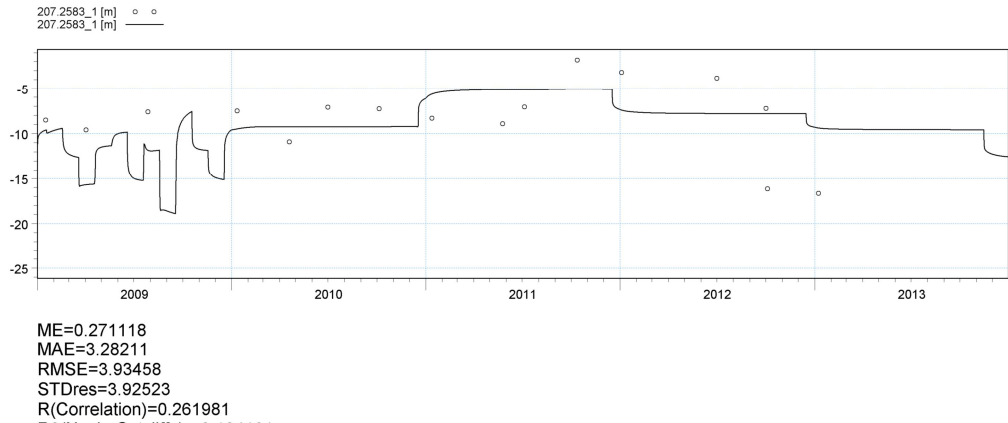


**Figur 3 Beliggenhed af boringer i kystområdet.**

Ved Karlslunde, repræsenteret ved boringerne 207.1141 og 207.2735, bilag 16 (figurerne 8 og 9), simulerer modellen også potentialet tilfredsstillende.

Modellen vurderes på baggrund af ovenstående som velegnet til at foretage analyser af risikoen for saltholdigt grundvand.

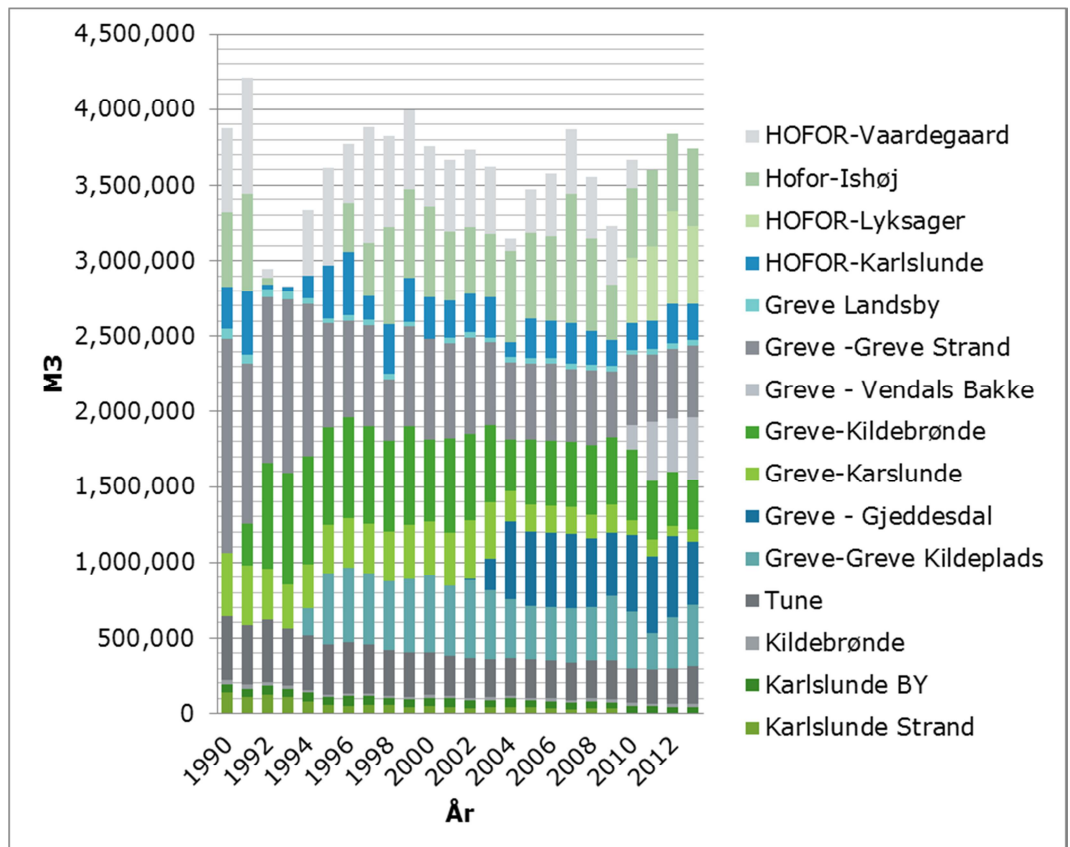


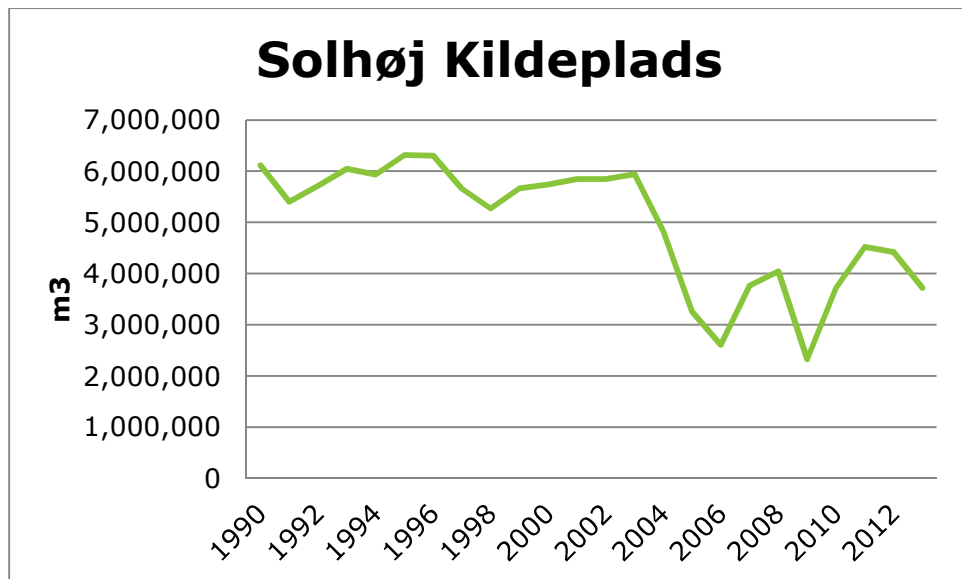


**Figur 4** *Udvikling i potentialet for boring 207.2583. Fuldt optrukket linje viser det modelsimulerede potentiale, punkter viser observerede værdier*

De største problemer har historisk været tilknyttet Hundige og Karlslunde Strand og relateret til indvindingerne ved Greve Vandværk – Greve Strand Kildeplads og Greve Vandværk - Karlslunde Kildeplads. Som følge deraf er kystnære borer lukket og som det fremgår af Figur er indvindingen reduceret på de nævnte kildepladser og erstattet af indvinding længere inde i landet.

Som det endvidere fremgår af figur 5 foregår en stor andel af indvindingen indenfor modelområdet fra kildepladser beliggende udenfor selve indsatsområdet, især fra Solhøj kildeplads.





**Figur 5 Udvikling i indvinding på kildepladserne i indsatsområdet øverst og Solhøj Kildeplads nederst**

### 3.7.6 Vurderinger Karsslunde

Som det fremgår af Figur 6 var der tilbage i starten af 90'erne en markant sænkning i potentialet i skrivekridtet helt ud til kysten ved Karsslunde.

Der observeres en mindre sænkningstragt ved Karsslunde i slutningen af 90'erne som følge af reduceret indvinding ved kysten (Figur 7). I 2010 er der sket en yderligere reducere af sænkningstragten og ved Karsslunde er den stort set forsvundet (Figur 8).

Tilsvarende bemærker man i det mest udbredte sandlag i området – KS3. I starten af 90'erne ligger potentialet under kote 0 i KS3 i store områder helt ind til Køge Bugt motorvejen. Fra midten af 90'erne er disse områder rykket tilbage til kysten. Der simuleres dog helt frem til 2003 i visse perioder potentialer under kote 0 ved Karsslunde.

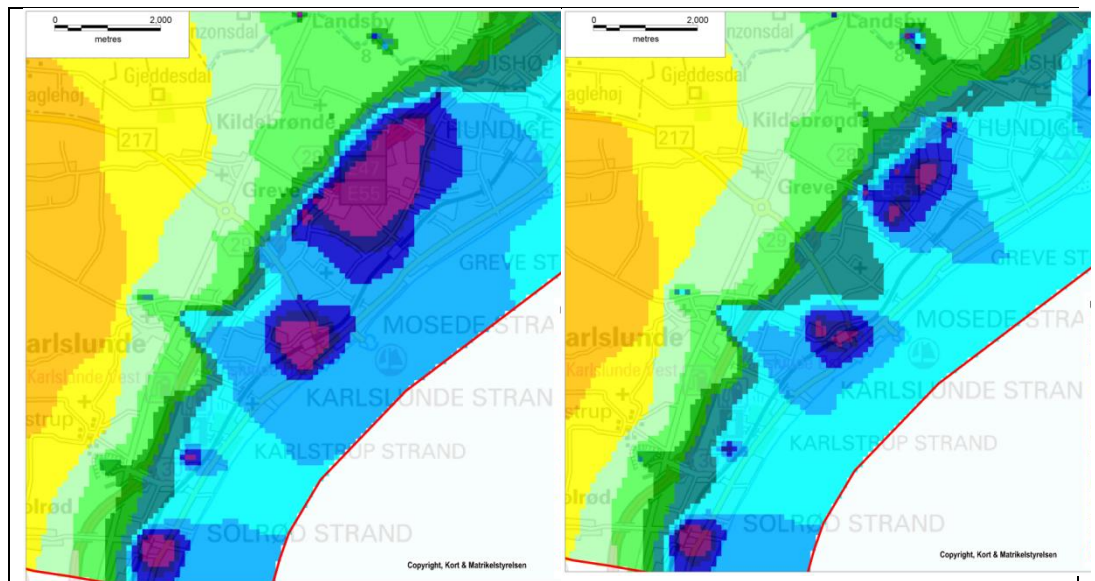
Hvis man ser på tykkelsen af KS3 (Figur 9), er KS3 tilstede med tykkelser op til 10 meter i området ved Karsslunde, hvor der er fundet forhøjet klorid tolket relateret til nutidigt havvand. Dette understøtter teorien om indtrængende havvand i området tilbage i 90'erne, fordi tilstedeværelsen af KS3 og de markante sænkninger i både KS3 og i skrivekridtet potentielt kan have mobiliseret bevægelse af havvand fra Køge Bugt ind i landet.

### 3.7.7 Vurderinger Hundige

Ved Hundige var der en meget kraftig sænkning i potentialet, men den går ikke helt ud til kysten. Det simulerede potentiale ved kysten

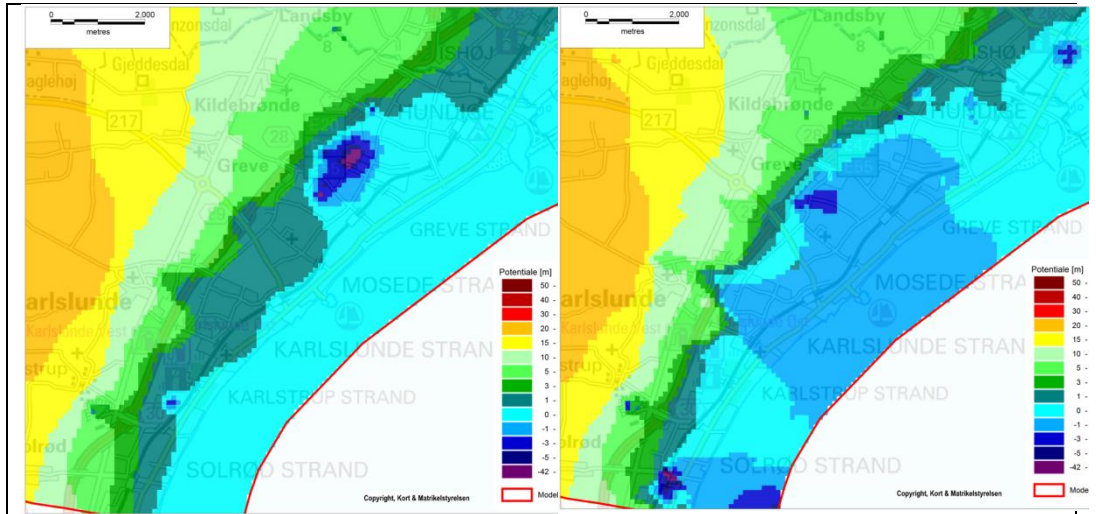
ved Hundige ligger omkring kote -1 i starten af 90'erne stigende til kote nul slutningen af 90'erne, mens observerede værdier ligger 0.5 – 1 meter højere (jævnfør Bilag 16) i ro vandstand. Tilsvarende observeres en minimeret sænkningstragt ved Hundige i slutningen af 90'erne som følge af reduceret indvinding ved kysten (figur 8). I 2010 er der sket en yderligere reduktion af sænkningstragten (Figur 9). Ved Hundige er der dog stadig store sænkninger i skrivekridtet tæt på Køge Bugt Motorvejen, men sænkningerne under kote 0 går ikke ud til kysten.

Der er tykkelser af KS3 på over 10 meter ude ved kysten, men sandlaget forsvinder ind mod motorvejen. Da området med markante sænkninger i skrivekridtet tilbage i 90'erne ikke nåede helt ud til kysten ved Hundige som ved Karlslunde, samtidig med at KS3 forsvinder ud mod kysten, understøttes teorien om af den forhøjede klorid i området, primært stammer fra residualt havvand knyttet til skivekridtet.

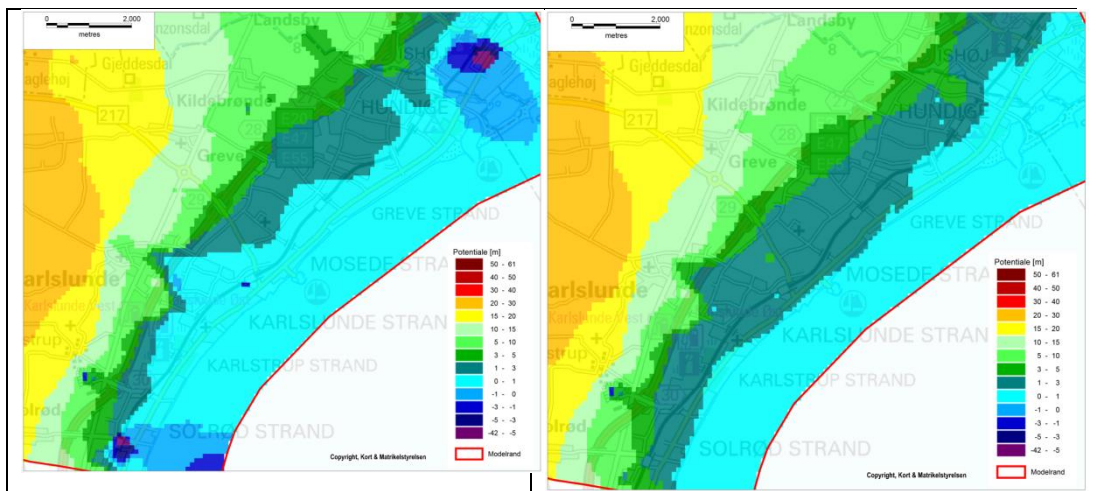


**Figur 6 Potentialet i skrivekridtet, maj 1991 til venstre og juni 1998 til højre**

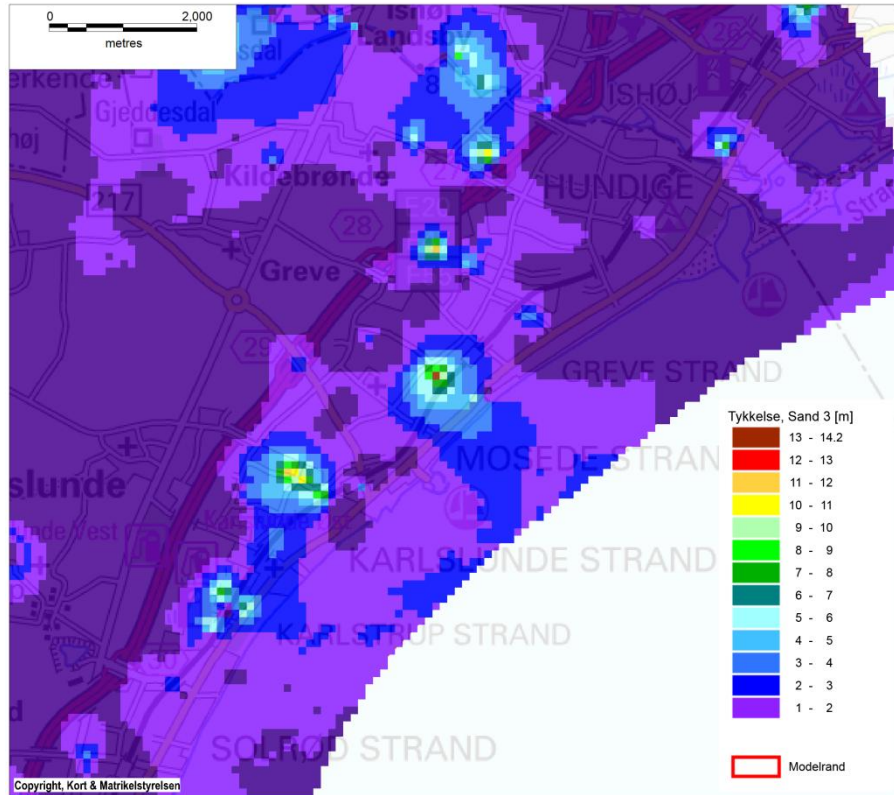




**Figur 7** Potentialet i skrivekridtet, juni 2010 til venstre. Potentialet i KS3 maj 1990 til højre.



**Figur 8** Potentialet i KS3 juni 1998 til venstre og juni 2010 til højre



**Figur 9 Tykkelse af KS3.**

På baggrund af analyserne af den tidlige udvikling i potentialet er den bæredygtige indvinding i det kystnære område øst for Køge Bugt motorvejen indenfor kystområdet på figur 3 vurderet.

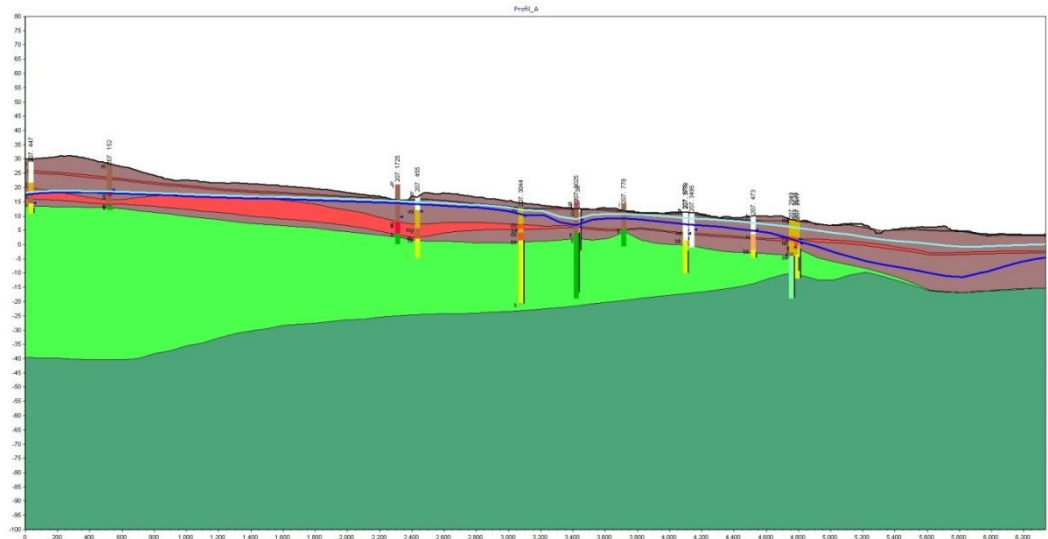
I 1992 var det simulerede potentiale i KS3 under kote nul i store områder ind mod motorvejen (figur 7). Midt i 90'erne var det simulerede potentiale i KS3 trukket tilbage til kysten på nær helt oppe ved Ishøj. Der simuleres dog helt frem til 2003 i visser perioder potentialet under kote 0 ved Karlslunde. Tilsvarende simuleres fra midt i 90'erne og fremefter et potentiale i kalken, der ligger omkring kote 0. På baggrund af denne analyse vurderes indvindingen ved kysten indenfor indsatsområdet først at være bæredygtig efter 1995. Der er valgt at operere med to størrelser:

1. Sandsynlig bæredygtig indvinding – 1. mio. m<sup>3</sup> – ca. størrelse af indvinding efter 1996
2. Sikker bæredygtig indvinding – indvinding efter 2003 – 800.000 m<sup>3</sup>

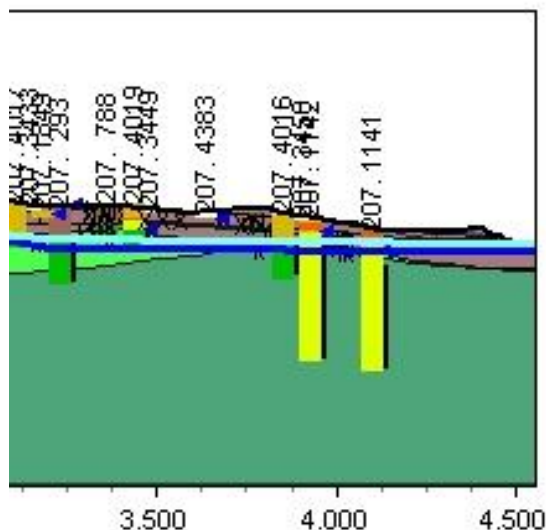
Ved alle tre klimascenarier (vådt, middel og tørt) er der simuleret en generel reduktion af ressourcen i området. Der er simuleret et fald i potentialet i kalken op til 1-2 meter, jævnfør Bilag 10. Den største reduktion sker centralt i området øst for Tune og ikke ved kysten. Ved kysten er den simulerede sænkning maksimalt omkring 0.1 meter, dog er der simuleret lidt større sænkninger tættere på kysten ved Karlslunde. I det terrænnære vandspejl er der både observeret

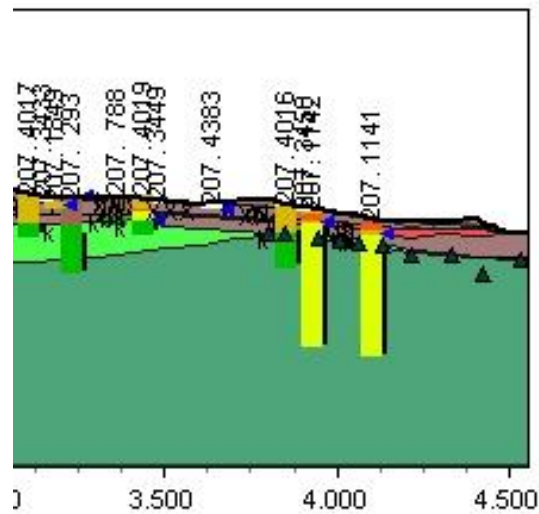
stigninger og fald i potentialet som følge af klimaændringerne i størrelser på 0-0.5 meter.

Tabet af ressource som følge af klimaændringerne betyder, at den vurderede sandsynlige og sikre bæredygtige indvinding ved kysten ikke bliver højere end vurderet ovenfor. En nærmere vurdering kræver dog analyser og modelberegninger der tager højde for densitetsforskelle mellem havvand og ferskvand.



**Figur 10 Geoscience snit gennem Hundige vinkelret på kysten med potentialet i 1991 og 2012. Mørkeblå linje viser potentialet i 1991, lyseblå linje potentialet i 2012. Mørkegrøn skrivekridt, lysegrøn danienskalk, brun moræneler og rød sand.**





**Figur 11 Geoscene snit gennem Karslunde Strand vinkelret på kysten med potentialet i 1991 og 2012. Mørkeblå linje viser potentialet i 1991, lyseblå linje potentialet i 2012. Mørkegrøn skrivekridt, lysegrøn daniensk kalk, brun moræner og rød sand.**

I Figur 10 og 11 er vist geologiske snit med potentialet gennem henholdsvis Hundige og Karslunde Strand. Figur 10 illustrerer, at ved Hundige har der været en markant sænkningstragt tilbage i 90'erne, men også at den lokale geologi (dæklagene) er præget af moræner uden større indslag af sand. Dette understøtter vurderingen af at saltholdigheden stammer fra salt residualvand.

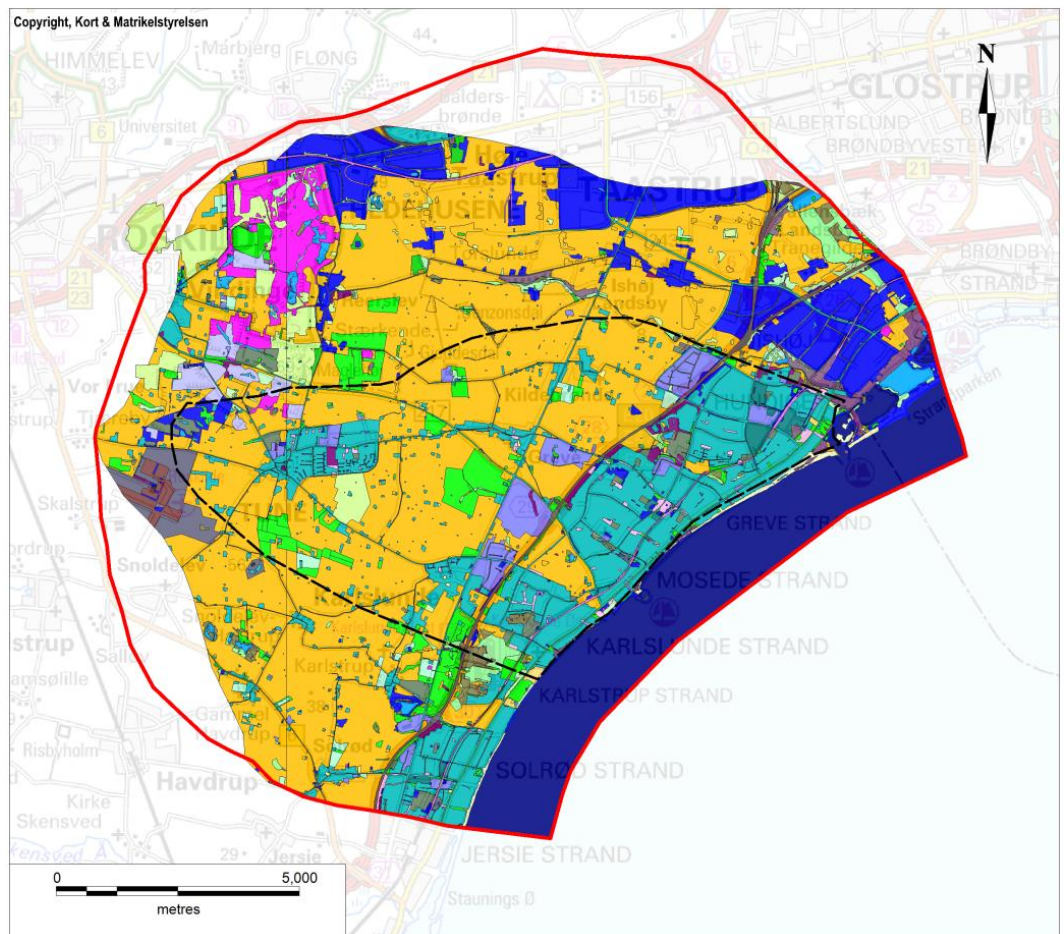
Ved Karslunde Strand, Figur 11, bemærkes dels at der findes et sandlag (KS3) der strækker sig fra indvindingsboringerne ved Karslunde Strand (207.1141) ud mod kysten. Indtrækning af havvand kan have foregået gennem dette sandlag ind til indvindingsboringerne, hvor der er et forholdsvis lille dæklag over skrivekridtet.

### 3.8 Arealanvendelse og forureningskilder

Arealanvendelsen i projektområdet er vist på Figur 12.

Arealanvendelsen i projektområdet er vest for Køge Bugt motorvejen præget af landbrugsarealer, dog brudt af Tune By og tekniske anlæg som lufthavnsområde (Roskilde Lufthavn). Arealanvendelsen i Hede-landsområdet nord for Tune bærer præg af den grusgravning der er foregået i området, og hvor der er deponeret forurenende stoffer flere steder i de gamle grusgrave. Øst for motorvejen er arealanvendelsen domineret af boligområder med lav bebyggelse med indslag af høj bebyggelse især op mod Ishøj. Derudover findes en række industriområder udbygget langs med motorvejen, samt industri blandet med den øvrige bebyggelse.

De forskellige arealanvendelser betyder samtidigt at grundvandet er truet af en række forskellige trusler. I landbrugsområderne er truslen især fra nitrat og pesticider, i de bebyggede områder og industriområderne er truslen især fra punktkilder. Motorvejen og jernbanen udgør specielle linjeorienterede trusler. I Hedelandsområdet er det primært deponierne i de gamle grusgrave, som truer grundvandet.



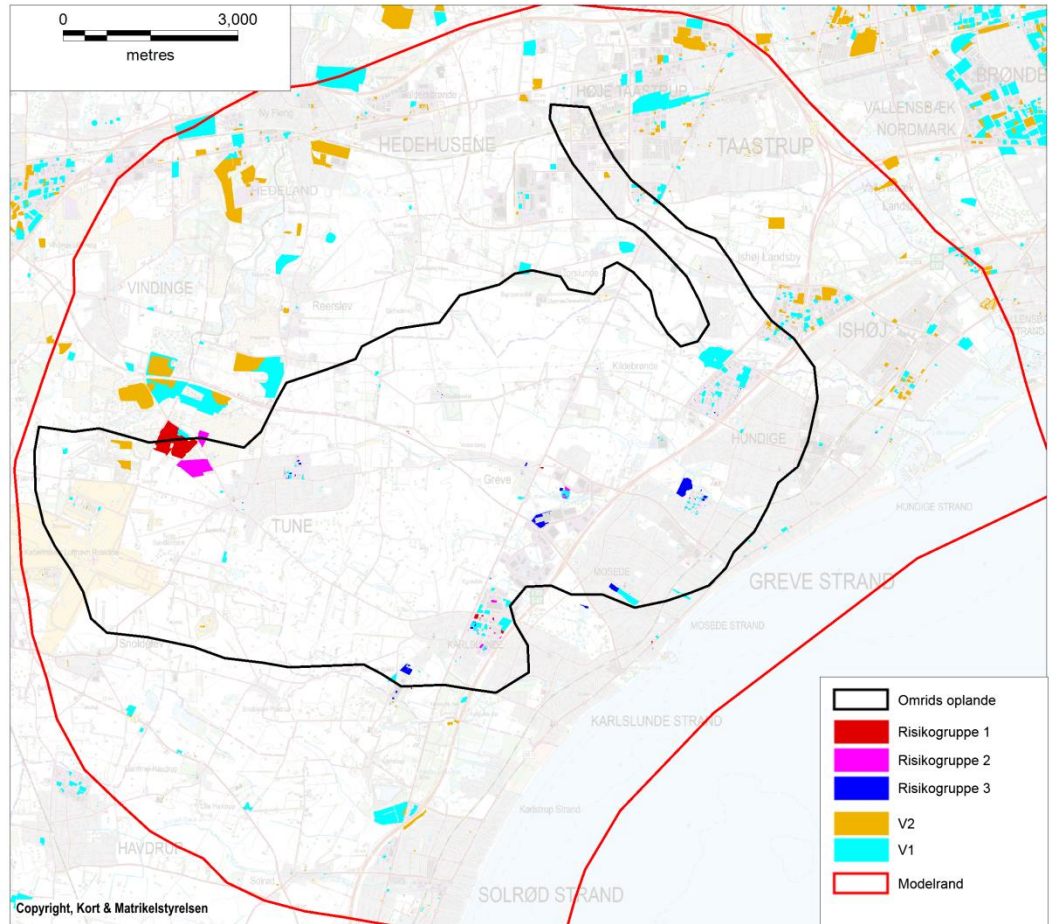


**Figur 12 Arealanvendelse i projektområdet.**

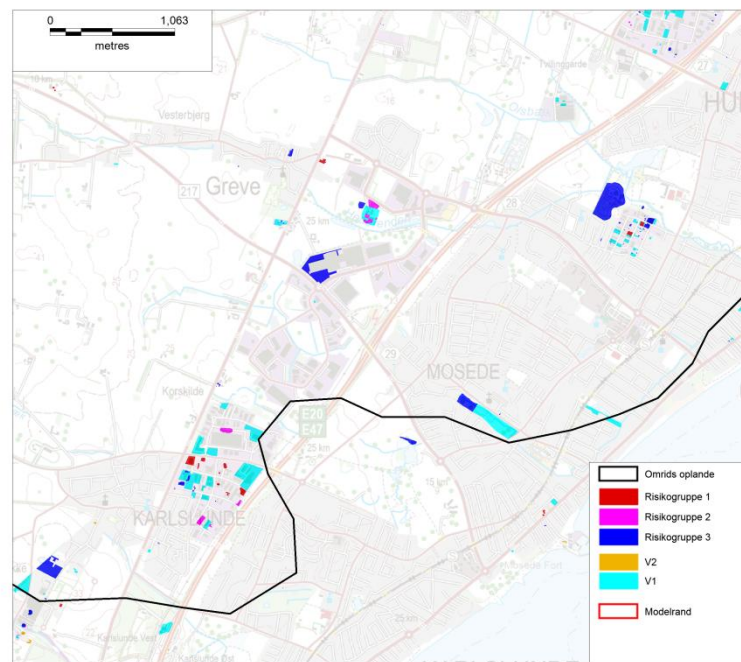
Rambøll har for Greve Vandsamarbejde /11/ i 2012 gennemgået alle kortlagte forureninger på vidensniveau 1 og 2, og prioriteret dem i forhold til truslen mod grundvandet. Risikovurderingen har opdelt forureningerne i følgende kategorier:

1. Høj grundvandsrisiko
2. middel grundvandsrisiko
3. lav grundvandsrisiko

For forureninger på vidensniveau 1 er renserier pr. automatik i høj grundvandsrisiko, da klorerede opløsningsmidler er svært nedbrydelige og har høj mobilitet. For Forureninger på vidensniveau 2 er forureninger der overskrider drikkevandskriterierne med en mere end en faktor 10 i primært grundvand og en faktor 100 i sekundært grundvand i risikoklassen "høj grundvandsrisiko".



**Figur 13 V1 og V2 forureninger samt risikogrupper. Desuden er vist afgrænsning af indvindingsoplandene.**



**Figur 14 V1 og V2 forureninger samt risikogrupper i zoomniveau. Desuden er vist afgrænsning af indvindingsoplandene.**

I figurerne 13 og 14 er vist beliggenheden af kortlagte forureninger sammen med omrids af indvindingsoplandene.

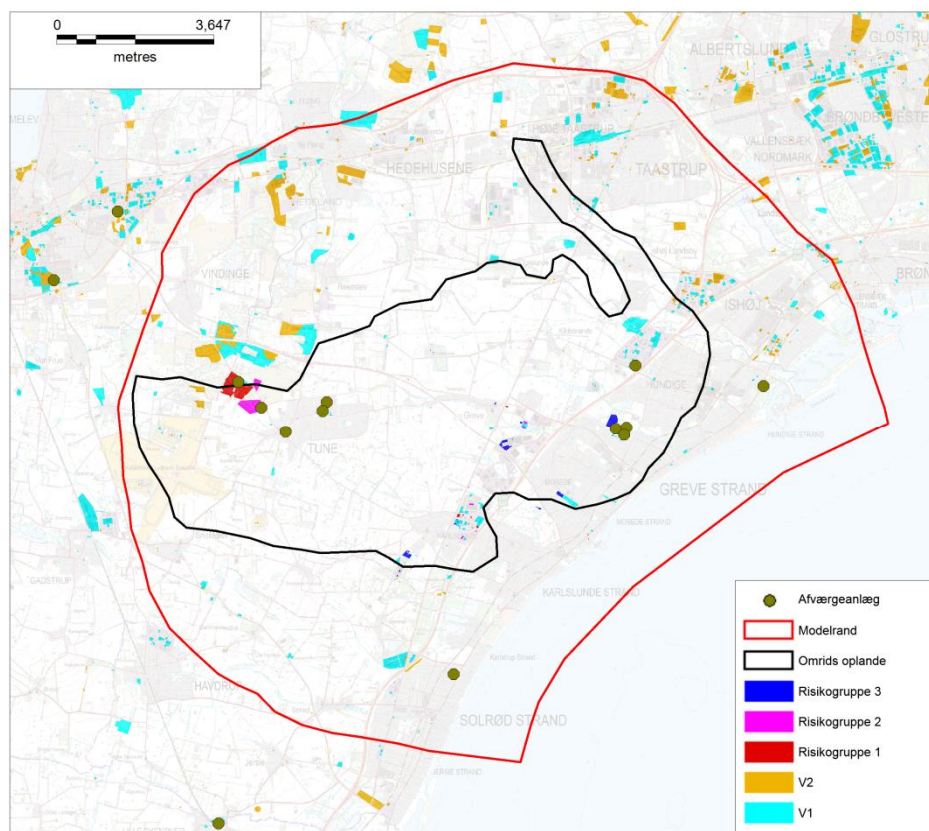
Der findes i alt 23 forureninger, der er kortlagt i risikogruppe 1. Derudover findes tre V2 forureninger i oplandet til Ishøj Kildeplads, der skal nærmere vurderes. Den største udbredelse af V2 forureninger i risikogruppe 1 findes nordvest for Tune i området hvor mange indvindingsoplande mødes, omkring Karlslunde i oplandet til Greve Vandværks kildeplads ved Karlslunde samt Håndværkerbyen i oplandet til Greve Strand Kildeplads. Ved håndværkerbyen og Karlslunde er der en del fund af klorerede opløsningsmidler.

I tilknytning til flere af forureningerne foregår afværgeoppumpning, placering fremgår af figur 15. Som det fremgår af tabel 7 afværgeres der fra flere af lokaliteter kun i forhold til indeklima. Den største koncentration af afværgeanlæg findes omkring Tune og omkring Håndværkerbyen i Greve,

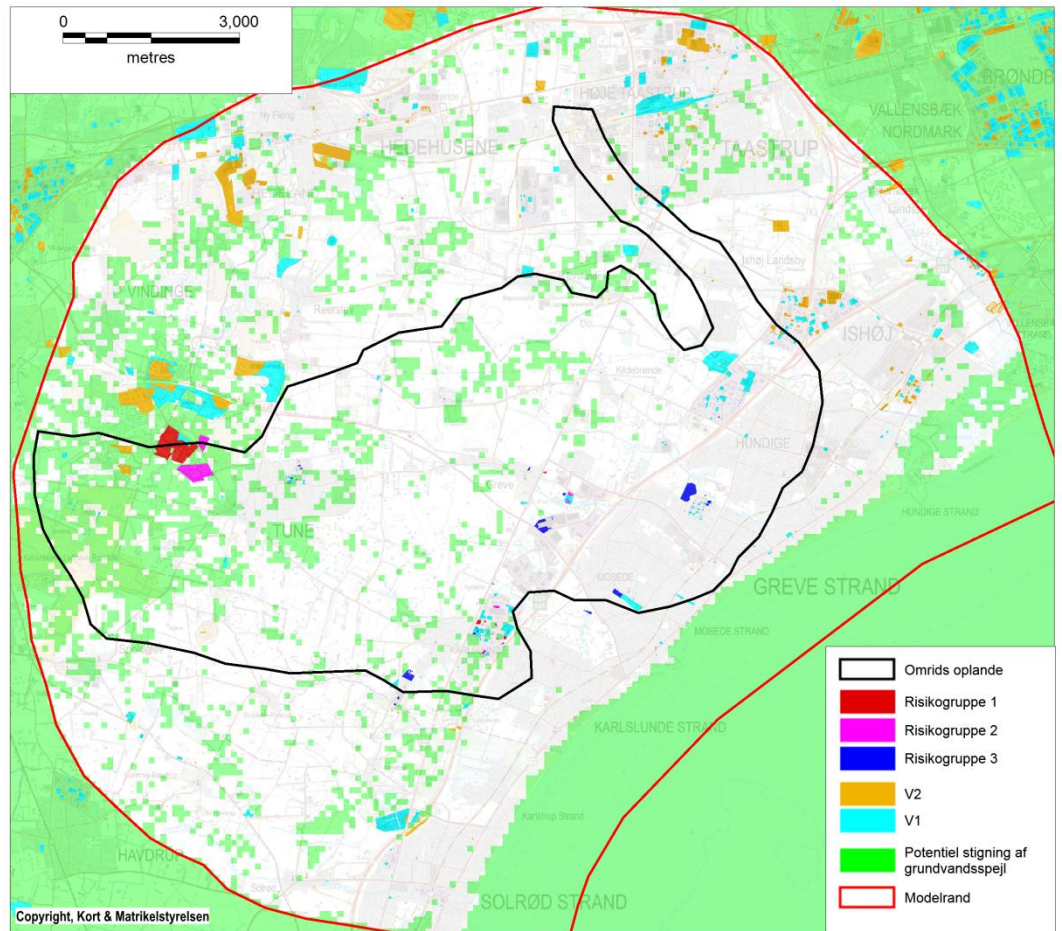
Potentielle vandspejlsstigninger, som følge af klimaændringerne, vurderes især at kunne forekomme nord for Tune, jævnfør Figur 16, hvor der er en væsentlig udbredelse af V2 forureninger. Risikoen vurderes nærmere i forbindelse med udformningen af indsatsplanen. Der er også risiko for lokale vandspejlsstigninger ved V2 forureningerne ved Karlslunde samt ved kysten. Risikoen for vandspejlsstigninger ved kysten er primært som følge af stigende havniveau, og der er i /10/ identificeret forureningskilder ved Køge Bugt, som er oversvømmelsestruede som følge af det stigende havniveau. Køge Bugts området er udpeget som et af 10 risikoområder i Danmark for kystnær oversvømmelse af ejendomme. Området ved Køge Bugt har historisk været lavtliggende strandenge, der efterfølgende er blevet kraftig udbygget.

Der er i projektområdet udpeget flere punktkilder i /10/ hvor udvaskningen kan blive påvirket ved havstigninger op til kote 2.





**Figur 15 Kortlagte forureninger inklusiv placering af afværgeoppumpning.**



**Figur 16** Beliggenhed af kortlagte grunde sammen med simulerede ændringer i øverste grundvandsspejl som følge af potentielle klimaændringer

*Tabel 7 Oplysninger omkring lokaliteter med afværgeoppumpning*

Løbenummer	Lokalitetsid.	Adresse	Kommune	Afværgeformå	Afværgetype SMART
11	253-00121	Hundige Strandvej 29 Gl. Havnevej 2670 Greve	Greve	Indeklima	Aktiv ventilation
12	253-00118	Håndværkerbyen 15 2670 Greve	Greve	Grundvands- sikring	Vand- behandling
13	253-00119	Håndværkervænget 15 2670 Greve	Greve	Indeklima	Aktiv ventilation
14	253-00116	Industrihegnet 3-5 4030 Tune	Greve	Grundvands- sikring	Vandbehandling
15	253-00242	Lunikvej 32 2670 Greve	Greve	Grundvands- sikring	Vand- behandling
22	253-00120	Østergade 17 4030 Tune	Greve	Indeklima & Grundvands- sikring	Vand- og Luft- behandling
36	253-00245	Håndværkerbyen 33- 35 2670 Greve	Greve	Indeklima & Grundvands- sikring	Vand- og Luft- behandling
37	253-00101	Industrihegnet 14 4030 Tune	Greve	Grundvands- sikring	Vand- behandling
48	253-00004	Roskildevej 37 Steenberg Larsens æld. 4030 Tune	Greve	Grundvands- sikring	Vand- behandling
57	253-00001	Roskildevej 63 M.fl. 4000 Roskilde	Greve	Indeklima & Grundvands- sikring	Vand- behandling

Kortlægningen af grundvandsressourcen, grundvandsbeskyttelsen samt de aktuelle og potentielle trusler vil blive nærmere samtolket og der udarbejdes en vurderingsrækkefølge af nødvendige indsatser i indsatsplanen

---

## 4 Referencer

- /1/ ALECTIA A/S, 2012: Opdatering af hydrologisk model for Greve
- /2/ ALECTIA, 2012: BNBO beregninger. Notat.
- /3/ Præcisering af anbefalinger i GeoVejledning 2, mht. afgrænsning af indvindings- og grundvandsdannende opland. NST Notat 29 oktober 2014.
- /4/ Vandplan Køge bugt, Miljøministeriet 2013.
- /5/ Jensen, Sabrina 2014: Determining the origin of salinity in Greve, Denmark, using tracers and modelling of groundwater flow
- /6/ Thorn, P. 2010: Groundwater salinity in Greve, Denmark: determining the source from historical data. Hydrogeology journal 19; 445-461
- /7/ Alectia 2015: Grundvandskemiske vurderinger I Greve området
- /8/ Miljøministeriet og NIRAS, 2009: Sjællandsmodellen – et integreret model værktøj for det hydrologiske vandkredsløb. Dokumentationsrapport.
- /9/ DHI 2012: Water Resources Climate Change. Guidelines.
- /10/ Region Sjælland 2014: Klimaændringer. Forurenede jord og grundvand. Notat, Miljø- og ressourcer Region Sjælland 2014
- /11/ I/S Greve Vandsamarbejde 2012: Gennemgang og prioritering af V1- og V2- kortlagte grunde. Rambøll
- /12/ Niras 2012: Visualisering af geofysik i Greve Kommune
- /13/ GEUS 2013: Sustainable groundwater abstraction