Ballerup. Industriparken 20A.
Interxion, Grundvandskøling
Konsekvensanalyse for grundvandskøleanlæg ved Interxion

GEO projekt nr. 35413
Rapport 1, Final, 2013-07-03

Sammenfatning

Interxion driver et datacenter og ønsker til erstatning af dele af deres konventionelle køling at etablere et grundvandskøleanlæg.

GEO har gennemført et undersøgelsesprogram omfattende udførelse af én pumpeboring (DGU nr. 200.6556) samt gennemførelsen af ét 3-trins forsøg pumpeforsøg, et længerevarende pumpeforsøg, en kapacitetstest efter oparbejdning af pumpeboringerne samt en flowlog. På basis af indsamlede data er der udført tolkninger af pumpeforsøg og konsekvensanalyser af anlægget i en numerisk model opstillet i modelkoden FeFlow. Konsekvensanalyserne er beskrevet i nærværende Rapport 1, mens data- og modelgrundlaget er beskrevet i Rapport 2.

Konsekvensanalyser viser, at der kan etableres et bæredygtigt grundvandskøleanlæg med kun små påvirkninger af det hydrologiske miljø. Ligeledes konstateres kun en lokal påvirkning af temperaturforholdene, der ikke er negative for det omkringliggende miljø.

I modelområdet forefindes flere matrikler med henholdsvis V1 og V2 kortlagte forureninger. Der er udført "worst case" partikelbanesimuleringer til vurdering af påvirkningen ved et aktivt grundvandskøleanlæg af eventuelle fremtidige forureninger konstateret i kalkmagasinet. I løbet af en 10 årig periode med et aktivt anlæg vil eventuelle forureninger i kalkmagasinet under de nord og vest liggende kortlagte ejendomme blive trukket til grundvandskøleanlæggets boringer, mens eventuelle forureninger i kalkmagasinet under de øst liggende kortlagte ejendomme ikke vil påvirkes nævneværdigt. Grundvandskøleanlægget vil således også kunne fungere som afværgeanlæg for Region Hovedstaden i et område, hvor en eventuel forurening i kalkmagasinet udgør en risiko for 5 omkringliggende vandindvindingsområder.

Det anbefales, at der gives tilladelse til etablering og drift af det beskrevne grundvandskøleanlæg hos Interxion, dog under forudsætning af at der i fremtiden kan etableres samarbejde mellem Interxion og Region Hovedstaden, hvis der i fremtiden viser sig et behov for også at udnytte anlægget til afværgeformål.

Nærværende Rapport 1 danner sammen med Rapport 2 grundlag for en ansøgning om etablering af et grundvandskøleanlæg til Ballerup Kommune.

GEO
Sødalsparken 12
8220 Brabrand
Tlf.: +45 8627 3111
Fax: +45 8627 6706
geo@geo.dk
www.geo.dk
CVR-nr: 59781812

Udarbejdet for
Interxion
Industriparken 20A
2750 Ballerup

Udarbejdet af
Theis S. Knudsen, 4520 4212, tsk@geo.dk
Mads R. Mølgaard, 4520 4188, mrm@geo.dk

Kontrolleret af
Karsten Juul, 8741 2376, knj@geo.dk
Lars H. Jacobsen, 8741 2464, lja@geo.dk

Indhold

1..... Indledning 3
1.1 ..Lokalitet 3
2..... Grundvandskøling 4
2.1 ..Grundvandskøleanlægget 4
2.1.1 Beskrivelse af grundvandskøleanlægget 4
2.1.2 Anvendte væsker i anlægget 4
2.1.3 Grundvandskredsen og grænsefladen til bygningens distributionsvæskekreds 5
2.1.4 Råvandsledninger 6
2.1.5 Varmevekslerne 6
2.2 ..Sikkerhedssystemer 6
2.3 ..Overvågning 8
3..... Kontrolprogram 9
3.1 ..Vurdering og sammenstilling af loggede systemdata 9
3.2 ..Udtagning af grundvand til vandanalyse 9
4..... Konsekvensanalyse 10
4.1 ..Scenarie 1: Stationære forhold 10
4.2 ..Scenarie 2: Normal drift 11
4.2.1 Hydrologisk påvirkning 11
4.2.2 Energimæssig påvirkning 12
4.3 ..Scenarie 3: Driftsstop 17
5..... Risikovurdering 19
5.1 ..Intern termisk kortslutning 19
5.2 ..Grundvandsinteresser 19
5.3 ..Forureninger 20
5.3.1 Brydehusvej 21 21
5.3.2 Øvrige registrerede ejendomme 24
5.3.3 Samlet vurdering af påvirkningen af områdets forureninger 25
6..... Konklusion 28
7..... Bibliografi 30

1 Indledning

Interxion driver et datacenter og ønsker til erstatning af dele af deres konventionelle køling at etablere et grundvandskøleanlæg. For at undersøge mulighederne for etablering af grundvandskøleanlægget har Interxion entreret GEO til at gennemføre et forundersøgelsesprogram for et komplet grundvandskøleanlæg.

GEO har gennemført et undersøgelsesprogram omfattende udførelse af én pumpeboring (DGU nr. 200.6556) samt gennemførelsen af ét 3-trins forsøg pumpeforsøg, et længerevarende pumpeforsøg, en kapacitetstest efter oparbejdning af pumpeboringen samt en flowlog.

Dokumentationsarbejdet er samlet i to rapporter: en konsekvensanalyse (rapport 1) og en redegørelse af data- og modelgrundlaget (rapport 2) (1). Samlet tjener rapporterne som grundlag for ansøgningen om etableringen af grundvandskøleanlægget over for Ballerup Kommune. Nærværende rapport giver en detaljeret beskrivelse af det tekniske anlæg.

1.1 Lokalitet

Interxions bygningskompleks ligger i et industriområde i Ballerup ved Industriparken 20. Grunden afgrænses mod nord af Industriparken, mod vest af Industriparken, mod syd af jernbanen og mod øst af et mindre grønt område og andre bygninger. Se også Figur 1.

Figur 1: Interesseområdet med boring DGU nr. 200.6556 og placeringsforslag til den anden boring (Alt. 3) ved Industriparken 20.

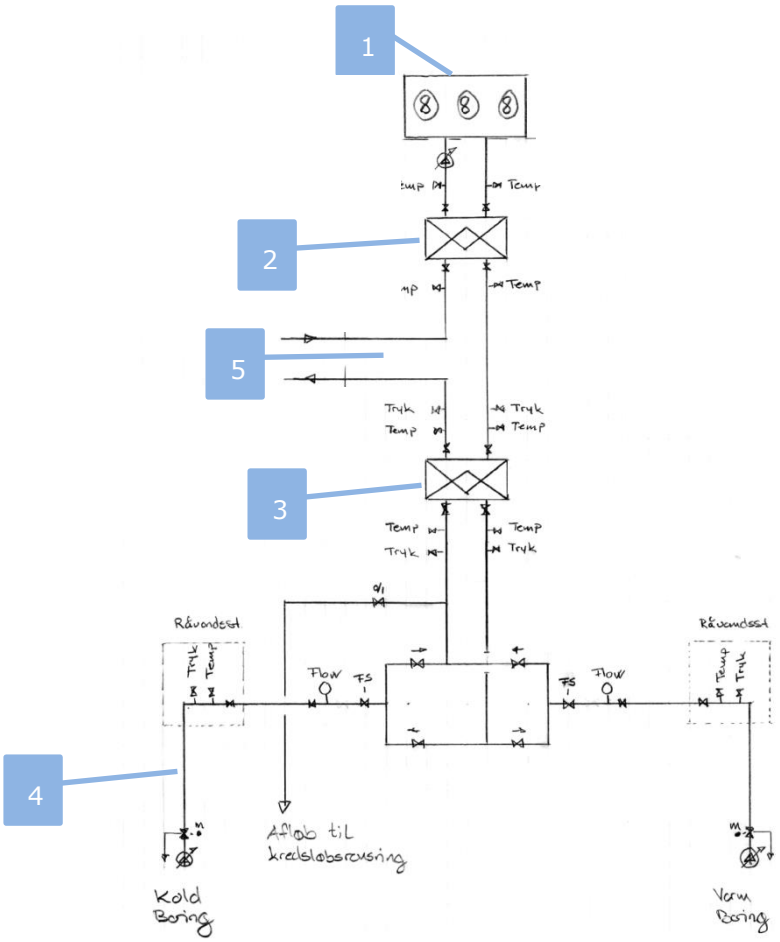
2 Grundvandskøling

2.1 Grundvandskøleanlægget

2.1.1 Beskrivelse af grundvandskøleanlægget

Grundvandskøleanlægget tænkes opbygget helt simpelt (Figur 2), hvor grundvandet oppumpes og leverer køling til datacenterets kølering, mens det opvarmede grundvand reinfiltreres i grundvandsmagasinet. Den lagrede varme fra kølesæsonen trækkes op fra grundvandsmagasinet i vinterperioden ved at cirkulationsretningen i anlægget reverseres. Varmen afledes via frikøling til omgivelserne, mens det genafkølede grundvand injiceres i grundvandsmagasinet.

At grundvandet reinfiltreres til magasinet betyder, at påvirkningen af miljøet mindskes set i forhold til konventionel vandforsyning, hvor vand fjernes fra magasinet.



Figur 2: Principskitse af grundvandskøleanlægget. 1) Tørkøler; 2) Varmeveksler (Glykol/vand); 3) Varmevekslere (Vand/grundvand); 4) Boringer/ brønde; 5) kølering

2.1.2 Anvendte væsker i anlægget

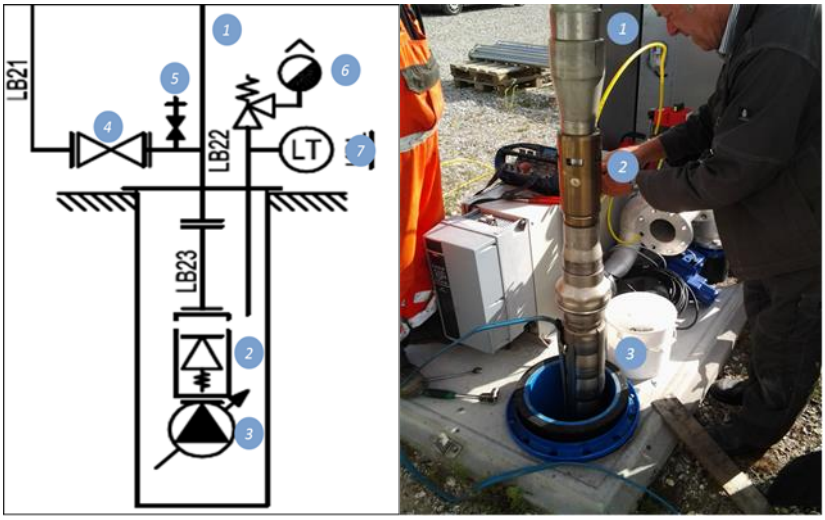
I grundvandskredsen oppumpes naturligt forekommende grundvand. Grundvandet udsættes ikke for nogen form for vandbehandling eller tilsættes nogen stoffer. Grundvandet påvirkes udelukkende termisk inden det reinfiltreres til samme grundvandsmagasin. I

køleringen anvendes behandlet vand – såkaldt fjernvarmevand, mens der i tørkølerkredsen anvendes glykol.

2.1.3 Grundvandskredsen og grænsefladen til bygningens distributionsvæskekreds

Grundvandskredsen består af to brønde (DGU 200. 6556 og en ny brønd (Alt 3)), trykledninger samt én varmeveksler, der danner grænseflade mellem grundvandskredsen og datacenterets kølering.

Grundvandet pumpes i et lukket system, der dimensioneres i hydrologisk og termisk balance, således at alt oppumpet vand reinfiltreres i samme grundvandsmagasin, hvorfra det er indvundet, mens mængden af tilført og indvundet energi modsvarer hinanden.



Figur 3: Principskitse af boringsbestykning. 1) Stigrør; 2) Modtryks- / returledningsventil; 3) Grundvandspumpe; 4) Afspærringsventil; 5) Prøvetagningsventil; 6) ABC; 7) Trykniveautransmitter

Boringerne færdiggøres til produktion ved færdigmontering af den rustfri garniture, afspærringsventil, prøvetagningshane, temperatur og trykniveau transmitter.

Grundvandspumpen og modtryks-/ returledningsventilen skrues sammen og monteres på det enkelte stigrør, som herefter nedsænkes i boringen, således at både pumpen og modtryksventilen til alle tider er under grundvandsspejlet, Figur 3.

Den nedsænkede modtryksventil-/returledningsventil styres ved hydraulisk tryk af en motorventil, som er monteret i råvandsstationen, mens grundvandspumpens ydelse reguleres af en frekvensomformer, som er placeret i teknikrummet i forbindelse med køle centralen.

2.1.4 Råvandsledninger

Grundvandet ledes via sammensvejste PE-rør i drikkevandskvalitet til varmevekslerne i teknikrummet. Grundvandsvandsledningerne ophænges primært i ingeniørgange og trykprøves inden ibrugtagning.

2.1.5 Varmevekslerne

I systemet findes to varmevekslere, hvoraf den ene udgør grænsefladen mellem grundvandskredsen og datacenterets kølering (Figur 2, pkt. 3), mens den anden udgør grænsefladen mellem køleringen og frikølerkredsen (Figur 2, pkt. 2).

Varmeveksleren, der danner grænseflade til grundvandskredsen, etableres som pladevarmeveksler, som udføres i rustfrit stål, som er modstandsdygtig i forhold til kemien i henholdsvis grundvandet og væsken i køleringen. Varmeveksleren mellem køleringen og frikølerkredsen er for nuværende allerede eksisterende og genbruges.

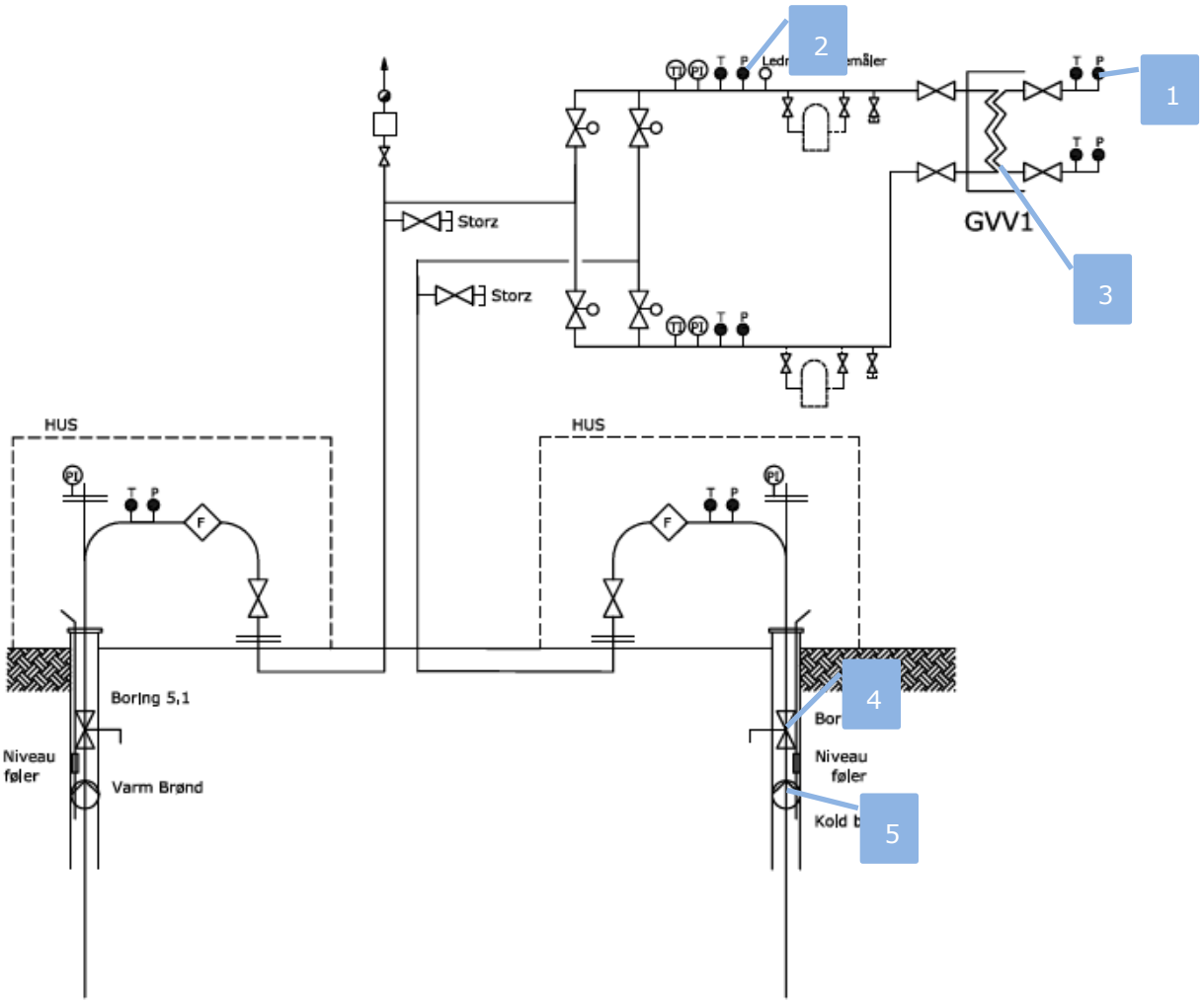
2.2 Sikkerhedssystemer

For at undgå, at der i tilfælde af lækage i varmevekslerne, der adskiller grundvandskredsen og køleringen, sker en forurening af grundvandet med miljøfremmede stoffer, er køleringen udført som et lukket system med almindelig fjernvarmevand og der indbygges trykovervågning over vekslerne, som sørger for at grundvandspumperne stopper og motorventiler til grundvandet lukker i tilfælde af lækage i vekslere eller et andet sted i rørsystemet. Grundvandskredsen reguleres kontinuert og holder et fast overtryk i forhold til køleringen ved hjælp af modtryks- / returledningsventilen (Figur 4, pkt. 4.)

Anlægget etableres til at kunne håndtere følgende:

- Små sivlækager kan ikke nødvendigvis registreres før end de overstiger den tolerance, som er indbygget på den målte trykdifference mellem (Figur 4, pkt.1. og pkt. 2.). At der indbygges en tolerance skyldes bl.a., at trykket påvirkes af temperaturvariationerne i køleringen og præcisionen i styringen af grundvandspumperne (Figur 4, pkt. 5.) og modtryks- / returledningsventilen (Figur 4, pkt. 4.). Risikoen i forbindelse med sivlækagen vil være meget lille, både i størrelse, men også i mængden af udsivende væske til grundvandskredsen, idet trykforskellen mellem grundvandskredsen og køleringen er lille og køleringen er et lukket system med manuel påfyldning. Overstiger trykdifferencen målt mellem Figur 4, pkt.1. og pkt. 2. imidlertid tolerancen, lukkes grundvandskredsen altid ned automatisk ved at grundvandspumperne (Figur 4, pkt. 5.) stopper samtidig med at modtryks- / returledningsventilen (Figur 4, pkt. 4.) lukker tæt, således evt. forurenet grundvand tilbageholdes i PE- og stigrørene, hvorved påvirkningen fra lækagen minimeres.
- Store lækager vil komme til udtryk i et trykfald på køleringen, da dette ikke etableres med automatisk påfyldning, og en kraftig ændring i trykforskellen mellem grundvandssiden og køleringssiden målt på Figur 4, pkt.1. og pkt. 2. Trykfaldet kan også skyldes lækage et andet sted i køleringen, men som sikkerhed lukkes

grundvandskredsen altid ned automatisk ved at grundvandspumperne (Figur 4, pkt. 5) stopper samtidig med at modtryks- / returledningsventilen (Figur 4, pkt. 4) lukker tæt, således evt. forurenet grundvand tilbageholdes i PE- og stigrørene, hvorved påvirkningen fra lækagen minimeres.



Figur 4 Grundvandskredsen. 1) Tryktransmitter på køleringssiden; 2) Tryktransmitter på grundvandssiden; 3) Varmeveksler (vand/vand); 4) Modtryks- / returledningsventil; 5) grundvandspumpe

2.3 Overvågning

Anlægget overvåges ved, at nedenstående parametre for grundvandet kontinuert måles og gemmes:

- Temperatur af opvarmet og reinfiltreret vand
- Flow
- Kapacitet
- Samlet cirkuleret vandmængde
- Samlet mængde lageret energi
- Vandtryk i produktionsboringerne

Anlægget etableres med alarmer for overskridelse af kritiske værdier, som for eksempel max. og min. temperatur for reinfiltreret vand og vandtryk i produktionsboringerne.

3 Kontrolprogram

For at dokumentere grundvandskøleanlæggets performance og påvirkning af grundvandskvaliteten samt temperatur- og trykforhold i grundvandsmagasinet, underlægges anlægget et kontrolprogram, som afrapporteres til Ballerup Kommune – første gang 3. mdr. efter opstart og herefter årligt.

Kontrolprogrammet indeholder to overordnede elementer:

1) Vurdering og sammenstilling af loggede systemdata
2) Udtagning af grundvand til vandanalyse

3.1 Vurdering og sammenstilling af loggede systemdata

Grundvandskøleanlæggets hydrauliske og termiske påvirkninger på omgivelserne dokumenteres ved, at de registrerede tryk- og temperaturforhold i anlægget og i produktionsboringerne afrapporteres.

3.2 Udtagning af grundvand til vandanalyse

Inden idriftsættelsen af anlægget og herefter én gang årligt udtages der vandprøver fra produktionsboringerne til analyse for de parametre, der er omfattet af "boringskontrol", inkl. tungmetallerne arsen, kobber, chrom og zink samt aromater, organiske klorforbindelser, pesticider og nedbrydningsprodukter, henfør bilag 8 i Bek. nr. 1449 af 11. dec. 2007.

Tre måneder efter anlæggets idriftsættelse og derefter en gang årligt analyseres en vandprøve af det vand, der oppumpes og afledes fra anlægget. Vandprøven analyseres for indhold af de stoffer, der kan opløses fra de vandberørte dele af anlægget. Anlæggets vandberørte dele består af PVC (forerør og filterrør) og af syrefast, rustfrit stål AISI (varmeveksler, rør og pumper). Alle vandanalyser udføres af akkrediteret laboratorium.

I nedenstående Tabel 1 angives forslag til analyseparametre.

Materiale	Analyseparametre
PVC	NVOC Dibutyltin (DBT) Blødgørere Vinylchlorid
Syrefast stål AISI	Cr, krom Ni, nickel Si, silicium Mo, Molybdæn

Tabel 1: Forslag til analyseparametre for oppumpet og afledt vand fra anlægget

4 Konsekvensanalyse

Med henblik på at etablere initialbetingelserne for den dynamiske simulation, er modellen kørt i ligevægtstilstand (stationær). Det stationære grundvandsspejl indgår herefter i beregningen af sænkninger og stigninger.

Den dynamiske simulation beregnes som 10 års drift af grundvandskøleanlægget med efterfølgende driftsstop, hvor der herefter simuleres 10 år uden påvirkning af magasinet. Det er ikke muligt at simulere en daglig variation i driften af køleanlægget pga. for lange beregningstider, hvorfor der i stedet beregnes drift på månedsbasis.

Energibalancen for magasinet er udregnet for det første drifts år, således at modellens evne til at reproducere de angivne energikrav kan dokumenteres.

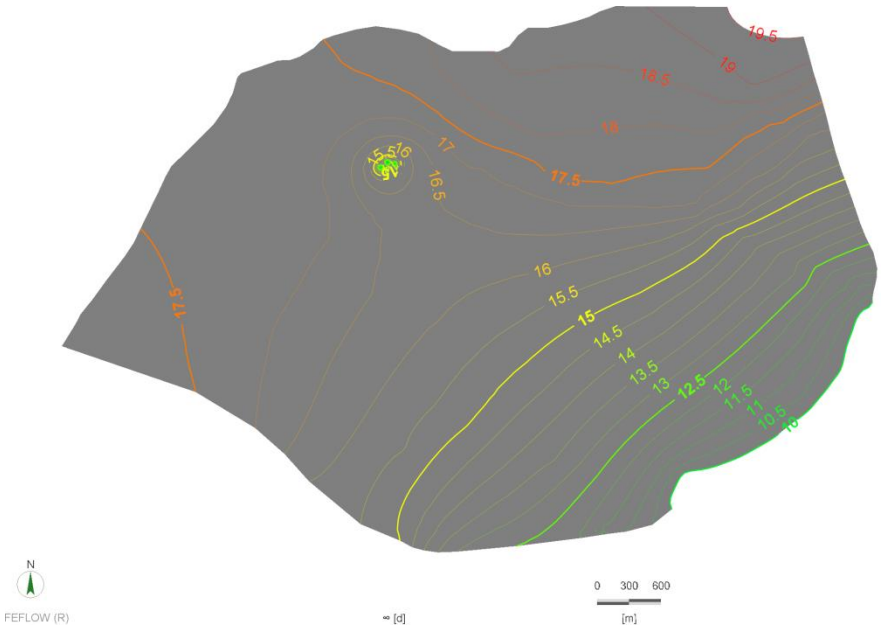
Anlægget er i hydrologisk og termisk ligevægt, da ingen vand eller energi fjernes fra grundvandsmagasinet over tid.

Det hydrauliske trykniveau eller temperaturen forbliver dog ikke uforstyrret til tiden *t*. En sænknings- og stigningskegle vil forekomme ved oppumpning og infiltration af vand, og anlægget vil under drift producerer lokale varme- og kuldelagre.

Derfor er det nødvendigt at vurdere, i hvor stor grad ændringerne i hydrauliske trykniveau og temperatur vil påvirke det omkringliggende miljø.

4.1 Scenarie 1: Stationære forhold

Det simulerede stationære grundvandsspejl for kalkmagasinet er vist på Figur 5. Under stationære betingelser strømmer grundvandet i syd-sydvestlig retning. Ballerup Vandværks indvindingsboringer influerer på det hydrauliske trykniveau, hvilke ses tydeligt i form af en sænkningskegle ved kildepladsen.



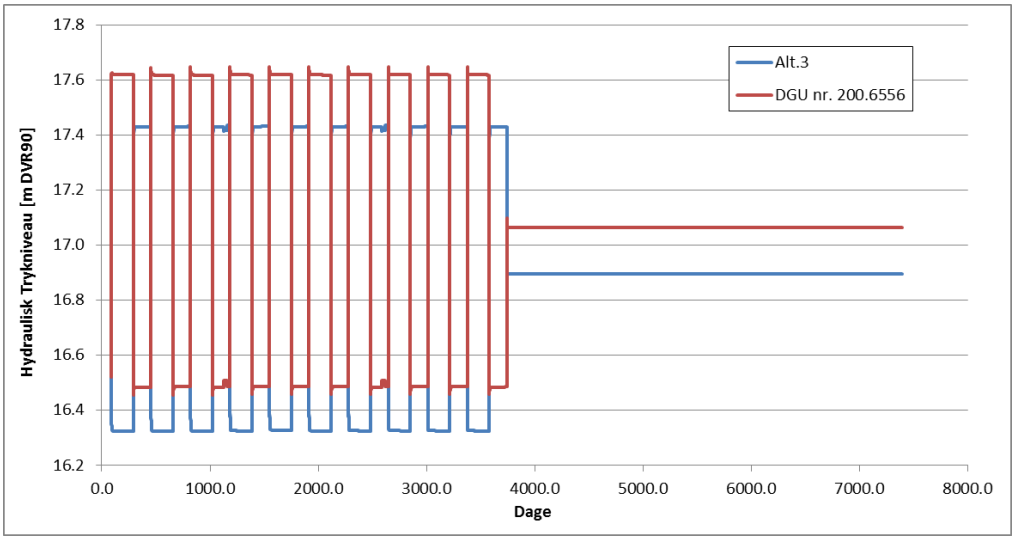
Figur 5: Det stationære hydrauliske trykniveau i kalkmagasinet angivet i meter DVR90.

4.2 Scenarie 2: Normal drift

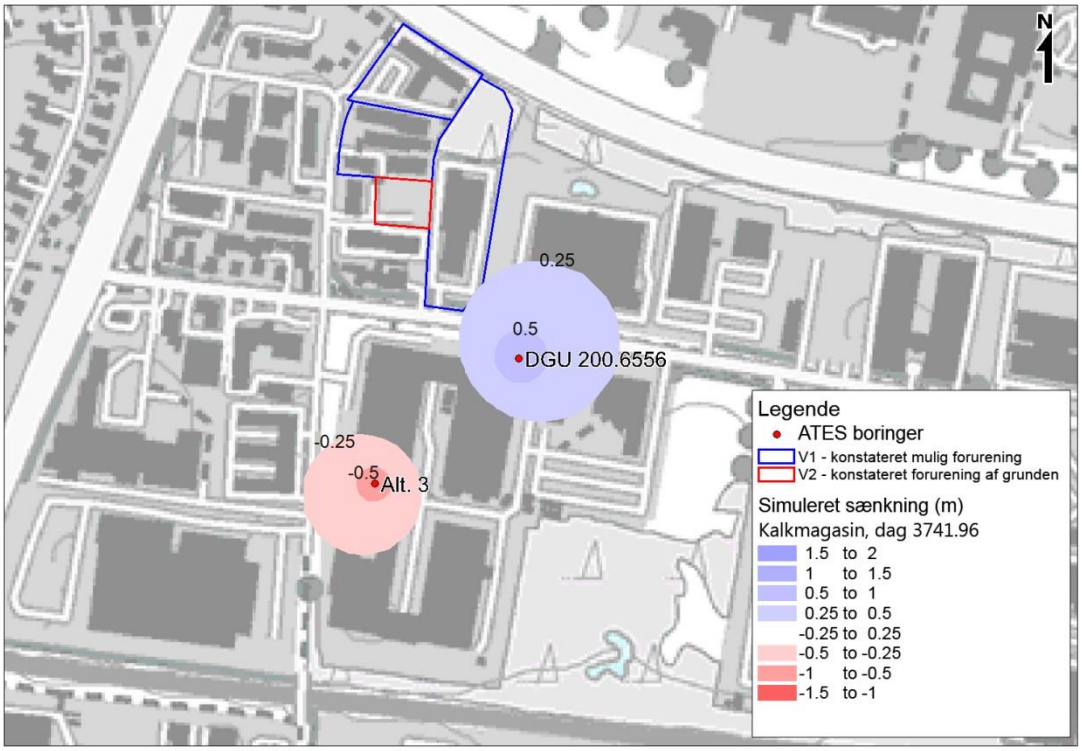
4.2.1 Hydrologisk påvirkning

De største sænkninger og stigninger i magasinet ses i slutningen af varme- og køleperioderne. Disse perioder er henholdsvis defineret som udgangen af marts og medio af oktober. Der pumpes og infiltreres med en ydelse på 60 m^3/t i de to produktionsboringer.

Den tidslige variation af sænkningerne i selve pumpeboringerne gennem 10 års drift ses i Figur 6. Det rumlige omfang af sænkninger efter 10 års drift er kontureret i Figur 7.



Figur 6. Variationer i hydraulisk trykniveau i boring DGU nr. 200.6556 og Alt.3 for den simulerede 20-årige periode.



Figur 7. Simuleret sænkning og stigning af hydraulisk trykniveau i en periode med maksimale pumpe- og infiltrationsrater (dag 3741,96) for toppen af kalkmagasinet. Negative værdier angiver øget hydraulisk trykniveau (stigning). Positive angiver reduceret hydraulisk trykniveau (sænkning).

4.2.2 Energimæssig påvirkning

Termisk set er grundvandskøleanlægget i ligevægt. Dette forhindrer dog ikke en lokal udbredelse af varme og kulde. Det skyldes, at varmen spredes i grundvandsmagasinet via diffusion, dispersion og advektion.

Varmediffusion sker som følge af temperaturforskelle, mens dispersionen af varme sker i kraft af vandbevægelse sammenholdt med heterogeniteter på forskellige skalaer. Advektionen skyldes den regionale grundvandsstrømning.

Ved drift af grundvandskøleanlægget etableres der henholdsvis et kulde- og varmelager omkring de to pumpe- og infiltrationsboringer. Over tid vil temperatur-differentieringen mellem de to lagre øges og en semi-stationær tilstand vil opstå. De to processer, som styrer dette, er:

1. Opvarmning og nedkølning af de to lagre i forhold til grundvandsmagasinets naturlige udgangstemperatur (initialtemperatur).
2. Fastholdelsen af en temperaturforskel mellem produktions- og infiltrationsvandet ved drift af anlægget.

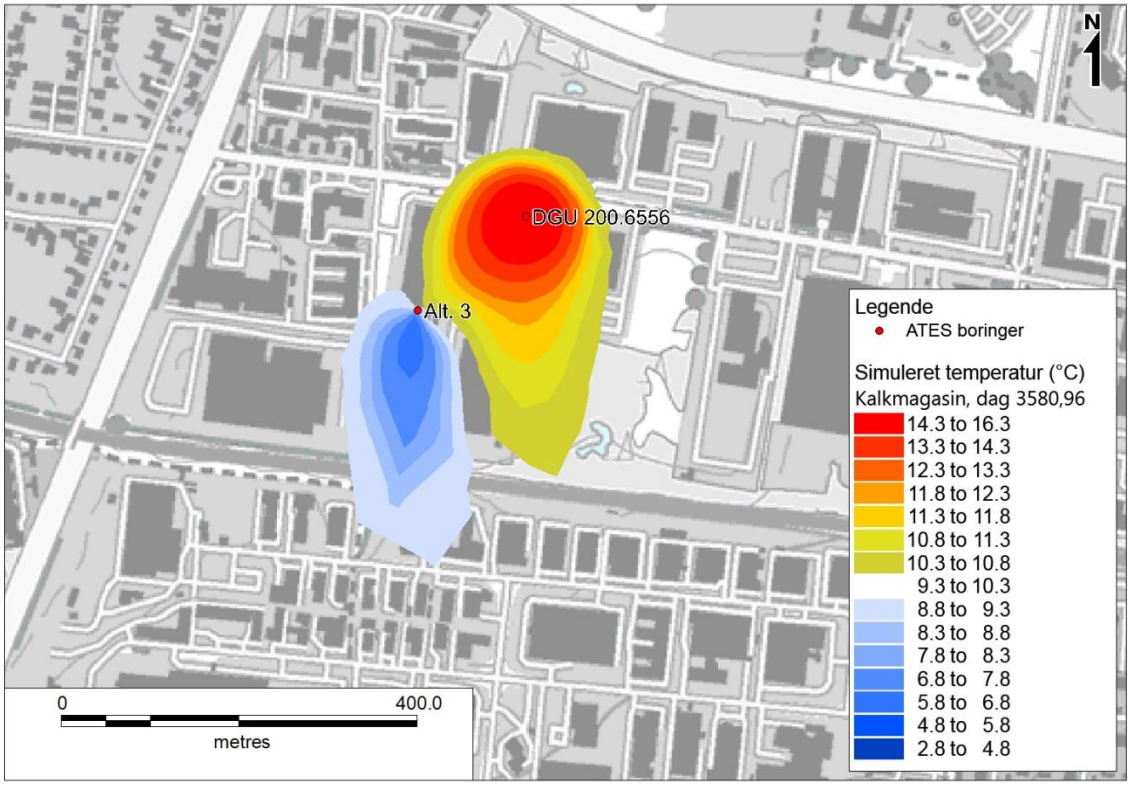
I følgende afsnit vil alle temperaturfaner og udbredelsen af disse referere til en minimums ændring af temperaturen på 0,5 °C i forhold til initial temperaturen på 9,8 °C. Temperaturforhold i magasinet, beliggende i intervallet fra 9,3 til 10,3 °C, er således ikke vist som en del af temperaturfanerne.

<u>Simulerede resultater ved slutning af køleperiode</u>

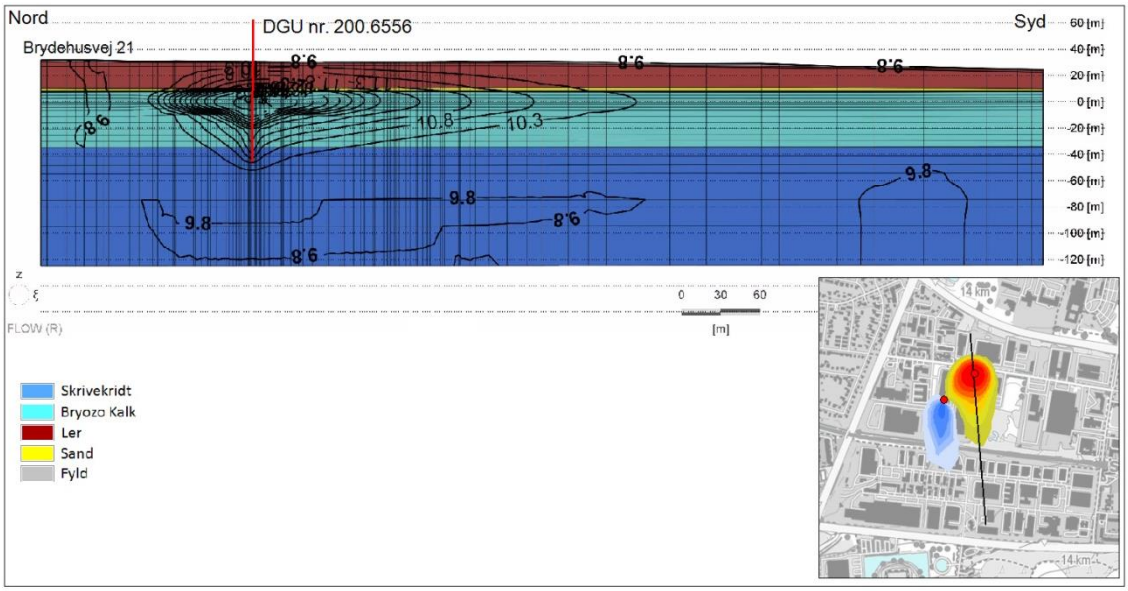
I nedenstående Figur 8 og Figur 9 ses den simulerede horisontale og vertikale temperaturudbredelse i kalkmagasinet, ved slutningen af en køleperiode, svarerende til medio oktober. Simuleringsresultaterne er hentet fra den dynamiske modelkørsel, og viser temperaturforholdene efter en periode på 10 års drift.

Der ses en maksimal temperaturværdi ved varmelageret på op til ca. 16 °C, mens minimumstemperaturen ved kuldelageret ligger omkring ca. 6 °C. Ændringerne i temperaturforholdene for grundvandsmagasinet er således ca. +6 °C for varmelageret og ca. -4 °C for kuldelageret, i forhold til udgangstemperaturen, se Figur 8.

Ved afslutning af køleperioden er temperaturen både ved boring DGU nr. 200.6556 og Alt.3 på sit højeste. Den laveste simulerede temperatur i kuldefanen befindes sig ikke længere ved boring Alt.3, men har pga. grundvandsstrømningen bevæget sig længere mod syd. Det ses ligeledes, at temperaturfanerne generelt har udbredt sig med den overordnede grundvandsstrømning, svarende til henholdsvis 90 m og 150 m mod syd for pumpe- og infiltrationsboringerne, se Figur 8 og Figur 9.



Figur 8. Den horisontale varmeudbredelse i toppen af kalkmagasinet efter 3580,96 dage. Dette svarer til medio oktober i det 10. år – slutningen af køleperioden.



Figur 9. Den vertikale varmeudbredelse efter 3580,96 dage vist i et profilsnit over lokaliteten. Dette svarer til medio oktober i det 10. år – slutningen af køleperioden. Tværsnittets placering ses på oversigtkortet.

På Figur 9 ses den vertikale fordeling af temperaturen i kalkmagasinet og i de overliggende kvartære lagserier. Der ses temperaturændringer som vertikalt spreder sig gennem hele det vertikale profil og dermed den hydrostratigrafiske lagserie, mens den horisontale spredning primært ses at foregå i de højpermeable zoner øverst i kalken. Denne

fordeling er sandsynligvis ikke korrekt for den del af lagsøjlen, som findes over vandspejlet, da energispredningen ikke er tilnærmelsesvis så effektiv i luft som i vand.

Simulerede resultater ved slutning af en varmeperiode

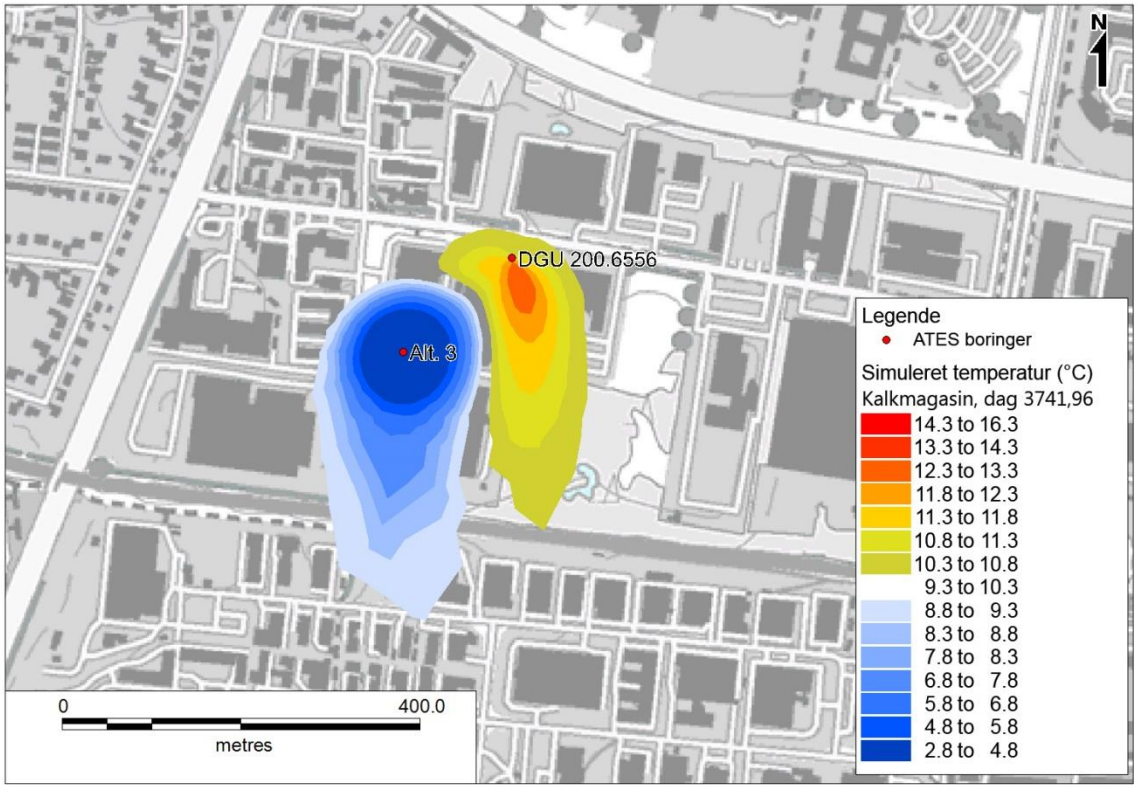
På Figur 10 og Figur 11 ses den horisontale og vertikale temperaturudbredelse i kalkmagasin ved slutningen af en opvarmningsperiode, svarende til slut marts. Simuleringsresultaterne er fra den dynamiske modelkørsel og viser situationen efter 10 års drift.

Der ses en maksimal simuleret temperaturstigning ved varmelageret på op til ca. 12 °C, mens den simulerede minimumstemperaturen ved kuldelageret er ned til ca. 3 °C. Ændringerne i temperaturforholdene er således ca. +2 °C for varmelageret og ca. -7 °C for kuldelageret.

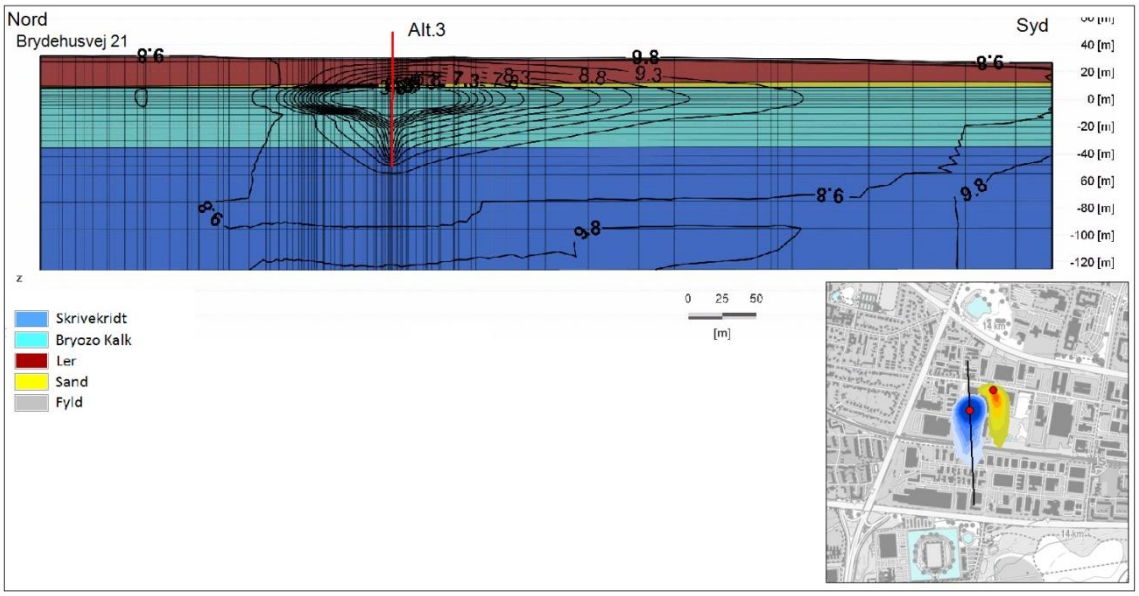
Ved afslutning af opvarmningsperioden er temperaturen både ved boring DGU nr. 200.6556 og Alt.3 på sit laveste. Temperaturminimummet i kuldefanen ligger som forventet centreret omkring boring Alt.3, mens at den højeste simulerede temperaturværdi i varmefanen ved boring DGU nr. 200.6556 har bevæget sig med grundvandsstrømmen mod syd.

Det ses endvidere, at den kolde og varme temperaturfane generelt har udbredt sig med grundvandsstrømningen, henholdsvis 100 m og 150 m mod syd, se Figur 10 og Figur 11.

På Figur 11 ses den vertikale fordeling af temperaturen i de overliggende kvartære lag. Det ses at temperatur ændringerne spreder sig gennem hele det vertikale profil. Der må dog tages forbehold for den del af lagsøjlen, der ligger over vandspejlet, da energispredningen i luft er væsentlig ringere end i vand.



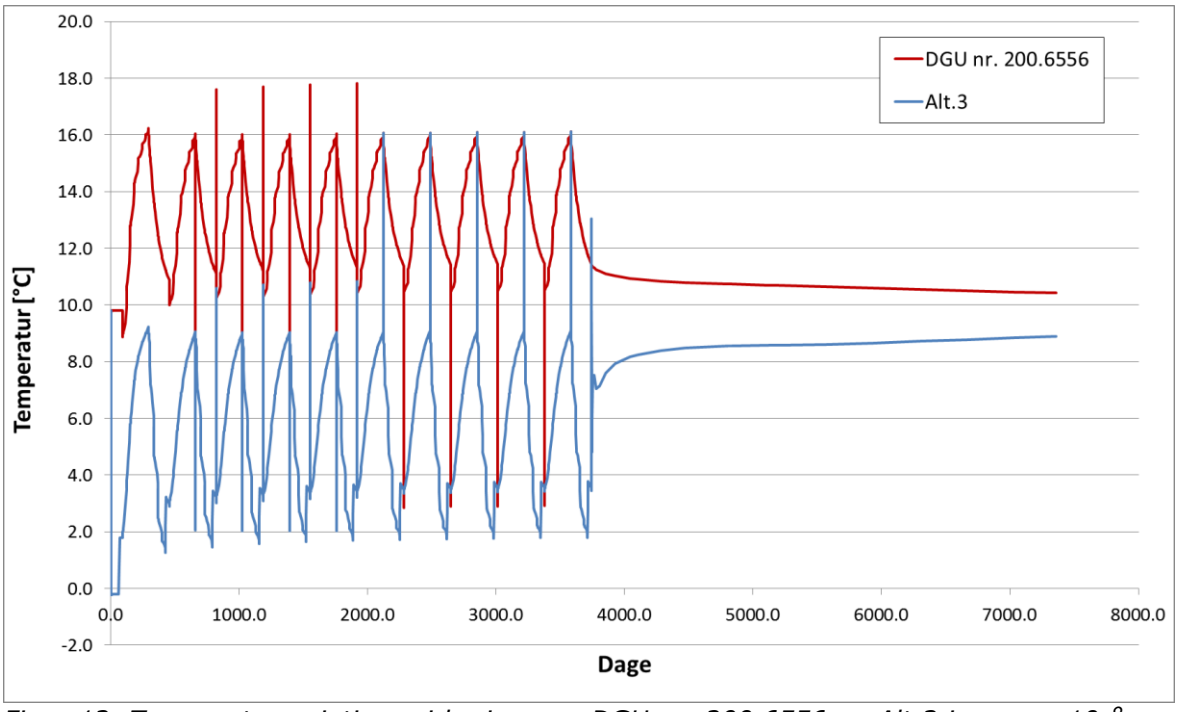
Figur 10. Den horisontale varmeudbredelse i toppen af kalkmagasinet efter 3741,96 dage. Dette svarer til udgangen af marts i det 10. år – slutningen af opvarmningsperioden.



Figur 11. Den vertikale varmeudbredelse efter 3741,96 dage. Dette svarer til udgangen af marts i det 10. år – slutningen af opvarmningsperioden. Tværsnittets placering ses på oversigtskortet.

Temperaturudviklingen over 10 års drift og 10 års driftstop

I Figur 12 ses temperaturudviklingen i boringerne DGU nr. 200.6556 og Alt.3 gennem 10 års drift af anlægget og efterfølgende 10 års driftsstop. Det ses, at temperaturen er meget stabil i magasinet. Efter 10 års drift slukkes anlægget og det ses at temperaturen langsomt nærmer sig baggrundstemperaturen for magasinet igen. En nærmere beskrivelse af situationen efter driftstop kan ses under afsnit 4.3.



Figur 12. Temperaturvariationer i boringerne DGU nr. 200.6556 og Alt.3 igennem 10 års drift af anlægget med efterfølgende 10 års driftsstop.

Energibalance

Energibalancen er beregnet for det første simulerede år. Afvigelsen fra energikravene er angivet i Tabel 2.

Afvigelse [%]	**Jan.**	**Feb.**	**Mar.**	**Apr.**	**Maj**	**Jun.**	**Jul.**	**Aug.**	**Sep.**	**Okt.**	**Okt.**	**Nov.**	**Dec.**	**Total**
Varme	5,0	1,2	0,3								1,1	4,5	1,9	2,6
Køling				2,9	0,6	6,3	8,0	7,7	8,8	11,0				6,2

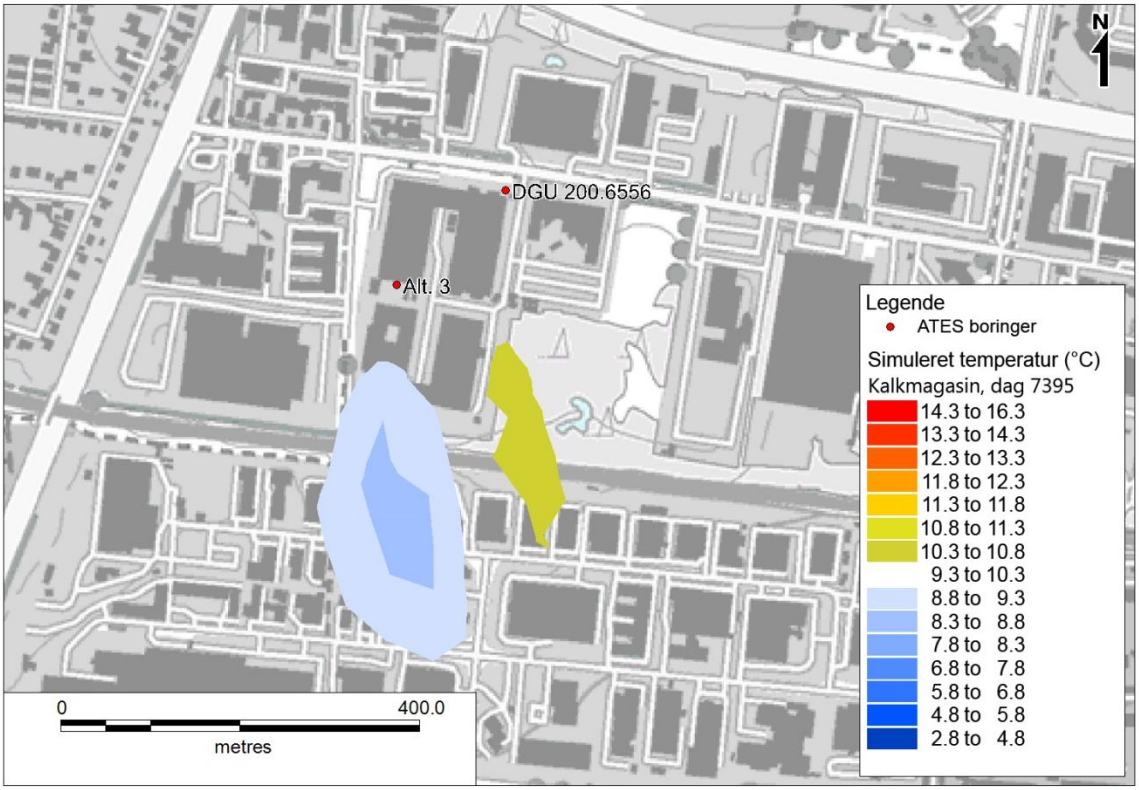
Tabel 2: Den procentvise afvigelse mellem de simulerede og krævede energimængder.

Generelt er der god overensstemmelse mellem de simulerede og de krævede energi mængder med total afvigelser på 2,6 og 6,2 procent for henholdsvis opvarmnings- og køleperioderne. Der ses generelt større afvigelser for opvarmningsperioden.

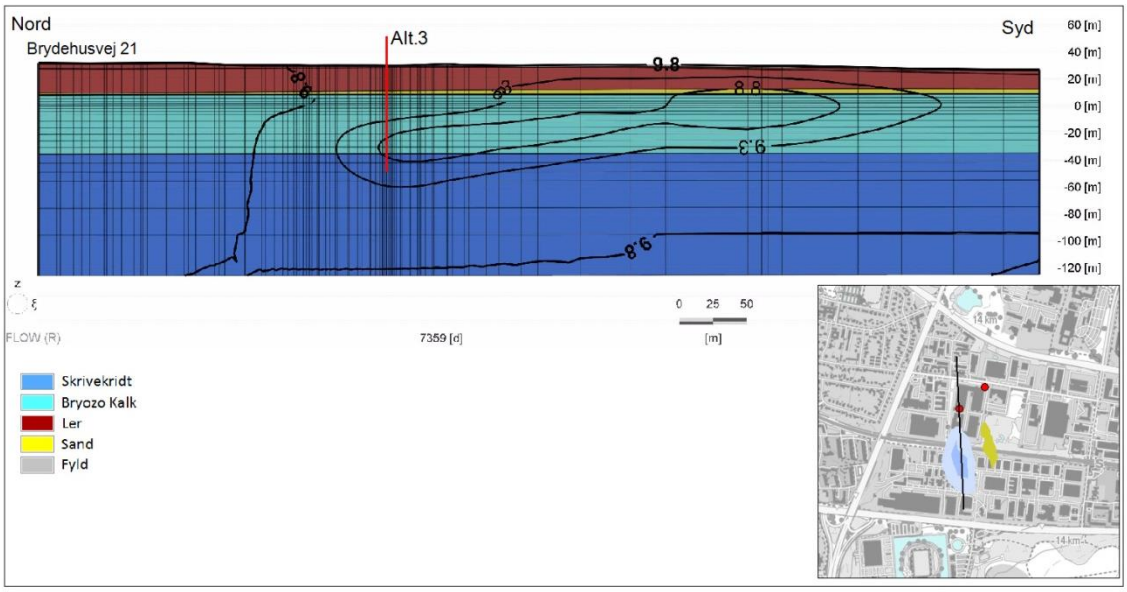
På trods af mindre afvigelser kan man på baggrund af energibalancen konkludere, at modellen i rimelig grad tilfredsstiller kravene til opvarmning og køling.

4.3 Scenarie 3: Driftsstop

10 år efter driftsstop vil temperaturerne i magasinet have tilnærmet sig baggrundstemperaturen. I nedenstående Figur 13 og Figur 14 ses den horisontale og vertikale temperaturudbredelse i kalkmagasinet 10 år efter driftstop.



Figur 13. Den horisontale temperaturudbredelse i toppen af kalkmagasinet 10 år efter driftsstop.



Figur 14. Den vertikale temperaturudbredelse i kalkmagasinet 10 år efter driftsstop. Tværsnittets placering ses på oversigtkortet.

Efter 10 års driftsstop ses stadig en effekt af anlæggets køling og opvarmning af grundvandsmagasinet. Effekten af anlægget er dog svag da de simulerede maksimums- og minimumstemperaturer på henholdsvis ca. 10,5 °C og ca. 8,5 °C kun svarer til mindre lokale ændringer i temperaturen på henholdsvis +0,5 °C og -1,5 °C set i forhold til den naturlige baggrundstemperatur for grundvandsmagasinet på 9,8 °C.

Varme- og kølefanerne når en udbredelsen ca. 400 m mod syd. Dette sker i overensstemmelse med den generelle grundvandsstrømning i området.

5 Risikovurdering

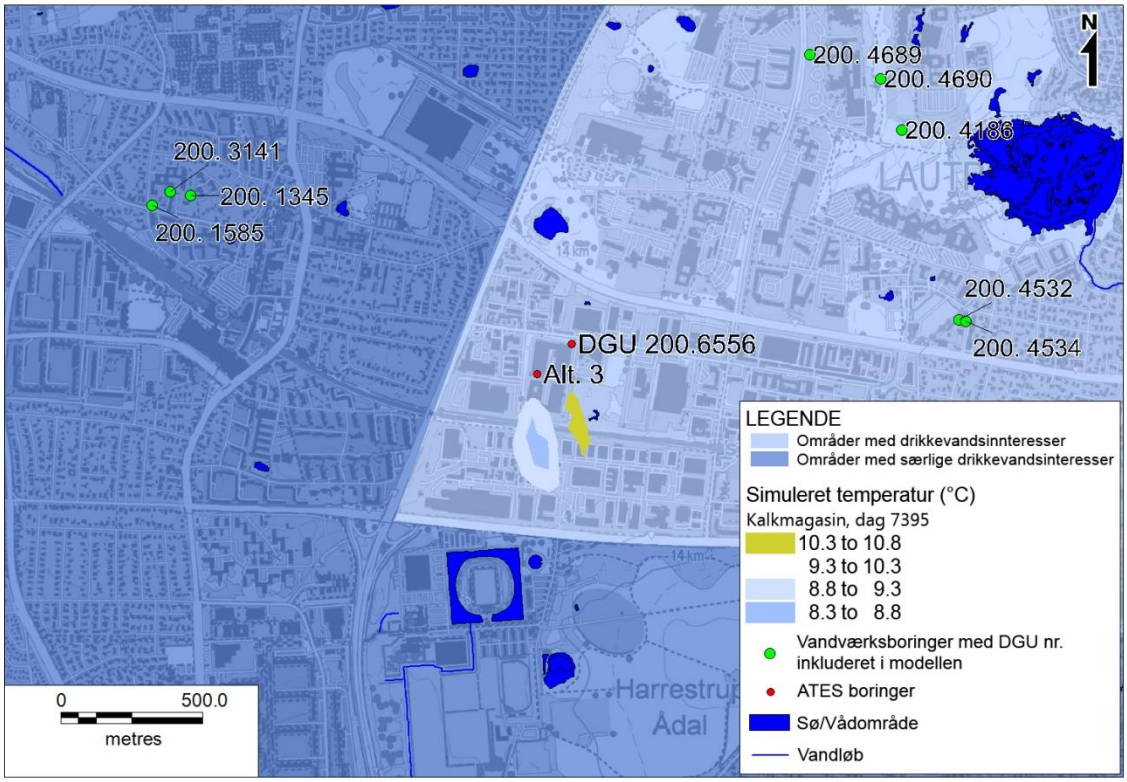
5.1 Intern termisk kortslutning

Af Figur 8 og Figur 10 ses den horisontale termiske udvikling i grundvandsmagasinet i hhv. slutningen og starten af køleperioden..

Der ses en tydelig opdeling mellem kulde- og varmefanen, dog ses i slutningen af køleperioden (Figur 8), at varmefanen er meget tæt på den kolde boring, hvilket umiddelbart synes at indikere en risiko for termisk kortslutning. Figur 12 udviser imidlertid et stabilt temperaturbillede og ingen stigning i den kolde boring. Således synes risikoen for en eventuel termisk kortslutning mellem de to boringer at kunne afvises.

5.2 Grundvandsinteresser

Som det ses i Figur 15 vil temperatur påvirkningen af kalkmagasinet ikke have nogen indvirkning på igangværende indvindingsboringer eller andre grundvandsinteressenter.



Figur 15. Drikkevandsinteresser, indvindingsboringer og overfladerecipienter i nærområdet omkring Interxion.

Under drift af anlægget vil det hydrauliske trykniveau i kalkmagasinet ved eksisterende vandindvindingsboringer ved Ballerup Vandværk ikke blive påvirket med mere end 0,02 til 0,05 m. De beregnede sænkninger ved Ballerup Vandværk ligger indenfor modelusikkerheden og den naturlige årstidsvariation af grundvandsspejlet i området.

5.3 Forureninger

Et grundvandskøleanlæg vil påvirke det hydrauliske trykniveau i nærområdet omkring anlægget. Dette kan potentiel have en indflydelse på kortlagte forureninger i området (V1 og V2 kortlagte arealer), som kan blive yderligere mobiliseret.

Set i forhold til påvirkning grundet grundvandskøleanlægget er forureningssituationen ved Brydehusvej 21 (2) udpeget til at have primær fokus. Forureningen består af chlorerede opløsningsmidler samt oliekomponenter og er registreret underlokalitetsnummer 151-00011.

Af øvrige V1 og V2 kortlagte lokaliteter i nærområdet, som vurderes i nærværende afsnit, er:

- lokalitetsnumrene 151-05033 (V1), 151-05060 (V1), 151-00022 (V2) og 151-00078 (V2) beliggende vest og nordvest for Industrivej 20.
- lokalitetsnumrene 151-05016 (V1), 151-05038 (V1) og 151-05085 (V1) beliggende nord for Industrivej 20.
- lokalitetsnumrene 151-05096 (V1), 151-05039 (V2) og 151-00074 (V2), beliggende øst og nordøst for Industrivej 20.

For at belyse grundvandskøleanlæggets påvirkning af ovenstående lokaliteter, er der kørt en række konservative partikelbaneberegninger. Alle partikelbaneberegninger er udført under antagelse af, at forureningskomponenterne allerede er konstateret i kalkmagasinet. Dette er med nuværende viden (2), (3) og (4), dog kun tilfældet på Brydehusvej 21, hvor der i dec. 2011 og i dec. 2012 er konstateret en koncentration af chlorerede komponenter på hhv. 0,74 ug/l og 0,03 ug/l. Begge koncentrationer er under kvalitetskriteriet for drikkevand. Så med det faktum, at koncentrationerne er under drikkevandkriteriet, at der ses et markant koncentrationsfald, og at den seneste analyse viser et meget lavt indhold af chlorerede komponenter, så betragtes alle partikelbaneberegninger som konservative ”worst case” scenarier.

Partikelbanerene er kørt forlæns, hvilket vil sige, at partikler er placeret ved de forurenede områder og på baggrund af det dynamiske strømningsbillede, er mobiliseringen af partiklerne undersøgt over tid (10 års driftsperiode).

Afsnittet er opdelt i to – et afsnit omhandlende Brydehusvej 21 og et afsnit omhandlende de øvrige kortlagte ejendomme. Det skal heri bemærkes, at grundvandets naturlige vertikale fluktuation, som i området er målt til 40 cm og dermed overstiger grundvandskøleanlæggets påvirkning, ikke er indeholdt i argumenteringen. Drives anlægget således i modfase til de naturlige variationer under fx Brydehusvej 21, vil den nedadrettede gradient blive påvirket mindre med en mindre naturlig forureningsspredning til følge.

5.3.1 Brydehusvej 21

Forureningssituationen

Regionen har udført supplerende undersøgelser for Brydehusvej 21 (2), hvor der terrænnært er konstateret en kraftig forurening med chlorerede komponenter og kulbrinter. Dybere bemærkes, at der i boring B103 i den mættede morænesandsformation (15,5-17,5 m u.t.) er fundet meget høje koncentrationer af TCE, cis-DCE og VC – koncentrationer, som af (2) skyldes en lækage i boringen, hvorfor boring B103 i foråret 2012 er opboret og reetableret med et kraftigt koncentrationsfald til følge. Jf. (2) er det dog uklart, om der stadig er lækage fra boring B103, idet de højeste koncentrationer fra opboringen i april 2012 til den fornyede prøvepumpning i august 2012 er steget fra ca. 2.700 ug/l til ca. 11.000 ug/l, mens den ved den fornyede prøvetagning i december 2012 er faldet til ca. 4200 ug/l (4). Koncentrationen synes stadig meget høj.

Af de tre boringer K1-K3, som alle er filtersat i kalkmagasinet, er der i K2 konstateret en koncentration af chlorerede komponenter, som i 2011 måltes til 0,74 ug/l og dec. 2012 0,03 ug/l, mens der i de øvrige ikke er påvist chlorerede komponenter (4). Således må det betragtes, at der for nuværende ikke er konstateret en egentlig betydende forurening i kalkmagasinet.

Vurderinger af grundvandskøleanlæggets påvirkning af forureningen

I forbindelse med prøvepumpeforsøget og placering af boring 2, er der tidligere lavet to notater (5) og (6) med fokus på påvirkningen af den konstaterede forureningen under Brydehusvej 21.

Der er i forbindelse med notatet omhandlende langtidsprøvepumpningsforsøget (5), vurderet, at prøvepumpeforsøget i DGU nr. 200. 6556 ikke ville have en nævneværdig påvirkning på forureningen.

Forud for de endelige modelkørsler, er der for tre alternative boringsplaceringer i (6) lavet vurderinger af grundvandskøleanlæggets påvirkning af en eventuelt fremtidig forureningen i det primære magasin under Brydehusvej 21. Simuleringerne viser, at ved valg af boringsplacering Alt. 3, påvirkes forureningen mest, men samtidig indfanges den eventuelle forureningsfane af grundvandskøleanlægget, som derved også vil kunne fungere som afværgeanlæg. Ved simuleringerne kunne det tillige konstateres, at grundvandssænkningen under Brydehusvej 21, som følge af pumpning i boring DGU 200. 6556, vil være ca. 0,2 m. Endvidere kunne konstateres, at grundvandshævningen under Brydehusvej 21, som følge af infiltration i boring DGU 200. 6556, vil være tilsvarende ca. 0,2 m. Således vil den terrænnære forurening og forureningen i det mættede morænesandslag over året ikke blive udsat for en ændret nettogradient.

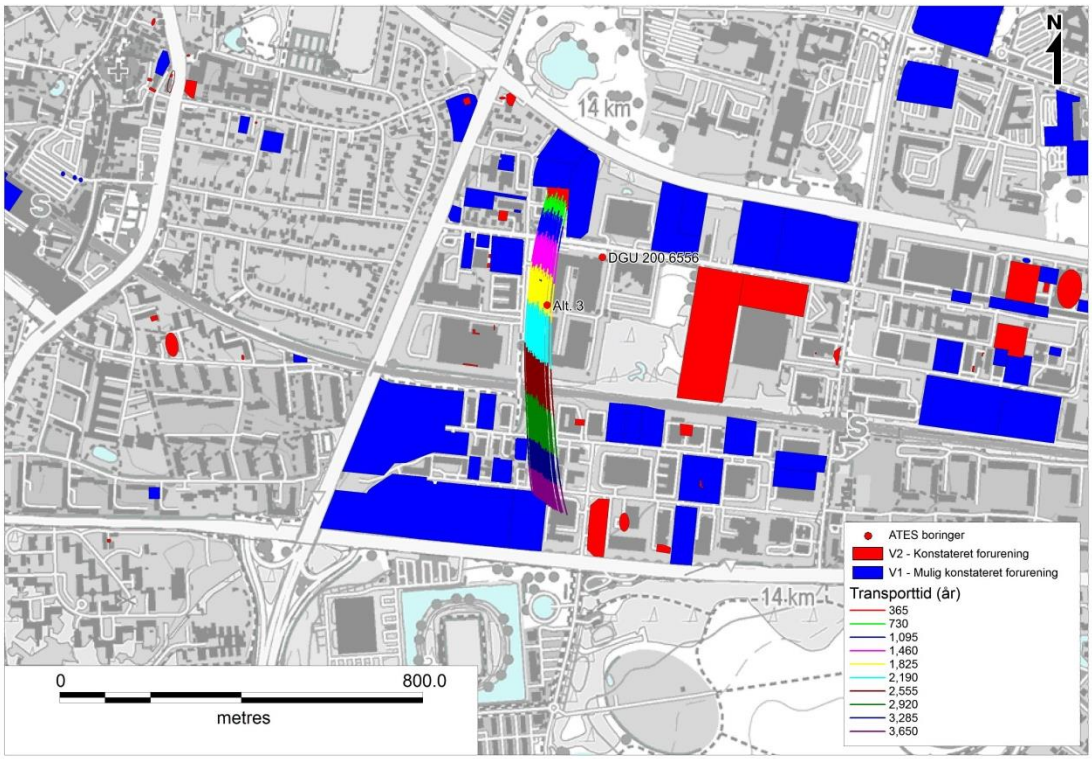
Denne vurdering understøttes af de endelige modelsimuleringer, som er kørt med omvendt pumpestrategi[1] for grundvandskøleanlægget. Her konstateres, at det hydrauliske trykniveau at påvirkes med mindre end ±0,2 m, og derved stadig resulterer i en uændret nettogradient.

På Figur 16 ses simulerede partikelbaner fra det V2 kortlagte område under naturlige forhold (ingen drift af anlægget). Der ses en partikelbevægelse mod syd på ca. 700 meter over 10 år. På Figur 17 ses de samme partikler under drift af grundvandskøleanlægget.

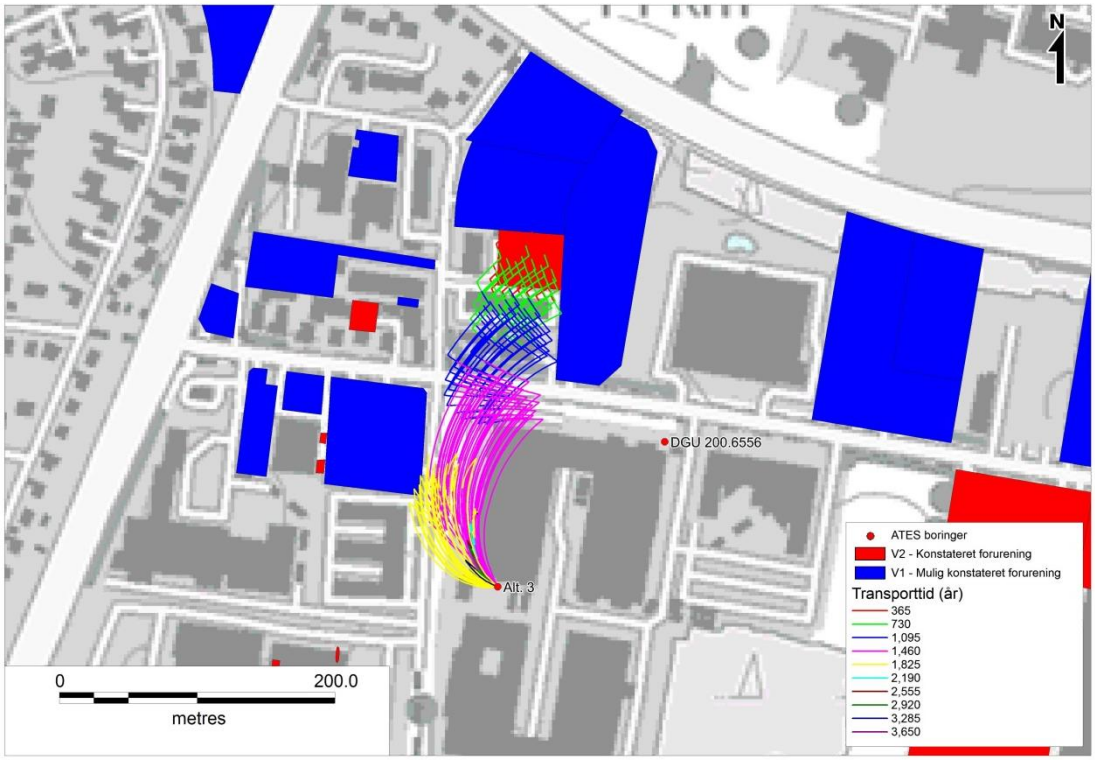
Som det ses på Figur 17 vil forurenet grundvand i "worst case" simuleringen over tid bevæge sig mod produktionsboringen Alt.3. I forhold til (6) er det en markant forskel, som alene skyldes den omvendte pumpestrategi. Opstart af anlægget har således en påvirkning af forureningsfanens forløb som konsekvens af grundvandskøleanlægget. Opstarten afhænger af den opnåede tilladelse til anlægget, og det sande billede ligger således mellem resultatet vist i (6) og resultatet vist i Figur 17.

Samlet vil grundvandskøleanlægget give anledning til et ændret udbredelsesforløb for en eventuel forureningsfane i det primære magasin med kilde under det V2 kortlagte areal. Anlægget vil tiltrække fanen, og jf. simuleringerne i (6) og Figur 17 vil forureningsfanen blive indfanget af grundvandskøleanlægget, hvormed det om nødvendigt også vil kunne fungere som afværgeanlæg for Region Hovedstaden.

[1] I (6) opstartes grundvandskøleanlægget med oppumpning af vand i boring DGU 200. 6556 og infiltration i Alt. 3, mens grundvandskøleanlægget i de endelige modelsimuleringer opstartes med infiltration i DGU 200. 6556 og oppumpning i Alt.3.



Figur 16. Simulerede partikelbaner fra det V2 kortlagte område ved Brydehusvej 21 uden drift af anlæg. Partiklerne er lagt i toppen af kalkmagasinet. Der ses en partikeltransport på ca. 670 meter mod syd over en periode på 10 år.



Figur 17. Simulerede partikelbaner fra det V2 kortlagte område ved Brydehusvej 21 med drift af anlæg. Partiklerne er lagt i toppen af kalkmagasinet. Der ses en partikeltransport på mod boring Alt.3 over en periode på 10 år.

5.3.2 Øvrige registrerede ejendomme

Om de øvrige registrerede ejendomme, har det ikke været muligt at opnå viden omkring de V1 kortlagte ejendomme, men om de V2 kortlagte ejendomme har det været muligt at opnå information om (3):

Lok. Nr.	Adresse
151-00022	Industriparken 10
Beskrivelse	Benzin salgsanlæg. Olie- og benzin forurening med et indhold af kulbrinter på op til 120 mg/kg samt spor af BTX. Planlagt oprensning i 1999. Ingen yderligere oplysninger.
	Nedgravede tanke. Olie- og opløsningsmiddelforurening. Kulbrinteindholdet er op til ca. 1.700 mg/kg TS, der stammer fra fyringsolie. Derudover toluen op til 210 mg/kg. Planlagt oprensning i 1999. Ingen yderligere oplysninger.
151-00078	Industriparken 13
Beskrivelse	Utæt olietank eller rørføring og PCE-oplag. Kraftig forurening med kulbrinter. Det sekundære grundvandsmagasin er kraftigt forurenet med kulbrinter og chlorerede nedbrydningsprodukter fra PCE. Det vurderes, at der er en potentiel risiko for nedsivning af forurenet vand fra det sekundære grundvandsmagasin til det primære magasin.
151-05039	Industriparken 34
Beskrivelse	Der er konstateret væsentlig jordforurening med oliekomponenter (totalkulbrinter). Indholdet af totalkulbrinter er på 4.300 mg/kg tørstof (TS). Der er påvist poreluftsforurening med totalkulbrinter og benzen, hvor indholdet af total kulbrinter er 350 µg/m3 og indholdet af benzen er 0,2 µg/m3. Der er i forbindelse med undersøgelsen desuden konstateret grundvandsforurening med totalkulbrinter med et indhold på 210 µg/l. Efterfølgende afværge i form af afgravning med vurderet restforurening på 10-25 l gasolie.
151-00074	Industriparken 38
Beskrivelse	Gasolieforurening i forbindelse med nedgravede tanke, med indhold af totalkulbrinter på op til 22.000 mg/kg TS. Herudover påvist chlorerede opløsningsmidler (trichlorethylen og tetrachlorethylen). Det vurderes, at det ikke kan udelukkes, at forureningen udgør en risiko for grundvandet i det primære magasin.

Tabel 3: Opsummering af tilgængelig information omkring V2 kortlagte ejendomme i nærområdet.

I nedenstående er der kørt partikelbanesimuleringer fra de nævnte V1 og V2 kortlagte lokaliteter i nærområdet omkring Interxion. Partiklerne er ligeledes kørt som "worst case" scenarier, hvor forureningerne på lokaliteterne er slået igennem til kalkmagasinet, hvilket dog ikke er påvist på nogen af de nævnte lokaliteter.

På Figur 18 ses de naturlige partikelbaner uden drift af grundvandskøleanlægget. På Figur 19 ses simulerede partikelbaner fra V1 kortlagte arealer, mens der på Figur 20 ses simulerede partikelbaner fra V2 kortlagte lokaliteter.

Der ses de samme mønstre for de øvrige registrerede ejendomme, som for den V2 kortlagte lokalitet ved Brydehusvej 21. Vekslingen mellem infiltration og oppumpning påvirker partikelbanerne lokalt.

Af Figur 19 fremgår, at grundvandskøleanlægget vil have en påvirkning på potentielle forureninger beliggende i kalkmagasinet under de V1 kortlagte ejendomme. Specielt påvirkes ejendommene omkring Brydehusvej 21 og ejendommene vest for Industriparken 20, således de eventuelle forureninger i kalken overvejende trækkes mod boring Alt. 3, hvormed grundvandskøleanlægget potentielt også kan fungere som afværgeanlæg. Ejendommen (lok. nr. 151-05097) beliggende nordvest for Industriparken 20 påvirkes kun i ringe grad.

Af Figur 20 fremgår, at alle de V2 kortlagte arealer påvirkes i ringe grad, dog ses de vest liggende forureninger med tiden at blive trukket mod Alt 3. Igen vil grundvandskøleanlægget også kunne fungere som afværgeanlæg mod eventuelle fremtidige forureninger i kalkmagasinet.

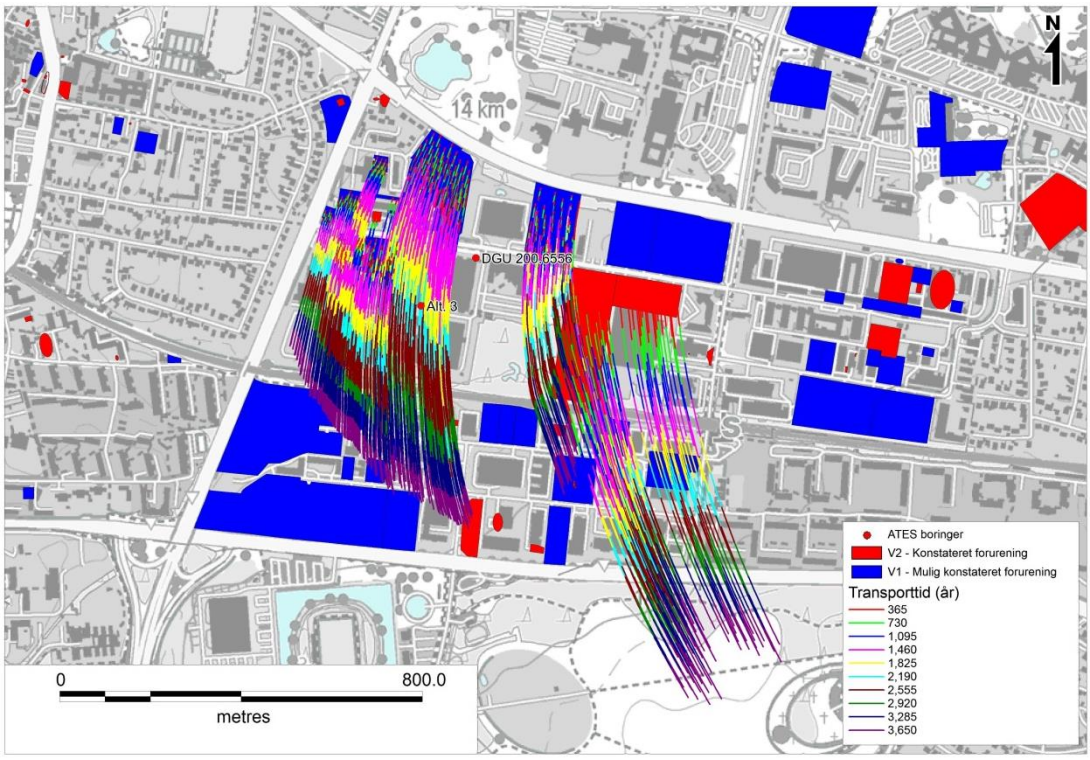
Som tilfældet er for Brydehusvej 21, ses der over året generelt ikke en nettopåvirkning af gradienten.

5.3.3 Samlet vurdering af påvirkningen af områdets forureninger

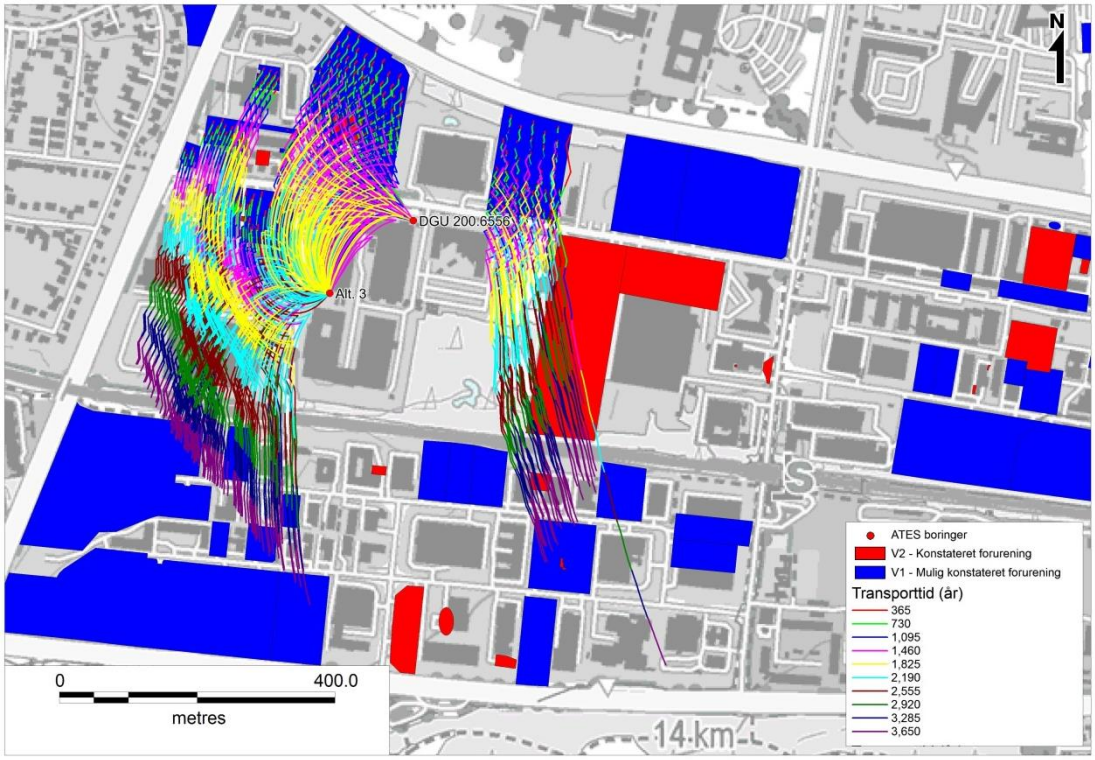
Grundvandskøleanlægget vil i et vist omfang påvirke eventuelle forureninger beliggende i kalkmagasinet, men vil over året ikke føre til en ændret nettogradient.

Grundvandskøleanlægget vil i stort omfang tiltrække de eventuelle forureninger i kalkmagasinet stammende fra de nord- og vestlige ejendomme set i forhold til Industriparken 20.

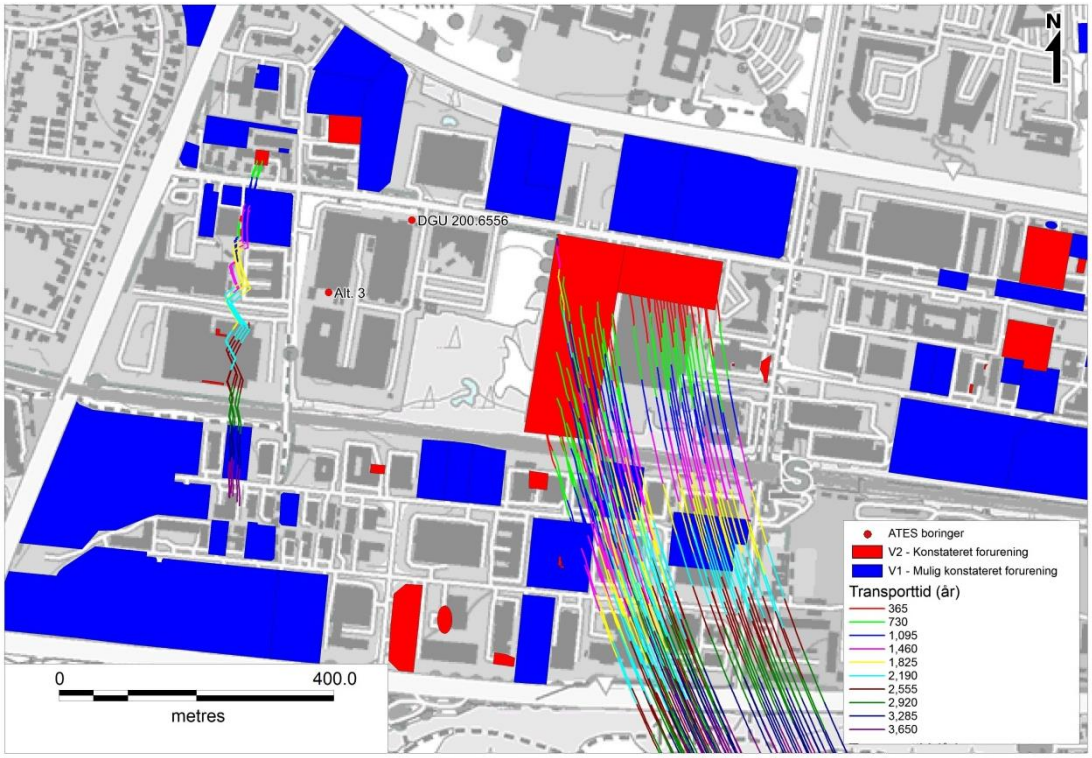
Grundvandskøleanlægget er, som beskrevet i (3), beliggende som nabo til 5 indvindingsoplande med tilhørende kildepladszoner hørende til hhv. Lautrup og Ballerup Vandværk, Hofor Kilde III, Hofor Kilde VI og Hofor Kilde XI. Jf. (2) udgør forureningen på Brydehusvej 21 ”en trussel for grundvandsressourcen i området”, hvilket tillige er tilfældet for flere af de i Tabel 3 beskrevne ejendomme. Med inspiration fra (7) kan grundvandskøleanlægget således i fremtiden indgå i Region Hovedstadens eventuelle afværgeindsats i området.



Figur 18. Beregnede naturlige partikelbaner fra andre V1og V2 kortlagte arealer i nærheden af Interxion. Der er ikke drift af anlægget i denne simulering.



Figur 19. Beregnede partikelbaner fra andre V1 kortlagte arealer i nærheden af Interxion under drift af anlæg.



Figur 20. Beregnede partikelbaner fra andre V2 kortlagte arealer i nærheden af Interxion under drift af anlæg.

6 Konklusion

Den gennemførte konsekvens- og risikoanalyse af grundvandskøleanlæggets påvirkning på omgivelserne vurderes baseret på et godt datagrundlag. Analysen vurderes pålidelig med hensyn til fremkomne resultater.

Konsekvensanalysen har omfattet belysning af:

1. De hydrologiske forhold
2. Energiforhold

Mens risikoanalysen har omfattet belysning af:

1. termisk kortslutning
2. grundvandsinteresser
3. kortlagte forureninger i området

Afstanden mellem boringerne vurderes til at være tilstrækkelig, da ingen termisk kortslutning mellem disse er observeret efter en 10 årig driftsperiode under simuleringerne. Den termiske påvirkning af grundvandsmagasinet foregår kun lokalt, da temperaturpåvirkningen kun ses indenfor en afstand af ca. 400 meter.

Grundvandskøleanlægget har en maksimal ydelse på 60 m^3/t. Ved denne ydelse ses mindre lokal ændring af de hydrauliske trykniveauer i en afstand af op til 100 meter fra boringerne. Det vurderes, at etableringen af et anlæg ikke er forbundet med risici for andre vandindvindingsinteresser.

10 år efter driftstop ses en betydelig dæmpning af temperaturpåvirkningen af grundvandsmagasinet. Dette indikerer, at de naturlige temperaturforhold i grundvandsmagasinet relativt hurtigt vil indfinde sig.

Under driften vil anlægget ikke påvirke nettogradienten ved de nærliggende undersøgte og kortlagte forurenede ejendomme, idet anlæggets flowretning årligt reverseres. Så set i forhold til den naturlige vertikale fluktuation på op mod 40 cm, påvirker grundvandskøleanlægget de terrænære forureninger i meget lille grad. Afhængig af en eventuel kritisk terrænnær forurening, vil grundvandskøleanlægget eventuelt med fordel kunne drives i modfase til den naturlige variation, hvormed den nedadrettede flux over året mindskes.

Såfremt forureningen i fremtiden vil slå igennem til kalkmagasinet eller det ved fremtidige nærmere forureningsundersøgelser fastslås allerede at være sket, så vil grundvandskøleanlægget påvirke udbredelsen af forureningsfanerne. Anlægget vil overordnet tiltrække forureningerne og kan således også fungere som afværgeanlæg for Region Hovedstaden.

Med øje for at der ikke er risiko for intern termisk kortslutning, drikkevandsinteresser i området og der for nuværende ikke er konstateret forureninger i kalkmagasinet, som grundvandskøleanlægget vil kunne påvirke, anbefales det at give tilladelse til etablering og drift af det beskrevne grundvandskøleanlæg hos Interxion. Det anbefales tillige, at tilladelsen gives under forudsætning af, at der mellem Interxion og Region Hovedstaden skal være et samarbejde, hvis der i fremtiden viser sig et behov for også at udnytte anlægget til afværgeformål.

7 Bibliografi

1. **GEO.** *Interxion, Grundvandskøling. Data- og modelgrundlag for grundvandskøleanlæg ved InterXion. GEO sagsnr. 35413.* s.l. : GEO, 2013. Rapport 2.
2. **COWI.** *Supplerende undersøgelse og revurdering af afværge på Brydehusvej 21, Ballerup.* s.l. : Region Hovedstaden, Koncern Miljø, 2013.
3. **GEO.** *Indledende risikovurdering forud for prøvepumpning.* s.l. : GEO, 2012. 1.
4. **COWI.** *Prøvetagning og indmåling af boringer på Brydehusvej 21, Ballerup.* s.l. : REGION HOVEDSTADEN, KONCERN MILJØ, 2012.
5. **GEO.** *Interxion, Grundvandskøling. Vurdering af risiko for forureningsspredning ved prøvepumpning. GEO sagsnr. 35413.* s.l. : GEO, 2013. Rapport 1.
6. —. *Vurdering af boringsplaceringer og anlægskonfig.* s.l. : GEO, 2013.
7. City Chlor. [Online] http://www.citychlor.eu/.