

Akviferlagers miljöpåverkan i ansökningar och tillstånd

EMMA THURESSON 2016
MVEM12 EXAMENSARBETE FÖR MASTEREXAMEN 30 HP
MILJÖVETENSKAP | LUNDS UNIVERSITET



Akviferlagers miljöpåverkan i ansökningar och tillstånd

Hur akviferlager behandlas i
miljökonsekvensbeskrivningar samt de tillstånd som
Mark- och miljödomstolen beviljar

Emma Thuresson

2016



LUNDS
UNIVERSITET

Emma Thuresson

MVEM12 Examensarbete för masterexamen 30 hp, Lunds universitet

Intern handledare: Mats Eriksson, Geologiska institutionen, Lunds universitet

Extern handledare: David Klemetz, WSP Sverige

CEC - Centrum för miljö- och klimatforskning

Lunds universitet

Lund 2016

Abstract

The utilization of groundwater for the use of aquifer thermal energy storage (ATES) is of growing interest in the world. The technique is seen as an environmentally friendly and cheap solution for the purpose of heating and cooling large buildings. Research has shown that an ATES will have physical, chemical and biological consequences for the environment. This study assesses how the consequences of the impact of ATES systems are presented in seven Environmental Impact Assessments (EIA) that have been enclosed in applications sent in to the Land and Environment Court (LEC) in Sweden. Furthermore, the study assesses the difference between the self-inspection proposed by the applicant and the terms that the LEC affirmed in the judgment.

The applicants were granted permission to construct their planned ATES systems. All but one received permission for the amount of water that they had proposed. The applicants have possibly underestimated the underground thermal impact since they appear to have assumed geological homogeneity and not allowed for heterogeneities. It is also possible that the impact on groundwater chemistry have been underestimated since most applicants have assumed homogenous groundwater quality and not allowed for the natural vertical gradient. The self-inspection measures proposed by the applicants differed markedly, as did the terms affirmed by the permits. It seemed like the more measures the applicants proposed the more terms the permits contained. It is recommended that the LEC in Sweden decides on a framework of terms that will be generally affirmed for all ATES applications.

Innehållsförteckning

Abstract	4
Ordlista och förkortningar	9
1 Inledning	11
1.1 Syfte	12
1.2 Frågeställningar	13
2 Bakgrund	15
2.1 Allmänt om akviferlager.....	15
2.2 Lagstiftning	16
2.3 Akviferlagers miljöpåverkan.....	18
2.3.1 Fysisk påverkan.....	18
2.3.2 Termisk påverkan	18
2.3.3 Kemisk påverkan.....	20
2.3.4 Biologisk påverkan	22
3 Metod	25
3.1 Val av mål	25
4 Resultat	27
4.1 Rosenborg M6565-11	27
4.1.1 Fysisk påverkan.....	28
4.1.2 Termisk påverkan	28
4.1.3 Kemisk påverkan	29
4.1.4 Biologisk påverkan	29
4.1.5 Förslag till kontrollprogram.....	30
4.1.6 Domslut för M6565-11	30
4.2 Hästskon M5812-12	31
4.2.1 Fysisk påverkan.....	32
4.2.2 Termisk påverkan	32
4.2.3 Kemisk påverkan	33
4.2.4 Biologisk påverkan	33
4.2.5 Förslag till kontrollprogram.....	34

4.2.6 Domslut för M5812-12	35
4.3 <i>IKEA Malmökontor M4738-12</i>	36
4.3.1 Fysisk påverkan.....	36
4.3.2 Termisk påverkan	37
4.3.3 Kemisk påverkan	37
4.3.4 Biologisk påverkan	37
4.3.5 Förslag till kontrollprogram.....	38
4.3.6 Domslut för M4738-12	38
4.3.7 Överklagan och domslut i MÖD, M8712-13	39
4.4 <i>Gallerian M1572-13</i>	39
4.4.1 Fysisk påverkan.....	40
4.4.2 Termisk påverkan	41
4.4.3 Kemisk påverkan	41
4.4.4 Biologisk påverkan	41
4.4.5 Förslag till kontrollprogram.....	42
4.4.6 Domslut för M1572-13	42
4.5 <i>Lyckeby Culinar M3400-13</i>	44
4.5.1 Fysisk påverkan.....	44
4.5.2 Termisk påverkan	45
4.5.3 Kemisk påverkan	45
4.5.4 Biologisk påverkan	46
4.5.5 Förslag till kontrollprogram.....	47
4.5.6 Domslut för M3400-13	47
4.6 <i>Rättspsykiatriskt Centrum M4259-13</i>	48
4.6.1 Fysisk påverkan.....	48
4.6.2 Termisk påverkan	49
4.6.3 Kemisk påverkan	49
4.6.4 Biologisk påverkan	49
4.6.5 Förslag till kontrollprogram.....	50
4.6.6 Domslut för M4259-13	50
4.7 <i>Kalmar Länssjukhus M2851-14</i>	51
4.7.1 Fysisk påverkan.....	51
4.7.2 Termisk påverkan	52
4.7.3 Kemisk påverkan	52
4.7.4 Biologisk påverkan	53
4.7.5 Förslag till kontrollprogram.....	53
4.7.6 Domslut för M2851-14	53
5 Diskussion	55

5.1 Fysisk påverkan	55
5.2 Termisk påverkan	58
5.3 Kemisk påverkan	59
5.4 Biologisk påverkan	60
5.5 Kontrollprogram i MKB och domslut	61
6 Slutsatser	64
6.1 Rekommendationer	65
7 Tack	66
8 Referenser	67

Ordlista och förkortningar

Akvifer - grundvattenmagasin
ATES – Aquifer Thermal Energy Storage (Akviferlager)
BTEX – Bensen, toluen, etylbensen och xylene
CFU – Colony-forming unit (kolonibildande enhet)
CONFLOW – Program för modellering av flöden
DOC – Dissolved Organic Carbon (löst organiskt kol)
GV – Grundvatten
IEA – International Energy Agency
KM – Känslig Mark
KP – Kontrollprogram
MB – Miljöbalken
MKB- Miljökonsekvensbeskrivning
MKM- Mindre Känslig Mark
MMD – Mark- och miljödomstolen
MODFLOW – Program för tredimensionell grundvattensimulering
MT3DMS –En tredimensionell transportmodell för simulering av advektion, spridning och kemiska reaktioner av föroreningar i grundvatten
MÖD – Mark- och miljööverdomstolen
OBS-rör – Observationsrör
SGU – Sveriges Geologiska Undersökning
SL – Storstockholms Lokaltrafik
SSRC – Sporer av Sulfatreducerande Clostridia
TM – Tillsynsmyndigheten
TOC – Total Organic Carbon (Totalt Organiskt Kol)

1 Inledning

Globalt finns ett växande intresse för geoenergisystem då det är en förnybar energikälla som både kan värma och kyla byggnader (Bonte, et al., 2013b). Sverige är ett av de länder som ligger i framkanten gällande geoenergi (Ferguson, 2006; Lund, et al., 2011). 2015 hade Sverige ca 500 000 geoenergisystem installerade och stod för 9% av världens totala geoenergianvändning (Gehlin, 2015). Geoenergi kan bidra till ett minskat användande av fossila bränslen och elektricitet, vilket gör att utsläpp av koldioxid och andra växthusgaser minskar (Andersson, 2007).

Geoenergi är ett begrepp som syftar på energi som kan hämtas ur mark, vatten och berg. Lågvärdig värmeenergi tas upp med hjälp av ett cirkulerande köldmedium, därefter används den antingen direkt som s.k. frivärme eller passerar en värmepump som höjer temperaturen. Källan till gratisenergin som utvinns är den solvärme som lagras i mark och vatten under värmesäsongerna. För grundvattnets temperatur i Sverige varierar den med årstidssvängningar ner till ett djup av ca åtta meter under markytan i jordlager (Sveriges geologiska undersökning, 2013). Därunder är den relativt jämn; i södra delen av landet har grundvattnet en medeltemperatur som ungefär motsvarar platsens årsmedeltemperatur i luften, i norra delen av Sverige kan grundvattnet däremot ha en medeltemperatur som är flera grader högre än luftens medeltemperatur eftersom snötäcken isolerar marken (Sveriges geologiska undersökning, 2013). Temperaturen ökar därefter till följd av den geotermiska gradienten med ca 10-30°C per 1 000 m (Sveriges geologiska undersökning, 2013).

När en anläggning utnyttjar endast värme eller kyla kallas det för passiv geoenergi. Ett passivt system för värme hämtar under vintern upp värmeenergi ur jord, berg eller grundvatten. Därmed sänks temperaturen i valt medium. Under den varma säsongen återladdas systemet naturligt då omgivningen utjämnar temperaturavvikelsen. Detta gör att systemet noggrant måste dimensioneras på planeringsstadiet så att den naturliga återladdningen blir stor nog. En av styrkorna med geoenergi är att samma system kan generera både värme och kyla. De s.k. aktiva tillämpningarna kallas för borrhålslager och akviferlager, detta då de lagrar energi. En anläggning för aktiv geoenergi hämtar upp både värme och kyla. Efter den kalla säsongen, när värmeuttaget har sänkt temperaturen i berget eller grundvattnet, utvinns denna sänkta temperatur som kyla under sommaren. Genom att utvinna kylan blir den naturliga återladdningen förstärkt, och man får ett

effektivare system. Måttet på hur effektivt ett system är benämns energifaktor. Den står för hur många delar energi som levereras per del energi investeras i systemets drift, inklusive värmepump. Vid en energifaktor på 3 betyder det att systemet levererar 3 gånger så mycket energi som används till driften. Typiska värden för geoenergisystem finns i tabell 1.

Energimyndigheten placerar geoenergi i kategorin för förnybar energi; i deras publikation *Energiläget 2008* (s 62) kan man läsa att följande räknas som förnybar:

[...] upptagen värme i värmepumpar som använder ytvatten, vatten i sjöbotten, bergvärme eller markvärme som värmekälla. (Energimyndigheten, 2008)

Energimyndigheten benämner det dock inte som geoenergi, utan använder begreppet geotermisk energi som samlingsnamn för både geoenergi och faktisk geotermisk energi, d.v.s. jordens inre värmeenergi som finns på stora djup (Energimyndigheten, 2014).

Tabell 1 Exempel på typisk temperatur, energifaktor och geologiska förutsättningar för passiva och aktiva tillämpningar för geoenergi då värmepump används (modifierad från Bjelm, et al., 2010, tabell 1 och 2).

	System	Arbetstemperatur	Energifaktor	Bästa geologiska förutsättningar
Jordvärme	Passivt	-5/+5 °C	3,0-3,5	Blöt, finkornig jord
Bergvärme	Passivt	-3/+7 °C	3,5-4,0	Kvartsrikt berg
Grundvatten-system	Passivt	+3/+10 °C	4,0-5,0	Åsar, deltan, sanddeltan
Borrhålslager	Aktivt	-2/+9 °C	4,5-5,5	Kvartsrikt urberg
Akviferlager	Aktivt	+6/+14 °C	6,0-7,0	Åsar, deltan, sedimentärt berg

1.1 Syfte

I dagsläget finns ca 160 akviferlager i Sverige, detta antal kommer högst troligt att utökas. Akviferlager är ett effektivt sätt att utnyttja geoenergi, men påverkar även miljön fysiskt, termiskt, kemiskt och biologiskt. Att systemet använder sig av grundvatten väcker också frågan om vad som händer om grundvattnet är förorenat eller används till dricksvatten.

Syftet med denna studie är att sammanställa miljöpåverkan från akviferlager och jämföra detta med hur denna miljöpåverkan bedöms i ett antal MKB. De förslag som sökanden föreslår ska ingå i kontrollprogram för verksamheten jämförs med de villkor som MMD ställer upp när de utfärdar tillstånd.

1.2 Frågeställningar

- Hur ser redovisning och bedömning ut gällande miljökonsekvenser och deras risker i de MKB som skickats in med ansökningar om akviferlager till MMD?
- Reflekteras de i MKB beskriva miljöriskernas storlek i de förslag som ges till kontrollprogram?
- Reflekteras de i MKB beskrivna miljöriskernas storlek i de villkor som MMD ställer i erhållna tillstånd?

2 Bakgrund

2.1 Allmänt om akviferlager

Akviferlager är den aktiva tillämpningen av geoenergi baserat på grundvatten. Det har högst energifaktor, eftersom värmeväxlingen sker direkt mot grundvattnet istället för ett köldmedium i en sluten krets (se Tabell 1). Uttag av grundvatten för att utnyttja dess kyla har en lång historia, men att avsiktligt lagra kallt vatten i en akvifer till senare användning påbörjades i Kina för omkring femtio år sedan (Morofsky, 2007). Industrins kylbehov hade då lett till så stora uttag av grundvatten att det orsakat sättningar och för att motverka detta infiltrerades kallt ytvatten i akvifererna (Morofsky, 2007). Detta infiltrerade och ”lagrade” vatten behöll den kalla temperaturen under en längre tid och man insåg att detta kunde utnyttjas till industrins kylbehov (Morofsky, 2007). Till en början låg fokus på att antingen lagra värme eller kyla med hjälp av akviferlager. Aktiva system som utnyttjar både värme och kyla är dock mer effektiva (Tabell 1) och dessutom föreligger ofta behov av bägge. Därför utvecklades akviferlager som kunde lagra både värme och kyla effektivt för årets olika säsonger (Morofsky, 2007).

I ett akviferlager finns två eller flera brunnar fördelade på två grupper, dessa är sammankopplade för säsongslagring av värme och kyla (Figur 1 och 2). Grundvattnets värmekapacitet används för att överföra energi mellan akviferen och recipienten, vilket vanligtvis är en byggnad (Sommer, et al., 2013). Under vintern pumpas vatten upp ur den ena brunngruppen, utvinns på värme genom värmeväxling och återförs avkyllt till en annan del av akviferen. Nedförseln av avkyllt vatten i den andra brunngruppen innebär att man lagrar vinterns kyla. När sommaren kommer vänds systemet, och vinterns nerkylda vatten pumpas upp för att utvinnas på kyla varefter det nu uppvärmda vattnet återförs till den första brunngruppen (Bonte, et al., 2011a). Detta innebär att sommarens värme lagras till vintern då behov av värme föreligger och systemet återigen vänds (Jardeby, et al., 2012). I Sverige har akviferlagerna vanligtvis en arbetstemperatur på 12-16°C i den varma delen av akviferen och 4-8°C i den kalla (Andersson, 2007). Detta ger i normalfallet en maximal temperaturskillnad på 12°C. För Nederländerna respektive Belgien är motsvarande arbetstemperaturer 15-20/5-10°C samt <20°C/~5°C (Bonte, et al., 2011a; Possemiers, et al., 2014)

Sverige omnämns tillsammans med Nederländerna i forskningen som två av de länder med flest anläggningar (Andersson, 2007; Bonte, et al., 2013c; Bonte, et al., 2011a). I Nederländerna är antalet akviferlager dock mycket större än i Sverige; de har ökat från 200 anläggningar år 2000 till fler än 2200 år 2015 (Bonte, et al., 2013b; Visser, et al., 2015). I Sverige fanns år 2007 ca 40 akviferlager (Andersson, 2007). I dagsläget finns det ca 160 anläggningar, enligt personlig kommunikation med Olof Andersson som har arbetat med akviferlager i Sverige sedan 1983 (Andersson, 2016, pers. komm.).

Akviferlager i Sverige är stora och effektiva; deras energifaktor ligger på 5-7 och kapacitetsmässigt spänner de mellan 500 och 50 000 kW (Gehlin, et al., 2015; Andersson, et al., 2013). Vid byte till ett värmepumpsdrivet akviferlager kan det sparas så mycket som 85-90% energi jämfört med tidigare energisystem, återbetalningstiden (på engelskan ofta angivet som "pay-back") blir därför kort (2-4 år) (Andersson, et al., 2013).

Forskning rörande akviferlager kan delas upp i två kategorier; driftsproblem med anläggningen och miljöpåverkan på grundvattnet och ekosystemet under markytan. Driftsproblem tas inte upp i detta arbete, men det rör sig typiskt om igensättningsproblematik till följd av utfällning av mineral som aktiveras av förändrad grundvattentemperatur, eller långsiktig höjning eller sänkning av akviferens temperatur till följd av obalanserat energiuttag (Griffioen & Appelo, 1993) (Palmer & Cherry, 1984).

2.2 Lagstiftning

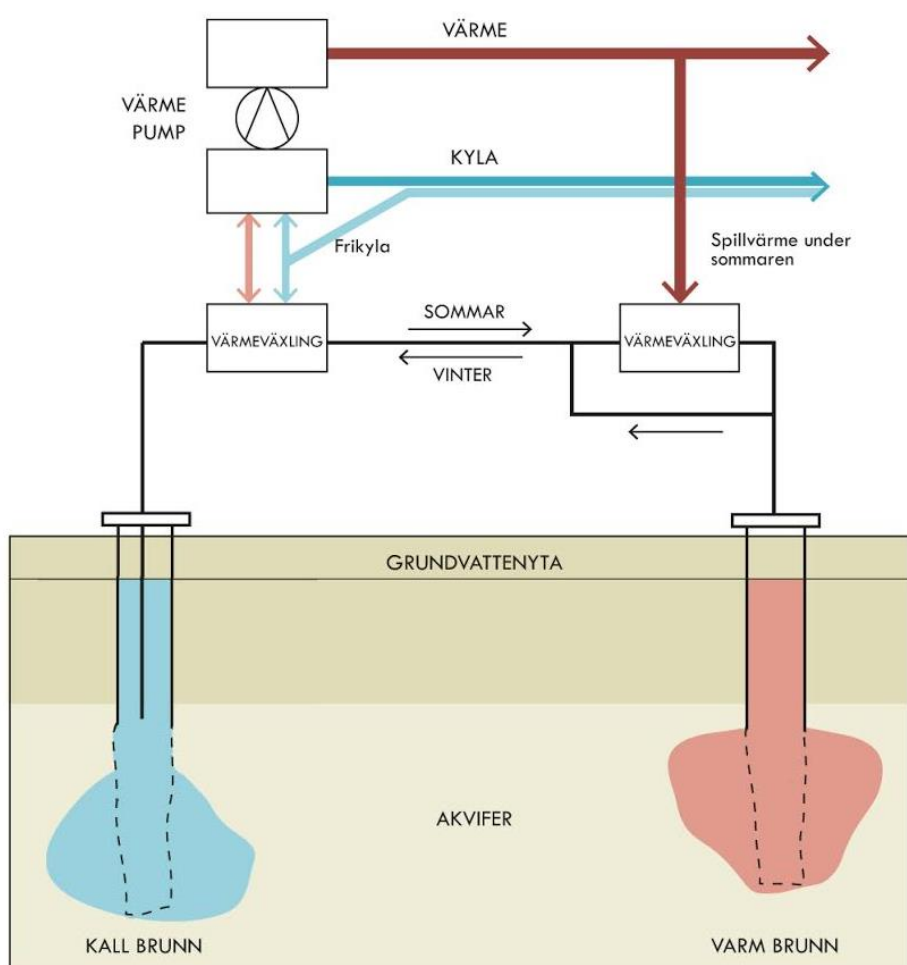
På EU-nivå är akviferlager tillåtet då medlemsstaterna enligt Europaparlamentets och Rådets ramdirektiv för vatten får "tillåta återföring till samma akvifer av vatten som använts för geotermiska ändamål" (Europaparlamentet; Rådet, 2000). I Sverige är akviferlager tillståndspliktigt enligt MB kapitel 11 då det räknas som vattenverksamhet att leda bort grundvatten. Ansökan om tillstånd prövas vid Mark- och miljödomstolen som vid fem tingsrätter i Sverige; Växjö, Vänersborg, Nacka, Östersund och Umeå. Tidigare kallades detta för vattendom, idag benämns det tillstånd för vattenverksamhet.

I en ansökan ska det enligt MB 6 kap. 1§ ingå en miljökonsekvensbeskrivning (MKB). Syftet med en MKB är enligt MB 6 kap 3§

"[...] att identifiera och beskriva de direkta och indirekta effekter som den planerade verksamheten eller åtgärden kan medföra dels på människor, djur, växter, mark, vatten, luft, klimat, landskap och kulturmiljö, dels på hushållningen med mark, vatten och den fysiska miljön i övrigt, dels på

annan hushållning med material, råvaror och energi. Vidare är syftet att möjliggöra en samlad bedömning av dessa effekter på människors hälsa och miljön.”

Förutom denna utvärdering av miljökonsekvenser ska sökanden även visa att man tar hänsyn till de allmänna hänsynsreglerna i MB 2 kap.



Figur 1 Principskiss av ett akviferlager.

Figur modifierad av Levenim layout & design från Andersson (2007, fig 29).

2.3 Akviferlagers miljöpåverkan

Miljöpåverkan från ett akviferlager kan delas in i tre olika kategorier; fysisk, kemisk och biologisk påverkan. Dessa beskrivs nedan.

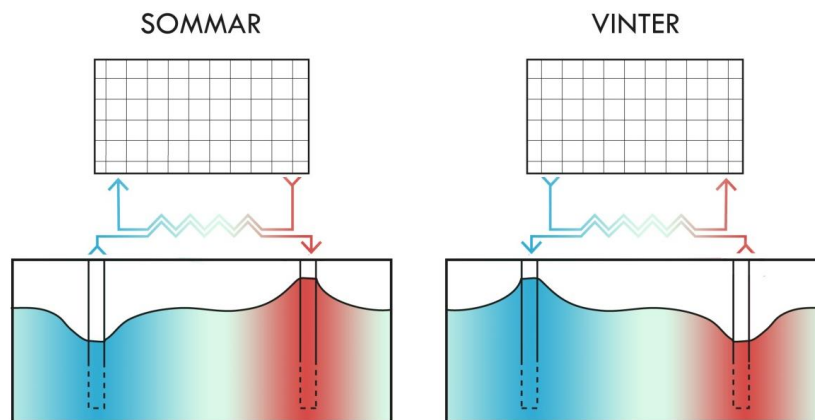
2.3.1 Fysisk påverkan

Vid allt uttag av grundvatten sänks grundvattenytan lokalt. Ett akviferlager har inget nettouttag eftersom vattnet återförs till en annan del av akviferen efter att dess värme- eller kylenergi utvunnits. Dock fås en lokal sänkning av grundvattnet runt den brunn som används till uttag, samt en lokal höjning runt den där återföringen sker (Figur 2). När systemet vänds till följd av säsongsvariation blir det motsatta förhållanden i brunnarna. Eftersom akviferlagrets drift påverkar grundvattnets nivåer och flöde finns det en risk för att detta förändrar hur ytvatten och grundvatten interagerar, om ytvatten finns inom tillrinningsområdet (Bonte, et al., 2011a) Enligt modelleringar med partikelspårning kan förändring i grundvattenflödet synas på flera kilometers avstånd från ett akviferlager (Ferguson, 2006). Detta kan komma att påverka brunnarnas influensområden; deras storlek och läge (Bonte, et al., 2011a). Förändringar i grundvattenbalansen kan orsaka sättningar i markytan, enligt Hähnlein et al. (2013) är det störst risk för detta när uppumpat vatten inte återförs och kan betecknas som extremfall.

2.3.2 Termisk påverkan

Akviferlagersystem kan drivas antingen med låga eller höga temperaturer. Till lågtemperaturakviferlager räknas de med en maxtemperatur på $<30^{\circ}\text{C}$ (Bonte, et al., 2011a). Det finns akviferlager som arbetar med temperaturer upp till 110°C (Perlinger, et al., 1987), dessa är inte vanliga, men intresset för dem växer (Bonte, et al., 2013a).

Temperaturskillnaden som uppstår i grundvattnet genom ett akviferlagers drift sprider sig både konduktivt och konvektivt, detta på grund av att grundvattnet rör sig mellan brunnarna samt att det lagrade vattnet får en temperaturgradient när det kommer i kontakt med det opåverkade, omgivande grundvattnet. (Bridger & Allen, 2014).



Figur 2 Grundvattennivåförändring till följd av akviferlagerdrift.

Bild modifierad av Levenim layout & design från rapport från Department of Hydrology and Hydraulic Engineering, 2006.

För att bedömma hur stor den inducerade temperaturskillnaden blir under marken och hur långt den sträcker sig kan man genomföra modelleringar, samt kontrollmätning vid de system som redan är i drift. För att ställa upp en modell som så korrekt som möjligt återger förväntad påverkan, är den vertikala temperaturdistributionen viktig (Visser, et al., 2015) samt en god kännedom om geologin och dess heterogenitet (Ferguson & Woodbury, 2006; Bridger & Allen, 2010; Bridger & Allen, 2014). Värmetransporten i en akvifer är i stor utsträckning beroende på närvaro av lager med hög hydraulisk konduktivitet (Bridger & Allen, 2014).

En enkel modell riskerar att underskatta området med förhöjd grundvattentemperatur med mer än 50% jämfört med en som baseras på detaljerad geologi (Visser, et al., 2015). För att undersöka akviferens heterogenitet i finskala krävs det detaljerad och korrekt loggning av borrhål som beskriver marklagrens kornstorlek och lerinnehåll, alternativt provtagning och siktanalys (Visser, et al., 2015) Att samla in detaljerad data för att konstruera och kalibrera en värmetransportmodell som inkluderar heterogeniteter tar mycket tid, men enligt Bridger & Allen (2010) räcker det i de flesta fall med en förenklad representation av hur geologin varierar för att se hur systemet kommer att påverkas. En detaljerad hydrogeologisk modell som bygger på bristfällig data kan i slutändan leda till osäkerheter av samma paritet som kan förväntas av en enkel modell (Bridger & Allen, 2010). För att undvika konstruktionsfel bör därför en förenklad modell ha noggrant fastställda uppgifter om hydraulisk gradient, akviferens genomsläpplighet, termisk spridning samt mängd vatten som pumpas och infiltreras då dessa parametrar påverkar konvektiv värmetransport (Bridger & Allen, 2010).

Den termiska påverkan beror även på ett systems faktiska driftsförhållanden, vilket kan skilja sig markant från vad det konstruerats för (Visser, et al., 2015). Att möjligheten att bedöma omfattningen av akviferlagrets påverkan är begränsad i planeringsstadiet bör kännas till av beslutsfattare och lagstiftare, speciellt om akviferlager planeras i närheten av dricksvattentäkter eller nära andra akviferlager. För dessa fall bör en känslighetsanalys utföras för att undersöka effekten av ett större intervall på driftförhållanden samt hydrauliska och termiska ingångsparametrarna (Visser, et al., 2015). Detta skulle kunna visa på om t.ex. termisk obalans kan förväntas om de faktiska driftsförhållandena avviker från de tänkta, samt hur stor denna termiska påverkan blir (Visser, et al., 2015).

Visser et al. (2015) visade att övervakningsuppgifter av ATES-inducerade temperaturer kan tolkas på ett användbart sätt vid modellering av grundvatten- och värmetransport. Genom att regelbundet mäta grundvattentemperaturen i minst tre OBS-brunnar vid ett akviferlager, två av vilka var utsatta för termiskt genomslag, möjliggjordes tolkning av värmeplymens utveckling och omfattning (Visser, et al., 2015).

2.3.3 Kemisk påverkan

I en öppen akvifer varierar vattenkemin med djupet, dels till följd av de kemiska reaktioner som sker då regnvatten infiltrerar genom marken och dels till följd av akviferens geologiska sammansättning (Stuyfzand, 1999). I akviferens övre del återfinns oxiderat, nitratrikt vatten medan vattnet djupare ner är reducerat och järnrikt (Bonte, et al., 2011a). Vid driften av ett akviferlager blandas grundvatten av olika kemisk sammansättning vid uppumpning och åternedförsel, vilket innebär att vattnets kemi blir mer homogen och den naturligt vertikala gradienten försvinner (Bonte, et al., 2011b; Bonte, et al., 2013c). Enligt Possemiers et al. (2014) sker denna blandning av grundvatten av olika kvalitéer på följande sätt: först sker en blandning när vatten pumpas upp ur brunnen från olika djup, sammansättningen beror på eventuella variationer i hydraulisk konduktivitet med djupet. Därefter blandas grundvatten när det sker ett inflöde från omgivande akvifer för att ersätta den volym som blivit bortpumpad. Hur detta inflöde ser ut beror på förhållandet mellan det regionala grundvattenflödet och akviferlagrets uppumpning och återförsel, samt den hydrauliska konduktiviteten utmed brunnsdjupet. Sist sker blandning av grundvatten när vatten återförs i brunnen. Dessutom menar Possemiers et al., (2014) att ett akviferlagrets vattenbalans är viktig; om årlig obalans mellan uttag och återförsel föreligger kommer det att leda till mer omfattande blandning.

En homogenisering av grundvattnet kan leda till att eventuella föroreningar sprids till större djup i akviferen samt begränsa mängden oförorenat grundvatten som kan användas till dricksvatten (Bonte, et al., 2011a). Mätdata från en

nederländsk akvifer lokaliserad delvis inom ett vattenskyddsområde visade att driftens omrörning av grundvatten ledde till förändrad vattenkvalité (Bonte, et al., 2011b). Vatten från akviferens övre del innehöll relativt höga koncentrationer av SO₄, Cl, och NO₃ som blandades med djupare beläget grundvatten med lägre koncentrationer, detta orsakade högre halter av SO₄ och Cl i akviferlagrets vatten än omgivande grundvatten (Bonte, et al., 2011b). Halten av SO₄ ökade mest, och var fyrdubblad i akvifervattnet jämfört med omgivande grundvatten (20 mg/l), dock var den långt ifrån högsta tillåtna koncentration för dricksvatten (150 mg/l) (Bonte, et al., 2011b).

Om en akvifer är förorenad kan vissa föroreningar påverkas av de ökade grundvattentemperaturerna. Exempelvis kan BTEX som normalt ligger stabilt mobiliseras då deras löslighet ökar (Knauss & Copenhaver, 1995). Trikloretylen och perkloretylen får ökad löslighet med ökad temperatur, dock först över 30°C (Knauss, et al., 2000). I Nederländerna används ofta förorenade akviferer i städer till akviferlager, hur detta påverkar föroreningarna är okänt (Bonte, et al., 2011a). Enligt en reviewartikel av (Langwaldt & Puhakka, 2000) har det visat sig att omrörning av grundvatten, mobilisering av näringsämnen samt ökade grundvattentemperaturer kan bidra till snabbare nedbrytning av föroreningar vid bioremediering av förorenade grundvatten.

En uppvärmning av grundvatten till 25° eller mer kan leda till reduktion av metalloxider och därmed öka risken för att tungmetaller bundna till sediment går i lösning (Jesušek, et al., 2013). Jesušek et al., (2013) mätte påverkan på akviferers geokemi vid 10°C, 25°C, 40°C och 70°C. De fann att ingen förändring med avseende på pH, TOC och viktiga katjoner skedde upp till och med 40°C. Jesušek et al., (2013) såg även att ökad temperatur förstärkte reduktionen av nitrat, järn(III)oxider och sulfat. Nitrat reducerades vid temperaturer på 10°C och över, järn(III)oxider vid 25°C och över, och sulfat reducerades vid 70°C. Detta indikerade att de mekanismer som reglerar reduktion påverkades av ökad temperatur; utsläpp av organiskt kol från sedimenten, vilket kan agera elektrondonator vid reduktion av nitrat och sulfat, samt ökad mikrobiell aktivitet, en katalysator för reduktion (Jesušek, et al., 2013). (Bonte, et al., 2013a)

Experiment utfört av Bonte et al (2013) visade att akviferlagrets uppvärmning av grundvattnet påverkade dess kvalitet. Vid temperaturer på 25°C ökade både DOC och As i vattnet, As hamnade över gränsvärdet för dricksvatten (Bonte, et al., 2013c). Gränsvärde för As i dricksvatten, 10 µg/l, är gemensamt för EU (Livsmedelsverket, 2016). Vid 60°C var påverkan betydande med höga halter av As och DOC (Bonte, et al., 2013c).

2.3.4 Biologisk påverkan

Till skillnad från akviferlagers påverkan på hydrogeokemin som varit föremål för omfattande forskning, finns det väldigt lite forskning om akviferlagers påverkan på grundvattnets ekosystem och dess mikroorganismer (Briemann, et al., 2009).

Briemann et al. (2009) genomförde en studie av hur ett akviferlager i en grund (8-10 m), icke förorenad, oligotrof akvifer påverkade grundvattnets ekosystem genom att studera hydrogeokemin och mikroorganismerna. I studien undersöktes vatten ur brunnar som inte påverkades av akviferlagrets värmeplym, brunnar som ibland påverkades beroende på säsong och brunnar som alltid påverkades. Resultatet visade att en ökad grundvattentemperatur inte verkade medföra ökad mängd bakterier, utan att det var mängden näringsämnen som var begränsande i aktuell oligotrof akvifer. Däremot ledde uppvärmningen av grundvattnet till att bakteriefloran tydligt ökade i diversitet och att medan vissa bakteriegrupper tillkom försvann andra. Förekomsten av koliforma bakterier i grundvattnet kunde inte kopplas till påverkan från akviferlagrets värmeplym utan det antogs att närliggande hushåll, lantbruk och vattendrag utgjorde en större risk för grundvattenkvaliteten i det avseendet. De infiltrerade fekala och patogena mikroorganismerna skulle dock, oavsett ursprungskällan, kunna gynnas av ökad grundvattentemperatur om det medförde ökad överlevnadschans, transport och tillväxt. Slutsatsen som Briemann et al. (2009) drog var dock att den påverkan som ett akviferlager utsätter en akvifers ekosystem för inte utgör något hot mot dess funktion, inte heller utgör den ett hot mot dricksvattentäkter i oförorenade, grunda akviferer.

I den nederländska akviferen som delvis låg inom ett vattenskyddsområde, se kemisk påverkan, var den mikrobiologiska aktiviteten högre i akviferlagrets vatten än i det omgivande grundvatten (Bonte, et al., 2011b). Detta gällde särskilt för bakterier som gynnas av högre temperaturer, systemets varma brunnar nådde som mest en temperatur på 28°C (Bonte, et al., 2011b). I akvifervattnet förekom de fekala indikatorerna E. Coli, enterokocker och SSRC, vilka inte kunde påvisas i omgivande grundvatten (Bonte, et al., 2011b). De flesta positiva proverna innehöll 1–5 CFU/100 ml, men ett prov innehöll 120 CFU/100ml E. coli och 9 CFU/100ml enterokocker (Bonte, et al., 2011b). Enligt Livsmedelsverket (LIVSFS 2015:3) är dricksvatten otjänligt om E. coli eller enterokocker kan påvisas i ett prov om 100 ml. Bonte et al. (2011b) menade att akvifervattnet troligtvis blivit förorenat av fekala bakterier genom att brunnssystemet inte slutit helt tätt, och att akviferlagrets vatten därutöver erbjöd gynsamma näringsförhållande för bakterierna. Förekomsten av koliforma bakterier i grundvatten inom ett vattenskyddsområde var däremot inget problem då avstånd mellan den platsen och närmsta dricksvattentag var 570 meter (Bonte, et al., 2011b).

Under nederländska förhållanden reduceras skadliga mikroorganismer i grundvattnet till godtagbar nivå efter transportsträcka på 110 m genom marken (van der Wielen, et al., 2008).

3 Metod

För att samla in MKB och domslut från ansökningar om akviferlager kontaktades de fem mark- och miljödomstolarna vid Nacka, Vänersborg, Växjö, Umeå och Östersund tingsrätt. Ansökningar och domslut är offentliga handlingar och man kan begära ut dem på två olika sätt; antingen åker man till den enskilda MMD och letar i deras fysiska arkiv, eller så kontaktar man den enskilda MMD via telefon, mejl eller formulär på deras hemsida. Eftersom det inte bedömdes som rimligt att åka till en eller flera MMD och gå igenom deras arkiv, kontaktades varje MMD via mejl med en förfrågan om att få tillgång till mål rörande rörande ”akviferlager” och ”akvifärlager”. Detta gav inte någon träff då det visade sig att arkiven inte är upprättade så att man kan komma med en generell begäran på detta vis. Det krävs helst ett målnummer, uppgift om sökanden, namn på fastighet eller liknande. Därför ombads MMD att söka i sina arkiv efter mål som matchade eller liknade följande beskrivning; ”grundvattenbortledning för framställning av värme och kyla samt tillstånd till återinfiltration av den använda vattnet”. På detta sätt hittade MMD tre mål som de lämnade ut. Ytterligare elva mål kunde efterfrågas med hjälp av målnummer då WSP sedan tidigare hade uppgifter om dem. Eftersom myndigheters kvarnar mal långsamt bedömdes det inte finnas tid till att leta efter fler akviferlager.

MKB och domslut i målen sammanställdes för ett antal parametrar vilka redovisas i bilaga 1. De olika MKB utvärderades för att se hur miljöpåverkan bedömdes både jämfört med andra MKB och med forskning om akviferlager. De förslag som sökande angav för verksamhetens kontrollprogram i MKB jämfördes med de villkor som inkluderades i domslut för målet.

3.1 Val av mål

Det fanns inte tid eller textutrymme att ta med alla 14 mål, se bilaga 2 för en fullständig förteckning. Med undantag av ett mål som behandlats vid Umeå MMD hade övriga behandlats vid Växjö och Nacka MMD. Av denna anledning beslutades det att arbetet skulle begränsas till mål från Växjö och Nacka MMD. För att få med de senaste målen begränsades arbetet även till mål inlämnade 2011 eller senare.

4 Resultat

De ansökningar som behandlas i detta arbete finns redovisade i Tabell 2. Om inget annat anges är all information för varje mål hämtad ur dess MKB. Informationen i de avsnitt som benämns domslut är hämtade ur respektive måls domslut.

Tabell 2 Datum för ansökningarna i MMD och MÖD. De sju akviferlagerna med datum för inlämnande av ansökning och domslut samt hur lång rättsprocessen tog.

Fastighet	Ansökningsdatum	Beslutsdatum	Rättsprocess
Rosenborg	111205	MMD 150202	1 155 dagar
Hästskon	121022	MMD 130620	241 dagar
IKEA	121213	MMD 130902 MÖD 140505 ¹	263 dagar 508 dagar ²
Gallerian	130315	MMD 141217	642 dagar
Lyckeby Culinar	130829	MMD 140916	383 dagar
Rättspsykiatriskt Centrum	131024	MMD 140527	215 dagar
Kalmar Länssjukhus	140708	MMD 150318	253 dagar

¹ Datum för beslut i MÖD då domen i MMD överklagades.

²Totalt antal dagar processen tog från ansökan till beslut i MÖD.

4.1 Rosenborg M6565-11

Fastighetsbolaget Vasakronan AB lämnade 111205 in en ansökan om ett akviferlager vid Nacka MMD. Ansökan gällde 3-5 kalla brunnar, 10-15 meter djupa, och 5-10 varma brunnar, 20-25 meter djupa. Akviferlagret planerades i grusåsen på bolagets fastighet. Ansökt uttag var maximalt flöde 4320 m³/dygn, medeluttag eller beräknad årlig mängd omsatt vatten nämndes inte. Allt vatten skulle återföras förutom 1000 m³/år som skulle åtgå vid renspolning och därefter släppas till dagvattennätet. Efter att MMD begärt kompletteringar i form av hydrogeologiska undersökningar lämnades en reviderad MKB in 140429

Akviferen används inte till dricksvatten då grundvattnet är av mindre god kvalitet. Intilliggande Brunnsviken klassas som vattenförekomst (SE658507-162696), den har otillfredställande ekologisk status på grund av övergödning. Vattenförekomsten kommer inte uppnå god status till 2015 och har därför fått uppskov till 2021. I arbetsmaterialet för 2014 års bedömning uppnåddes inte god status för kvicksilver, kadmium, bly, antracen och tributyltennföreningar. Den kemiska statusen har kvalitetskrav att vara god år 2015.

4.1.1 Fysisk påverkan

Datorprogrammet Visual MODFLOW® användes för att beräkning av påverkan på grundvattnet. Beräkningarna baserades på två provpumpningar och det sökta maximala uttaget för en tidsperiod av sex månader, området avgränsades med hjälp av de naturliga grundvattendelarna. Även nederbörd och den hydrauliska kontakten med intilliggande Brunnsviken, en avsnörd havsvik med bräckt vatten, ingick i modellen. Vid grundvatteninfluens definierat till $\geq \pm 0,3$ m beräknades influensområdet som mest sträcka sig 400 m utanför fastighetsgränsen, detta i nordlig riktning. I de andra väderstrecken var påverkan mindre än 100 m från fastighetsgränsen. Enligt SGU:s brunnsarkiv finns det inga brunnar på berörda fastigheter, men det finns närliggande energibrunnar. Dessa kommer inte att påverkas då nivåpåverkan från akviferlagret är så pass liten. De två vattenskyddsområden som finns i närheten, med både reservvattentäkt och akviferlager, kommer inte att påverkas. Grundvattnets naturliga strömning och fluktuation nämns inte.

Sökanden har utvärderat sättningsrisken då förändrade grundvattennivåer i områden med lermark kan orsaka sättningar. Byggnader, ledningar och samt väg E4 inom påverkansområdet har ingått i bedömningen. Med hänsyn till geologin i området samt att akviferlagret är utformat som ett s.k. balanserat lager bedömer sökanden att sättningarna blir minimala med de kortvariga sänkningar som görs under ett driftsår. Akviferlagrets omväxlande höjning och sänkning av grundvattnet liknar akviferens naturliga fluktuationer vilket inte brukar ge upphov till sättningar. Eventuella sättningsrörelsen kommer att övervakas inom kontrollprogrammet.

4.1.2 Termisk påverkan

En simulering av akviferlagrets termiska påverkan har gjorts med hjälp av MT3D. Även den termiska modelleringen avgränsades med hjälp av de naturliga grundvattendelarna och baseras på det maximala ansökta uttaget. Något avstånd för termisk influens nämns inte. De kalla brunnarna förväntas ha en temperatur på

mellan +6 och 12°C, de varma brunnarna på mellan +8 och 19°C. Baserat på erfarenheter från bl.a. närliggande akviferlager SAS Frösundavik bedömer sökanden att temperaturförändringen inte kommer att medföra någon negativ miljöpåverkan. Det finns inga akviferlager eller energibrunnar som ligger tillräckligt nära föra att påverkas negativt av temperaturförändringen.

4.1.3 Kemisk påverkan

Sökanden förväntar sig att grundvattnets kemiska sammansättning kommer att jämnas ut i djupled till följd av rundpumpningen av vatten. Det förväntas även att vattnet i akviferens öppna delar syresätts i ökad omfattning vilket kan göra det ytligaste grundvattnet mer oxiderat.

Akviferen står i hydraulisk kontakt med intilliggande Brunnsviken. Grundvattnet har redan höga salthalter med en bakgrundshalt på ca 100mg/l- den halt som Livsmedelsverket på grund av ledningskorrosivitet anger som tjänligt med anmärkning. Sökandens beräkningar visar att akviferlagret kan komma att öka salthalten närmast pumpbrunnarna med upp till 1600 mg/l, motsvarande bakgrundshalten i Brunnsviken. En stor ökning av salthalt förväntas lokalt, detta i en akvifer som redan har höga salthalter. Miljökvalitetsnormen kommer att överskridas lokalt inom saltpåverkansområdet, men blir inte påverkat i sin helhet. Detta kommer inte att påverka reservvattentäckten som finns i samma akvifer.

Sökandes fastighet har fyllnadsmassor över i princip hela området. Ingen tidigare verksamhet är känd förutom täktverksamhet på 1960-talet. I marken har halter för bly och kadmium över KM uppmätts (2007) och förhöjda halter av nickel har uppmätts i ett prov (2012)- den höga halten kan dock komma från det metallrör som användes vid provtagningstillfället då såväl tidigare som senare prover inte påvisat förhöjda halter. 2012 uppmättes även låga halter organiska ämnen; alifater C16-C35. 2014 uppmättes uran i ett prov till en halt flera gånger livsmedelvärdets riktvärde för dricksvatten. Det finns även två förorenade områden i närheten. Sökandes bedömning är att förekomst av förhöjda metallhalter i fyllnadsmassorna inte utgör en risk vid drift av ett akviferlager om halterna inte överskrider MKM. Fyllningsmassorna återfinns främst ovan grundvattenytan och möjligen ett par meter nedanför. Akviferlagrets drift kommer att pumpa i djupare jordlager, därför anses risken för att föroreningarna ska påverka grundvattnet som låg.

4.1.4 Biologisk påverkan

Enligt ansökan kommer akviferlagrets grundvattenkrets vara helt slutet, och vattnet kommer inte ha kontakt med syre, bakterier eller andra ämnen utifrån. Vid

tekniskt fel går larmsystemet in och antingen stänger av anläggningen automatiskt eller indikerar att fel uppstått. Sökanden bedömer risken för kontaminering av akviferen som osannolik. Eftersom inga näringsämnen tillförs blir risken minimal för stora förändringar av mikrofloran eller okontrollerad bakterietillväxt.

4.1.5 Förslag till kontrollprogram

Sökanden föreslog att ett kontrollprogram skulle innefatta följande:

- ✿ Övervakning av grundvattennivåer inom det hydrauliska påverkansområdet i grundvattenrör. I kontrollprogrammet kan passande urval av befintliga och nya rör användas för nivåmätning, minst två nya planeras redan. Grundvattennivåer och konduktivitet mäts för närvarande med handlod månadsvis.
- ✿ Larmnivåer för maximal grundvattennivå och ett styr- och reglersystem som automatiskt stryker flödet vid höga grundvattennivåer. Den högsta årliga återkommande grundvattennivån föreslås bli maximal nivå.
- ✿ Inledningsvis föreslås avvägning av dubbar på hus två gånger om året för sättningskontroll, d.v.s. avståndsmätning mellan fasta punkter för att detektera sättningsrörelser.
- ✿ Vattenprov i några grundvattenrör veckosvis under den första månaden, därefter varannan månad. Parametrar som mäts förslås vara pH, alkalinitet, temperatur, hårdhet, redoxpotential, mangan, järn, kloridhalt samt bly, nickel och kadmium. Mätintervallen kan glesas ut efter utvärdering, men bör göras minst två gånger om året.

4.1.6 Domslut för M6565-11

MMD vid Nacka tingsrätt meddelade i dom 150202 tillstånd för bortledning och återinfiltrering av grundvatten för energiändamål på sökandes fastighet. Tillståndet gällde sökt maximalt flöde på 4320 m³/dygn.

Domstolen ställde upp följande villkor;

- ✿ Sökanden ska vidta skyddsåtgärder som överensstämmer med vad som anförts i ansökningshandlingar, övriga handlingar samt vad som framkommit i målet.

- ✿ Grundvattennivåerna ska övervakas i befintliga grundvattenrör samt i två nya rör för att högsta och lägsta normala grundvattennivån inte ska överskridas respektive underskridas. Övervakningen ska ge larm och automatiskt strypa flödet innan detta sker på varje enskild plats.
- ✿ Borrhålens exakta placering ska lämnas in till tillsynsmyndigheten.
- ✿ I samråd med Länsstyrelsen och Miljö- och hälsoskyddsnämnden ska kontrollprogrammet upprättas två månader innan driftstart. Det måste innehålla följande:
 - ✿ Utredning om larm- och åtgärdsnivåer för varje grundvattenrör.
 - ✿ Veckovis provtagning av vatten under första månaden, därefter varannan månad, i utvalda grundvattenrör och uppumpat vatten. Parametrar som minst ska redovisas är pH, alkalinitet, temperatur, hårdhet, redoxpotential, mangan, järn, kloridhalt, bly, nickel, natrium, kadmium, kalium, kalcium, magnesium (separat redovisning, inte bara hårdhet) och sulfat.
 - ✿ Bedömning av mätpunkter för sättningsmätningar.
- ✿ Certifierade brunnsboreare ska utföra brunnsborrningen, eller boreare med motsvarande kvalifikationer.
- ✿ Kriterierna för Normbrunn 07 ska användas för utformning av brunnarna.
- ✿ Under provpumpningen får vattnet ledas till dagvattenbrunn kopplad till intilliggande Brunnsviken om gränsvärden från tillsynsmyndigheten följs.

4.2 Hästskon M5812-12

Vasakronan AB ansökte 121022 om tillstånd för ett akviferlager i grusåsen på sin fastighet. På fastigheten fanns redan ett grundvattenkylsystem med tillstånd för ett maximalt uttag om 4 234 m³/dygn. Ett grundvattenkylsystem är en anläggning där grundvatten pumpas upp för utvinning kyla och sedan återförs i en annan brunn. Denna anläggning användes till reservsystem för kyla. Ansökan gällde därför en komplettering med pumpar i infiltrationsbrunnarna så att

grundvattnet kunde pumpas växelvis mellan två kalla brunnar och fyra varma. Avståndet mellan brunnspolerna är ca 100 meter. Årlig omsättning skulle bli 1 577 000 m³, med ett medeluttag på 4 320 m³/dygn och ett maximalt flöde på 6 050 m³/dygn. Mängd vatten som används till renspolning av brunnarna och inte återförs uppgår till maximalt 300 m³/år, det bortleds till dagvattennätet.

Akviferen ligger i Brunkebergsåsen i centrala Stockholm, den används inte till dricksvatten då den har dålig vattenkvalitet och stor föroreningsrisk. Den finns inte med bland distriktets vattenförekomster då den kemiska statusen är dålig.

4.2.1 Fysisk påverkan

Akviferlagrets påverkan på grundvattnet modellerades med MODFLOW, i MKB nämns inte att det var MODFLOW som användes, men det fanns med i den tekniska beskrivningen, Mål nr 5812-12, bilaga B. Praktiskt influensområde definierades till en trycknivåförändring på $\geq \pm 0,3$ m. I området uppgår den naturliga grundvattenfluktuationen till 0,3–0,5 meter, naturlig grundvattenströmning nämndes inte. Provpumpning och infiltration för 5180 m³/dygn samt simulering av det sökta maxuttaget 6050 m³/dygn ger att förändring i trycknivå generellt inte överstiger 0,1 m. Då maximal nivåförändring nära brunnarna är beräknad att vara $\leq 0,1$ m får verksamheten inget praktiskt influensområde.

Eftersom påverkan på grundvattennivån är liten sträcker sig inte det praktiska influensområdet utanför fastigheten och således påverkas inga andra brunnar.

Risken för sättningar anses som liten då förändringar av grundvattnets djup, strömning och temperatur har gjorts under ett halvt sekel. De jordarter som förekommer inom området består av sten, grus och sand, dessa är ej sättningsbenägna. Byggnader inom influensområdet och på närliggande fastigheter är dessutom grundlagda på murar eller plintar ner till fast botten.

4.2.2 Termisk påverkan

Akviferlagrets termiska påverkan har simulerats i MODFLOW för ett tidsspänn på 1,5 år, MODFLOW nämns inte i MKBn men fanns med i den tekniska beskrivningen, mål nr 5812-12 bilaga B. Grundvattnets medeltemperatur på 6–7 meters djup ligger på ca +15°C. Den höga temperaturen beror på infrastruktur och undermarksbyggnader i området. Sommaren 2012 använde sökanden sitt nuvarande tillstånd till uttag av kylan och detta resulterade i

temperaturer på 26°C i infiltrationsbrunnarna och 21°C i uttagsbrunnarna. Efter 1,5 år av akviferlagrets drift har termisk balans uppnåtts. Den sökta verksamheten kommer att ha mindre termisk påverkan än den som sökanden redan har tillstånd till eftersom akviferlagret balanseras med uttag av både kyla och värme. Hur den termiska påverkan breder ut sig redovisas i bilaga C2 till ansökan, den har dock inte komma undertecknad tillhanda. Förväntade temperaturer i lagret är 1–16°C i kall brunnsgupp och 4–19°C i varm brunnsgupp (TB).

För grannfastigheterna Stigbygeln, Hammaren och Hästen finns tillstånd till uttag och återinfiltration av grundvatten för kylning. Eftersom ansökan placerar kall brunnsgupp i närheten av dess fastigheter innebär det att en sänkning av grundvattentemperaturen gynnar dessa verksamheter. Ytterligare en tillståndsgiven verksamhet för grundvattenbaserat kylsystem finns i närheten men ligger utanför termiskt påverkansområde och berörs därför inte.

4.2.3 Kemisk påverkan

Vattenprover tagna vid fem olika tillfällen visar att grundvattnet på platsen har en god kvalitet och uppfyller livsmedelsverkets gränsvärden för dricksvatten. Provpumpningarna har inte påverkat vattenkvaliteten märkbart. Vattnet bedöms som motståndskraftigt och med god förmåga att buffra mot pH-förändringar utifrån alkalinitet och pH-värden. Låga halter av järn och mangan samt sulfathalten pekar på ett oxiderande vatten. Låga eller måttliga koncentrationer av metaller och anjoner förekommer. Kalium och fosfathalten kan peka på föroreningspåverkan alternativt vara av geologiskt ursprung. Aluminium förekommer i en mängd som överskrider tekniskt gränsvärde och kalciumkoncentrationen kan innebära korrosionsrisk för rören. När grundvatten värms upp kan kalkutfällning ske, vattnet är emellertid redan så varmt att ytterligare höjning inte bedöms påverka kalkutfällning i någon betydande omfattning.

4.2.4 Biologisk påverkan

En förändrad grundvattentemperatur kan leda till förändrad bakterieaktivitet i vattnet, detta kan få till följd att filter sätter igen snabbare om utflockning sker. Att bakterieaktiviteten ökar i det varmare grundvattnet kan också inverka på de bakterier som lever i djupare, kallare grundvatten. I ansökan refereras till IEA (International Energy Agency) och ett forskningsprojekt om energilagars effekt på mikororganismer i grundvattnet. Följande slutsatser drogs i forskningsprojektet:

- ✿ ”En måttlig temperaturhöjning förhöjer bakteriefloras ämnesomsättning, men ändrar inte tillväxthastigheten.
- ✿ En förhöjd tillväxthastighet kräver tillförsel av näringsämnen.
- ✿ En måttlig temperaturförändring medför enbart en förskjutning av dominerande art inom en och samma bakteriegrupp.” –Mål nr 5812-12 bilaga C, s 22

Källan beskrivs inte mer ingående och finns inte med i referenslistan. Dock refererades den till i två av de ansökningar som valts bort; M2003-10 bilaga C s 24, och M2594-11 bilaga 1, s 31. Endast i M2003-10 (bilaga c, s 29) fanns källan med i en referenslista, ur vilken fullständig hänvisning är hämtad:

”International Energy Agency (IEA), 1995. Environmental and Chemical Aspects of Thermal Energy Storage and Research and Development of Water Treatment Methods – Executive Summary. ECES – Annex IV. Report 55-Gen, IF Technology, December 1995.”

Enligt sökanden har temperaturändringen i grundvattnet vid de svenska akviferlager som varit i drift i flera inte visat sig innebära några effekter på vare sig hälsa eller miljö.

4.2.5 Förslag till kontrollprogram

Sökanden föreslog att ett kontrollprogram skulle innehålla följande:

- ✿ Mätning av trycknivåer i systemets brunnar genom kontinuerlig mätning med timmedelvärden.
- ✿ Mätning av grundvattennivåerna i tre eller flera av byggnadens observationsrör. Detta ska utföras manuellt en gång per kvartal, dock en gång per månad under det första driftåret.
- ✿ Det ska finnas summerande vattenmätare på alla brunnar som avläses årligen, föreslagsvis vid årsskifte.
- ✿ Årlig omsatt mängd vatten mäts med summerande vattenmätare i båda flödesriktningar. Datan loggas kontinuerligt och förs in i journal årligen.
- ✿ Ett vattenprov tas från stamledningen i samband med renspolning varje år och analyseras för fysikalisk-kemiska parametrar för att kontrollera vattenkemi.

- ✿ Värderna för temperatur i brunnarna registreras i styr- och övervakningssystemet och förs årligen in i journal som veckovärden
- ✿ All mätdata ska finnas journalförda, samlade och tillgängliga hos sökande

4.2.6 Domslut för M5812-12

MMD vid Nacka tingsrätt meddelade 130620 att tillstånd lämnades för uttag och återledning av grundvatten för akviferanläggning. Tillståndet gällde det befintliga brunnssystemet samt anläggning av ersättningsbrunnar vid behov. I övrigt gällde tillståndet för samma volym som angetts för årlig omsättning, maximalt flöde samt åtgång till renspolning.

Domstolen ställde upp följande villkor:

- ✿ Den tillståndsgivna verksamheten ska stämma överens med beskrivningen i ansökan med tillhörande handlingar samt gjorda åtaganden, om det inte framgår annat av följande villkor. Sökanden ska även vidta åtgärder för att minska störningar för omgivningen.
- ✿ För varje brunn och brunnsområde ska mätare finnas som kan mäta mängd uppumpat vatten. Mätningen ska även omfatta den mängd vatten som åtgår vid underhåll. Dessutom ska temperaturmätare finnas för mätning av brunnsvattnets temperatur.
- ✿ Tillståndet för uttag av grundvatten för värme och kyla gäller endast under förutsättning att samma vatten återförs genom de avsedda brunnarna i ett slutet system. Undantaget är den mängd som används för akviferlagrets underhåll.
- ✿ I utvalda observationsrör ska finnas automatiska nivågivare som vilka automatiskt stänger av pumparna vid för låga eller höga grundvattennivåer.
- ✿ Mätning av grundvattnets nivåer och temperatur ska ske under verksamhetens bedrivande för att kontrollera dess omgivningspåverkan. Omfattning, mätfrekvens osv ska i god tid innan idrifttagandet finnas bestämt i ett kontrollprogram som ska vara utformat så att det:
 - ✿ Med summerande mätare mäter uttaget och återinfiltrerat flöde samt dygnsvis dess vattentemperatur.
 - ✿ På ett jämförbart sätt mäter temperaturen i angränsande OBS-rör från år till år.
 - ✿ Varje månad beräknar uttagen värme och kyla

- ✿ Den temperatur som uppmäts vid kontrollpunkterna ska vid avslutad värme- och kyla-säsong vara balanserad från år till år. Verksamhetsutövaren ska vidta åtgärder vid avvikelser som indikerar ett temperaturmässigt negativt skeende för akviferen.

4.3 IKEA Malmökontor M4738-12

IKEA fastigheter AB ansökte 121213 om tillstånd att driva ett akviferlager i kalkberggrunden vid det planerade kontorshuset i Malmö. Det ansöktes om två kalla och två varma brunnar med ett avstånd på ca 100 meter mellan grupperna. Brunnarnas djup uppgick till 35–70 meter. Ansökan gällde en årlig omsättning av 500 000 m³ vatten, med ett maximalt flöde på 2 600 m³/dygn, medeluttag ej specificerat. Varje år krävs 200 m³ till renspolning vilket kommer att släppas till avloppsnätet. Sökanden var inte fastighetsägare men hade ett nyttjandeavtal med Malmö stad och planerade att köpa fastigheten.

Akviferen ingår i vattenförekomsten SV Skånes kalkstenar SE615989-133409 – dricksförekomst grundvatten. Den bedömdes 2009 ha god kvalitet såväl kvantitativt som kemiskt, och har kvalitetskrav om att ha god status även 2015

4.3.1 Fysisk påverkan

Sökanden hade genomfört en provpumpning och med en matematisk modell beräknat den hydrauliska influensen. Med grundvattenpåverkan definierat till $\pm 0,3$ m blir influensradien som mest 50 m, den har dock utöktas med ytterligare 50 m för att alla som berörs ska inkluderas i rättsprocessen. Hur långt detta sträcker sig utanför fastighetsgränsen nämns inte, men enligt karta i bilaga A1 M4738-12 rör det sig om 50-60 meter. Den naturliga grundvattenströmningen och fluktuationen nämns inte. Det finns inga brunnar eller grundvattenanläggningar inom det praktiska influensområdet, dock ett dikningsföretag som bildades 1998. Det planerade akviferlagret ligger även inom praktiskt influensområde för en grundvattenhöjning som ansökts om under 2012. Akviferlagrets drift bedöms inte medföra negativ påverkan på dessa verksamheter.

Det bedöms endast föreligga minimal risk för sättningar i markytan. Det gäller såväl för vägen som för markförlagda konstruktioner. Det finns inga byggnader inom det praktiska influensområdet. De simulerade avsänkningarna gäller för grundvatten i en sluten kalkstensakvifer, i jordlagren är påverkan mindre. Inom området består jordlagren huvudsakligen av en ca fem meter mäktig överkonsoliderad lermorän vilket betraktas som ej sättningsbenägen. Om

finkornigt material förekommer i linser medför detta inte heller en risk för sättningar.

4.3.2 Termisk påverkan

Den termiska påverkan har beräknats med en matematisk modell och beräknas breda ut sig 80 m från brunnsgруппerna då termisk påverkan definieras som en grads påverkan från platsens naturliga temperatur. Den åsamkade temperaturavvikelsen från naturlig grundvattentemperatur uppgår som mest till 5°C på både varm och kall sida. Den energiförlust som sker uppåt kommer att orsaka ett så litet värmefflöde och nedkylning att det försvinner i markens säsongsvariation. Akviferlagret ligger intill ett annat akviferlager som betjänar IKEAs varuhus. Enligt karta i bilaga A1 M4738-12 ligger det planerade akviferlagrets brunnar ungefär 200 meter från varuhuset. Negativ påverkan mellan akviferlagerna förväntas inte. IKEAs erfarenhet från sitt tidigare, intilliggande akviferlager, är att det med den gällande vattenkvaliteten i princip inte finns någon problematik associerat med akviferlagret.

4.3.3 Kemisk påverkan

Ett vattenprov från en av provbrunnarna analyserades för fysikalisk-kemiska parametrar, detta visade på ett reducerat grundvatten. Anläggningen kommer att sätta grundvattnet i rörelse lokalt runt akviferlagret. Sökanden anför med anledning av det följande:

”Detta kan lokalt, och på lång sikt, ge upphov till en viss oxidation av vattnet. Om så sker kommer främst järnhalten att minska, men troligen också ammoniumhalten. Detta bedöms dock snarare ha en positiv inverkan på vattenkvaliteten.” (M 4738-12, bilaga C, s 16)

4.3.4 Biologisk påverkan

Enligt ansökan kan temperaturförändringen av grundvattnet teoretiskt påverka grundvattnet. Bakteriekulturen skulle kunna förändras genom exempelvis ökad eller minskad förekomst av järn- kväve- och svavelbakterier. I ansökan refereras till IEA (International Energy Agency) och ett forskningsprojekt om energilagars effekt på mikroorganismer i grundvattnet, källan presenteras inte närmare och referenslista saknas.

- ”I de slutsatser som drogs från projektet framgår bland annat att
- ✿ en måttlig temperaturhöjning förhöjer bakteriefloras ämnesomsättning, men ändrar inte tillväxthastigheten,
 - ✿ en förhöjd tillväxthastighet kräver tillförsel av näringsämnen som bakterierna kan använda sig av för tillväxt,
 - ✿ en måttlig temperaturförändring (uppåt eller nedåt) medför en förskjutning av dominerande art inom en och samma bakteriegrupp.

Dessa slutsatser gäller för temperaturområdet från ca +2°C upp till ca +35°C och är således tillämpliga för aktuell anläggning. Risken är således minimal för en bakterietillväxt eller att påtagliga förändringar av grundvattenmagasinets mikrobiologiska liv skall uppstå.” (Mål nr 4738-12 bilaga C, s 16). För fullständig källa, se Hästskon, biologisk påverkan.

4.3.5 Förslag till kontrollprogram

Sökanden föreslog att kontrollprogram skulle innehålla följande:

- ✿ Mätning av mängd vatten som bortleds med summerande vattenmätare.
- ✿ Regelbunden kontroll av vattenkvaliteten.
- ✿ Mätning av grundvattennivåer i ett antal kontrollbrunnar.

4.3.6 Domslut för M4738-12

MMD vid Växjö tingsrätt meddelade 130902 att tillstånd lämnades för anläggning av grundvattenbrunnar för utvinning av värme och kyla samt bortledande och återföring av grundvatten. Tillståndet gällde för tre brunnar i respektive brunngrupp, sökanden hade ansökt om två i respektive brunngrupp. I övrigt gällde tillståndet för samma volym som angetts för årlig omsättning, maximalt flöde samt åtgång till rensplning.

Domstolen ställde upp följande villkor:

- ✿ Verksamheten ska bedrivas så att den stämmer överens med uppgifterna i ansökan med bilagor samt det som framkommit i målet.
- ✿ Mätning av mängd grundvatten som bortleds och återförs ska ske med summerande vattenmätare. Detta ska ske i sådan omfattning som tillsynsmyndigheten fastställer.

- ✿ Det ska ske kontrollmätning av grundvattennivån i uttags- och återföringsbrunnar. Under tiden för anmälan om oförutsedd skada (10 år) ska detta även ske i närliggande brunnar vilkas plats och antal bestäms i samråd med tillsynsmyndigheten.
- ✿ En gång per år under tid för anmälan om oförutsedd skada (10 år) ska det ske kontroll av grundvattnets kvalitet inom ramen för akviferlagrets bortledning och återföring av vatten.
- ✿ All mätdata ska samlas in och hos sökanden finnas tillgänglig för alla som anser sig berörda av akviferlagret.
- ✿ Inom två månader efter lagakraftvunnen dom och innan verksamheten påbörjas ska IKEA Fastigheter AB lämna in upprättat kontrollprogram till tillsynsmyndigheten. Kontrollprogrammet ska upprättas i samråd med Länsstyrelsen i Skåne län, Malmö stad, Trafikverket och Svedab AB. Även senare ändringar ska ske i samråd med ovanstående.

4.3.7 Överklagan och domslut i MÖD, M8712-13

Trafikverket överklagade domen i mål 4738-12 vid MÖD. Trafikverket yrkade om ersättning från IKEA Fastigheter AB för kostnader för sakkunniga.

Trafikverket menade att IKEA inte besvarat deras frågor under handläggning, samråd, i kompletteringar och under förhandlingen gällande modellberäkningar, modellens indata samt de faktiska samverkans effekterna mellan det planerade akviferlagret och IKEAs befintliga akviferlager och Citytunnelns influensområde. Då Trafikverket inte ansåg sig få svar på sina frågor utredde deras sakkunniga det som de ansåg att IKEA skulle ha utrett. Enligt Trafikverkets utredningar är IKEAs grundvattenmodellering inte korrekt och de anser därför att MMD borde ha utsett SGU till att granska IKEAs utredning om grundvatten som sakkunnig.

MÖD tog upp det överklagade avgörandet under mål nr M 8712-13. Trafikverkets ändringsyrkanden avslogs och domen från MMD fastställdes 140505. Trafikverket fick själva svara för rättegångskostnader i MÖD.

4.4 Gallerian M1572-13

AMF Pensionsförsäkring AB lämnade 130315 in en ansökan om ett akviferlager till sina kontors- och affärslokaler i rullstensåsen på sin fastighet. AMFs ansökan rörde upp till sjutton brunnar i den kalla brunngruppen och upp

till sjutton i den varma, men sökanden bedömde att det troligaste var fem i varje brunnsgupp. Antalet brunnar ska anpassas efter konstaterat vattenuttag och infiltrationskapacitet per brunn samt möjligheten att för kontroll och underhåll stänga av en brunn åt gången. De två brunnsgupperna kommer att vara placerade ca 125 meter ifrån varandra enligt bifogad karta, beräknat brunnsdjup nämndes inte. Ansökt uttag var ett medeluttag om 7 800 m³/dygn, med maximalt flöde om 2590 m³/dygn i den ena brunnsguppen och 5180 m³/dygn i den andra, oklart vilken som skulle ha ett större uttag. Nettouttag mellan brunnsområdena skulle dock maximalt vara 2590 m³/dygn. Det årliga maximala uttaget angavs till 2 840 000 m³, av detta skulle 4000 m³, maximalt 100 m³/dygn, användas till renspolning och därefter släppas till dagvattennätet.

Akviferen har tidigare föreslagits som grundvattenförekomst, den klassas dock inte som det och vattenkvaliteten bedöms som dålig vid stora uttag. Grundvattnet är utsatt för risk för föroreningar och därför är det inte intressant för kommunal vattenförsörjning. Två grundvattensystem finns i närheten; Hästskon och Fortums effektlager för fjärrkylanätet.

Hästskon har tillstånd till uttag och återinfiltration för utvinning av kyla, men har lämnat in ansökan för att öka uttagen och även ta ut värme. Detta gör att även systemet på fastigheten Hästskon kommer att drivas som ett akviferlager.

4.4.1 Fysisk påverkan

MODFLOW användes för att beräkna påverkan på grundvattnet. Beräkningarna baserades på provpumpning och det sökta maximala uttaget för en tidsperiod av sex månader. Vid grundvatteninfluens definierat till $>\pm 0,3$ m beräknades influensområdet som mest sträcka sig 400 m utanför fastighetsgränsen, detta i nordlig riktning. I de andra väderstrecken var påverkan mindre än 100 m från fastighetsgränsen. Grundvattnets naturliga strömning nämns inte.

Verksamheten bedöms inte påverka andra brunnar då uttag och infiltration endast förväntas ge upphov till en höjning respektive sänkning av grundvattnet på 0,3 m. Till följd av akviferens höga konduktivitet fortplantar sig grundvattennivåförändringen vilket gör att den blir begränsad i djupet. Sättningar på byggnader förväntas inte då akviferlagrets drift ger upphov till mindre grundvattenfluktuation än den naturliga variationen, vilken uppgår till 1,5 m. Dock finns byggnader med känslig grundläggning i närheten vilket gör att avvägning av dubbar kommer att finnas i kontrollprogrammet.

I närheten av sökandes fastighet går tunnelbanor vilket gör att borrhålen kommer att placeras i samråd med SL. Även Klaratunnelnarna ligger i närheten, men de är lokaliserade ovanför grundvattenytan.

4.4.2 Termisk påverkan

Termisk påverkan modellerades med hjälp av MODFLOW. När akviferlagret är i drift kommer grundvattnets temperatur att påverkas. Sommartid kommer den varma brunnsgruppens temperatur maximalt höjas till 24°C medan den kalla brunnsgruppens temperatur vintertid kommer att avkylas till ca 1°C. Enligt modellering kommer den termiska påverkan nå åsens gränser i slutet av värme- respektive kylsäsongen, som mest 150 meter utanför fastighetsgränsen. Temperaturpåverkan avklingar dock med avståndet från brunnarna. Eftersom akviferlagret kommer att påverka det närliggande akviferlagret Hästskon har brunnsgrupporna placerats för att påverkan inte ska bli negativ. De akviferlager som finns i närheten har inte rapporterat några temperaturrelaterade problem.

4.4.3 Kemisk påverkan

Sökanden anför att ingen risk för föroreningar att nå grundvattnet föreligger då akviferlagret är ett slutet system. Materialet som används till brunnar, pumpar och installationer är inerta och består mest av stål, vilket inte riskerar att släppa föroreningar till grundvattnet. En viss homogenisering av vattenkvaliteten i djupled förväntas dock, detta bedöms inte ge upphov till negativa konsekvenser nedströms då grundvattnet rinner ut i en sjö. Vid det närliggande akviferlagret SAS Frösundavik har en viss homogenisering av salthalten i djupled observerats.

4.4.4 Biologisk påverkan

Sökande anförde att inga negativa konsekvenser på omgivande miljö har observerats vid SAS akviferlager till följd av temperaturpåverkan. Mikroorganismfloran ändras sannolikt något i den omättade zonen och vegetationsförhållandena kan ändras marginellt, som referens angavs Svensson (1990) men referenslista fanns inte. Någon grads temperaturhöjning förväntas inte ge annat än små konsekvenser, detta i ett tätbebyggt område där naturvärdena är låga. En ändrad mikroorganismflora påverkar inget dricksvattenuttag då något sådan inte sker i akviferen.

4.4.5 Förslag till kontrollprogram

Sökande föreslog att kontrollprogrammet omfattar följande:

- ✿ Mätning av grundvattennivåer i minst ett grundvattenrör vid varje brunnsgrupp samt vid känsliga objekt. Inventering av grundvattenrör planerades, vilket eventuellt skulle leda till att fler installerades. Mätning av grundvattennivåer skulle utföras minst månatligen det första året och därefter glesas ut om utvärdering tillåter det.
- ✿ Mätning och dokumentering av uppumpade och återfiltrerade mängder och flöden med summerande vattenmätare vid varje brunnsgrupp.
- ✿ Mätning av grundvattentemperatur i minst ett grundvattenrör vid varje brunnsgrupp och mellan sökandes akviferlager och det närliggande. Mätning av grundvattentemperatur i två punkter mellan sökandes akviferlager och närliggande kyllager. Mätning av temperaturfrontens rörelse mot närliggande akviferlager minst varannan vecka under första driftåret. Inkommande och utgående temperatur mäts kontinuerligt och dokumenteras.
- ✿ Provtagning och kemisk analys av grundvatten varannan månad under första året, mätintervallet utvärderas sedan för att se om utglesning är möjlig. Årliga vattenprover bör dock tas.

4.4.6 Domslut för M1572-13

MMD vid Nacka tingsrätt meddelade 141217 att sökanden fått tillstånd till uttag och återledning av grundvatten för ett akviferlager. Tillståndet gällde 55% av det sökta maximala uttaget, d.v.s. 1 576 800 m³/år och 4320 m³/dygn. Den sökta mängden för underhåll bifölls dock, 4 000 m³/år med maximalt flöde om 100 m³/dygn.

Domstolen ställde upp följande villkor:

- ✿ Verksamheten ska bedrivas enligt ansökan med tillhörande handlingar samt gjorda åtaganden, om inte annat framgår av övriga villkor.

- ❁ Ett kontrollprogram för verksamheten ska göras i samråd med tillsynsmyndigheten och lämnas in senast två månader innan anläggningsarbeten påbörjas.
- ❁ I god tid innan akviferlagret idriftsätts, samt eventuellt tas ur drift, ska tillsynsmyndigheten meddelas.
- ❁ Vid varje brunnsgrupp ska det finnas vattenmätare för mätning av allt uppumpat grundvatten, inkluderat uttaget för underhåll. Även temperaturmätare ska finnas för mätning av temperatur i brunnsvattnet.
- ❁ De tillståndsgivna vattenmängderna får endast pumpas upp om det återinfiltreras i ett slutet system, undantaget den mängd som är avsedd för underhåll.
- ❁ Automatiska nivågivare ska finnas i utvalda observationsrör så att för höga respektive för låga grundvattennivåer automatiskt stänger av pumparna.

”Utvalda observationsrör ska åtminstone placeras vid den norra brunnsgruppen med minst ett observationsrör mot Malmskillnadsgatan i höjd med brunnsområdet, ett mot Hamngatan och ett mot Regeringsgatan i höjd med brunnsområdet samt vid den södra brunnsgruppen med minst ett rör mot Malmtorgsgatan, ett mot Jakobsgatan och ett mot Regeringsgatan.” – domslutet

- ❁ Under akviferlagrets drift ska dess påverkan på omgivningen kontrolleras genom att grundvattennivåer och temperatur mäts. Mängd uttaget och återfört vatten ska mätas med summerande dess temperatur ska mätas dygnsvis. Temperaturen i obs-rören ska mätas från år till år på ett jämförbart sätt och uttagen mängd värme och kyla ska beräknas månatligt. Omfattningen av denna kontroll samt mätfrekvens o.s.v. ska finnas beslutat i ett kontrollprogram i god tid innan akviferlagret idriftsätts.
- ❁ Vid avslutad värme- respektive kylsäsong ska uppmätt temperatur i kontrollpunkterna vara balanserad från år till år. Om avvikelser uppträder som kan innebära risk för akviferen i form av temperaturmässigt negativ utveckling ska verksamhetsutövaren vidta åtgärder tills avvikelserna inte längre föreligger.

4.5 Lyckeby Culinar M3400-13

Lyckeby Culinar AB ansökte 130829 om ett akviferlager vid sin fabrik utanför Kristianstad. Ansökan gällde tre kalla och tre varma brunnar med ett djup om 87 meter ner till underliggande kalkberggrund och glaukonitsandsten. Brunnarna var redan anlagda med ett avstånd mellan brunngrupperna på 200 meter, och med 50 meters inbördes avstånd. Maximalt uttag planerades till 1 750 m³/dygn (medeluttag ospecificerat), och en årligen omsatt vattenmängd beräknad till 600 000 m³. För renspolning används totalt 200 m³ om året, uppdelat på två tillfällen, vattnet släpps till avloppssystemet.

Akviferen ingår i vattenförekomsten Kristianstadslätten (SE620811-140088) – dricksvattenförekomst grundvatten. Glaukonitsandstenen är en av Sveriges största grundvattentillgångar i sedimentärt berg (Kristianstads kommun 2000, källa i MKB). 2009 bedömdes den ha god kvantitativ och kemisk status, vilket den enligt krav ska vara även 2015. Kvantitativt bedöms den ha god status 2015, men det finns en risk att god kemisk status inte uppnås. Anledningen är framförallt att det har hittats bekämpningsmedel i spridda delar av akviferen, dock i halter under gränsvärdet för enskild substans (0,1 µg/l).

4.5.1 Fysisk påverkan

Ingen modellering av akviferlagrets påverkan på grundvattennivåerna har gjorts, däremot ett fullskaleförsök för att bedöma påverkan vid maximal drift. Under två veckor testades först vinterdrift och därefter sommar drift med ett flöde på 1750 m³/dygn. Grundvatteninfluens definierades enligt praxis som $>\pm 0,3$ m, vid vilken influensområdet som mest sträckte sig ca 600 meter från brunnarna. Hur långt utanför fastighetsgränsen det är nämns inte. Akviferen är sluten och således är grundvattennivåpåverkan mindre i jordlagren. Sökanden har valt att utöka det praktiska influensområdet med ytterligare 50 meter för att få med samtliga berörda i rättsprocessen. Naturlig grundvattenfluktuation och grundvattenströmning nämns inte.

Inom det praktiska influensområdet finns 7 brunnar för olika ändamål och fyra avslutade dikningsföretag. De enskilda brunnarna inom influensområdet bedöms bli påverkade med mer än $\pm 0,3$ m. Under sex månader kommer de att få en avsänkning och därefter motsvarande höjning av grundvattnet under sex månader. Påverkan på dikningsföretagen bedöms som försumbar.

Ett närliggande vattenverk har tillstånd för grundvattenbortledning och ett influensområde som delvis överlappar Culinars. Dessutom har 10 lantbrukare lämnat in separata med samordnade tillståndsansökningar för uttag ur 12 brunnar i mars 2013. Deras influensområde överlappar också Culinars. Även en

vattenförening har lämnat in ansökan om tillstånd till vattenverksamhet under maj-juni 2013. Vattenföreningen planerar vattenuttag ur 15 bergborrade brunnar som kommer att få ett praktiskt influensområde som överlappar Culinars. Sökanden bedömer att de överlappande influensområdets inte kommer att orsaka någon förändring i grundvattnet som påverkar odlingsförutsättningar negativt eller ökar risken.

Risken för sättningar bedöms som obefintlig för byggnader, vägar, järnväg och andra konstruktioner inom influensområdet. Jordlagren består av lermorän med ca 12 meters mäktighet. Denna är inte sättningsbenägen. Linser av finkorniga sediment kan förekomma, men de bedöms inte heller medföra risk för sättningar.

4.5.2 Termisk påverkan

Det är oklart om sökanden utförde en modellering av akviferlagrets termiska påverkan och inget termiskt influensområde nämndes, men sökanden anger att det återförda grundvattnet under sommaren kommer ha en temperatur på 13–14°C, och under vinterhalvåret 4–5°C. Detta betyder att akviferlagret som mest kommer att åstadkomma en temperaturavvikelse på 5°C från det normala i både varm och kall brunn. Sökanden specificerar att viss värme- och kylförlust kommer att ske, denna förlust försvinner uppåt men kommer att försvinna i de övre marklagrens årstidsbundna variation. Inga eventuellt närliggande akviferlager som kan påverkas nämndes.

4.5.3 Kemisk påverkan

I samband med ansökan har ingen specifik utredning gjorts av föroreningsituationen i grundvattnet, men Kristianstadsslättnens grundvatten har omfattande problem med höga nitrathalter i jorden till följd av jordbruk och djurhållning. Det har även förekommit problem med bekämpningsmedel i grundvattnet. I december 2011 togs vattenprov i en av de kalla brunnarna, detta visade inte på några förhöjda nitrathalter. Höga nitrathalter eller förekomst av bekämpningsmedel i grundvattnet innebär inget hinder för ett akviferlager, enligt sökanden. Akviferlagret kommer inte heller att tillföra några föroreningar. Det som kan hända är att vattenuttag ur de djupare akvifererna leder till ändrade tryckförhållanden som orsakar ökad nedåttransport av eventuella föroreningar. Detta blir en negativ påverkan om grundvattnet i de övre lagerna har en sämre kvalitet än den djupa akviferen. Sökanden har utfört undersökningar som visar att trycknivån för grundvattnet i jordlagren är ca 3 m över det för grundvattnet i berggrunden. Vid uppumpning av grundvattnet ur berggrunden blir tryckskillnaden större vilket lokalt medför en ökad nedåttransport. För att detta

ska utgöra en risk krävs det att vattnet i jordlagren är förorenat, vilket sökanden inte har undersökt.

Då akviferlagrets drift kommer att sätta grundvattnet i rörelse kan detta på lång sikt ge upphov till en viss oxidation av vattnet lokalt runt brunnarna. Vid händelse av detta kommer järnhalten att minska, antagligen även ammoniumhalten. Detta anför sökanden som en snarast positiv påverkan på vattenkvaliteten.

4.5.4 Biologisk påverkan

Enligt ansökan kan temperaturförändringen av grundvattnet teoretiskt påverka grundvattnet. Bakteriekulturen skulle kunna förändras genom exempelvis ökad eller minskad förekomst av järn-, kväve- och svavelbakterier. I ansökan refereras till IEA (International Energy Agency) och ett forskningsprojekt om energilagars effekt på mikroorganismer i grundvattnet, källan presenteras inte närmare och finns inte med i referenslistan.

”I de slutsatser som drogs från projektet framgår bland annat att

- ✿ en måttlig temperaturhöjning förhöjer bakteriefloras ämnesomsättning, men ändrar inte tillväxthastigheten,
- ✿ en förhöjd tillväxthastighet kräver tillförsel av näringsämnen som bakterierna kan använda sig av för tillväxt,
- ✿ en måttlig temperaturförändring (uppåt eller nedåt) medför en förskjutning av dominerande art inom en och samma bakteriegrupp.
- ✿ Dessa slutsatser gäller för temperaturområdet från ca +2°C upp till ca +35°C och är således tillämpliga för aktuell anläggning.”

–Mål nr 3400-13, bilaga C, s 16.

Därmed anser sökanden att det föreligger minimal risk för bakterietillväxt eller i övrigt påtagliga förändringar av akviferens mikrobiologiska flora. För fullständig källa, se Hästskon, biologisk påverkan.

4.5.5 Förslag till kontrollprogram

Sökanden föreslog att ett kontrollprogram skulle omfatta följande:

- ✿ Kontroll av uttagsvolymen genom summerande vattenmätare
- ✿ Regelbunden kontroll av vattenkvaliteten
- ✿ Mätning av grundvattennivåer i ett antal kontrollbrunnar

4.5.6 Domslut för M3400-13

MMD vid Växjö tingsrätt meddelade 140916 att tillstånd lämnades för sökanden att anlägga grundvattenbrunnar för utvinning av värme och kyla samt bortleda och återföra grundvatten m.m. på fastigheten Fjälkinge 3:32 i Kristianstads kommun (Mål nr M 3400-13). Tillståndet gällde den uttagsmängd per år och det maximala flöde som angetts i ansökan samt den mängd som angetts för renspolning. Det framgick inte vart detta vatten ska släppas. Tillståndet begränsades till trettio år från lagakraftvunnen dom.

Domstolen ställde upp följande villkor:

- ✿ Verksamheten ska bedrivas så att det i huvudsak stämmer överens med uppgifter i ansökan med bilagor samt vad som framkommit i målet.
- ✿ Av det grundvatten som pumpas upp ska minst 95% återföras till samma akvifer.
- ✿ Det ska finnas rutiner för drift, underhåll och övervakning av verksamheten så att störningar för miljön i form av utsläpp till luft och vatten etc. blir så begränsade som möjligt.
- ✿ Den mätdata som enligt kontrollprogrammet samlas in ska journalföras och finnas samlad och tillgänglig hos bolaget för alla som anser sig berörda av verksamheten.
- ✿ Vid påbörjan respektive avslut av erforderliga anläggningsåtgärder ska tillsynsmyndigheten underrättas.
- ✿ Förslag till kontrollprogram ska upprättas i samråd med tillsynsmyndigheten och till densamma lämnas in senast två månader efter att domen vunnit laga kraft. Kontrollprogrammet ska bland annat omfatta nitratanalyser på grundvatten och temperaturmätning på uppumpat grundvatten.

4.6 Rättspsykiatriskt Centrum M4259-13

Region Skåne ansökte 131024 om ett akviferlager till det rättspsykiatriska centrum som planerades i Trelleborg. Akviferlagret planerades bestå av 2 kalla och 4 varma brunnar med ett djup om 18–50 meter ner i kalkberggrunden som överlagras av tät lermorän. Avståndet mellan brunngrupperna var 250 meter. Ansökan gällde ett maximalt uttag om 2 100 m³/dygn, medeluttag uppgavs till 540 m³/dygn, och årligen skulle 200 000 m³ omsättas. Till renspolning och underhåll skulle årligen 800 m³ användas och därefter släppas på det kommunala avloppssystemet.

Akviferen ingår i vattenförekomsten SV Skånes kalkstenar SE615989-133409 och bedömdes 2009 ha god kvantitativ och kemisk status, vilket den enligt krav ska ha även 2015.

4.6.1 Fysisk påverkan

En provpumpning på fastigheten utfördes innan ansökan, denna visade att kalkberggrunden var kraftigt vattenförande, samt att akviferen stod i hydraulisk kontakt med Dalköpingeån 250 meter från fastigheten. Detta ska dock inte ha lett till påverkan på vattendraget vid provpumpningen. Akviferlagrets hydrauliska påverkan beräknades med en analytisk modell. Driften simulerades för maximalt flöde sommartid och gav en influensradie på 50 meter då grundvattenpåverkan definierades till $\pm 0,3$ m. För säkerhetsmarginal har dock influensradie satts till 100 meter i ansökan. Hur långt avsänkningen sträcker sig utanför fastighetsgränsen nämns inte. Naturlig grundvattenfluktuation eller grundvattenströmning i akviferen nämns inte.

Sökanden anger att det finns två vattentäcker i närheten, men att dessa inte ska påverkas av akviferlagret. Påverkan på de tre dikningsföretagen vilka överlappas av influensområdet bedöms som försumbar. Tre brunnar finns ungefär 300 meter öster om det planerade akviferlagret, dessa berörs inte av akviferlagrets drift.

Risken för sättningar bedöms som obefintlig för konstruktioner såsom byggnader, vägar och järnvägar. Detta då jordlagren består av en överkonsoliderad lermorän med en mäktighet på mellan tre till femton meter. Linser av mer sorterat material som möjligen förekommer inom influensområdet utgör inte heller risk för sättningar. Sökanden anförde dessutom att påverkan på grundvattennivån är helt försumbar då den uppgår till mindre än 0,1 meter och den naturliga nivåvariationen är ± 1 meter.

4.6.2 Termisk påverkan

Akviferlagrets termiska påverkan har simulerats i CONFLOW för tio års drift. Vattnet som återförs vintertid beräknas ha en temperatur på 4-5°C, sommartid 14-15°C. Hur stor den termiska förändringen blir utanför brunnarna nämns inte, men visas i en figur (dock utan skala). En tolkning av figuren ger att den termiska påverkan ser begränsad ut till ett tiotal meter och når strax utanför fastighetsgränsen. Sökanden nämner inga eventuella akviferlager i närheten som skulle kunna påverkas av verksamheten genom termisk interferens.

4.6.3 Kemisk påverkan

Grundvattnets fysikaliska och kemiska egenskaper analyserades inför ansökan. Vattenkvaliteten är liknande den som finns i området. Grundvattnet är svagt reducerat vilket ger en risk för järnfällning om det syresätts, även korrosiviteten kan öka betydligt om det kommer i kontakt med luftsyre även om det inte är korrosionsbenäget i sig självt. Halten av ammonium är relativt hög vilket antas vara på grund av att jordbruk bedrivits under en längre tid inom området. Då akviferlagrets drift kommer att sätta grundvattnet i rörelse kan detta på lång sikt ge upphov till en viss oxidation av vattnet lokalt runt brunnarna. Vid händelse av detta kommer järnhalten att minska, antagligen även ammoniumhalten. Detta anför sökanden som en snarast positiv påverkan på vattenkvaliteten. Ett område förorenat av klorerade kolväten ligger i närheten, men detta är väl utanför det praktiska influensområdet och därför menar sökanden att verksamheten inte kommer att påverka föroreningsspridningen.

Sökanden bedömer risk för karbonatutfällning i akviferen till följd av förändrad temperatur och tryck som liten.

4.6.4 Biologisk påverkan

Enligt ansökan kan temperaturförändringen av grundvattnet teoretiskt påverka grundvattnet. Bakteriekulturen skulle kunna förändras genom exempelvis ökad eller minskad förekomst av järn- kväve- och svavelbakterier. I ansökan refereras till IEA (International Energy Agency) och ett forskningsprojekt om energilagars effekt på mikroorganismer i grundvattnet, källan presenteras inte närmare och referenslista saknas.

- ”I de slutsatser som drogs från projektet framgår bland annat att en måttlig temperaturhöjning förhöjer bakteriefloras ämnesomsättning, men ändrar inte tillväxthastigheten,

- ✿ en förhöjd tillväxthastighet kräver tillförsel av näringsämnen som bakterierna kan använda sig av för tillväxt,
- ✿ en måttlig temperaturförändring (uppåt eller nedåt) medför en förskjutning av dominerande art inom en och samma bakteriegrupp.
Dessa slutsatser gäller för temperaturområdet från ca +2°C upp till ca +35°C och är således tillämpliga för aktuell anläggning.”
–Mål nr 4259-13 bilaga C, s 21.

Därmed anser sökanden att det föreligger minimal risk för bakterietillväxt eller i övrigt påtagliga förändringar av akviferens mikrobiologiska flora. För fullständig källa, se Hästskon, biologisk påverkan.

4.6.5 Förslag till kontrollprogram

Sökanden föreslog att kontrollprogrammet ska innehålla följande:

- ✿ Mätning av uttagsvolymerna med summerande vattenmätare.
- ✿ Mätning av grundvattennivåer i ett antal kontrollbrunnar.

4.6.6 Domslut för M4259-13

MMD vid Växjö tingsrätt meddelade 140527 dom i målet. Tillstånd lämnades för att anlägga sex brunnar för bortledning och återföring av grundvatten för att utvinna värme och kyla. Tillståndet gällde den volym som sökanden uppgett för årligt uttag, maximalt flöde samt vattenåtgång till renspolning.

Domstolen ställde upp följande villkor för verksamheten:

- ✿ Den ska bedrivas som den beskrivits i ansökan med bilagor samt vad som framkommit i målet.
- ✿ Mätning av bortlett och återfört grundvatten ska göras med summerande vattenmätare.
- ✿ I samråd med tillsynsmyndigheten ska ett antal närliggande brunnar väljas i vilka kontrollmätning av grundvattennivån ska utföras under tiden för anmälan om oförutsedd skada (10 år).
- ✿ All mätdata ska journalföras och finnas samlad och tillgänglig hos Region Skåne i Lund för de som anser sig berörda av verksamheten.

- ✿ Inom fem månader efter lagkraftvunnen dom och innan verksamheten påbörjas ska Region Skåne med stöd av 26 kap. 19 § upprättat ett kontrollprogram för verksamheten i samråd med Länsstyrelsen Skåne och lämnat det till densamma.

4.7 Kalmar Länssjukhus M2851-14

Landstinget i Kalmar län lämnade 140708 in en ansökan om ett akviferlager med erforderligt antal brunnar (upp till åtta i varje brunnsgupp) i sandstensakviferen på sin fastighet. Borrade provbrunnar var 70 meter djupa. Ansökningen gällde ett uttag med maximalt flöde om 5 200 m³/dygn, medeluttag blir ungefär 50% av detta vilket innebär en årlig omsättning av 1 000 000 m³. Mängd vatten som inte återförs till akviferen p.g.a. rensolning är 5000 m³, detta kommer att ledas till dagvattennätet och vidare till dagvattendammarna och slutligen havet. Sökanden har beaktat att detta vatten kan innehålla partiklar, oklart vilken typ, men bedömer att mängden kommer att vara låg och att de kommer att sedimentera i dagvattendammarna.

Akviferen används inte till dricksvatten, den är påverkad av relik havsvatten och endast tjänligt med anmärkning.

4.7.1 Fysisk påverkan

En analytisk modell användes för att undersöka nivåpåverkan på grundvattnet. Beräkningarna baserades på utförd provpumpning för ett scenario med maximalt sökt uttag jämt fördelat på sex uttagsbrunnar och sex återföringsbrunnar. Enligt modellen sträcker sig influensradien som mest ca 1200 meter från brunnsgupperna. Enligt praxis definierades grundvatteninfluens till $>\pm 0,3$ m. Inga dricksvattenbrunnar berörs enligt SGU:s brunnarkiv. Sänkning av grundvatten utanför fastighet nämndes inte, ej heller grundvattnets naturliga fluktuation eller strömning.

Sökande hade utrett risken för sättningar till följd av akviferlagret. Inom influensområdet där avsänkningen blir mindre än 1 m kan risken för sättningar uteslutas då den är väldigt liten. Dock kan det föreligga risk för sättningar vid markförlagda byggnader grundlagda på lösa finsediment (lera) där grundvattensänkningen uppgår till 1 m. Inom influensområdet finns möjligen några kolonistugor som uppfyller dessa kriterier och varken är pålade eller står på packat fyllnadsmaterial. De lösa lagerna under kolonistugorna bedöms dock ha en måttlig mäktighet varför några större sättningar inte förväntas.

4.7.2 Termisk påverkan

Den termiska påverkan simulerades i CONFLOW och beräknades sträcka sig max 100 meter från brunnarna. Detta bedöms inte påverka grundvattnet negativt. Förväntad temperatur i de olika brunngrupperna nämns inte. Energibrunnar i området bedöms inte påverkas negativt, inga akviferlager finns i området.

4.7.3 Kemisk påverkan

Akviferens grundvatten innehåller till följd av reducerande förhållanden förhöjda halter av järn, mangan och ammonium. Vattnet är även hårt, salt och har relativt höga fluoridhalter. Driften av ett akviferlager kommer inte innebära något utsläpp då vattnet pumpas runt i ett slutet system utan kontakt med andra vätskor. Däremot finns det redan flera förorenade och potentiellt förorenade fastigheter inom influensområdet med föroreningar i jordlagerna. De flesta av dessa platser ligger i den delen av influensområdet där påverkan på grundvattnet är mellan 0,5 och 0,3 meter. Grundvattenstransporthastigheten kommer endast att öka med 1-2 meter under värmesäsongen och minska med motsvarande under kallsäsongen. Den naturliga grundvattenbildningen kommer att öka respektive minska med ca 5-10% under ett driftår. Bedömningen har gjorts att det netto över ett år inte blir någon påverkan. Eventuellt ökad transport sommartid kompenseras av minskad transport vintertid.

Akviferens saltinnehåll kommer enligt analys från reliks saltvatten. Enligt sökanden minimeras risken för ändring av saltvattenpåverkan av att inget nettouttag görs från akviferen samt att uttag och infiltration alterneras mellan brunngrupperna. Då den södra brunngruppen ligger närmast havet kommer den att utgöra varm brunngrupp och den norra kall. Akviferlagret kommer främst att användas till kyla, och dimensioneras för att ta upp mer vatten ur den norra, kalla brunngruppen än den södra, varma. Detta gör att det i de södra brunnarna nära havet genereras ett nettoflöde ut från dem över året, vilket kan förhindra en inträngning av saltvatten från havet. Denna dimensionering medför en mycket marginell nettotransport av grundvatten från norr till söder med en ökning på mindre än 1 %.

Inom det planerade akviferlagrets influensområde är 38 potentiellt förorenade områden belägna. Åtta av dessa har blivit riskklassificerade. Ett har riskklass 1 vilket innebär mycket stor risk för människors hälsa och miljö och tre har riskklass 2 vilket innebär stor risk för människors hälsa och miljö. För tre av dessa platser bedöms spridningsriskerna vara begränsade till måttliga. På den fjärde platsen (riskklass 2) finns dock föroreningar av hög farlighet i både mark och grundvatten, men den ligger 900 m från sjukhusets fastighet. Sökanden bedömer inte spridningsrisken från denna, utan uppger istället avståndet till

planerat akviferlager. Sökanden gör en sammantagen bedömning om att sökt vattenkvalitet inte kommer att förändra vattenkvaliteten i grundvattnet eller öka spridning av föroreningar.

4.7.4 Biologisk påverkan

Sökanden hänvisar till forskning om att tillväxt av patogena mikroorganismer i grundvatten vid liknande anläggningar inte kunnat påvisas (Winters, 1992), inte heller ökat cellantal (Bonte, et al., 2011b). Det nämns att det i flera studier har observerats förändringar i mikrobiella samhällens sammansättning. Den mikrobiella diversiteten var, enligt en studie, starkt temperaturberoende i grundvattnet vid ett akviferlager, men det gick inte att utesluta att detta berodde på den närliggande floden. Studien drog även en viktig slutsats om att temperaturskillnader på $<18^{\circ}\text{C}$ gav en begränsad påverkan jämfört med årstidsvariationen, och därmed utgjorde det inget hot mot dricksvattenproduktion i akviferen. Källan till denna referens saknades dock i referenslistan.

4.7.5 Förslag till kontrollprogram

Sökanden föreslog att ett kontrollprogram ska omfatta följande:

- Summerande vattenmätare för bortledd mängd grundvatten
- Mätning av grundvattennivåer i ett antal kontrollbrunnar

4.7.6 Domslut för M2851-14

MMD vid Växjö tingsrätt meddelade 150318 att de gav sökande tillstånd för att anlägga grundvattenbrunnar och att från dem bortleda och återföra grundvatten för utvinning av värme och kyla. Tillståndet gällde 1 000 000 m³ grundvatten per år med ett maximalt flöde på 5 200 m³ per dygn, i vilket ingick 5 000 m³ till underhåll som inte behövde återföras. Tillståndet gällde samma volym och flöde som uppgavs i ansökan.

Domstolen ställde upp följande villkor:

- Verksamhetens drift ska överensstämma med uppgifter i ansökan med bilagor samt vad som framkommit i målet.
- Grundvatten som bortleds och återförs ska mätas med summerande vattenmätare.

- ✿ Grundvattennivån ska kontrollmätas i ett antal närliggande brunnar under tiden för anmälan om oförutsedd skada. Plats och antal bestäms i samråd med tillsynsmyndigheten.
- ✿ All mätdata ska journalföras och finns tillgängliga i samlad form hos Landstingsservice vid Kalmar läns landsting.
- ✿ Landstinget ska efter samråd med Länsstyrelsen upprätta ett kontrollprogram med stöd av 26 kap 19 § innan verksamheten påbörjas, dock senast tre månader efter lagkraftvunnen dom.

5 Diskussion

Av de sju ansökningar om akviferlager som behandlas i resultatdelen fick alla tillstånd att bedriva verksamhet. Även de åtta anläggningar som inte presenterades ingående i resultatdelen fick tillstånd för sin verksamhet. Av de sju ansökningar som sammanställts i resultatdelen var endast en tvungen att komplettera sin MKB; Rosenborg M6565-11, fick utföra kompletterande hydrogeologiska undersökningar. Detta torde vara anledningen till att rättsprocessen tog lång tid, 3 år och 1 månad. Det snabbaste målet, Rättspsykiatriskt centrum, tog endast 7 månader till beslut i MMD, mediantiden för de sju som fullföljde processen var 9 månader.

Alla ansökningar redovisade hur mycket vatten som akviferlagret maximalt skulle använda, men alla nämnde inte ett medeluttag eller årlig omsättning (Tabell 3). Av de sju ansökningarna gavs alla utom en tillstånd för den vattenmängd som söktes. Ansökan för akviferlagret Gallerian gällde betydligt större grundvattenuttag än de andra, detta bifölls inte i MMD som endast gav tillstånd för ca 55% av sökt mängd (Tabell 3).

5.1 Fysisk påverkan

Alla sökanden menar att akviferlagrets drift inte kommer att leda till några sättningar i markytan. De argument som framförs är i huvudsak att inga sättningsbenägna jordar återfinns inom influensområdena. Vid Kalmar Länssjukhus kunde möjligen sättningar förekomma vid några kolonistugor, men dessa eventuella sättningar bedömdes inte som stora

I alla ansökningar definieras grundvatteninfluens enligt praxis till $>\pm 0,3$ m. Alla sökanden utförde modellering av hydrologisk påverkan utom Lyckeby som däremot utförde en provpumpning i fullskaleförsök (Tabell 4). Att Lyckeby inte gjorde en modellering och inte heller krävdes på det av MMD kan bero på att fastigheten ligger på landsbygden och inte i en större ort. Hur stor influensradie akviferlagerna beräknades få varierade stort, vilket är en naturlig följd av varierade geologi.

Tabell 3 Ansökta mängder vatten för driften av akviferlager.

Där inget värde anges har detta inte uppgetts i ansökan.

	Medeluttag (m ³ / dygn)	Maxuttag (m ³ / dygn)	Årligen (m ³)	Renspolning (m ³)
Rosenborg	-	4320	-	1 000
Hästskon	4 320	6050	1 577 000	300
IKEA	-	2600	500 000	200
Gallerian	7 800	¹ 2592 / 5184 ² (4 320)	2 840 000 ³ (1 576 800)	4 000, ⁴ max 100/dygn
Lyckeby	-	1750	600 000	200
Rättspcyk	540	2100	200 000	800
Kalmar	ca 2 600	5200	1 000 000	5 000

¹ Det var oklart vilken brunnsgroup som skulle ha det mindre maxuttaget respektive det större.

^{2,3} Den mängd som beviljades för maxuttag, fritt fördelat på brunnsgrouperna, samt årlig omsättning. ⁴ Sökanden specificerade att renspolning skulle ske med maximalt 100 m³/dygn.

Tabell 4 Redovisad utvärdering av akviferlagernas påverkan på grundvattnet vid drift

	Modellering	Provpumpning	Influensradie
Rosenborg	MODFLOW	2	≤ 400 m
Hästskon	MODFLOW	1	Ingen
IKEA	Matematisk	1	≤ 50 m
Gallerian	MODFLOW	1	I princip ingen ¹
Lyckeby	-	Fullskaleförsök	≤ 600 m
Rättspcyk	Analytisk	1	50 m
Kalmar	Analytisk	1	~ 1 200 m

^{1,2} För Gallerian finns ingen influensradie, grusåsen som akviferlagerna planerades i har mycket hög konduktivitet och det är bara ”precis närmast brunnarna som en påverkan på 0,3 m förväntas” (M1572-13, Tillståndsansökan bilaga 2, s 16).

Alla akviferlager hade inte lika stora uttag i de två brunnsgrouperna; Kalmar och Gallerian uppgav i ansökan att uttaget skulle vara större i den ena brunnsgroupen än den andra. Akviferlagret i Kalmar skulle ha ett större uttag i sin norra brunnsgroup för att generera en nettotransport på <1% till den södra gruppen. Detta skulle förhindra inträngning av saltvatten i den södra gruppen från havet. En sådan marginell obalans innebär att sättningar till följd av obalanserat uttag i princip kan uteslutas. Gallerian ansökte om ett dubbelt så stort uttag i den ena brunnsgroupen jämfört med den andra. Att denna obalans skulle leda till negativ påverkan i form av sättningar i markytan är inte troligt då akviferen har så

hög konduktivitet att det i princip inte orsakas någon grundvatteninfluens ($>\pm 0.3$ m). Ett akviferlager som har dubbelt så stort uttag i den ena brunngruppen som den andra hade emellertid kunnat förorsaka risk för sättningar om den var lokaliserad i en akvifer med lägre konduktivitet och finkorniga jordarter i marklagret.

Gallerians akviferlager skulle ge upphov till en mindre sänkning än normal grundvattenfluktuation, men skulle ha med avvägning av dubbar i kontrollprogrammet då byggnader med sättningkänslig grund fanns i närheten. Att sökanden inkluderar avvägning av dubbar i sitt förslag till kontrollprogram, även om akviferlagrets påverkan är mindre än den naturliga grundvattenfluktuationen, kan möjligen ses som en onödig åtgärd, men kan vara ett sätt att visa att man tar den eventuella risken på allvar. Det kan verka lugnande för de aktuella fastigheternas ägare och minska risken för ett eventuellt överklagande. IKEA fick tillstånd i MMD men domslutet överklagades med anledning av att Trafikverket inte kände att de hade fått gehör för sin åsikt att hydrogeologin behövde undersökas mer noggrant med en bättre hydrogeologisk modell. Trafikverket begärde ersättning för expertis som de anlitat för att själva klargöra hur akviferlagret skulle komma att påverka grundvattennivåerna. Även om MÖD fastställde domen från MMD innebar överklagandet att rättsprocessen blev nio månader längre. Om IKEA hade tillmötesgått Trafikverket vid kontakterna dem emellan hade situationen med ett överklagande antagligen kunnat undvikas och IKEA hade haft möjlighet att påbörja anläggningsarbetet tidigare. Detta visar hur undersökningar och bedömningar i MKB inte bara ska räckas till ett beviljat tillstånd, utan även till att försäkra sakäganden att underlaget är gediget och välarbetat.

Tre av sökanden hade andra vattenverksamheter inom sitt influensområde i form av dricksvattenbrunnar, grundvattensystem, uttagsbrunnar till jordbruk, grundvattenhöjning och dikningsföretag. Att ansökningar om akviferlager inom samma område som dessa varierande vattenverksamheter tillåts visar att tillstånd inte är begränsade till oexploaterat grundvatten. Akviferlagrens drift bedömdes i ansökningarna inte påverka dessa negativt. Eftersom akviferlagerna till skillnad från dessa verksamheter inte kommer att ha ett nettouttag av grundvatten är detta en rimlig slutsats gällande fysisk påverkan. För den termiska påverkan på andra akviferlager eller grundvattensystem kan ett akviferlager planeras så att påverkan blir positiv genom att förlägga exempelvis kalla brunnar nära den andra verksamhetens kalla brunnar. Den biologiska påverkan kan antas vara försumbar vid så pass låga temperaturer, om systemet anläggs på ett säkert sätt så att bakterier och patogener inte förs ned i akviferen via brunnarna. Den kemiska påverkan kan dock komma att ha en negativ påverkan på grundvattnet som kan inverka på andra vattenverksamheter, speciellt dricksvattenuttag. Av denna anledning, och för att Sverige har relativt många akviferlager, borde det göras

ingående uppföljningar av befintliga akviferlager för att se vilken påverkan dessa har haft på grundvattnet.

5.2 Termisk påverkan

För att beskriva den termiska påverkan hade sju sökanden modellerat eller simulerat den termiska påverkan (se Tabell 5). För Lyckeby är det oklart om någon modell använts för att beräkna dess termiska påverkan. För de som redovisade den termiska influensen från brunnarna i MKB varierar detta avstånd från ett tiotal meter till 150 m för Gallerian. Detta akviferlager ligger dock på en grusås med väldigt hög konduktivitet vilket antagligen innebär att en större volym grundvatten berörs av deras drift.

Akviferlagerna bedömdes inte ge en alltför stor temperaturavvikelse från normal grundvattentemperatur. Brunngrupper förväntades bli +1°C som kallast och +24°C som varmast, de är alltså så kallade lågtemperaturakviferlager. Ansökningarna konstaterade i fem fall hur långt den termiska påverkan sträcker sig från brunngrupperna, men tog inte upp någon övrig påverkan eller risk med förändrade grundvattentemperaturer. Tyngdpunkt låg snarare på eventuell påverkan på energibrunnar och andra akviferlager samt grundvattensystem.

Det nämndes i ansökningarna inte något om akviferens geologi, annat än i generella ordalag. Då det har visat sig viktigt att känna till den geologiska heterogeniteten i detalj borde detta ses som en brist att modelleringar och beräkningar ser ut att vara grundade på mer allmänna uppgifter om geologin. Kunskap om hur kyla och värme sprider sig från de två brunngrupperna i ett akviferlager är inte bara viktig för att kunna beräkna påverkan på vattenkemin och biologin, utan även för att undvika termisk interferens med andra akviferlager eller termiskt genombrott inom akviferlagret. Risken torde vara mindre ju mindre temperaturen i akviferlagrets brunnar avviker från naturlig grundvattentemperatur. Detta kan vara en anledning till att de sökta akviferlagerna planerade för någorlunda likartade temperaturer. Det är även möjligt att det hade varit svårare att beviljas tillstånd för en större påverkan på den naturliga grundvattentemperaturen, främst gällande högre temperaturer.

Tabell 5. Bedömd termisk påverkan från de planerade akviferlagerna.

	Typ av modell	Avstånd från brunnar	Lägst temperatur kall brunnsgrupp	Högst temperatur varm brunnsgrupp
Rosenborg	MT3DMS	-	$\geq +6^{\circ}\text{C}$	$\leq +19^{\circ}\text{C}$
Hästskon	MODFLOW	-	$\geq +1^{\circ}\text{C}$	$\leq +19^{\circ}\text{C}$
IKEA	matematisk	80	Normal T° - 5°C	Normal T° + 5°C
Gallerian	MODFLOW	150	$\geq +1^{\circ}\text{C}$	$\leq +24^{\circ}\text{C}$
Lyckeby	?	-	$\geq +4^{\circ}\text{C}$	$\leq +14^{\circ}\text{C}$
Rättspsyk.	CONFLOW	Tiotal meter	$\geq +4^{\circ}\text{C}$	$\leq +15^{\circ}\text{C}$
Kalmar	CONFLOW	≤ 100 m	-	-

5.3 Kemisk påverkan

De sökande bedömde att akviferlagernas drift inte skulle påverka grundvattenkvaliteten nämnvärt. Av de åtta sökanden är det dock bara fyra som beaktar blandningsprocessen som ett akviferlagets drift innebär; tre nämner en ökad homogenisering av akviferlagrets drift och en att ökad nedåttransport av ytligt grundvatten kan sprida eventuella föroreningar till djupare delar av akviferen (Tabell 6). Ingen av ansökningarna redovisar vattenprov som skulle kunna säga något om hur grundvattnet naturligt varierar med djupet. Detta skulle kunna visa hur djupare liggande grundvatten skulle påverkas av homogenisering.

Med avseende på föroreningar är det stor skillnad mellan ansökningarna om de finns i akviferen som man vill exploatera eller i närområdet (Tabell 6). Rosenborg har i en handfull prover på fastigheten uppmätt höga halter av tungmetaller samt låga halter av alifater. Hästskon, Gallerian och Grävlingen är planerade till akviferer som har hög föroreningsrisk, men provtagning av vatten på fastigheterna har visat god vattenkvalité. Kalmar har 34 förorenade platser inom influensområdet. Gemensamt för de sökande som berörs av föroreningar är att det inte bedöms vara något problem. IKEA och Lyckeby är planerade i akviferer som ingår i dricksvattenförekomster, IKEA har inga kända föroreningar medan det hittats spår av bekämpningsmedel i Lyckeby's akvifer, dock under gränsvärdet för de enskilda substanserna. Det nämns inga eventuella närliggande föroreningar för Rättspsyk, inte heller huruvida akviferen ingår i dricksvattenförekomst.

Eftersom vissa föroreningar som ligger stabila vid naturlig grundvattentemperatur kan gå i lösning vid höjd sådan, borde det vara intressant att vid prospektering för akviferlager undersöka om det föreligger risk att just sådana förekommer i akviferen.

De akviferer som sökanden vill exploatera har olika redoxpotential (Tabell 6). Tre redovisas som reducerande, två som oxiderande och tre av dem har okänd redoxpotential. Fyra av dessa kommer enligt ansökan få ett mer oxiderande vatten i akviferlagrets vatten till följd av dess drift. Tre anför att detta kan ses som positivt då det kommer leda till att järnhalten minskar, samt antagligen även ammoniumhalten.

Hur grundvattenkemin i övrigt förändras av oxidering nämns inte, exempelvis ökning av DOC eller As. Det hade givetvis varit önskvärt med en mer ingående bedömning av hur grundvattnets kemi kan komma att påverkas av oxidering. Att två anläggningar varken nämner nuvarande eller förväntad redoxpotential bör ses som en klar brist, av den anledningen borde kanske MMD krävt en komplettering av MKB. Likadant är det märkligt att en sökande anger att oxidering av grundvattnet kommer att få positiva effekter utan att uppge grundvattnets nuvarande redoxpotential.

Tabell 6. Grundvattenparametrar som nämns i ansökningarna.

	Homogenisering	Föroreningar	Redoxpotential	Medför drift oxidering?
Rosenborg	Ja	Ja	Oxiderande	Ja
Hästskon	-	Möjligt	Oxiderande	-
IKEA	-	Nej	Reducerande	Ja, positivt
Gallerian	Ja	Möjligt	-	-
Lyckeby	Nedåttransport	-	-	Ja, positivt
Rättspsyk.	-	-	Reducerande	Ja, positivt
Kalmar	-	38 platser inom influensområde	Reducerande	-

5.4 Biologisk påverkan

De åtta akviferlagren planerades alla ha en maximal temperatur på 24°C eller lägre i de varma brunnsgруппerna (Tabell 5). Denna måttliga temperaturhöjning torde inte innebära stora förändringar på akviferens mikrobiologi.

I fyra av de åtta ansökningarna har det hänvisats till IEA och deras forskningsprojekt från 1995 om energilagars effekt på mikroorganismer i grundvattnet; Hästskon, IKEA, Lyckeby Culinar och Rättspsykiatriskt Centrum (se Hästskon i resultatdelen ovanför för fullständig beskrivning). Någon utförligare beskrivning av källan gavs inte och den gick inte att hitta utifrån denna information. I en bortvald ansökning fanns den dock korrekt refererad, men eftersom det är en 20 år gammal formellt opublicerad rapport är det fortfarande

svårt att få tillgång till den. IEA:s rapport menar att det inte föreligger någon risk vid grundvattentemperatur på mellan +2° och +35°. Tre av åtta ansökningar om akviferlager uppgav att kall brunnsgrupp kunde bli så kall som +1°, ingen av dem nådde däremot upp till +35° i varm brunnsgrupp (Tabell 5). Eftersom det är den undre gränsen som underskrids torde ingen risk för ökad ämnesomsättning i floran eller ökad tillväxthastighet föreligga. Det är dock möjligt att förskjutning av dominerande art inom bakteriegrupperna sker. Frågan kan dock ställas om det inte går att hitta en källa som både är formellt publicerad och yngre.

Noteras kan att av de fyra ansökningar som citerar IEA:s rapport valde en (Hästskon) att inte ha med det sista stycket om faktiska temperaturer, d.v.s. att slutsatsen var sann för ett temperaturområde på +2°C till ca +35°C. Hästskon bedömde att akviferlagrets drift skulle leda till infiltration av vatten med temperaturen +1° C i kalla brunnsgruppen. Således utelämnades informationen om att det planerade akviferlagret skulle få en lägre temperatur än den som nämndes som argument för liten biologisk påverkan. Det kan dock hålla för troligt att skillnaden för grundvattnets mikrobiologi blir liten om man sänker den lägre temperaturen med en grad.

5.5 Kontrollprogram i MKB och domslut

I MKB för akviferlager föreslår sökanden själv vad som skulle kunna ingå i ett kontrollprogram. Det skiljer mycket mellan olika ansökningar vad som föreslås ingå. En del sökanden kommer med omfattande förslag, andra föreslår endast mätning av bortlett grundvatten och grundvattennivåer. Än mer iögonfallande är att även villkoren från MMD varierar, se tabell 7. Där sökanden gett färre förslag till innehåll i kontrollprogram har MMD även ställt upp färre villkor. Detta måste anses anmärkningsvärt då knapphändiga förslag kommer undan med färre villkor i sina tillstånd. Eftersom kontrollprogrammen ska upprättas i samråd med tillsynsmyndigheten är det möjligt att de genom denna process utökas och därmed blir mer jämlika i omfattning. Detta är emellertid svårt att säga något om då ingen genomgång av upprättade kontrollprogram har gjorts. Det som med säkerhet kan sägas är att de villkor som faktiskt ställdes i domsluten kommer att inkluderas i kontrollprogram. Ett samband mellan omfattning av villkor och storlek på uttag kan ses. Ju större uttag, desto fler villkor. Även valet av plats spelar in, de akviferlager som planerades i Stockholm och Solna hade många villkor i sina tillstånd, men Lyckeby's fabriksbyggnad på landsbygden utanför Kristianstad hade endast två.

De vanligaste villkoren, att mäta grundvattennivåer och mängd uppumpat grundvatten syftar endast till att förebygga fysisk påverkan på akviferen. Automatisk strypning av flödet som ska ske om kritisk nivå på grundvattnet nås är

endast villkor för tre anläggningar, men det kan argumenteras för att detta borde vara villkor i alla tillstånd. Det skulle dessutom innebära att kritisk nivå för grundvattnet blev definierat. Mätningar av grundvattennivåer sker inte kontinuerligt, och om det istället loggas automatiskt avläses det kanske inte tillräckligt ofta för att manuell åtgärd vid behov ska ske i tid.

Mätning av grundvattentemperatur i akviferlagrets brunnar ställs inte upp som villkor till alla sökanden. Om ingen mätning av detta sker är det svårt att se huruvida det överensstämmer med de temperaturer som uppgavs i ansökan. Denna förändring av naturlig grundvattentemperatur är dock reversibel och försvinner relativt snabbt om akviferlagrets tas ur drift. Däremot kan temperaturförändringarna i kombination med att grundvattnet pumpas runt leda till negativa förändringar i vattenkvalitet både kemiskt och biologiskt, och detta kan inte sägas vara reversibelt. Att regelbundna vattenkvalitetsprov inte är ett givet villkor för akviferlager är därför märkligt. Frågan är hur eventuell negativ påverkan på miljön då ska kunna upptäckas och avstyras.

Tabell 7 Förslag från sökande samt villkor från MMD. Rosa markerar vad de sökande själva föreslog skulle ingå i kontrollprogrammet, blått markerar de villkor som MMD fastställde i domslutet.

	Ros.	Häst.	IKEA	Gall.	Lyck.	Rätts.	Kalm.
Drift ska överensstämma med ansökan, det som framkommit i målet, samt domstolens villkor							
Mätning av grundvattennivåer	■	■	■	■		■	■
Mätning av trycknivåer		■			■		
Mätning av mängd uppumpat grundvatten		■	■	■	■	■	■
Mätning av mängd återinfiltrerat grundvatten				■			
Mätning av mängd vatten som åtgår till underhåll		■		■			
Mätning av total mängd pumpat vatten		■					
Automatisk strypning av flöde om kritisk nivå nås	■	■	■	■			
Mätning av grundvattentemperatur		■	■	■	■		
Uppmätt grundvattentemperatur ska vara balanserat vid säsongsslut		■		■			
Beräkning av uttagen värme och kyla		■		■			
Regelbundna vattenkvalitetsprov/kemiska analyser	■	■	■	■	■		
Nitratanalys					■		
Inrapportering av borrhåls exakta placering	■						
Bedömning av mätpunkter för sättningsförändringar	■	■					
Mätdata journalförd och tillgänglig för berörda		■	■		■	■	■
Borning utförd av certifierad borrare	■						
Brunn anlagd enligt normbrunn 07	■						
Meddela TM innan verksamhet startas och avslutas							
Uppumpat vatten måste återföras i slutet system		■					
I KP ska finnas ”rutiner för drift, underhåll och övervakning” för att minimera störningar för miljön					■		

¹Rosenborg föreslog vattenprov med analys för pH, alkalinitet, temperatur, hårdhet, redoxpotential, mangan, järn, kloridhalt samt bly, nickel och kadmium. ²Rosenborg skulle ta vattenprov och analysera för minst pH, alkalinitet, temperatur, hårdhet, redoxpotential, mangan, järn, kloridhalt, bly, nickel, natrium, kadmium, kalium, kalcium, magnesium (separat redovisning, inte bara hårdhet) och sulfat.

6 Slutsatser

Ansökningar om tillstånd för akviferlager beviljas generellt i Sverige, alla 14 som MMD lämnade ut beviljades tillstånd. Om MMD inte ställer krav på kompletterande undersökningar tar det oftast mindre än ett år att få tillstånd beviljat från det att ansökan lämnats in. Den mängd grundvatten som ansöks om att få omsätta i akviferlager beviljas ofta, men kan sänkas av MMD om det bedöms som för stort.

Sättningar till följd av akviferlagets drift bedöms ofta utgöra en väldigt liten risk, för att kontrollera för sättningar i kontrollprogrammet kan avvägning av dubbar användas. Även påverkan på andra grundvattenverksamheter bedöms som begränsade i ansökningar eftersom inget nettouttag av grundvatten sker. Om det finns närliggande akviferlager eller grundvattensystem planeras nya akviferlager så att eventuell termisk påverkan blir positiv för alla berörda.

Modellering och utvärdering av den termiska påverkan verkar i MKB ha utgått från en generell bild av akviferernas geologi. Detta innebär att en stor risk föreligger att utbredningen av det termiska påverkansområdet har underskattats. I vilken utsträckning går dock inte att säga.

De åtta ansökningarna innehåller ingen utvärdering av hur akviferernas ursprungliga grundvattenkvalité varierar med djupet. En sådan utvärdering borde krävas vid inlämnandet av en MKB för att kunna klargöra hur grundvattenkvalitén kommer att påverkas av akviferlagrets grundvattenomrörning. Dels för att lugna övriga berörda som undrar hur väl undersökt grundvattenpåverkan är, och dels för att förebygga oväntade negativa konsekvenser enligt försiktighetsprincipen i MB 2 kap 3§

De villkor som MMD fastställer i beviljade tillstånd är inte konsekventa, utan varierar till synes beroende på vad de sökande själva föreslår. Hur kontrollprogrammen skiljer sig åt i omfattning efter att kontrollprogram upprättats i samråd med tillsynsmyndigheten är okänt.

6.1 Rekommendationer

- Vid upprättande av en modell över den termiska påverkan bör det göras en loggning av platsens geologi för att beräkningen av den termiska utbredningen ska bli så korrekt som möjligt.
- För utvärdering av hur stor akviferlagrets påverkan blir på vattenkemin bör grundvattnets naturliga variation inkluderas. Hur grundvattnet påverkas bör undersökas med avseende på såväl omrörning som uppvärmning. Det bör även redovisas vilken redoxpotential grundvattnet har, hur denna förväntas påverkas av ett akviferlager samt vilka konsekvenser det kan medföra för grundvattenkemin.
- I MMD bör det finnas ett ramverk för villkor man generellt ska inkludera i ett kontrollprogram för akviferlager. Villkorens omfattning borde inte bero på sökandens förslag i MKB. Villkor utöver ramverket kan sedan tillkomma med utgångspunkt i det enskilda akviferlagrets platsspecifika förhållanden.

7 Tack

Ett stort tack till mina fantastiska handledare David Klemetz och Mats Eriksson för återkoppling och goda samtal. Tack till avdelningen för Mark och Vatten på WSP i Göteborg för möjligheten att skriva denna uppsats, speciellt Lina Hamel som så generöst gav mig sin kontorsplats under våren. Tack till familjen Åvall på Hönö för mat, husrum, skjuts till färjan, dammsugning av rummet och gemenskap. Till min fästman Måns Norrsén- tack för att du alltid tror på mig. Mitt största tack går till Honom som bor i mitt hjärta och håller mitt liv i sin hand.

8 Referenser

- Andersson, O., 2007. Aquifer Thermal Energy Storage. i: H. Ö. Paksoy, red. Thermal Energy Storage for Sustainable Energy Consumption. Dordrecht: Springer, pp. 155-176.
- Andersson, O., 2016. Personlig kommunikation (19 05 2016).
- Andersson, O., Ekkestubbe, J. & Ekdahl, A., 2013. UTES (Underground Thermal Energy Storage)- Applications and Market Development in Sweden. Journal of Energy and Power Engineering, Volym 7, pp. 669-678.
- Barth, J. et al., 2012. Geoenergin i samhället - En viktig del i en hållbar energiförsörjning, Lund: Geotec.
- Bjelm, L., Alm, P.-G. & Andersson, O., 2010. Country Update for Sweden. Bali, Indonesien 25-29 April, World Geothermal Congress 2010.
- Bonte, M., Röling, W., Zaura, E., van der Wielen, P., Stuyfzand, P., van Breukelen, B., 2013a. Impacts of Shallow Geothermal Energy Production on Redox Processes and Microbial Communities. Environmental Science & Technology, Volym 47, pp. 14476-14484.
- Bonte, M., Stuyfzand, P. J., Hulsmann, A. & van Beelen, P., 2011a. Underground Thermal Energy Storage: Environmental Risks and Policy Developments in the Netherlands and European Union. Ecology and Society, Volym 16.
- Bonte, M., Stuyfzand, P. J., van den Berg, G. A. & Hijnen, W. A. M., 2011b. Effects of aquifer thermal energy storage on groundwater quality and the consequences for drinking water production: a case study from the Netherlands. Water Science & Technology, Volym 63, pp. 1922-1931.
- Bonte, M., van Breukelen, B. M. & Stuyfzand, P. J., 2013b. Temperature-induced impacts on groundwater quality and arsenic mobility in anoxic aquifer sediments used for both drinking water and shallow geothermal energy production. Water research, Volym 47, pp. 5088-5100.
- Bonte, M., van Breukelen, B. & Stuyfzand, P., 2013c. Environmental impacts of aquifer thermal energy storage investigated by field and laboratory experiments. Journal of water and climate change, 4, pp. 77-89.
- Bridger, D. W. & Allen, D. M., 2010. Heat transport simulations in a heterogeneous aquifer used for aquifer thermal energy storage (ATES). Canadian Geotechnical Journal., Volym 47, pp. 96-115.
- Bridger, D. W. & Allen, D. M., 2014. Influence of geologic layering on heat transport and storage in an aquifer thermal energy storage system. Hydrogeology Journal, Volym 22, pp. 233-250.

- Briellmann, H., Griebler, C., Schmidt, S., Michel, R., Lueders, T., 2009. Effects of thermal energy discharge on shallow groundwater ecosystems. *Federation of European Microbiological Societies (FEMS Microbiol Ecol)*, Volym 68, pp. 273-286.
- Department of Hydrology and Hydraulic Engineering, 2016. What We Do: Projects. [Online]
<http://hydr.squarespace.com/projects/>
[Använd 10 05 2016].
- Energimyndigheten, 2008. Energiläget 2008, Statens energimyndighet.
- Energimyndigheten, 2014. Ordlista. [Online]
<http://www.energimyndigheten.se/om-oss/press/ordlistan/>
[Använd 11 04 2016].
- Europaparlamentet; Rådet, 2000. Vattendirektivet 2000/60/EG. u.o.:Medlemsstaterna får tillåta återföring till <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:02000L0060-20141120&from=EN>.
- Ferguson, G., 2006. Potential use of particle tracking in the analysis of low-temperature geothermal developments. *Geothermics*, Volym 35, pp. 44-58.
- Ferguson, G. & Woodbury, A. D., 2006. Observed thermal pollution and post-development simulations of low-temperature geothermal systems in Winnipeg, Canada. *Hydrogeology Journal*, Volym 14, pp. 1206-1215.
- Gehlin, S., 2015. *Geoenergi i Världen 2015*, Stockholm: Svenskt Geoenergicentrum.
- Gehlin, S., Andersson, O., Bjelm, L., Alm, P-G., Rosberg, J-E., 2015. Country Update for Sweden- Proceedings World Geothermal Congress 2015 Melbourne, Australia, 19-25 April 2015. Melbourne,
- Griffioen, J. & Appelo, C. A. J., 1993. Nature and extent of carbonate precipitation during aquifer thermal energy storage. *Applied Geochemistry*, Volym 8, pp. 161-176.
- Hähnlein, S., Bayer, P., Ferguson, G. & Blum, P., 2013. Sustainability and policy for the thermal use of shallow geothermal energy. *Energy Policy*, Volym 59, pp. 914-925.
- Jardeby, Å. et al., 2012. *Borrhåls- och grundvattenlager: praktisk handbok om geoenergi, GeoPower*.
- Jesuþek, A., Grandel, S. & Dahmke, A., 2013. Impacts of subsurface heat storage on aquifer hydrogeochemistry. *Environ Earth Sci*, Volym 69, pp. 1999-2012.
- Knauss, K. G. & Copenhaver, S. A., 1995. The solubility of p-xylene in water as a function of temperature and pressure and calculated thermodynamic quantities. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Volym 59, pp. 2443-2448.
- Knauss, K. G., Dibley, M., Leif, R., Mew, D., Aines, R., 2000. The aqueous solubility of trichloroethene (TCE) and tetrachloroethene (PCE) as a function of temperature. *Applied Geochemistry*, Volym 15, pp. 501-512.
- Langwaldt, J. & Puhakka, J., 2000. On-site biological remediation of contaminated groundwater: a review. *Environmental Pollution*, Volym 107, pp. 187-197.
- Livsmedelsverket, 2016. Arsenik. [Online]
<http://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/oonskade->

ammen/metaller1/arsenik/

[Använd 16 05 2016].

Lund, J. W., Freeston, D. H. & Boyd, T. L., 2011. Direct utilization of geothermal energy 2010 worldwide review. *Geothermics*, Volym 40, pp. 159-180.

Morofsky, E., 2007. History of Thermal Energy Storage. i: H. Ö. Paksoy, red. *Thermal Energy Storage for Sustainable Energy Consumption*. Dordrecht: Springer, pp. 3-22.

Palmer, C. D. & Cherry, J. A., 1984. Geochemical reactions associated with low-temperature thermal energy in aquifers. *Canadian Geotechnical Journal*, Volym 21, pp. 475-488.

Perlinger, J. A., Almendinger, J. E., Urban, N. E. & Eisenreich, S. J., 1987. Groundwater Geochemistry of Aquifer Thermal Energy Storage: Long-Term Test Cycle. *Water Resources Research*, Volym 23, pp. 2215-2226.

Possemiers, M., Huysmans, M. & Batelaan, O., 2014. Influence of Aquifer Thermal Energy Storage on groundwater quality: A review illustrated by seven case studies from Belgium. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, Volym 2, pp. 20-34.

Sommer, W., Valstar, J., van Gans, P., Grotenhuis, T., Rijnaarts, H., 2013. The impact of aquifer heterogeneity on the performance of aquifer thermal energy storage. *Water Resources Research*, Volym 49, pp. 8128-8138.

Stuyfzand, P. J., 1999. Patterns in groundwater chemistry resulting from groundwater flow. *Hydrogeology Journal*, Volym 7, pp. 15-27.

van der Wielen, P. W. J. J., Senden, W. J. M. K. & Medema, G., 2008. Removal of Bacteriophages MS2 and ΦX174 during Transport in a Sandy Anoxic Aquifer. *Environmental Science & Technology*, Volym 42, pp. 4589-4594.

Winters, A., 1992. Summary of Research on microbiological processes. Tuscaloosa: Department of Biological Sciences University of Alabama.

Visser, P. W., Kooi, H. & Stuyfzand, P. J., 2015. The thermal impact of ATEs systems; a case study in the Netherlands, combining monitoring and modeling. *Hydrogeology Journal*, Volym 23, pp. 507-532.

Bilaga 1 Parametrar enligt vilka MKB och domslut sammanställdes

Ansökan

- ✿ Vem ansökte och till vilken typ av fastighet?
- ✿ Ägdes fastigheten av sökanden?
- ✿ Hur många brunnar?
- ✿ Vilket brunnsdjup?
- ✿ I vilken typ av akvifer?
- ✿ Nämns maximalt flöde?
- ✿ Nämns medeluttag?
- ✿ Nämns årlig omsättning?
- ✿ Nämns vilken vattenmängd som behövs till underhåll och vart det ska släppas?
- ✿ Används akviferen till dricksvatten?
- ✿ Vilken statur har grundvattnet kvantitativt och kvalitativt?

Fysisk påverkan

- ✿ Har den hydrauliska påverkan modellerats?
- ✿ Har det utförts en provpumpning?
- ✿ Nämns influensradien?
- ✿ Nämns hur långt utanför fastighetsgränsen som den hydrauliska influensen sträcker sig?
- ✿ Nämns den naturliga grundvattenfluktuationen?
- ✿ Nämns den naturliga grundvattenströmningen?
- ✿ Nämns det om andra brunnar finns inom påverkansområdet och hur de påverkas?
- ✿ Nämns risken för sättningar?

Kemisk påverkan

- ✿ Har den termiska påverkan modellerats?
- ✿ Nämns hur stor den termiska influensen beräknas bli?
- ✿ Nämns det om det finns andra akviferlager i närheten?
- ✿ Nämns grundvattnets kemiska status och hur det kan påverkas?

Biologisk påverkan

- ✿ Nämns risken för patogener?
- ✿ Nämns risken för bakterietillväxt?

Kontrollprogram

- ✿ Vad föreslås ingå i ett kontrollprogram?

Domslut

- ✿ Fick sökanden tillstånd?
- ✿ Gällde tillståndet de mängder som ansökan gällde?
- ✿ Vilka villkor satte MMD upp?

Bilaga 2 De 14 mål som Mark- och miljödomstolarna lämnade ut. Namnen i tabellen är tilldelade för att lättare skilja målen åt.

Målnummer	MMD	Namn	Inlämnad	Fick tillstånd	Överklagades (återigen tillstånd)	Ingår i arbetet
M 3042-07	Nacka	Arlanda	2007	Ja		
M 6565-11	Nacka	Rosenborg	2011	Ja		Ja
M 5812-12	Nacka	Hästskon	2012	Ja		Ja
M 1572-13	Nacka	Gallerian	2013	Ja		Ja
M 48-99	Växjö	Kranen	1999	Ja	Ja	
M 180-08	Växjö	Centralsjukhuset Kristianstad	1999	Ja	Ja	
M 9146-08	Växjö	Högskolan Kristianstad	2008	Ja		
M 2003-10	Växjö	Kriminalvårdshus	2010	Ja		
M 2594-11	Växjö	Ryhov	2010	Ja		
M 4738-12	Växjö	IKEA	2012	Ja		Ja
M 3400-13	Växjö	Lyckeby	2013	Ja		Ja
M 4259-13	Växjö	Rättspsykiatriskt centrum	2013	Ja		Ja
M 2851-14	Växjö	Kalmar	2014	Ja		Ja
M 1652-12	Umeå	Hunden	2012	Ja		



LUNDS
UNIVERSITET

WWW.CEC.LU.SE
WWW.LU.SE

Lunds universitet

Miljövetenskaplig utbildning
Centrum för miljö- och
klimatforskning
Ekologihuset
223 62 Lund