

**DATUM** 2012-06-15

**UPPDRAGSNUMMER** 11512450256

**TILL** Henning Holmström  
Tasmet AB

**KOPIA**

**FRÅN** Hanna Lindfors

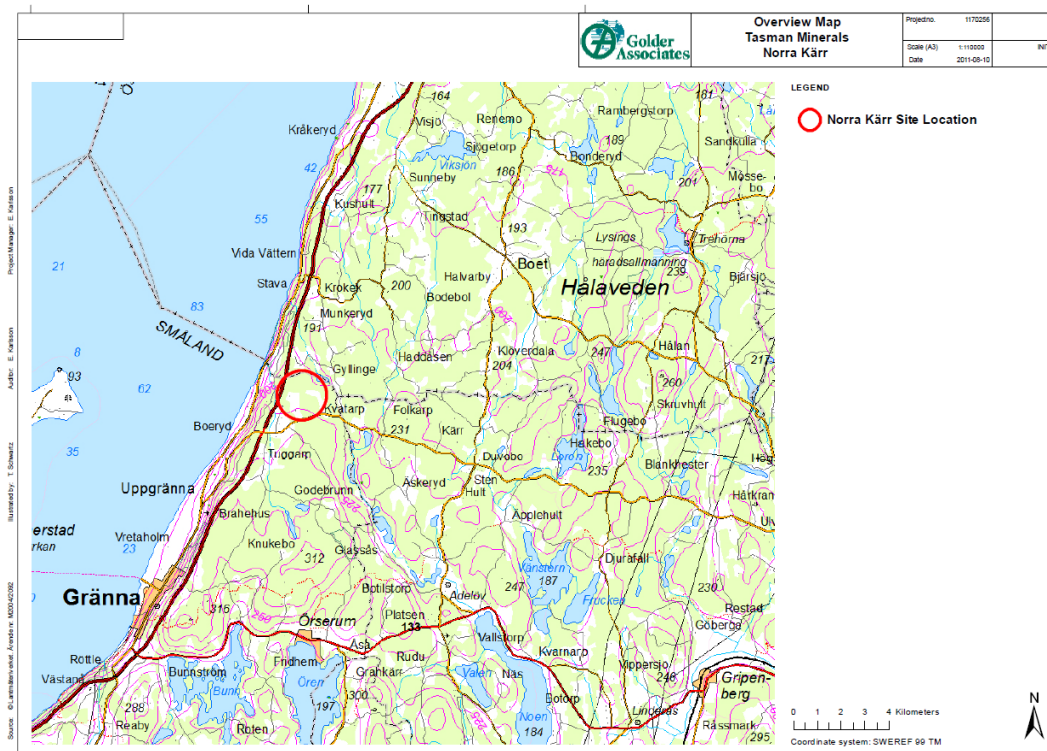
**E-POST** hanna\_lindfors@golder.se

## HYDROGEOLOGISK BESKRIVNING

### 1.0 BAKGRUND

Tasman Metals genom Tasmet AB har för avsikt att söka bearbetningskoncession för en fyndighet av bl.a sällsynta jordartsmetaller vid Norra Kärr i Jönköpings kommun. Fyndigheten är belägen 1,5 km öster om Vättern och ca 10 km nordost om Gränna invid länsgränsen mellan Småland och Östergötland (Figur 1). Öster om fyndigheten ligger Gyllingesjön och västerut, parallellt med Vättern, sträcker sig väg E4. Området Norra Kärr ligger inom ett delavrinningsområde på nästan 8 km<sup>2</sup> som mynnar i Vättern och ingår i det avrinningsområde som omfattar hela Vättern med strandzoner.

När gruvan väl är i drift och länshålles kommer grundvatten läcka in till gruvan och grundvattennivån i närområdet att sänkas av. Detta PM beskriver de hydrologiska och geohydrologiska förhållandena i området. Provpumpningar i fält och hydrauliska beräkningar har utförts för att bestämma utsträckningen av den teoretiska avsänkningen. Slutligen har en bedömning gjorts av möjliga effekter som grundvattenavsänkningen kan få på omgivande miljö, t.ex. i form av reducerad vattenföring eller påverkan på skyddade områden.



*Figur 1:  
Översiktskarta som  
visar Norra Kärrs  
lokalisering.*

**Golder Associates AB**

Box 20127, 104 60 Stockholm.

Besöksadress: Östgötagatan 12, 116 25 Stockholm

Tel: 08-506 306 00 Fax: 08-506 306 01 [www.golder.com](http://www.golder.com)

**Golder Associates: Kontor i Afrika, Asien, Australien, Europa samt Nord- och Sydamerika**

Org.nr 556326-2418 VAT.no SE556326241801

Styrelsens säte: Stockholm



## 2.0 KLIMAT

De meteorologiska förhållandena kring Norra Kärr redovisas i form av normalvärden för lufttemperatur, vind och nederbörd. Normalvärden används för att beskriva klimatförhållanden under en viss period. Den senaste normalperioden täcker 30 år mellan 1961 till 1990.

Det finns ingen mätstation i direkt närhet till Norra Kärr. Istället redovisas data från omkringliggande stationer. Lokala variationer kan dock antas vara betydande i området på grund av områdets närhet till Vättern och den branta sluttningen mellan sjön och fyndigheten. Dessutom kan klimatet ha förändrats något sedan mätningarna gjordes mellan 1961 och 1990. Trots det bedöms normalvärdena för omkringliggande stationer ge en relativt bra uppskattning av förhållandena i Norra Kärr.

Nedan presenteras normalvärden i form av månadsmedelvärden och årsmedelvärden för lufttemperatur, nederbörd samt vindhastighet och vindriktning.

### 2.1 Lufttemperatur

Normalvärden för temperatur vid närliggande temperaturstationer redovisas i Tabell 1. Stationerna Visingsö och Visingsö automat ligger närmast Norra Kärr, ca 1 mil västerut. Då Visingsö ligger i Vättern och på en nivå mer än 100 meter lägre än Norra Kärr kan förhållandena dock väntas skilja sig från de i Norra Kärr. Därför presenteras även data från Tranåsstationen som ligger ca 2,5 mil österut och Ramsjöholm ca 3 mil söderut från Norra Kärr. (*Länsstyrelserna, 2011*)

**Tabell 1: Normalvärden för temperatur (C) vid angivna temperaturstationer (SMHI, 2011a)**

	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	år
8402 Tranås	-3,2	-3,1	0,1	4,6	10,5	15	16	15	11,1	7,1	2,2	-1,2	6,2
8405 Visingsö aut.	-1,8	-2,5	-0,1	3,2	9	13,5	15,3	15,1	12	8	3,2	0,3	6,3
8406 Visingsö	-1,5	-2,1	0,3	4	9	13,9	15,7	15,5	11,9	8,2	3,6	0,3	6,6
7449 Ramsjöholm	-3,7	-3,9	-0,7	3,8	9,8	13,8	14,9	13,9	10,3	6,5	1,7	-1,8	5,4

### 2.2 Nederbörd

Normalvärden för nederbörd vid närliggande stationer redovisas i form av månads- och årsvärden (Tabell 2). Högemålen ligger 5 km söder om och Ödeshög knappt 2 mil norr om Norra Kärr (*Länsstyrelserna, 2011*).

**Tabell 2: Normalvärden för nederbörd (mm) vid angivna nederbördsstationer (SMHI, 2011b)**

	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	år
8404 Högemålen	40,4	27,2	33,1	39,5	41,9	54	70,9	65,3	67,1	57,6	54,1	47,3	598,4
8414 Ödeshög	37,8	25,9	31,5	34,9	39,1	50	59,2	59,3	61,8	55,1	50,9	44,8	550,2

Normalvärdena bör dock korrigeras för att kompensera för de systematiska underskott nederbördsinstrument visar, framförallt till följd av vindförluster. Värdena i tabellen korrigeras med en faktor på 1,10 enligt *Dahlström (2006)*, för att bättre representera den verkliga nederbörden vid stationerna. Det ger en årlig nederbörd på 658 mm respektive 605 mm för Högemålen och Ödeshög. Nederbördsmängden i Norra Kärr bör vara av samma storleksordning.

### 2.3 Vindhastighet och -riktning

Den närmsta vindstationen är Visingsö automat västerut, men som tidigare nämnts kan speciella förhållanden antas råda där varför stationerna Jönköpings flygplats och Malexander bättre bör representera

förhållandena vid Norra Kärr. Jönköpings flygplats ligger ca 5 mil söderut och Malexander ca 4 mil öster om Norra Kärr (*Länsstyrelserna, 2011*). Tabell 3 visar normalvärdena för vindhastighet som månadsmedelhastighet och årlig medelhastighet.

**Tabell 3: Normalvärden för vindhastighet (m/s) för angivna vindstationer (*Alexandersson, 2009*)**

	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	år
8405 Visingsö A	6,3	5,7	5,5	4,8	4,8	4,2	4,1	4,2	5,3	6,2	6,4	6,7	5,4
7446 Jönköpingsflygplats	4,5	4,2	4,5	4,2	4	3,9	3,8	3,6	4,1	4,3	4,5	4,4	4,2
8505 Malexander	3,4	3,2	3,3	3,1	3,2	2,9	2,8	2,8	3	3,3	3,5	3,3	3,2

En årlig genomsnittlig vindhastighet kan antas ligga kring 4 m/s vid Norra Kärr och med en övervägande syd till sydvästlig riktning, se Tabell 4 nedan.

**Tabell 4: Frekvenser av vindriktning (%) för året under stationens mätperiod (*Alexandersson, 2009*)**

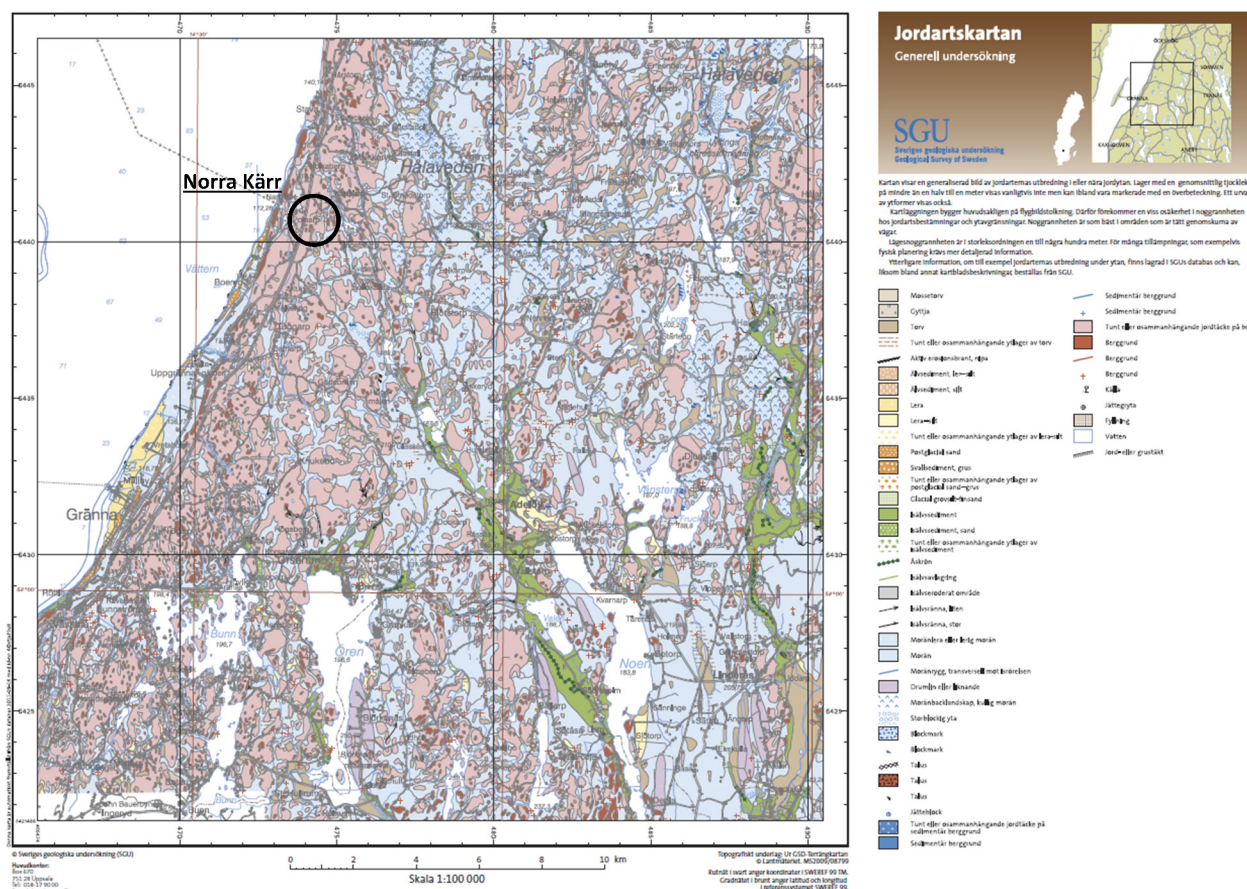
	N	NO	O	SO	S	SV	V	NV	Lugnt
7446 Jönköpings fl	8,6	10,4	7	7,8	14,9	24,3	13,9	6,5	6,7
8405 Visingsö	8,9	11,3	7,4	7,2	22,9	24,7	8,6	7,6	1,4
8505 Malexander	8,9	8,4	8	10,4	12,7	23,6	15,5	7,6	4,9

### 3.0 GEOHYDROLOGI

Det teoretiska influensavståndet kring ett framtida dagbrott i Norra Kärr är beroende av bergets vattengenomsläpplighet och grundvattenbildningen till berg. Den hydrauliska konduktiviteten bestämdes utifrån propumpningar i Norra Kärr (Avsnitt 3.2) och användes sedan i resonemanget kring grundvattenbildning till berg (Avsnitt 3.3).

#### 3.1 Geologi

Det planerade dagbrottet ligger enligt *SGU (2011)* inom ett område med tunt och osammanhängande jordtäckte, med omväxlande berg i dagen (Figur 2). Jorddjupet över fyndigheten i Norra Kärr varierar mellan 0 till 11 meter (Bilaga 2). Morän är den dominerande jordtypen kring fyndigheten men där finns också inslag av torv (*SGU, 2011*).



Figur 2: Jordartskarta över området kring Norra Kärr (se även Bilaga 1)

#### 3.2 Hydrauliska egenskaper

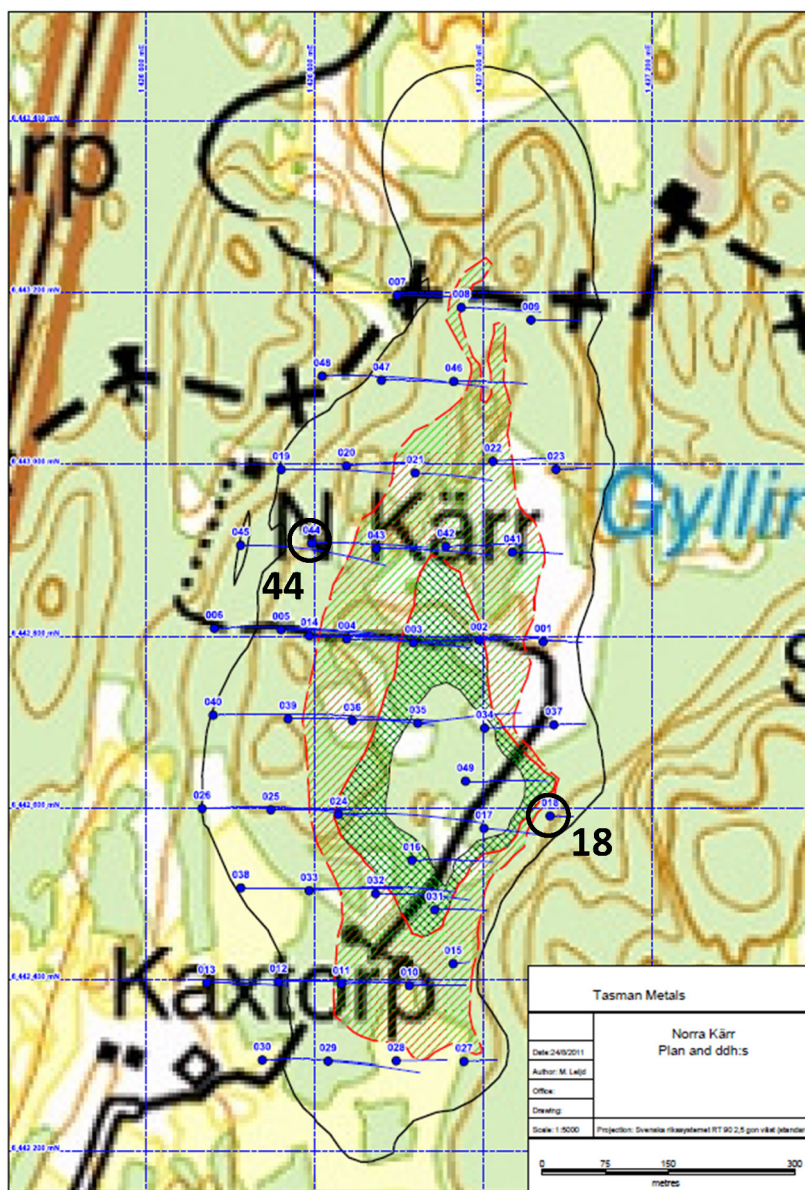
Genomsnittliga hydrauliska konduktiviteter för omgivande berg redovisas i *SGU (1997)* och *SGU (1989)* i de beskrivningar som tillhör grundvattenkartan i Östergötlands och Jönköpings län. Redovisade hydrauliska konduktiviteter representerar en genomsnittlig konduktivitet för en given bergart i respektive län. Enligt *SGU (1989)* utgörs området söder om fyndigheten i Norra Kärr av yngre granit med en hydraulisk konduktivitet på  $8,2 \cdot 10^{-8}$  m/s samt yngre ögongranit med en hydraulisk konduktivitet på  $6,0 \cdot 10^{-8}$  m/s. Norr om fyndigheten utgörs berggrunden enligt *SGU (1997)* av yngre (röd) granit med konduktiviteten  $8,7 \cdot 10^{-8}$  m/s samt yngre porfyrisk granit med konduktiviteten  $1,0 \cdot 10^{-7}$  m/s.



Den hydrauliska konduktiviteten i berg vid fyndigheten i Norra Kärr bestämdes utifrån två oberoende provpumpningar i befintliga kärnborrhål (Figur 3) inom fyndigheten.

Med stöd av geologiska data från kärnborrhålen valdes hål 18 där bergsmassan visat sig vara relativt uppsprucken och hål 44 där stora vattenförluster registrerats under bormningen. Platserna valdes alltså inte för att representera intrusionen eller omgivande berg i sin helhet. Avsikten var att hitta och undersöka de strukturer som på förhand bedömts vara mest genomsläppliga och på så vis få en uppskattning av hur stor den hydrauliska konduktiviteten inom området som mest kan vara. Den resulterande hydrauliska konduktiviteten kan därför väntas vara relativt hög i förhållande till omgivande berg, då pumptesten utförts inom relativt vattengenomsläppliga områden.

Förändringar i grundvattennivån registrerades under pumptesten i pumphålet och i tre omgivande observationshål. Pump testen utvärderades med hjälp av analysverktyget Hydrobench (Golder Associates AB, 2010) för att uppskatta bl.a. transmissiviteten i berg.



Figur 3: Översiktsbild av fyndigheten i Norra Kärr som visar lokaliseringen av befintliga kärnborrhål där de hål som provpumpades är inringade. Notera att sökt område för bearbetningskoncession är mindre än markeringen i denna figur.

### 3.2.1 Provpumpning hål 18

Kärnborrhål 18, där provpumpningen utfördes, ligger i den sydöstra delen av fyndigheten (Figur 3). Omkringliggande kärnborrhål 17, 37 och 49 användes som observationshål där förändringar i grundvattennivå registrerades.

Under 6 timmar pumpades ett flöde strax under 13 l/min ur borrhålet. Den maximala avsänkningen i pumphålet var 2,2 meter och en relativt konstant nivå erhöles innan pumpningsfasen avslutades. I observationshålen kunde inga förändringar i grundvattennivå utläsas.

Eftersom ingen nivåförändring registrerats i observationshålen utvärderades transmissiviteten utifrån nivåförändringarna i hål 18. Transmissiviteten ( $T$ ) representerar området kring hål 18 och uppgår till  $T=6,2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ . Borrhålets längd och lutning medför att det representerar de översta 38 meterna av berget ( $L$ ). Den hydrauliska konduktiviteten,  $K = T/L$ , beräknas vara  $1,6 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$  kring hål 18.

### 3.2.2 Provpumpning hål 44

Kärnborrhål 44, i den nordvästra delen av fyndigheten, användes som provpumpningshål och de omkringliggande kärnborrhålen 4, 20 och 45, som observationsborrhål. Under ca 9 timmar pumpades 23 l/min ur hålet. Avsänkningen vid jämvikt var 5,5 meter i pumphålet.

I observationshål 20 och 45 registrerades tydliga avsänkings- och återhämtningsfaser, varför dessa två valdes för analys tillsammans med observationerna i pumphålet. När observationshålen innefattas i Hydrobenchanalysen beräknas de hydrauliska parametrarna för sträckan mellan pumpborrhålet och respektive observationsborrhål.

Transmissiviteten mellan pumphålet och hål 20 uppgår till  $4,4 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$  och mellan pumphålet och hål 45 till  $8,2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ . Borrhålets längd och lutning medför att det representerar de översta 215 meterna av berget ( $L$ ). Det ger konduktiviteten  $2,1 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$  mellan pumphålet och hål 20 och  $3,8 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$  mellan pumphålet och hål 45.

### 3.2.3 Hydraulisk konduktivitet

Resultaten från pumptesten sammanfattas i Tabell 5 där konduktiviteten för området kring hål 18 och sträckan mellan 44 och 20 samt mellan 44 och 45 redovisas. Det geometriska medelvärdet av dessa konduktiviteter ger en hydraulisk konduktivitet på  $5,0 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$  som bedöms representera den hydrauliska konduktiviteten i de mest vattenförande delarna av intrusionen och kontaktytan mellan intrusionen och omgivande berg.

**Tabell 5: Transmissivitet och konduktivitet för området kring hål 18, mellan hål 20 och 44, 45 och 44 samt uppskattad genomsnittlig konduktivitet.**

	$T \text{ (m}^2/\text{s)}$	$K \text{ (m/s)}$
<b>18</b>	$1,6 \cdot 10^{-6}$	$1,6 \cdot 10^{-6}$
<b>20/44</b>	$4,4 \cdot 10^{-5}$	$2,1 \cdot 10^{-7}$
<b>45/44</b>	$8,2 \cdot 10^{-5}$	$3,8 \cdot 10^{-7}$
<b>Geometriskt medelvärde</b>		$5,0 \cdot 10^{-7}$

Denna hydrauliska konduktivitet används vidare i rapporten som representativ för området, trots att den är betydligt större än de regionala konduktiviteter som presenteras i *SGU (1989)* och *SGU (1997)* (Avsnitt 3.2). En lägre konduktivitet resulterar i ett mindre avsänkingsområde, varför följande beräkningar (utifrån beräknad konduktivitet inom intrusionen) representerar ett konservativt fall. Betydelsen av den lägre konduktiviteten i omgivande bergsmassa tydliggörs i känslighetsanalysen i Avsnitt 4.2.

### 3.3 Grundvattenbildning

Grundvattenbildning till jordlagren kan i ett långt tidsperspektiv och för stora områden antas vara i storlek med nettonederbörden, dvs. nederbörd minus evapotranspiration där evapotranspirationen motsvarar dels avdunstningen som sker till atmosfären och dels växternas transpiration (*Gustafson, 2009*).

För att beräkna årsavrinningen vid Norra Kärr användes medelvattenföringen från SMHIs vattenflödesmodell HYPE (Hydrological Predictions for the Environment) (*Lindström et al., 2010*). Medelvattenföringen vid utloppet från det delavrinningsområde som innefattar det sökta bearbetningsområdet, uppgår enligt HYPE till  $0,07 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $2,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$ ) (*SMHI, 2011c*). Delavrinningsområdet är  $7,96 \text{ km}^2$  stort vilket i snitt ger en avrinning på ca  $260 \text{ mm}/\text{år}$ .

Grundvattenbildningen till berg är mer komplicerad och ofta svårbestämt då denna sker genom jordlagren, som först måste vara mättad för att vatten ska fortsätta nedåt till berget. I rapporten *Effects on surface hydrology and near surface hydrogeology of an open repository in Laxemar* har grundvattenbildning till berg utretts vid SKB:s platsundersökningar vid Laxemar i östra Småland. Studien visar på en grundvattenbildning till det ytliga berget i storleksordningen  $35 \text{ mm}/\text{år}$  (*Mårtensson et al., 2009*).

Förhållandena i det studerade området i Laxemar liknar de i Norra Kärr med en genomsläpplighet i berg av samma storleksordning,  $2,6 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$  i Laxemar och  $5,0 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$  i Norra Kärr och en nettonederbörd i Laxemar på  $139 \text{ mm}/\text{år}$ , alltså under den i Norra Kärr (ca  $260 \text{ mm}/\text{år}$ ). Under dessa förhållanden bedöms grundvattenbildningen till berg på  $35 \text{ mm}/\text{år}$  i Norra Kärr vara ett konservativt antagande, då en större grundvattenbildning kommer minska det teoretiska influensavståndet (Avsnitt 4.0).

När länshållning i dagbrottet sker kommer grundvattenbildningen att öka till följd av avsänkta förhållanden. I *Mårtensson et al., (2009)* utreds effekten som ett djupförvar förväntas ha på vattenbalansen. Utifrån resultaten i rapporten uppskattas inflödet öka med en faktor 3,4 till 4,4 beroende på injekteringsnivå. Utifrån antagandet att ingen injektering används i dagbrottet vid Norra Kärr väljs faktorn 4,4. Det resulterar i en grundvattenbildning till berg som ligger på  $155 \text{ mm}/\text{år}$ .

En avgörande fråga är då om det finns tillgängligt vatten för ökad grundvattenbildning i ovanliggande jordlager. Enligt tidigare resonemang uppskattas den årliga avrinningen till  $260 \text{ mm}/\text{år}$ .

Grundvattenbildningen till jord är i allmänhet större än den genomsnittliga avrinningen inom ett avrinningsområde (Grip och Rodhe, 1994). Det betyder att grundvattenbildningen till berg på  $155 \text{ mm}/\text{år}$  är ett möjligt antagande, även om osäkerheterna är stora då information om jordlager och bergmassa är begränsad i nuläget.

Enligt Avsnitt 3.1 ligger det planerade dagbrottet inom ett område med tunt och osammanhängande jordtäckte, där morän är den dominerande jordtypen. Genomsläppligheten i morän varierar beroende på typ från relativt genomsläpplig till tät. Om mäktigheten av jordlagret är betydande och moränen tät når en stor del av grundvattenbildningen till jord aldrig grundvattnet i berg, och följaktligen begränsas grundvattenbildningen till berg. Det är dock rimligt att anta ökad grundvattenbildning till berg i driftskedet till följd av avsänkta grundvattennivåer vilket gör att bl.a. vattenföring och avdunstning minskar.

## 4.0 TEORETISKT INFLUENSAVSTÅND

Det teoretiska influensavståndet kring en gruva kan beräknas utifrån bergets hydrauliska konduktivitet och grundvattenbildning till berggrunden. Detta influensavstånd representerar det område inom vilket en grundvattennivåsänkning teoretiskt bedöms kunna uppstå. Det område inom vilket man i praktiken kan registrera en avsänkning av grundvattennivå som kan urskiljas från naturliga nivåvariationer, är dock mindre än detta.

I beräkningarna betraktades gruvan som cirkulär. Berget antas vara homogent och gruvan fullständigt dränerad, vilket innebär att grundvattennivån är helt avsänkt till botten av gruvan. Under jämviktsförhållanden beräknas då det teoretiska influensavståndet utifrån följande ekvation (Axelsson *et al.*, 1994):

$$D^2 = \frac{Pr_0^2}{K} * \ln \frac{r_0}{r_e} - \frac{P}{2K} (r_0^2 - r_e^2)$$

, där:

$D$  = gruvans djup (m)

$P$  = grundvattenbildning till berg (m/s)

$r_0$  = teoretiskt influensavstånd från gruvans centrum (m)

$K$  = hydraulisk konduktivitet (m/s)

$r_e$  = gruvans ekvivalenta radie (m)

Det teoretiska influensavståndet från gruvans kant beräknas enligt:

$$R = r_0 - r_e$$

I Tabell 6 presenteras det teoretiska influensavståndet för de olika brytningsdjupen 40 m, 80 m och 120 m. Den hydrauliska konduktiviteten i berggrunden,  $5,0 \cdot 10^{-7}$  m/s (avsnitt 3.2.3), och grundvattenbildning till berggrunden, 155 mm/år (avsnitt 3.3), användes i beräkningarna.

Dagbrottets form antas följa bearbetningsområdets gränser, som vid ytan har en area på  $0,47 \text{ km}^2$ . De beräknade influensavstånden presenteras i Tabell 6.

**Tabell 6: Teoretiskt influensavstånd (m) kring planerat dagbrott i Norra Kärr då  $K=5,0 \cdot 10^{-7}$  m/s och  $P=155$  mm/år.**

Djup (m)	40	80	120
Teoretiskt influensavstånd (m)	360	680	970

Det beräknade influensavståndet gäller avsänkning i berg. I verkligheten är bergsmassan dock inte homogen utan vattengenomsläppligheten varierar bland annat beroende på hur berggrunden är uppsprucken. Det gör att avsänkningens utbredning i sprickigt berg är oregelbunden och störst utbredning kan förväntas i vattenförande sprickzoner medan avsänkningens blir betydligt mindre i bergsmassa med låg genomsläpplighet däremellan. Även där bergsmassan står i hydraulisk kontakt med ytvattensystem kommer avsänkningens bli begränsad.

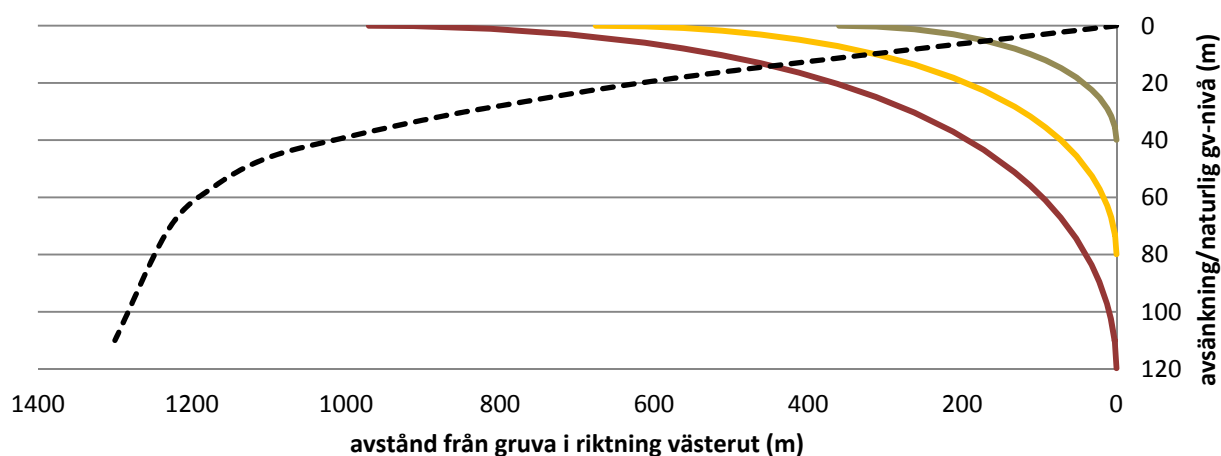
Dessutom finns det erfarenhetsmässigt ofta en zon med lägre hydraulisk konduktivitet i berget kring berganläggningar, ett s.k. skin. Skin har dock inte hänsyn tagits till i detta fall, vilket betyder att beräkningarna av influensavstånd representerar ett något konservativt fall. I verkligheten kan detta väntas vara mindre än det beräknade.

Inom det teoretiska influensområdet avsänks även grundvattennivån i jord till följd av ökad tillrinning till berggrunden. Avsänkningen i jord skiljer sig från den i berg och beror av jordlagrens genomsläpplighet och



jorddjup, dess vattenhållande förmåga och grundvattenbildningen. Vid låg vattengenomsläpplighet i förhållande till berggrunden kommer jordgrundvattnet endast att påverkas marginellt. Det innebär att i det fall moränen i området är tät i relation till berggrunden kan avsänkningen antas vara mindre i jord än i berg och dubbla grundvattenytor kan uppkomma, d.v.s. en i jord och en i berg (Axelsson *et al.*, 1994). Avsänkningen i jord kommer i huvudsak att ske i anslutning till vattenförande sprickzoner. Med karterade sprickzoner kan avsänkningens utbredning i olika riktningar bestämmas (Axelsson & Follin, 2000).

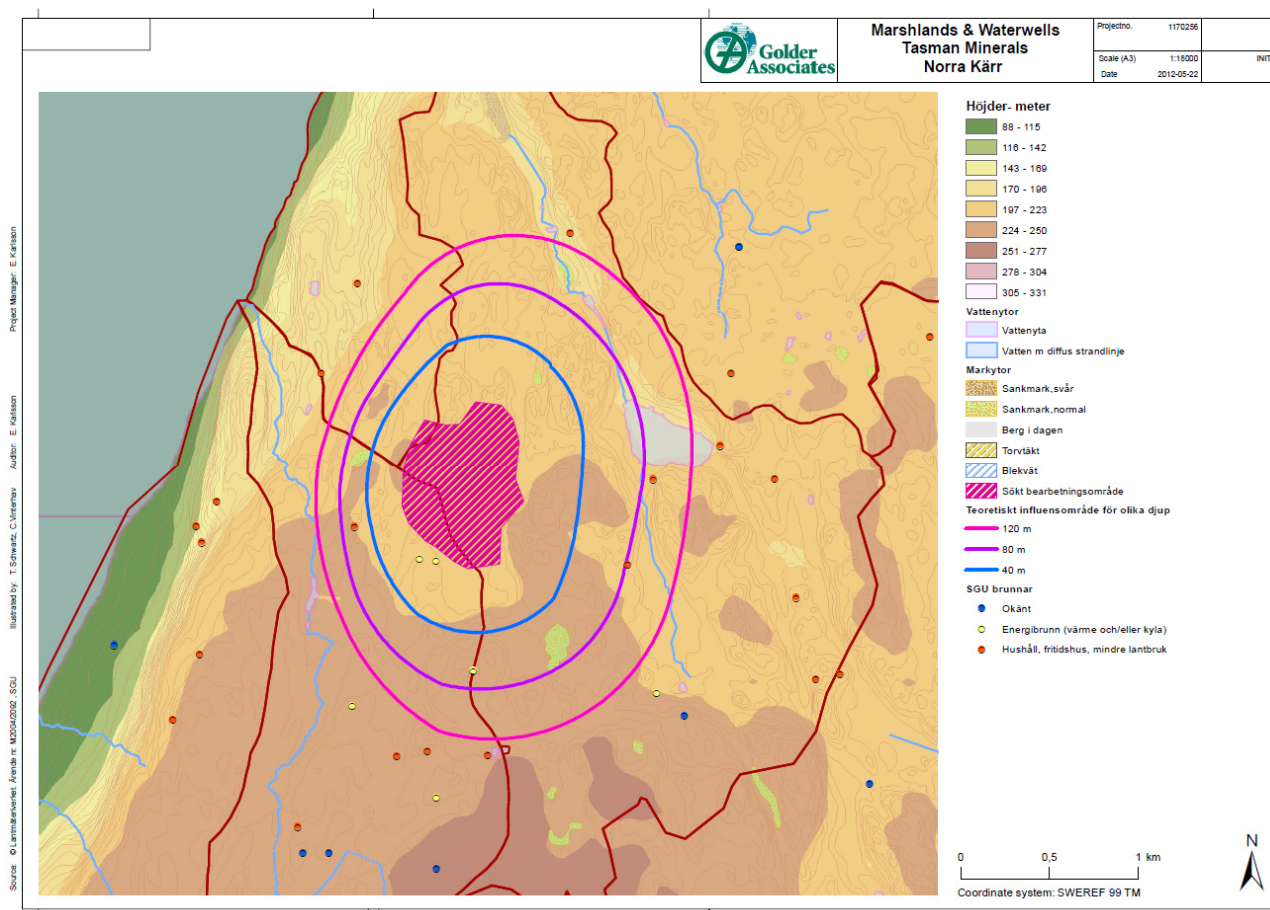
Avsänkningen kommer också att bero på skillnaden i naturlig grundvattennivå i olika riktningar. Medelvattenståndet i Vättern ligger på en nivå kring 90 meter medan grundvattennivån i Norra Kärr ligger på en nivå omkring 200 meter (Bilaga 3). Det betyder att grundvattennivån faller mot Vättern, och sjunker ca 110 meter över en sträcka på 1,3 km. Baserat på topografin mellan Vättern och Norra Kärr bedöms en stor del av avtagandet ske i närheten av Vättern. I Figur 4 illustreras en uppskattning av den naturliga grundvattennivån från Norra Kärr ner mot Vättern tillsammans med den teoretiska avsänkningskurvan kring dagbrottet för de tre studerade djupen.



Figur 4: Beräknad avsänkning kring dagbrottet för olika djup (grön = 40 m, orange = 80 m och brun = 120 m) givet  $P=155$  mm/år och  $K=5,0 \cdot 10^{-7}$  m/s. Streckad linje representerar uppskattad grundvattennivå västerut.

Diagrammet illustrerar hur grundvattenavsänkningen kan väntas begränsas i sin utsträckning västerut på grund av den naturligt sjunkande grundvattennivån i samma riktning. Där avsänkningskurvan och den naturliga grundvattennivå möts, antas vattennivån plana ut varför avsänkningen kan väntas påverka grundvattennivå på något längre avstånd från dagbrottet än där linjerna korsas i diagrammet (Figur 4). Influensavståndet begränsas således, beroende på brytningsdjupet, till omkring 200, 350 respektive 500 meter mot Vättern till. Söderut stiger däremot markytan, men når inom influensområdet aldrig över 250 meter. Influensavståndet kan komma att förstärkas något i den riktningen men eftersom höjdskillnaden är så pass begränsad har det inte markerats i Figur 5 nedan.

Det teoretiska influensområdet för dagbrottet illustreras på kartan i Figur 5 för djupen 40, 80 och 120 meter, där gränserna mellan de berörda delavrinningsområdena är utmärkta.



Figur 5 Teoretiskt influensområde beroende på dagbrottets djup, där delavrinningsområdena är markerade av den röda gränsdragningen. Brunnsinformation har hämtats från SGUs brunnarkiv.

## 4.1 Inläckage

Mängden inläckande vatten i dagbrottet beror av gruvans dimensioner, grundvattenbildningen till berg och influensavståndet kring dagbrottet. Enligt Axelsson *et al.* (1994) beräknas inläckaget,  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), till ett cirkulärt dagbrott enligt:

$$Q = P\pi(r_0^2 - r_e^2)$$

Grundvattenbildningen till berg är 155 mm/år och inläckaget beräknas för de tre djupen 40, 80 och 120 meter. Influensavståndet varierar enligt Figur 5 i olika riktningar och kommer dessutom bero av bl.a. sprickbildningen i berg. I beräkningarna används dock ett genomsnittligt influensavstånd för respektive djup baserat på de teoretiska influensavstånden i Avsnitt 4.0. De genomsnittliga influensavstånden beräknas vara 320, 590 och 850 meter då det brutna djupet uppgår till 40, 80 respektive 120 meter.

Inläckaget uppskattas till 6 l/s ( $2,0 \cdot 10^5 \text{ m}^3/\text{år}$ ) vid 40 meters djup, 15 l/s ( $4,8 \cdot 10^5 \text{ m}^3/\text{år}$ ) vid 80 meters djup respektive 26 l/s ( $8,2 \cdot 10^5 \text{ m}^3/\text{år}$ ) vid 120 meters djup. De angivna siffrorna är exklusive nederbörd som faller direkt över dagbrottet.

Med en nederbörd på 630 mm/år bedöms den totala volym som kommer behöva länsställas från dagbrottet (inläckande grundvatten samt nederbörd) uppgå till i genomsnitt 16, 25 och 36 l/s för 40, 80 respektive 120 m brytningsdjup. Nederbörd som faller direkt över dagbrottet bedöms inte avdunsta i någon större utsträckning innan avbördning.

## 4.2 Känslighetsanalys

Det teoretiska influensavståndet beräknas utifrån den hydrauliska konduktivitet och grundvattenbildning som bedöms vara representativ för det område som berörs av avsänkningen kring dagbrottet. Den hydrauliska konduktiviteten varierar dock i olika riktningar då berget är heterogent, med olika typer av sprickbildning och egenskaper hos bergsmassan vilket gör dessa parametrar svårbestämda.

I känslighetsanalysen nedan varierar konduktivitet och grundvattenbildning till berg för att visa vilka effekter variationer av dessa parametrar får på influensavståndet. Känslighetsanalysen, som redovisas i Tabell 7, visar hur influensavståndet varierar då den hydrauliska konduktiviteten tillåts variera mellan  $5 \cdot 10^{-6}$ ,  $5 \cdot 10^{-7}$  och  $5 \cdot 10^{-8}$  m/s, och grundvattenbildningen mellan 100-210 mm/år.

**Tabell 7: Influensavstånd i meter med varierande djup (m), konduktivitet (m/s) och grundvattenbildning (mm/år).**

Djup (m)	40			80			120		
P (mm/år)	K=5,0 <sup>-8</sup>	K=5,0 <sup>-7</sup>	K=5,0 <sup>-6</sup>	K=5,0 <sup>-8</sup>	K=5,0 <sup>-7</sup>	K=5,0 <sup>-6</sup>	K=5,0 <sup>-8</sup>	K=5,0 <sup>-7</sup>	K=5,0 <sup>-6</sup>
100	150	440	1234	289	822	2265	419	1178	3226
155	122	360	1017	235	676	1871	343	970	2665
210	105	313	889	204	590	1638	298	848	2335

Av Tabell 7 framgår att det teoretiska influensavståndet varierar betydligt då den hydrauliska konduktiviteten och grundvattenbildningen varierar. Influensavståndet från gruvans kant kan således sträcka sig mer än tre km från gruvan eller begränsas till ca hundra meter.

Utifrån de regionala konduktiviteter som presenterats i avsnitt 3.2 kan den hydrauliska konduktiviteten utanför intrusionen antas närma sig den lägre av de konduktiviteter som känslighetsanalysen innefattar. Följaktligen kan influensavståndet väntas bli mindre än det teoretiska influensområdet som beräknats utifrån den hydrauliska konduktiviteten  $5 \cdot 10^{-7}$  m/s. För att minska osäkerheten behövs ytterligare undersökningar av hydraulisk konduktivitet och grundvattenbildning kring det framtida dagbrottet.

## 5.0 OMGIVNINGSPÅVERKAN

Våtmarker, sjöar och vattendrag, samt hushålls- och energibrunnar kan påverkas av en grundvattenavsänkning, och det beskrivs nedan om sådana ligger inom det teoretiska influensområdet. Vattenförluster till följd av grundvatteninflöde till gruvan kan påverka de naturliga flödena i omkringliggande sjöar, vattendrag etc. Förhållandet mellan läckage och totalt flöde för respektive delavrinningsområde har uppskattats för de tre scenarier då dagbrottets djup når 40, 80 respektive 120 meter. De berörda delavrinningsområdena är de som till någon del ligger inom influensområdet (Figur 5) vilka är följande:

- *Delavrinningsområde 1.* Större delen av det sökta bearbetningsområdet ligger inom detta område, vars totala vattenflöde uppgår till ca  $2,1 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/år (Avsnitt 3.3),
- *Delavrinningsområde 2.* Området ligger till söder om (och innefattar delvis) det sökta bearbetningsområdet. Dess totala flöde uppgår till  $3,0 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/år enligt SMHI (2011c).
- *Delavrinningsområde 3.* Området ligger direkt väster om det sökta bearbetningsområdet, och har ett totalt vattenflöde på ca  $5,3 \cdot 10^5$  m<sup>3</sup>/år (SMHI, 2011c),

Vilka effekter ett visst grundvatteninflöde till gruvan kommer ha på vattennivåerna i respektive delavrinningsområde beror på dess totala flöde, genomsläpplighet i jord och den hydrauliska kontakten mellan jord och berg. Förändringar i vattennivåer kan t.ex. begränsas av sediment med låg genomsläpplighet som ofta täcker botten av sjöar och vattendrag. Då förhållandet mellan inläckage och totalt flöde är stort, d.v.s. då vattenflödet i ett delavrinningsområde är betydligt större än läckaget därifrån, är påverkan på flöden i sjöar och vattendrag inom området mycket begränsade och vattennivån kommer då sannolikt inte att förändras.

Genomsläppligheten i jord och mellan jord och berg bör utredas närmare för att få en bättre uppfattning om de effekter som kan uppkomma av grundvattenavsänkningen. Därefter kan lämpliga åtgärder utredas, som att rena inläckande vatten så väl att det kan ledas tillbaka till sjön Gyllingen eller vattendraget för att kompensera läckaget.

### 5.1.1 40 meters djup

Med ett brutet djup på 40 meter sträcker sig influensavståndet i berg ca 200 - 360 meter från dagbrottets kant beroende på riktning. Det kommer innefatta två energibrunnar (Figur 5), de bebyggda områdena Kaxtorp och delar av Lakarp samt angränsa till del av väg E4.

Inläckaget till gruvan, som uppskattas till 6 l/s eller  $2,0 \cdot 10^5$  m<sup>3</sup>/år, kommer till största del från Delavrinningsområde 1. Inom detta ligger ca tre fjärdedelar av det teoretiska influensområdet. Motsvarande del av inläckaget uppskattas komma från samma delavrinningsområde, vilket motsvarar 1/14-del av dess totala flöde. Omkring en fjärdedel av flödet uppskattas komma från Delavrinningsområde 2, vilket motsvarar 1/60-del av delavrinningsområdets totala flöde. En mindre del av inläckaget kan också komma från Delavrinningsområdet 3.

### 5.1.2 80 meters djup

Då det brutna djupet når 80 meter har influensavståndet beräknats till ca 350 – 680 meter från dagbrottets kant. Det betyder att de bebyggda områdena som nämnts ovan (Kaxtorp, Lakarp) samt delar av Långliden och Ingfrearp innefattas av influensområdet. Västerut innefattar influensområdet en mindre del av väg E4. Det är dock inte sannolikt att vägen kommer påverkas genom sättningar eller liknande eftersom vägen rimligen inte har en grundvattenkänslig uppbyggnad. Vidare finns inom influensområdet tre energibrunnar och en hushållsbrunn, se Figur 5.

Det totala grundvatteninflödet till gruvan vid 80 meters brytningsdjup har uppskattats till 15 l/s eller  $4,8 \cdot 10^5$  m<sup>3</sup>/år. Ca två tredjedelar av influensområdet kommer att ligga inom Delavrinningsområde 1. Motsvarande del



av inläckaget, d.v.s.  $3,2 \cdot 10^5 \text{ m}^3/\text{år}$ , utgör 1/6-del av det totala flödet i delavrinningsområdet.

Delavrinningsområdena söder- och väster om dagbrottet upptar ca två niondelar respektive en niondel av influensområdet, och utflödet därifrån kan då antas motsvara 1/30-del respektive 1/10 av dess totala vattenflöde.

### 5.1.3 120 meter djup

Det sista studerade djupet på 120 meter leder till ett influensavstånd på ca 500 - 970 meter. Då innefattas hela de bebyggda områdena som nämnts ovan, samt delar av Mörstorp i söder. Det kommer dessutom innefatta sjön Gyllingen öster om dagbrottet, vattendraget som leder vatten från sjön ner mot Vättern, samt angränsa till Narbäcken som ligger i det angränsande delavrinningsområdet i sydlig riktning. Inom influensområdet finns tre energibrunnar och tre hushållsbrunnar. Västerut innefattar det avsänkta området nu ett par km av väg E4.

Grundvatteninflödet då gruvan är 120 meter djup har beräknats vara 26 l/s eller  $8,2 \cdot 10^5 \text{ m}^3/\text{år}$ . Ca två tredjedelar av influensområdet ligger inom Delavrinningsområde 1. Samma andel av inläckaget, d.v.s.  $5,5 \cdot 10^5 \text{ m}^3/\text{år}$ , bedöms komma från detta. Det motsvarar ca en fjärdedel av det totala flödet i delavrinningsområdet.

Resterande inläckage antas komma från Delavrinningsområdena 2 och 3, som innehar ca två niondelar respektive en niondel av influensområdet. Det totala flödet i Delavrinningsområde 2 är ca 16 gånger så stort som läckaget därifrån och det totala flödet från Delavrinningsområde 3 är ca 6 gånger så stort som läckaget.

### 5.1.4 Omgivande naturmiljö

Bortom det teoretiska influensavståndet, drygt 1,6 km nordväst om Norra Kärr, finns naturreservatet Holkaberg och Narbäck beläget mellan Vätterns strand och väg E4. Där återfinns en betydande mängd ovanliga växter och djur. Holkaberg utgör även ett Natura 2000-område (*Länskarter, 2009*). Dessa områden kommer sannolikt inte påverkas av grundvattenavsänkningen.

Väster om området ligger Vättern på mindre än 1,3 km avstånd. Sjön Vättern är ett Natura 2000-område, som även innefattar en del av Vätterns strandkant (*Länskarter, 2009*). Det är dock inte möjligt att Vättern eller dess strandkant kommer att påverkas överhuvudtaget av grundvattenavsänkningen då avståndet är långt, Vätterns volym är stor och den naturliga grundvattennivån sjunker i västlig riktning som diskuterats i Avsnitt 4.0 (även Figur 4).

Ytterligare ett naturreservat och Natura 2000-område, Hulusskogen, ligger ca 4,5 km sydost om Norra Kärr. Området är barrskogsbeväxt höjdområde och framförallt känt för förekomsten av större vattensalamander. Dessutom ligger ett antal sjöar, (Gransjön, Hullsjön och Stensjön) cirka 4 km från Norra Kärr i sydostlig riktning (*Länskarter, 2009*). Det är dock osannolikt att dessa kommer påverkas till följd av framtida länshållning i gruvan.

## Källor

- Alexandersson H., 2009. Vindstatistik för Sverige 1961-2004. Nr 121, Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut. Tillgänglig på <[www.smhi.se/polopoly\\_fs/1.1895!meteorologi\\_121-06%5B1%5D.pdf](http://www.smhi.se/polopoly_fs/1.1895!meteorologi_121-06%5B1%5D.pdf)>
- Axelsson C-L., Ekstav A. och Hansen L., 1994. DJUPFÖRVAR Avsänkning runt gruvor. PR 44-94-026, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Axelsson C-L., Follin S., 2000. Grundvattensänkning och dess effekter vid byggnation och drift av ett djupförvar. R-00-21, Svensk Kärnbränslehantering.
- Dahlström B., 2006. Regnintensitet i Sverige – en klimatologisk analys. VA-Fors rapport Nr 2006-26
- Golder Associates AB, 2010. HydroBench Tutorial Version 1.1. Software tutorial, Hydrobench version 1-5-1.
- Grip H., Rodhe A., 1994. Vattnets väg från regn till bäck. Hallgren & Fallgren, Uppsala.
- Gustafson G., 2009. Hydrogeologi för bergbyggare. ISBN 978-91-540-6029-0, Forskningsrådet Formas.
- Lindström G., Pers C., Rosberg J., Strömqvist J., Arheimer B., 2010. Development and testing of the HYPE (Hydrological Predictions for the Environment) water quality model for different spatial scales. IWA Publishing.
- Länkartor, 2009. Tillgänglig 2011-12-14 på <<http://www.gis.lst.se/lanskartor/htm/viewer.asp>>
- Länsstyrelserna & Vattenmyndigheterna, 2011. VISS Vatteninformationssystem Sverige. Tillgänglig 2011-12-14 på <<http://www.viss.lst.se/MapPage.aspx>>
- Mårtensson E., Gustafsson L-G., Bosson E., 2009. Effects on surface hydrology and near surface hydrogeology of an open repository in Laxemar. R-09-36, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Naturvårdsverket, 2011. Tillgänglig 2011-12-14 på <<http://www.naturvardsverket.se/sv/Start/Naturvard/Skydd-av-natur/Omraden-av-riksintresse/>>
- SGU, 1989. Beskrivning till kartan över grundvattnet i Jönköpings län. Sveriges geologiska undersökningar.
- SGU, 1997. Beskrivning till kartan över grundvattnet i Östergötlands län. Sveriges geologiska undersökningar.
- SGU, 2011. Jordartskartan Generell undersökning. Sveriges geologiska undersökning.
- SMHI, 2011a. Temperaturstationer. <<http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur/dataserier-med-normalv%C3%A4rden-1.7354>>. Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut.
- SMHI, 2011b. Nederbördstationer Tillgänglig 07/12 på <<http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur/dataserier-med-normalv%C3%A4rden-1,7354>>. Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut.
- SMHI, 2011c. SMHI VattenWeb. Tillgänglig 2011-12-13 på < <http://vattenweb.smhi.se/> >. Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut.

Stockholm, 2012-06-15



Hanna Lindfors  
Handläggare

Luleå, 2012-06-15



Erik Karlsson  
Uppdragsledare

HL/EK

i:\projekt\2011\1170256 tasman metals\06 rapporter\slutlig\hydrogeologisk\_beskrivning\_20120615.docx

## **Bilagor**

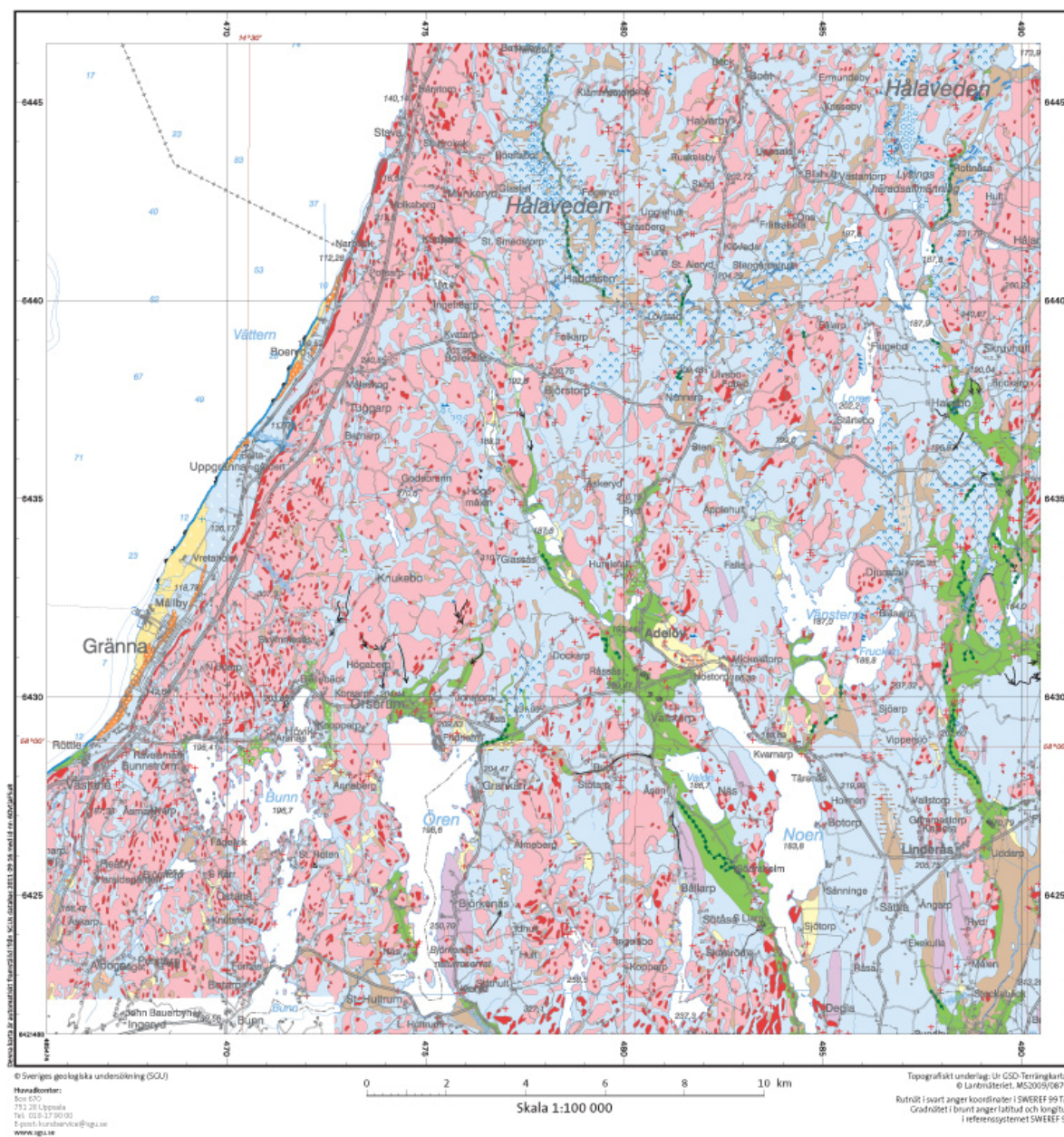
Bilaga 1 SGUs jordartskarta över Norra Kärr

Bilaga 2 Jorddjup vid fyndigheten i Norra Kärr

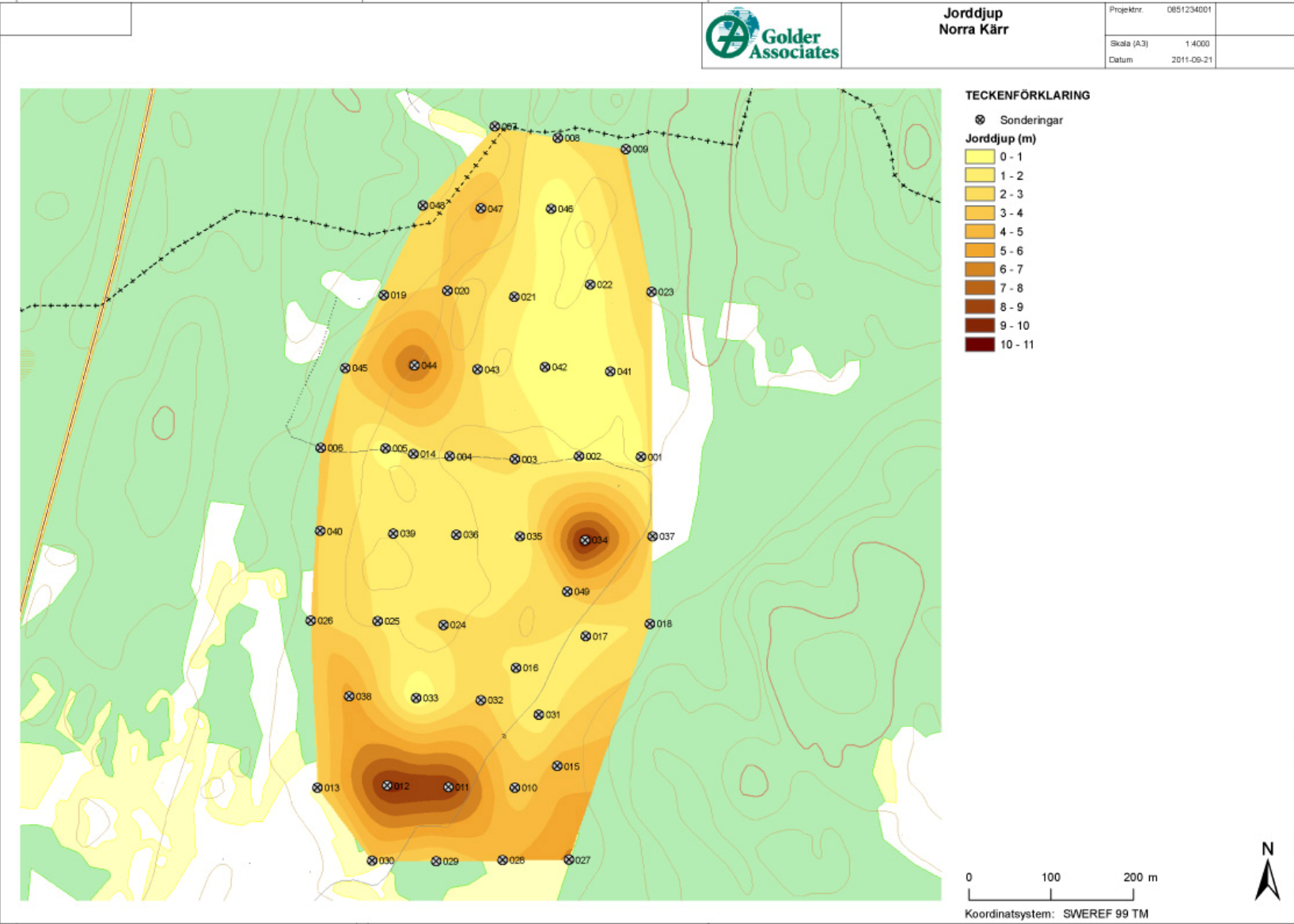
Bilaga 3 Grundvattennivå vid fyndigheten i Norra Kärr



## BILAGA 1: SGU:s jordartskarta



BILAGA 2: Jorddjup vid fyndigheten i Norra Kärr





### BILAGA 3: Grundvattennivåer vid fyndigheten i Norra Kärr

