



## Underlagsrapport, Hydrogeologi

Göteborg 2003-06-13

Beställare: Kungälv kommun  
Hydrogeologisk undersökning, Rörtången och  
Ödsmåls Mosse

Jakob Magnusson  
**Tyréns AB**

<b>SAMMANFATTNING .....</b>	<b>3</b>
<b>1 INLEDNING .....</b>	<b>3</b>
<b>2 UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR.....</b>	<b>3</b>
<b>3 OMRÅDESBESKRIVNING.....</b>	<b>4</b>
<b>4 GEOLOGISKA OCH HYDROGEOLOGISKA FÖRUTSÄTTNINGAR .....</b>	<b>5</b>
4.1 Berggrunden.....	5
4.2 Jordarter.....	6
4.3 Inventering av enskilda brunnar .....	7
4.4 Vattennivåmätning och avvägning .....	8
4.5 Konduktivitetmätning.....	9
4.6 Slugtest i enskilda brunnar .....	13
4.7 Beräkning av grundvattenuttag.....	13
<b>5 GRUNDVATTENMODELL .....</b>	<b>15</b>
5.1 Uppbyggnad .....	15
5.2 Indata .....	15
5.3 Kalibrering .....	16
<b>6 BEDÖMNING AV GRUNDVATTENTILLGÅNGAR.....</b>	<b>16</b>
6.1 Grundvattenbildning .....	16
6.2 Bedömning av uttagbar vattenmängd .....	17
6.3 Bedömning av vattenkvalitet.....	19
6.4 Hushållning och skydd av grundvattenresurs .....	19
<b>7 FÖRSLAG PÅ VIDARE UNDERSÖKNINGAR .....</b>	<b>20</b>
7.1 Grundvattennivåmätningar .....	20
7.2 Konduktivitetmätningar .....	20
7.3 Slugtest.....	20
7.4 Grundvattenmodellering utifrån årstidsförändringar .....	20
7.5 Avloppsinventering .....	20
7.6 Sammanställning av vattenanalyser/vattenprovtagning.....	21
7.7 Framtagning av plan för framtida vattenuttag och vattenskydd .....	21

## SAMMANFATTNING

- Den beräknade utvinningsbara grundvattenbildningen för Rörtången och Ödsmåls Mosse är minst **230** m<sup>3</sup>/d ställt mot ett beräknat grundvattenuttag på **140** m<sup>3</sup>/d i dagsläget, vilket indikerar att finns möjligheter att öka uttaget i området avsevärt utan några problem skulle uppstå.
- Det finns inget som tyder på att inträngning av havsvatten skulle vara något problem, däremot skulle reliktvatten kunna vara det.
- Indikationer på påverkan av grundvattnet från befintliga avlopp finns och detta bör undersökas vidare.
- För att kunna göra en bra bedömning av vad ett ökat permanentboende får för effekt på grundvattenresursen på längre sikt är grundvattennivåmätningar under en längre period nödvändiga.

## 1 INLEDNING

På uppdrag av Kungälv kommun har Tyréns AB utfört en bedömning av vattenresurserna för områdena Rörtången och Ödsmåls Mosse i Kungälv kommun. Anledningen är en revidering av gällande detaljplan vilket skulle kunna innebära fler åretruntboende med en ökad vattenförbrukning som följd.

Aktuellt område ligger intill havet och är kraftigt kuperat. Merparten av avrinningsområdet består av berg i dagen vilket medför att grundvattenbildningen i området är begränsad. Närheten till havet innebär även att risken för saltvatteninträngning måste beaktas i samband med planförändringen för området.

Eftersom berggrunden utgör det viktigaste grundvattenmagasinet i området och merparten av vattenuttaget sker därifrån har denna undersökning endast gällt berggrunden. Jordlagren kan dock vara av betydelse även som vattenmagasin.

## 2 UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR

Utredningen har haft följande moment:

- Genomgång av befintligt material
- Inhämtning av brunndata från SGU:s brunnarkiv
- Telefonkontakt med fastighetsägare

- Fältinventering av aktuella brunnar.
- Grundvattennivåmätningar och konduktivitetmätningar i aktuella brunnar.
- Slugtest i utvalda brunnar
- Hydrogeologiska beräkningar, modelleringar och bedömningar
- Sammanställning

### 3 OMRÅDESBESKRIVNING

Ödsmålshalvön med udden Rörtången mot Brattön ligger mellan Ödsmåls kile i norr och Lökebergs kile i söder (se figur 1).

Bergsryggen Ödsmål-Skåra reser sig kraftigt ur landskapet den är väl bevuxen förutom bergstopparna och de allra brantaste partierna

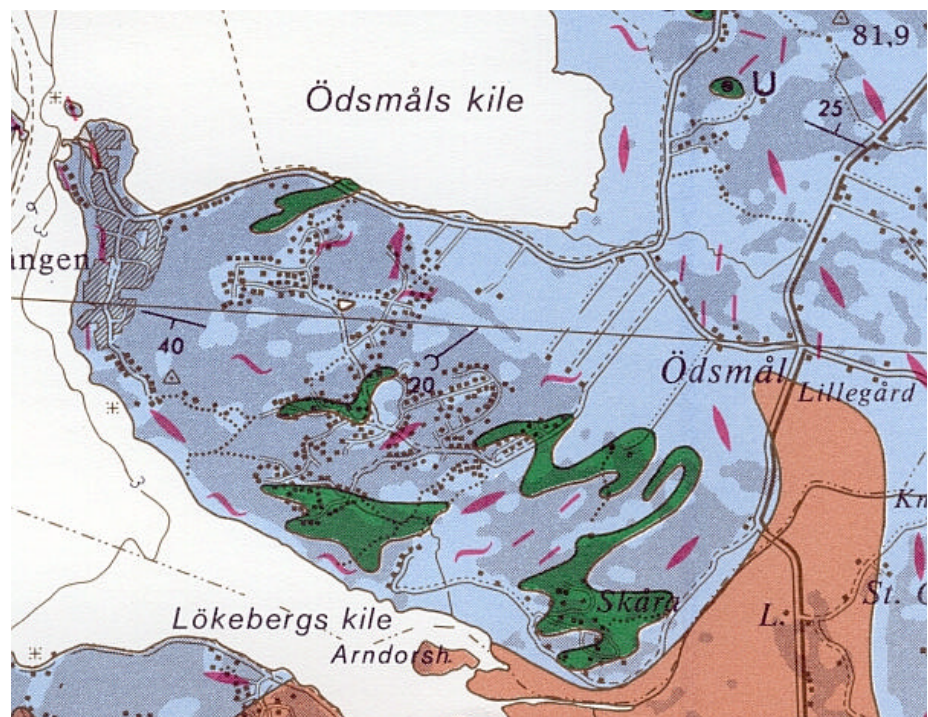


figur 1 Översikt, Rörtången och Ödsmåls Mosse

## 4 GEOLOGISKA OCH HYDROGEOLOGISKA FÖRUTSÄTTNINGAR

### 4.1 Berggrunden

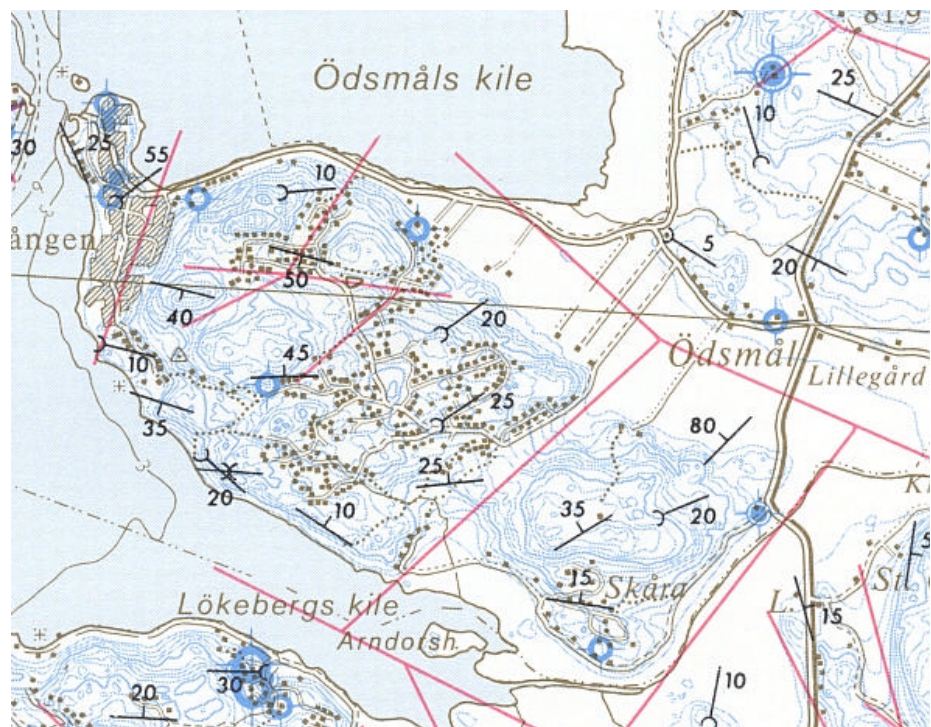
Berggrunden i området utgörs av en grå, fin- till medelkornig gnejs. Gnejsen har sedimentärt ursprung och ingår i Stora Le-Marstrandsformationen som till stor del utgörs av glimmerrika gnejsomvandlade ytbergarter. Gnejsen är till största delen kraftigt förskiffrad. Förskiffringen stupar i flack vinkel, 20°-25° neråt från horisontalplanet mot öster. Även inslag av metabasit och pegmatitådror förekommer (se figur 2).



**figur 2** Berggrunden på Ödsmåls halvön. Från SGU:s berggrundskarta, SGU Serie Af, nr 146.

Enligt SGU:s karta över grundvattnet (SGU Serie Ah nr 12) så är uttagsmöjligheterna av grundvatten i berggrunden mindre goda för Ödsmåls Mosse och Rörtången. Berggrunden utgör trots detta det viktigaste grundvattenmagasinet för området och de flesta får i dagsläget sitt vatten härifrån.

Eftersom grundvattnet nästan rör sig uteslutande i sprickor i berggrunden så har förekomsten av sprickzoner stor betydelse för vattentransporten. SGU:s strukturgeologiska karta visar att några geologiska lineament som troligen är sprickzoner återfinns inom området (se figur 3).



**figur 3** Strukturgeologi för Ödsmålshalvön. Röda linjer representerar lineament som troligen är sprickzoner. Från SGU:s strukturgeologiska karta, SGU Serie Af, nr 146.

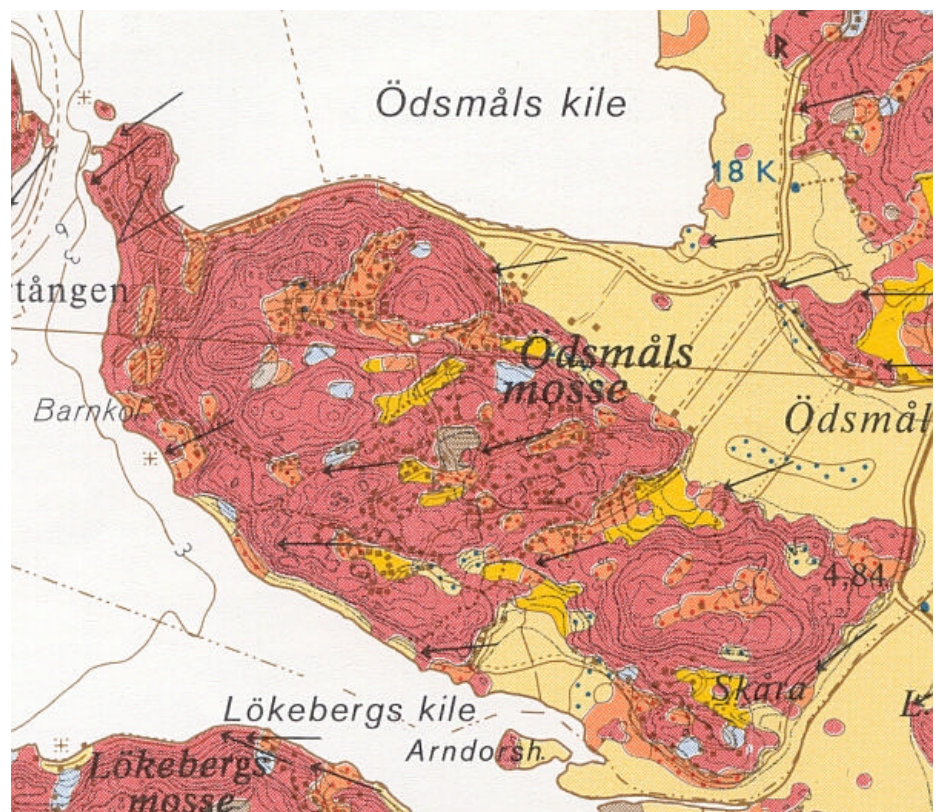
## 4.2 Jordarter

SGU:s jordartskarta visar att större delen av Ödsmåls Mosse och Rörtången saknar jordtäckte och att berget går i dagen (se figur 4). Jordlager återfinns endast i de mera centrala delarna av höjdområdena samt nedanför branterna utmed kustlinjen. Förekommande jordarter är torv, glacial finlera, postglacial fin- och grovlera samt morän och svallsediment av grus. Med andra ord är variationen stor inom det aktuella området. Den största utbredningen har svallsedimenten.

I realiteten är en betydligt större del av området, än vad som framgår av jordartskartan, täckt av jordlager. SGU:s generaliseringar av det

färdiga kartmaterialet tillåter dock bara att jordtäckning av en viss mäktighet och utbredning tas med på kartan.

Jordlagrens begränsade utbredning och mäktighet gör att möjligheten till vattenuttag är begränsat. Det är dock sannolikt att de större, sammanhängande områdena av grus uppe på Ödsmåls Mosse skulle kunna ge betydande mängder vatten.



**figur 4** Jordarter på Ödsmåls halvön. Röda områden = berg i dagen, Ljuskult/gult=lera, Orange=grus, Blått=morän, Brunt=torv. Från SGU:s jordartskarta, SGU Serie Ae, nr 63.

Även om jordlagren inte räcker till stora vattenuttag spelar de stor roll för grundvattenbildningen till berget eftersom det håller kvar nederbörden ovanför berget som annars snabbt skulle rinna av.

### 4.3 Inventering av enskilda brunnar

Inventering av brunnar har endast skett genom att hämta in data från SGU:s brunnsarkiv. Egentligen är alla brunnsbörare skyldiga att lämna in uppgifter om nya brunnar till SGU, detta sker tyvärr inte alltid.

Äldre brunnar saknas ofta i registret och brunnar i jordlagren saknas som regel. Ofta finns betydligt mindre än hälften av befintliga brunnar registrerade i brunnsarkivet. Trots detta är antalet registrerade brunnar på Ödsmålshalvön mer än tillräckligt stort för att ge ett bra undersökningsunderlag.

Fördelen med att använda brunnar som finns i brunnsarkivet är att man här oftast kan inhämta uppgifter om brunnens läge, djup, jordlagrens mäktighet vid brunnsläget, uppskattad brunnskapacitet och en hel del annat.

Utifrån uppgifterna i brunnsarkivet valdes ett antal brunnar ut för vidare undersökningar. Fastighetsägarna för varje brunn kontaktades för att få tillstånd till planerade undersökningar.

Eftersom berget utgör huvudmagasinet i området, och den absoluta merparten av dagens grundvattenuttag sker ur berget genomfördes ingen inventering av jordbrunnar i denna undersökning.

## 4.4 Vattennivåmätning och avvägning

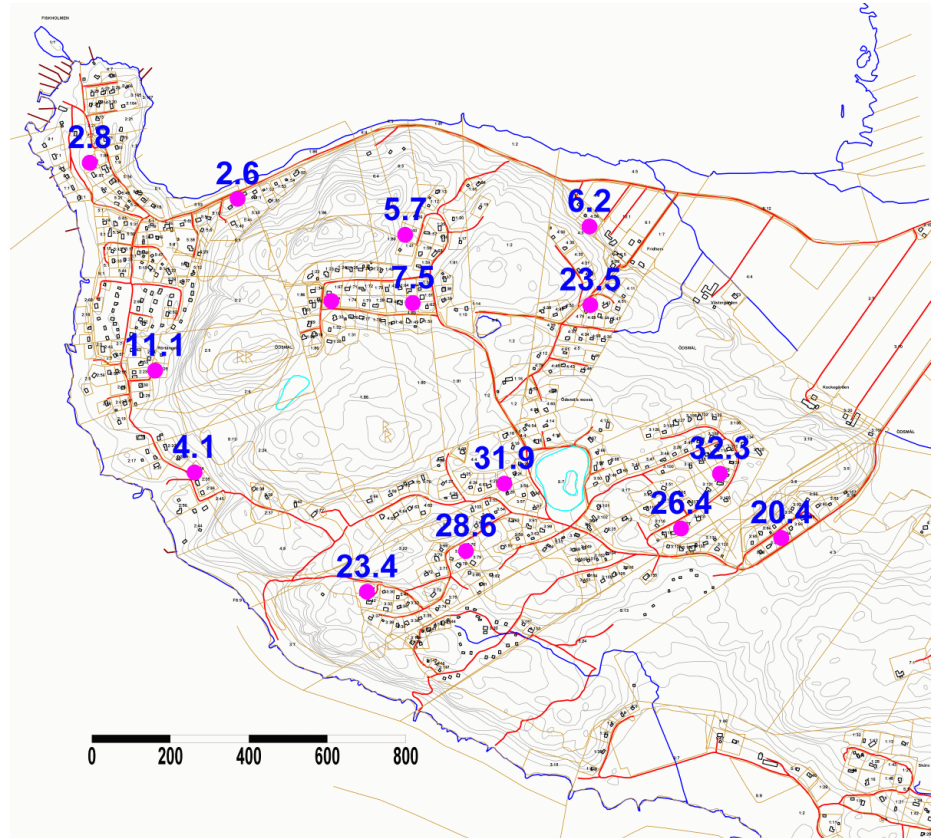
### 4.4.1 Metod

I de brunnar där tillstånd erhöles (se *figur 5*) mättes grundvattennivån med ljuslod. Brunnarnas position och höjd över havet mättes också med DGPS för att kunna räkna ut grundvattenytans höjd över havet.

### 4.4.2 Resultat

Djupet ned till grundvattennivån varierar kraftigt inom området från knappt 4 m i en brunn i Rörtången till över 50 m i en brunn uppe på Ödsmåls Mosse där kabeln till ljuslodet ej räckte till för mätning. Som förväntat låg grundvattennivån djupt under markytan i höjdområdena, och nära marken nere vid kustlinjen. Mätt i meter över havet är resultatet i stort det förväntade. Brunnarna nära havet har de lägsta nivåerna, medan brunnarna uppe på höjden visar de högsta nivåerna (se *figur 5*). Grundvattengradienten är alltså som förväntat riktad från höjden mot havet. Värt att notera är de anmärkningsvärt låga grundvattennivåerna från området nordväst om mossen. Trots att det ligger relativt högt över havsytan är de uppmätta grundvattennivåerna lägre än 10 m över havet. Detta beror sannolikt att en större sprickzon är belägen här och fungerar som en dränering. Enkelt uttryckt kan man säga att sprickzonen transporterar bort vattnet snabbare än omgivande berg vilket gör att grundvattennivån blir lägre. SGU:s





**figur 5** Bergborrade brunnar som använts för grundvattennivå- och konduktivitetmätningar. Siffrorna anger grundvattennivåerna i meter över havet 2003-05-15.

strukturgeologiska karta (*figur 3*) bekräftar detta. Två markerade lineament korsar varandra i det aktuella området.

## 4.5 Konduktivitetmätning

### 4.5.1 Metod

I samband med att grundvattennivåerna mättes i brunnarna togs också vattenprover för konduktivitetmätningar. Mätningarna utfördes med en så kallad Multimeter direkt i fält. Där så var möjligt togs proverna direkt ur brunnarna, i övrigt togs proverna från vattenkranar i respektive fastighet.





Konduktiviteten i vattnet svarar indirekt mot kloridhalten. I Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för grundvatten finns en omvandlingstabell från konduktivitet till kloridhalt (Tabell 1), samt en indelning i klasser efter kloridhalter (Tabell 2). Mätvärdena från

konduktivitetmetningarna i Rörtången och på Ödsmåls Mosse har räknats om och klassats enligt dessa.

**Tabell 1**

Kloridhalt (mg/l)	Elektrisk konduktivitet (mS/m)
<20	<30
>50	>50
>100	>70
>300	>100

**Tabell 2**

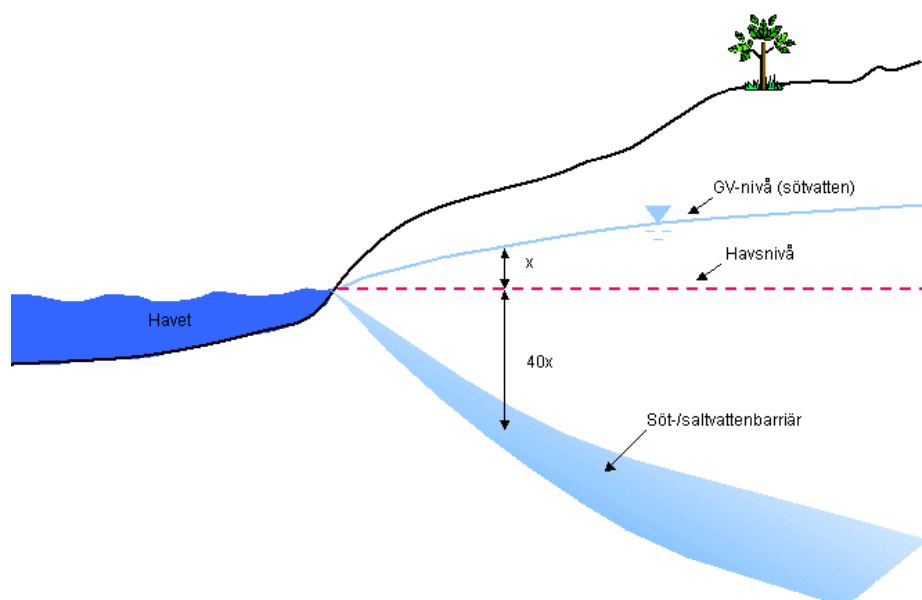
Klass	Benämning	Klorid (mg/l)	Beskrivning
1 	Låg halt	< 20	
2 	Måttlig halt	20–50	
3 	Relativt hög halt	50–100	
4 	Hög halt	100–300	Risk för korrosionsangrepp på ledningar
5	Mycket hög halt	> 300	Risk för smakförändringar

#### 4.5.2 Resultat

Totalt sett är konduktivitetvärdena från de brunnar där mätningar gjorts i området ej särskilt höga. Några undantag finns som visar på förhöjda värden, dock ej så höga att det föreligger några större problem med vattenkvalitén.

Det resultat man hade förväntat sig var att de högsta värdena skulle återfinnas i de brunnar som var belägna närmast havet och var djupt borrhade. Förhållandet mellan salt havsvatten och sött grundvatten är nämligen det att saltvattnet är tyngre än sötvattnet. Detta gör att sötvattnet kommer att flyta ovanpå saltvattnet. Det tyngre saltvattnet kommer att gå in som en kil under kustlinjen och mellan salt och sötvattnet kommer en barriär med bräckt vatten att bildas (se figur 6). Detta gör att en djup brunn nära kusten kommer att löpa störst risk att komma i kontakt med söt-/saltvattenbarriären och dra på sig grundvatten med förhöjd salthalt.

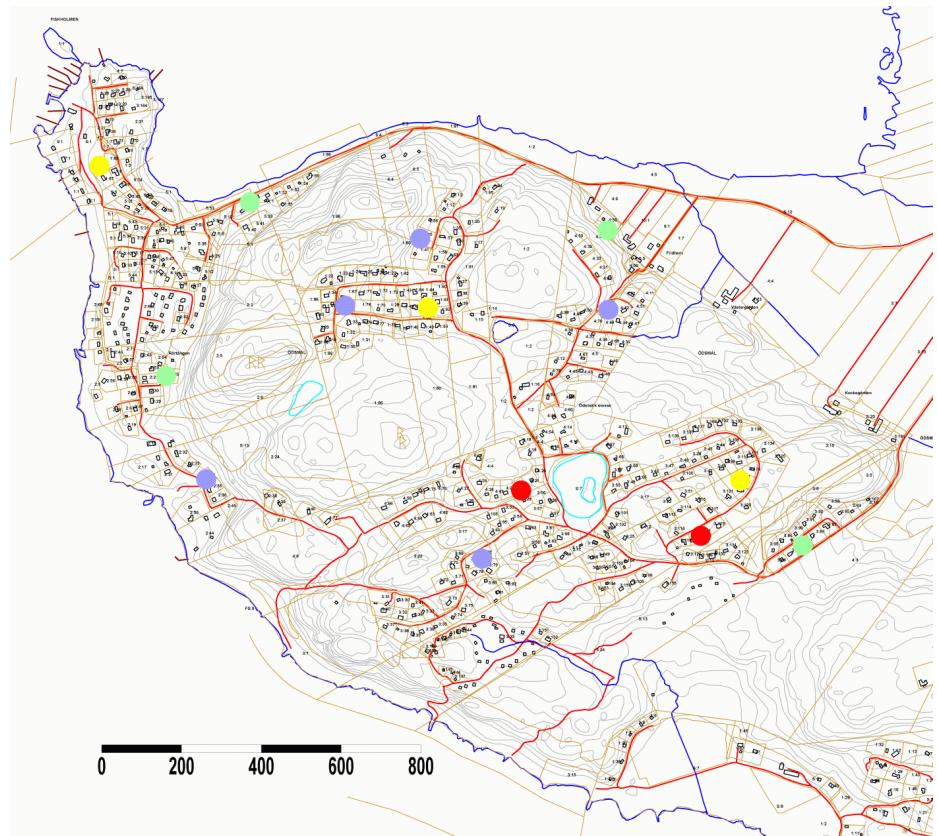
Resultatet från mätningarna visar inte på något entydigt resultat. De allra lägsta värdena hittar man faktiskt i brunnar som ligger nära havet och är relativt djupa tvärtemot vad man skulle vänta sig (se figur 7). Även tidigare undersökningar av konduktivitet i Rörtången (Bergab, 2002) visade på låga nivåer i brunnar nära havet. De allra högsta, och egentligen enda värdena som säkert visar på tydlig påverkan, återfinns högt upp och långt ifrån havet i områden där man skulle förvänta sig minst påverkan. Att inga höga värden har påträffats i kustlinjen tyder på att inträngande havsvatten inte utgör något stort problem med dagens uttagsnivåer.



**figur 6** Teoretisk modell för förhållandet mellan sött och salt vatten vid kustlinjen.

De förhöjda värdena uppe på Ödsmål's Mosse kan bero på olika saker. Dels kan det röra sig om relict saltvatten, dvs. havsvatten som finns kvar på högre nivåer sedan den tid då havet stod högre i samband med isavsmältningen. Skulle detta vara problemet kan inte mycket göras för att åtgärda det, annat än att hålla tillbaka på uttaget eller söka nya brunnslägen. Spridningen av förhöjda värden är dock svårtolkad. Man skulle förvänta sig att det skulle vara de djupaste brunnarna med störst uttag som uppvisade högst värden eftersom sötvattnet vilar ovanpå det saltare vattnet som beskrivits tidigare. Mätningarna visar dock inte på något samband mellan brunnsdjup och höga konduktivitetsvärden. Någon jämförelse mellan uttagsmängder och konduktivitet har inte kunnat göras efter som tillräckligt dataunderlag saknas, inga större uttag görs dock i någon av de undersökta brunnarna.

Andra faktorer som kan höja konduktiviteten hos grundvatten är påverkan från exempelvis avlopp. Denna typ av påverkan skulle kunna förklara de förhöjda värdena uppe på Ödsmåls Mosse där ett flertal mindre avloppsanläggningar finns. En tidigare undersökning (Bergab, 2000) av ett antal brunnar på Ödsmåls Mosse visade på något förhöjda



*figur 7 Färgerna visar vilken klass brunnarna hamnar i enligt **Tabell 2** efter att konduktivitetensvärdena räknats om till kloridhalt enligt **Tabell 1**. **Grönt**=låg halt, **blått**=måttlig halt, **gult**=relativt hög halt och **rött**=hög halt. Klassningen är gjord efter Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för grundvatten.*

halter av nitritkväve i två brunnar, vilket kan indikera påverkan från avlopp. Flera kemiska vattenanalyser kan hjälpa till att ge svaret på ursprunget till de höga konduktivitetensvärdena.

## 4.6 Slugtest i enskilda brunnar

### 4.6.1 Metod

Fem stycken brunnar belägna i olika delar av området valdes ut för att utföra så kallade slugtest. Slugtesten genomfördes genom att vatten hölls ned i brunnarna. Hur snabbt vattennivån sedan sjönk tillbaka registrerades av en grundvattenlogger. Sjunkhastigheten kan sägas vara ett mått på bergets vattengenomsläpplighet. Resultaten utvärderades genom en vedertagen metod kallad Bouwer & Rice.

### 4.6.2 Resultat

Enligt SGU:s Beskrivning till kartan över grundvattnet (*SGU Serie Ah nr 12*) så är den hydrauliska konduktiviteten för Stora Le-Marstransformationen regionalt  $2 \times 10^{-8}$  m/s. De utförda slugtesten gav resultat i spannet  $2,5 \times 10^{-8}$  m/s till  $1,3 \times 10^{-6}$  m/s. Totalt sett visade försöken på en betydligt högre hydraulisk konduktivitet än vad SGU föreslagit. Kontakter med SGU visade att de använt en olämplig metod för att beräkna konduktiviteten utifrån brunnsarkivets data. Jämförelser med uppgifter från brunnsarkivet och de genomförda slugtesten visar på att den regionala hydrauliska konduktiviteten för Rörtången och Ödsmåls Mosse bör ligga runt  $10^{-7}$  m/s.

## 4.7 Beräkning av grundvattenuttag

### 4.7.1 Metod

Det finns schablonberäkningar för vad ett hushåll förbrukar per dygn. Dessa beräkningar har dock en tendens att överskatta vattenförbrukningen eftersom moderna hushållsmaskiner och toaletter drar mindre vatten än tidigare. Det kan också bli missvisande att applicera beräkningarna på ett område där en stor del av hushållen ej är permanentboende eftersom vattenförbrukningen sannolikt ser annorlunda ut för deltidsboende.

I samband med brunnsinventeringen var dock Ronald Lassen vänlig nog att låna ut den mycket noggrant förda dagboken för Rondans vattensamfällighet. Här återfanns dygnsförbrukningen för det senaste året för samfälligheten som under perioden bestått av totalt 33 hushåll varav 22 var permanentboende. Utifrån detta kunde en snittförbrukning, som bättre svarade mot de lokala förhållandena räknas fram.

Utifrån variationerna under året kunde skillnad på högsäsong och lågsäsong tas fram. Högsäsongen beräknades vara under fyra månader under våren och sommaren och lågsäsongen resterande åtta. Under lågsäsongen räknades snittförbrukningen per hushåll ut, baserat på 22 hushåll och under högsäsongen baserat på 33 hushåll.

Genomsnittsvärdet för uttag per hushåll under ett år slogs ut på samtliga 33 hushåll.

De värden som erhöles bygger alltså på en uppskattning och är som alla uppskattningar behäftad med osäkerheter. Det är dock sannolikt en bättre uppskattning än schablonvärden eftersom den speglar lokala förhållanden.

#### 4.7.2 Resultat

Tabell 3 visar de beräknade värdena för hög och lågsäsong. Värdena är sannolikt något låga. Vatten som används till bevattning tas normalt ur egna brunnar och kommer därför inte med i denna beräkning, de vanligt förekommande problemen med järn och mangan gör att många måste backspola filter med 200-300 liter per vecka. Detta syns inte heller i statistiken från samfälligheten. Snittförbrukningen utslaget på ett år skulle utifrån de beräknade värdena vara ca 0.22 m<sup>3</sup>/d. För vidare beräkningar används **0.3** m<sup>3</sup>/d för att kompensera för backspolningen och för att ge en beräkning som ej underskattar uttaget.

Tabell 3

Snittförbrukning/hushåll (m <sup>3</sup> /d)	
Högsäsong (33 hushåll)	Lågsäsong (22 hushåll)
0.31	0.26

Totalt finns ca 460 hushåll inom det aktuella området. Detta ger ett totaluttag från samtliga hushåll, utslaget på ett år, enligt följande:

Tabell 4

Totalt dygnsuttag för området utslaget på ett år
<b>460×0.3 = 138 m<sup>3</sup>/d</b>

Det totala uttaget för området beräknas alltså till ca **140** m<sup>3</sup>/d.

## 5 GRUNDVATTENMODELL

För att kunna göra en bedömning av vattentillgången jämfört med vattenuttaget användes en grundvattenmodell. Fördelen med en modell är att beräkningar kan göras baserat på grundvattennivåer, grundvattenuttag och nybildning av grundvatten parallellt. Att beräkna detta analytisk vore ej genomförbart.

Modellen har byggts upp i programmet Visual Modflow version 2.8.2. Begränsningen hos modellen är att den inte tar hänsyn till densitetsskillnaderna mellan havsvatten och grundvatten. Man kan alltså bara jämföra tillgången på grundvatten med uttaget, ingen direkt beräkning av risken för saltvatteninträngning kan göras.

Eftersom endast en grundvattennivåmätning utförts så fanns ingen möjlighet att jämföra modellen mot förändringar under olika säsonger. Man kan inte heller beräkna vad bergets magasineringsförmåga har för betydelse för grundvattentillgången. För att detta ska vara möjligt måste mätningar göras kontinuerligt under en längre period. Att endast använda en grundvattennivåmätning ger naturligtvis stora osäkerheter, men modellen kan ändå ge en relativt god uppskattning av grundvattentillgången.

### 5.1 Uppbyggnad

Först konstruerades en topografisk modell över Rörtången och Ödsmåls Mosse utifrån tillgängliga grundkartor. Denna modell användes som bas i grundvattenmodellen. I denna modell lades fysiska förutsättningar som vattendrag och havsnivå in varefter hydrogeologiska data kunde börja matas in.

### 5.2 Indata

#### 5.2.1 Grundvattenuttag

Det beräknade medeluttaget per hushåll under ett år (se rubrik 4.4.2) användes i modellen. För att få en vettig fördelning av uttaget över området placerades 150 st fiktiva brunnar ut godtyckligt inom de bebyggda områdena inom området. Det totala uttaget fördelades jämt i dessa brunnar med undantag för den kända sammfällighetsbrunnen som fick ett högre uttag motsvarande de kända värdena.

### 5.2.2 Bergets vattenförande förmåga

Den vattenförande förmågan (hydraulisk konduktivitet) hos berget är tillsammans med grundvattenuttaget och grundvattenbildningen den faktor som styr hur höga grundvattennivåerna blir. Om berget är mera genomsläppligt kan vattnet rinna undan snabbare och grundvattennivåerna blir lägre och vice versa. I modellen användes de högre värden som sluttesten visade i stället för SGU:s värden.

### 5.2.3 Grundvattenbildning

I det här fallet kan grundvattenuttaget och den hydrauliska konduktiviteten sägas vara relativt säkra värden. Den variabel vi använder för att kalibrera modellen mot de kända grundvattennivåerna blir grundvattenbildningen (se rubrik 6.1.3).

## 5.3 Kalibrering

Modellen kalibrerades mot de uppmätta grundvattennivåerna genom att variera de övriga parametrarna, framförallt grundvattenbildningen.

## 6 BEDÖMNING AV GRUNDVATTENTILLGÅNGAR

### 6.1 Grundvattenbildning

#### 6.1.1 Allmänt

Nederbörds mängden över Rörtången och Ödsmåls Mosse är flera gånger högre än den mängd som kan infiltrera till berg. Nederbörden blir med andra ord inte direkt styrande för hur stor grundvattenbildningen till berget blir. Det är i stället bergets förmåga att infiltrera vatten samt, kanske viktigast, under hur lång tid det finns vatten tillgängligt att infiltrera berget som blir styrande. Det som har betydelse för hur lång tid vatten kan infiltrera berget är naturligtvis till viss del nederbörden, men i större utsträckning hurvida berget är täckt av ett jordlager eller ej. Där jordlager helt saknas kommer nederbörden snabbt att rinna av och endast en mycket liten del av vattnet kommer att hinna rinna ned i sprickorna i berget. Där berget är jordtäckt kommer vattnet att hållas kvar betydligt längre och få längre tid att infiltrera underliggande berg.

Grundvattenbildningen till jord är, bortsett från för mycket täta jordlager, betydligt högre än till berget. Detta innebär att jordlagrens infiltrationsförmåga inte blir begränsande för grundvattenbildningen. Den största grundvattenbildningen till berget kommer alltså att ske i de



jordtäkta lågområdena. Jordlagren är med andra ord mycket viktiga för grundvattentillgången även om de inte direkt används som grundvattenmagasin.

### 6.1.2 Beräkningsmetoder för grundvattenbildning

Det finns flera ”traditionella” metoder att överslagsmässigt beräkna grundvattenbildning i berg. En metod är att grundvattenbildningen uppskattas till ca 30-50 % av nettonederbörden, dvs. 95-160 mm/år. En annan metod är att en infiltrationskoefficient för området ansätts, i dessa trakter vanligtvis till 10 % av årsnederbörden. Detta ger en grundvattenbildning i berg på ca 50-80 mm/år. Ytterligare en metod är att ansätta en infiltrationskoefficient, vanligtvis 10 % i dessa trakter, på nettonederbörden vilket ger en grundvattenbildning i berg på ca 30-40 mm/år. Spannet på grundvattenbildningen med dessa överslagsmässiga metoder är stort (30-160 mm/år) och därmed blir också osäkerheten stor.

Alla dessa metoder bygger på uppskattningar. Ingen kontroll av värdena görs mot kända data. Fördelen med att använda en grundvattenmodell är att värdena kan kalibreras mot kända grundvattennivåer och grundvattenuttag vilket ger en betydligt större säkerhet.

### 6.1.3 Modellresultat

Utifrån modellresultaten bedöms grundvattenbildningen i området ligga på 70 mm/år eller högre. Denna siffra bygger på en konservativ beräkning vilket anses nödvändigt eftersom osäkerheten i modellen är så pass stor. Möjligheten att jämföra med flera grundvattennivåmätningar skulle ge ett säkrare resultat. Detta värde är beräknat utifrån att alla områden i modellen är grundvattenbildande. Sannolikt är siffran betydligt högre för de områden som bidrar med den största nybildningen, och lägre för områden med berg i dagen.

## 6.2 Bedömning av uttagbar vattenmängd

### 6.2.1 Allmänt

Den kanske viktigaste informationen om vattentillgången för Rörtången och Ödsmåls Mosse bygger på erfarenheterna från tidigare år. Inga direkta tecken på stora problem med saltvatteninträngning föreligger även om det finns indikationer på förhöjda kloridhalter som bör undersökas vidare för att ta reda på ursprunget. Inte heller har det

framkommit något som visar på problem med sinande brunnar vilket tyder på att grundvattenbildningen balanserar eller överstiger uttaget i dagsläget. Det verkar som om vattentillgången har varit tillräcklig även vid torrperioder under varma somrar, då vattenuttaget varit som störst och grundvattenbildningen som minst.

Ett ökat permanentboende skulle sannolikt inte ha någon större betydelse för maxuttaget under sommarperioden eftersom man kan förvänta sig att de flesta fastigheter används maximalt även i dag. Det är dock möjligt att ett ökat uttag under resten av året skulle innebära att magasinet aldrig får möjlighet att återhämta sig, och att detta på sikt skulle göra att möjligheterna till uttag försämrades.

### 6.2.2 Modellresultat

Beräknat utifrån modellresultatet så överstiger grundvattenbildningen grundvattenuttaget med marginal vilket alltså stöds av erfarenheten från området.

Beräkningar av potentiellt uttagbar nybildning av grundvatten har gjorts utifrån två scenarion. Dels har nybildningen för hela området utom den yttersta kustremsan, där avrinningen bedöms vara mycket stor, beräknats. Detta motsvarar situationen idag där de flesta hushåll har sin egen bergbore brunn. Den stora areella täckningen av brunnar gör att en stor del av det infiltrerade grundvattnet kan utvinnas. Denna beräkning ger en potentiellt uttagbar nybildning av ca **320 m<sup>3</sup>/d** ställt mot dagens beräknade förbrukning av ca 140 m<sup>3</sup>/d.

Det andra scenariot bygger på att en stor del av grundvattenuttaget för Rörtången flyttas upp till Ödsmåls mosse. I detta fall begränsas den yta där nybildning av grundvatten som kan utvinnas sker till höjdområdet kring mossen. Det grundvatten som bildas nedanför branterna är ej tillgängligt för brunnarna på höjden. Denna beräkning ger en potentiellt uttagbar nybildning av ca **230 m<sup>3</sup>/d** vilket fortfarande är betydligt över 140 m<sup>3</sup>/d.

Beräkningarna visar att det fortfarande finns möjligheter att öka uttaget i området avsevärt utan några problem skulle uppstå. Denna beräkning tar dock inte någon hänsyn till årstidsvariationerna utan visar bara på ett genomsnitt över året. Problematiken med högt vattenuttag och låg grundvattenbildning under sommaren beaktas ej. För att kunna göra en bedömning av variationerna under olika säsonger måste mätningar av grundvattennivåer göras under en längre period så att modellen kan kalibreras mot dessa.

### 6.3 Bedömning av vattenkvalitet

I denna undersökning har ingen närmare studie av vattenkvalitet utöver konduktivitetsmätningarna genomförts. Det är dock välkänt att problem med höga järn och manganhalter är vanliga. Detta är ett problem som inte bara är besvärligt eftersom det kräver filter som måste backspolas med jämna mellanrum. Backspolningen gör också att mer vatten än vad som annars vore nödvändigt används.

Indikationer på att brunnar påverkats av avlopp finns (Bergab 2000) även om inga säkra bevis föreligger. De tunna, och på sina ställen, genomsläppliga jordlagren gör att berget blir mycket känsligt för eventuella läckage från avlopp. Eftersom de grundvattenbildande områdena är begränsade är det mycket viktigt att dessa skyddas från eventuell påverkan.

Känsligheten för eventuella utsläpp inom området gör att det är mycket viktigt att visa stor försiktighet vid användandet av alla tänkbara kemikalier och gifter. Att upprätta vattenskyddsområden för de förekommande större vattentäkterna skulle öka skyddet för grundvattnet.

De förhöjda konduktivitetsvärdena på Ödsmåls Mosse kan tyda på förekomst av relict saltvatten. Detta bör undersökas vidare.

### 6.4 Hushållning och skydd av grundvattenresurs

Trots att modellresultatet och erfarenheterna sedan tidigare visar att grundvattentillgången i förhållande till uttaget är god så finns all anledning att utnyttja resursen så försiktigt som möjligt och i mesta möjliga mån skydda den från eventuella föroreningar.

Genom en god planering av framtida vattenuttag och med rätt konstruktion och placering av eventuella framtida brunnar samt att ta fram skyddsområden för större vattentäkter vore mycket vunnet.

Att undersöka möjligheterna till ett ökat användande av vattenresurser i jordlagren skulle också kunna leda till en minskning av belastningen på bergmagasinet.

## **7 FÖRSLAG PÅ VIDARE UNDERSÖKNINGAR**

### **7.1 Grundvattennivåmätningar**

En förutsättning för att kunna göra en bättre bedömning av hur ett ökat permanentboende påverkar grundvattentillgången på sikt är att man undersöker bergets magasineringsförmåga av grundvatten. För att kunna göra detta är det nödvändigt att ha tillgång till grundvattennivåmätningar för en längre period så att de speglar årstidsvariationerna.

Förslagsvis tas ett program fram för att genomföra kontinuerliga grundvattennivåmätningar under minst ett år i ett antal utvalda punkter. Mätresultaten kan sedan användas för att göra beräkningar i grundvattenmodellen med hänsyn till förändringar över tiden.

### **7.2 Konduktivitetmätningar**

I samband med grundvattennivåmätningarna är det lämpligt att följa upp konduktivitetmätningar för att verifiera tidigare mätningar och följa upp eventuella förändringar över tiden.

### **7.3 Slugtest**

Ett större antal slugtest i utvalda brunnar skulle ge en ökad säkerhet hos grundvattenmodellen.

### **7.4 Grundvattenmodellering utifrån årstidsförändringar**

Utifrån ytterligare grundvattennivåmätningar kan modellering göras som tar hänsyn till förändringarna under olika säsonger. Detta gör att man kan beräkna bergets magasineringsförmåga vilket gör det möjligt att beräkna vad ett ökat permanentboende får för effekt på grundvattenresursen på sikt.

### **7.5 Avloppsinventering**

En inventering av befintliga avlopp och deras funktion samt framtagning av en plan för framtida avloppslösningar skulle kunna minska risken för framtida påverkan av grundvattenresursen.

## **7.6 Sammanställning av vattenanalyser / vattenprovtagning**

För att försöka klargöra vad de höga konduktivitetsvärdena på Ödsmåls Mosse har för ursprung skulle en inventering och genomgång av befintliga vattenanalyser kunna vara till stor nytta. Sannolikt har flera vattenprover tagits i privata brunnar och tillgång till dessa skulle kunna ge nyttig information. Exempelvis kan förhöjda kvävehalter vara en indikation på att mänsklig påverkan ligger bakom.

Skulle det ej gå att få fram några tidigare vattenanalyser så kan naturligtvis nya vattenprovtagningar ge informationen.

## **7.7 Framtagning av plan för framtida vattenuttag och vattenskydd**

Genom att planera vattenuttaget och att placera nya brunnar på rätt platser och konstruera dem på rätt sätt kan hushållningen med grundvattenresursen optimeras. Skyddet för grundvattnet bör ses över med tanke på risken för påverkan från framför allt avlopp, men även med tanke på andra möjliga föroreningar. Detta görs bäst genom att ta fram vattenskyddsområden för de större vattentäkterna som finns eller planeras.