

GEOSIGMA



Grundvattenberäkningar över delar av Värmdö kommun



Bo Olofsson

GRAP 20408

Författare: Bo Olofsson

Aquater/Geosigma AB

2020-12-06



Uppdragsnummer 606095	Grap nr 20408	Datum 2020-12-06	Antal sidor 109	Antal bilagor 1
Uppdragsledare Tommy Lundberg		Beställares referens		Beställares ref nr
Beställare Värmdö kommun				
Rubrik Grundvattenberäkningar över delar av Värmdö kommun				
Underrubrik				
Författad av Bo Olofsson				Datum 2020 12-03
Granskad av Tommy Lundberg				Datum 2020-12-06
Godkänd av				Datum
GEOSIGMA AB www.geosigma.se info@geosigma.se Bankgiro: 5331 - 7020 PlusGiro: 417 14 72 - 6 Org.nr: 556412 – 7735	Uppsala Box 894, 751 08 Uppsala S:t Persgatan 6, Uppsala Tel: 010-482 88 00	Teknik & Innovation Vaksala-Eke, Hus H 755 94 Uppsala Tel: 010-482 88 00	Göteborg St. Badhusg 18-20 411 21 Göteborg Tel: 010-482 88 00	Stockholm S:t Eriksgatan 113 113 43 Stockholm Tel: 010-482 88 00

AQUATER
 Ormstavägen 17
 186 35 Vallentuna
 Mob: 070 361 7652
 Tel: 08 17 86 33
 info@aquater

Sammanfattande slutsatser

De översiktliga beräkningarna visar att de flesta av de analyserade områdena klarar nuvarande bebyggelseförhållanden med en persontäthet på 2,5 personer per hushåll och begränsad andel permanentboende, även under torrår. Om permanentboendegraden ökar vid den förbrukning som Svenskt Vatten har beräknat för permanentboende (140 l/p/d) kommer vissa av områdena att få betydande problem med vattenförsörjningen, främst under torrår. Några områden har sannolikt stora problem med vattentillgången och vattenkvaliteten redan idag.

Beräkningarna är gjorda utifrån nuvarande fastighetssituation och utförda i första hand endast för de områden som bebyggelsen omfattar, d. v. s. områden som det finns rådighet över. Vissa delar av områdena kan antas få tillströmning av grundvatten från omgivande marker. Det är dock tveksamt om dessa skall medräknas för grundvattenförsörjningen eftersom det då binder upp den framtida markanvändningen i dessa områden.

Markanvändningsförändringar, t. ex. nybebyggelse och skogsavverkning i omgivande områden kan emellertid påverka nedströms liggande fastigheter.

Eftersom det råder starkt heterogena strömningsförhållanden i berget så sammanfaller ofta inte grundvattendelaren med ytvattendelaren. En enskild bergbördad brunn antas erhålla de största vattenmängderna från omkringliggande områden men längs sprickor och sprickzoner kan dess influensområde sträcka sig hundratals meter bort. Rådighet över grundvatten gäller dock egentligen endast på den egna fastigheten även om vattenflöden naturligtvis är oberoende av fasthetsgränser.

De utförda beräkningarna är i de flesta fall utförda konservativt, dvs med stor höjd för felaktiga bedömningar, t. ex. avseende jordlagerföljder, jordmäktigheter och kinematisk porositet (flödesporositet) i jord och berg. Inför beräkningarna har antal personer per hushåll bestämts till 2,5, vilket är i linje med Statistiska Centralbyråns bedömning av förhållandena i regionen men beräkning har även utförts med 4 personer per hushåll. Under sommarperioden, då grundvattenbildning inte sker och då grundvattenreservoarerna inte fylls på, vistas vanligtvis fler personer i husen än den genomsnittliga hushållsstorleken.

De modellberäkningar som utförts i de olika områdena har utgått ifrån att när bara 30 % av kvarvarande grundvattenreservoarer återstår under torrår så ökar sannolikheten kraftigt att vissa brunnar kan få kvantitetsproblem men främst att det kan uppkomma ökade kvalitetsproblem. Det innebär alltså inte att grundvattensystemen helt har tömts. Många av brunnarna är mycket djupa men skulle grundvattennivåerna i områdena generellt sänkas till brunnsbottennivå skulle vattenkvalitetsproblemen bli betydande även om många brunnar fortfarande skulle leverera vatten. Den rekommenderade maximala grundvattensänkningen över ett större område har därför i allmänhet beräknats utifrån att den generella avsänkningen inte bör vara djupare än till 1,5 ggr den topografiska höjden över havet.

Beräkningar av sannolikheten för salt grundvatten med RV-metoden visar att de flesta områdena har en betydande risk för salt grundvatten. Detta beror huvudsakligen på alltför djupa brunnar och för stora grundvattenuttag. En jämförelse mellan äldre kloriddata från några av områdena med nyare data visar en betydande ökning i antal kloridbrunnar för nyare provtagningar. Dataunderlaget är dessvärre mycket litet och det är oklart hur



representativt det är men utvecklingen stämmer med vad som borde uppkomma då grundvattenuttagen ökar där förutsättningarna för större grundvattenuttag är begränsade.

Innehåll

Sammanfattande slutsatser	3
1 Uppdraget	7
1.1 Bakgrund	7
1.2 Syfte	7
1.3 Organisation	8
2 Metoder	8
2.1 GWBal	9
2.2 SaltRisk	9
2.3 Geologiska och tektoniska studier	10
2.4 Beräkning och modellering	11
3 Grundvattenbalans	12
3.1 BALDERSNÄS	12
3.1.1 Topografi	12
3.1.2 Berggrund	13
3.1.3 Jordlager och jorddjup	13
3.1.4 Brunnsdata	14
3.1.5 Beräkningar	16
3.1.6 Risk för salt grundvatten	19
3.2 IDALEN	21
3.2.1 Topografi	21
3.2.2 Berggrund	22
3.2.3 Jordlager och jorddjup	23
3.2.4 Brunnsdata	25
3.2.5 Beräkningar	26
3.2.6 Risk för salt grundvatten	28
3.3 HÄSSELMARA	30
3.3.1 Topografi	30
3.3.2 Berggrund	30
3.3.3 Jordlager och jorddjup	31
3.3.4 Brunnsdata	32
3.3.5 Beräkningar	33
3.3.6 Risk för salt grundvatten	36
3.4 BARNVIK	38
3.4.1 Topografi	38
3.4.2 Berggrund	38
3.4.3 Jordlager och jorddjup	39
3.4.4 Brunnsdata	40
3.4.5 Beräkningar	41
3.4.6 Risk för salt grundvatten	45

3.5	HÖLÖ	48
3.5.1	Topografi	48
3.5.2	Berggrund	48
3.5.3	Jordlager och jorddjup	49
3.5.4	Brunnsdata	50
3.5.5	Beräkningar	51
3.5.6	Risk för salt grundvatten	55
3.6	SKÄRMARÖ	57
3.6.1	Topografi	57
3.6.2	Berggrund	58
3.6.3	Jordlager och jorddjup	59
3.6.4	Brunnsdata	60
3.6.5	Beräkningar	61
3.6.6	Risk för salt grundvatten	64
3.7	SÖDERNÄS	66
3.7.1	Topografi	66
3.7.2	Berggrund	67
3.7.3	Jordlager och jorddjup	68
3.7.4	Brunnsdata	70
3.7.5	Beräkningar	71
3.7.6	Risk för salt grundvatten	73
3.8	EKSJÖN	75
3.8.1	Topografi	75
3.8.2	Berggrund	75
3.8.3	Jordlager och jorddjup	76
3.8.4	Brunnsdata	77
3.8.5	Beräkningar	79
3.8.6	Risk för salt grundvatten	84
3.9	TAMMSTORP	86
3.9.1	Topografi	86
3.9.2	Berggrund	87
3.9.3	Jordlager och jorddjup	88
3.9.4	Brunnsdata	89
3.9.5	Beräkningar	90
3.9.6	Risk för salt grundvatten	93
3.10	SVARTSÖ	95
3.10.1	Topografi	95
3.10.2	Berggrund	96
3.10.3	Jordlager och jorddjup	97
3.10.4	Brunnsdata	98
3.10.5	Beräkningar	99
3.10.6	Risk för salt grundvatten	104
4	Referenser	106
Bilaga 1	Klimatförändringar	108

1 Uppdraget

Föreliggande rapport utgör en delredovisning av ett uppdrag avseende grundvattenstudier inom Värmdö kommun.

Uppdraget inleddes med en översiktlig rumslig grundvattenmodellering över hela kommunen med särskild redovisning av särfallet Sandhamn (Sandön och telegrafholmen) utifrån olika användningsscenarier. Resultatet från dessa beräkningar har presenterats i en särskild rapport; *Översiktliga grundvattenbalansberäkningar i Värmdö kommun, Rapport 2020-12-06*. Resultaten visade ett relativt stort antal bebyggelseområden där grundvattentillgångarna är begränsade och kan vara alltför små för ökade grundvattenuttag.

Resultaten från modelleringarna har delvis utgjort underlag för urvalet av 10 bebyggelseområden för de fördjupade undersökningar och beräkningar som här presenteras.

Uppdraget har utförts på uppdrag av Värmdö kommun där Geosigma varit uppdragstagare med Aquater som underkonsult.

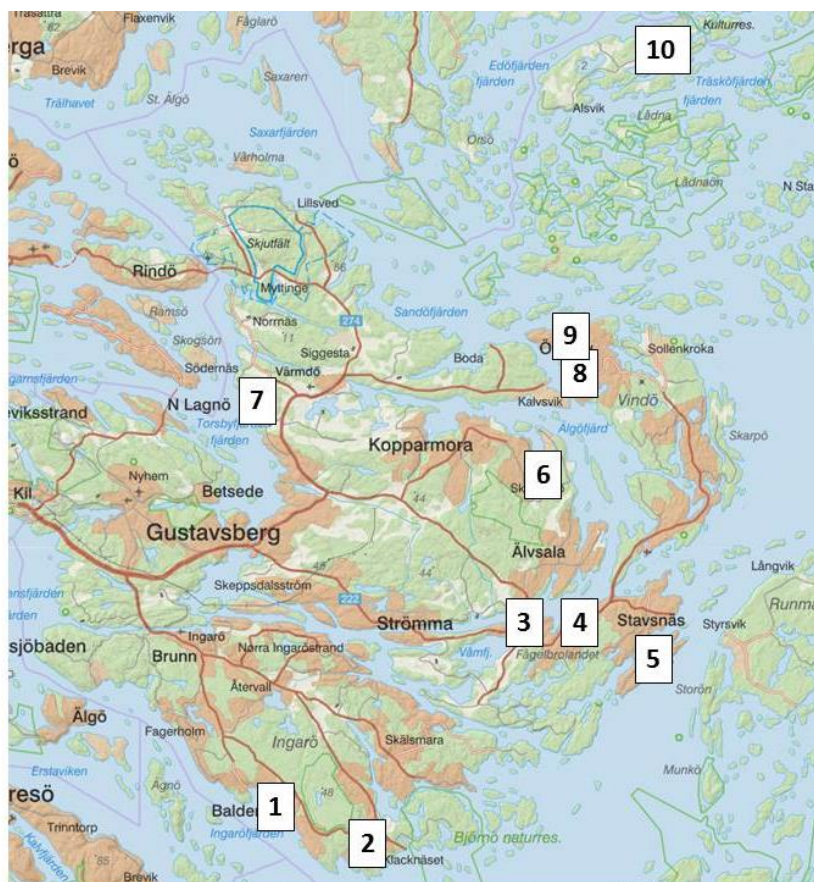
1.1 Bakgrund

I Värmdö kommun finns sedan länge dokumenterade och tilltagande problem med vattentillgång och kvalitet som följd av överuttag i ett flertal områden med enskild vattenförsörjning. Samtidigt är frågan om grundvattenresursernas långsiktiga kapacitet dåligt undersökt.

Grundvatten i kustnära områden är ofta särskilt känsliga för överanvändning på grund av flera faktorer, bland annat begränsad magasineringsförmåga och begränsad grundvattenbildning under sommarsäsongen (Knutsson och Morfeldt 2002; Olofsson 2002; Earon 2019). Överuttag av lokala grundvattenreservoarer kan orsaka en försämring av grundvattnets kemiska egenskaper på grund av lokal saltvatteninträngning från havet, uppflöde av relik saltvatten och/eller en förändring i flödessystemet som leder till inflöde från andra föroreningskällor (Olofsson 1994; Olofsson m. fl. 2001; Lång m. fl. 2006). Studier har tidigare visat att grundvattenlagring i berg och jord är avgörande för hållbar vattenanvändning och vattensäkerhet (Olofsson 2002; Earon 2019).

1.2 Syfte

Syftet med föreliggande studie har varit att mer noggrant analysera ett antal av dessa bebyggelseområden. De områden som valts ut i denna studie har varit Baldersnäs, Barnvik, Eksjön, Hässelmara, Hölö, Idalen, Skärmarö, Svartsö, Södernäs och Tammstorp. Områdena visas i figur 1.1.1.



- 1 Baldersnäs
- 2 Idalen
- 3 Hässelmara
- 4 Barnvik
- 5 Hölö
- 6 Skärmarö
- 7 Södernäs
- 8 Eknäs
- 9 Tammstorp
- 10 Svartsö

Figur 1.1.1 De studerade områdena i Värmdö kommun (karta Lantmäteriet 2020).

1.3 Organisation

Uppdraget har letts av Tommy Lundberg, Geosigma AB. Delprojektansvarig har varit prof. Bo Olofsson. Fältstudier och beräkningar utfördes av Bo Olofsson 2020. Vattenkemiska data har erhållits från Värmdö kommun samt framtagits av Tommy Lundberg, Geosigma AB. Analys och beräkningar har huvudsakligen utförts av Bo Olofsson samt Robert Earon, Aquater HB.

Beställaren har varit engagerad i utredningen genom Sandra Ek, Malin Kjellander och Angelica Iveslätt, alla verksamma vid Bygg- och miljöavdelningen på Värmdö kommun.

2 Metoder

Arbetet har omfattat

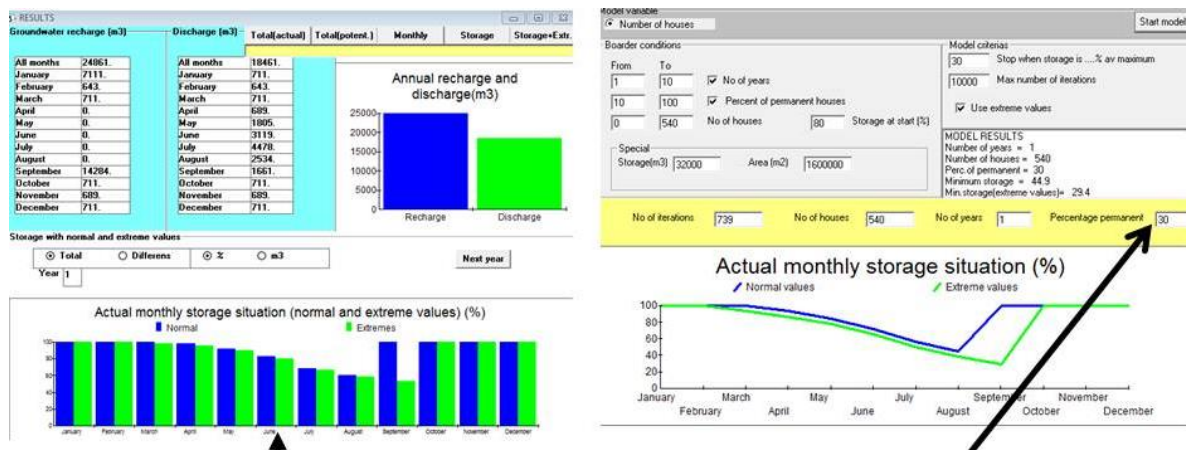
- Genomgång av tillgängligt kartmaterial och öppna databaser
- Fältbesök för översiktliga studier av geologiska och tektoniska förhållanden
- Kontroll av jordmäktigheter i enstaka punkter
- Uppställande och beräkning av grundvattenbalans med programmet GWBal, utvecklat vid KTH av Bo Olofsson
- Översiktlig analys av sannolikheten för salt grundvatten, baserat på den empiriskt utvecklade RV-metoden
- Genomgång och statistisk analys av grundvattendata i närområdet, såväl kvantitativt som kvalitativt i den mån data funnits tillgängligt.

Bedömningen görs utifrån såväl kvantitets- som kvalitetsaspekter med hjälp av kartstudier, befintliga databaser, nederbörds- och avrinningsförhållanden, bedömning av grundvattenbildning och grundvattenlagring samt förbrukning. Några av metoderna beskrivs översiktligt nedan.

2.1 GWBal

Balansberäkningen baseras generellt på uppgifter om nederbördsfördelning (data från SMHI), uppgifter om förväntad vattenförbrukning samt hydrogeologiska kriterier i form av möjliga grundvattenreservoarer. En modellering görs i programmet GWBal för att se huruvida grundvattentillgången i området kan försörja såväl nuvarande som tillkommande bebyggelse. Det går alltså inte att klarlägga exakt vattentillgång i en enskild punkt, vilken är helt beroende av de lokala geologiska förhållandena och kräver borrhning och eventuell propumpning. Metoden anger enbart huruvida förutsättningarna för försörjning med grundvatten är uppfyllda, dvs om tillräcklig mängd grundvatten kan bildas och lagras i området. Modelleringen görs månadsvis och ger en indikation om möjligheterna till lokal enskild vattenförsörjning i området, liksom möjlighet till gemensam vattenförsörjning.

Metodiken är utvecklad av Bo Olofsson, KTH och har tidigare applicerats på ett stort antal områden i Sverige och då särskilt på många områden i Stockholms och Uppsala län. Vid en jämförande studie mellan existerande vattenbalansmetoder på Vindö, Värmdö kommun, befanns GWBal ge den mest realistiska beräkningen (Sazvar, 2010). Redovisningen återspeglar områdets kvarvarande grundvattentillgång för varje månad under normalår samt under torrår. Modelleringen kan användas för att hur många fastigheter ett område tål med viss grad av permanentboende eller vilken grad av permanentboende ett område kan klara utan att grundvattenbrist riskera att uppkomma, figur 3.1.1.



Månadsutveckling hos grundvattenmagasinet under normalår och torrår

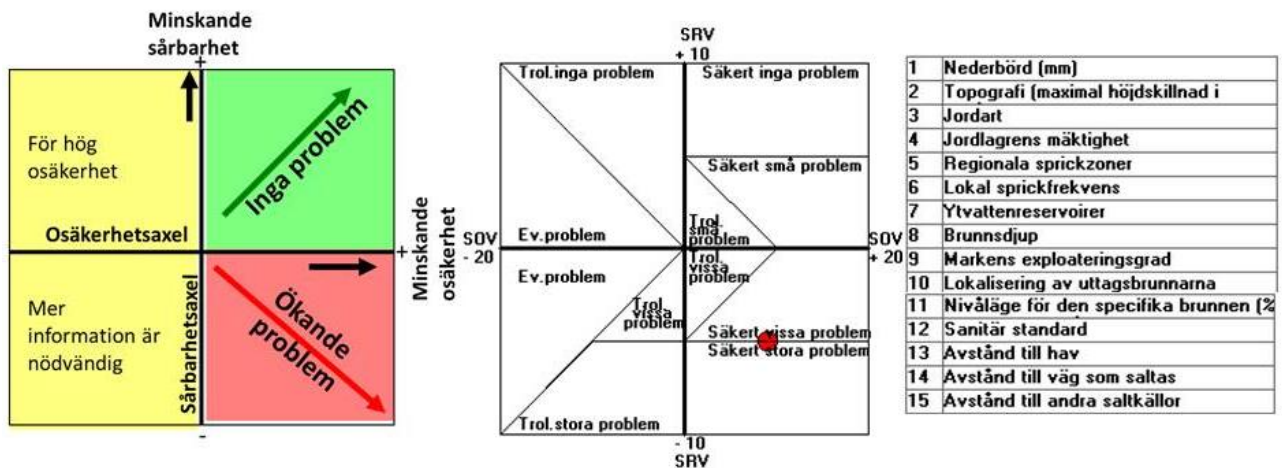
Beräkning av vilken grad av permanentboende ett område maximalt klarar av utifrån grundvattenbildning, uttagens fördelning och grundvattenlagrens storlek

Figur 2.1.1 Exempel på presentation i programmet GWBal.

2.2 SaltRisk

En översiktlig bedömning av risken för salt grundvatten görs genom programmet SaltRisk. Metodiken bygger på RV-metoden, dvs det görs en värdering av ca 15 faktorer (naturgivna,

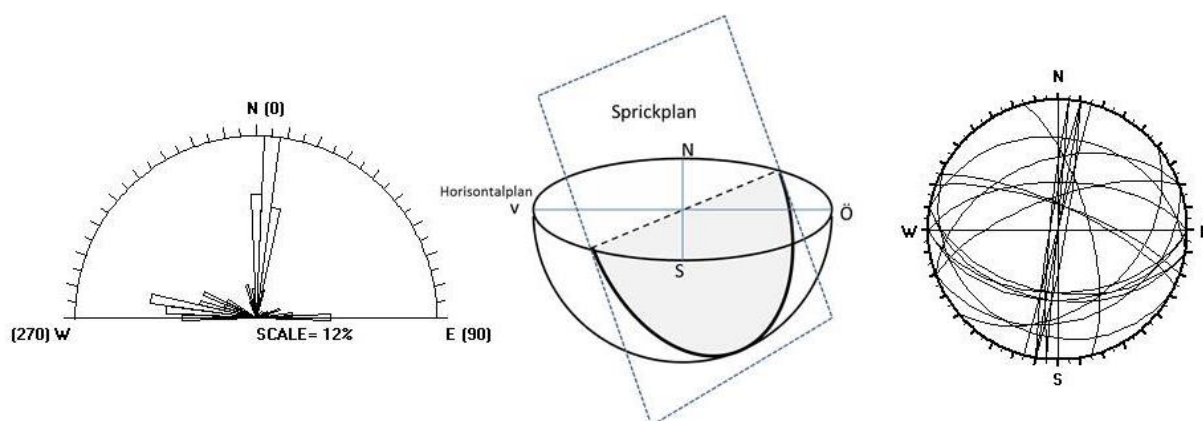
tekniska och avståndsfaktorer). Faktorerna är valda utifrån statistisk bearbetning av ett mycket stort antal brunnar, främst i Stockholms län. Faktorerna klassas, viktas och en sammanlagd bedömning görs dels av risken för salt grundvatten, dels av säkerheten i bestämningen, vilken till stor del är beroende av tillgång till information från området, se figur 2.1.2. Metodiken används ofta tillsammans med GWBal och har tillämpats på ett stort antal områden i Stockholms län, såväl lokalt som i GIS (t. ex. över stora delar av Norrtälje kommun). RV-metoden har även använts för bland annat bedömning av sannolikheten för radon i bergborrade brunnar (Skeppström & Olofsson 2006) och för sannolikheten av spridning av föroreningar från vägar (Gontier & Olofsson 2002) .



Figur 2.1.2 RV-metodiken för salt grundvatten. Ca 15 faktorer (t.h.) bedöms liksom deras osäkerhet. Hamnar punkten på högra sidan är bedömningen tillräckligt säker. Hamnar punkten i röda fältet (se figur t.v.) är risken att få salt grundvatten påtaglig, i det gröna fältet är risken liten. Figuren i mitten visar resultatet av bedömningen av ett område.

2.3 Geologiska och tektoniska studier

En översiktlig analys av förekomst av sprickzoner i området har utförts utifrån analys av flyg- och satellitbilder samt geologiska och topografiska kartor. Berggrund i dagen (dvs synliga hållar) inom området har översiktligt studerats utifrån okulär bergartsbestämning, sprickfrekvens och dominerande sprickriktningar. Syftet har varit att erhålla ett mått på bergets vattenlagrande och vattentransporterande egenskaper som är nödvändigt för korrekta vattenbalansberäkningar. Bearbetningen har utförts med datorprogrammet JointWin utvecklat av Bo Olofsson, se figur 2.1.3. Eftersom jordlagren, i den mån sådana funnits, generellt utgör de viktigaste grundvattenmagasinen har jordmäktigheten bedömts genom sticksondering i enstaka punkter och okulär bedömning. Eftersom sådana sonderingar görs för hand kan mäktigheten av grövre jordmaterial inte klarläggas, däremot kan ler- och torvmäktigheter, förekomsten av sandlinser, och tunnare lager av sand och silt i många fall bestämmas. Projektets begränsade omfattning har medfört att endast ett fåtal punkter kunnat undersökas. Huvudsakligen har SGUs jorrdjupskarta varit utgångspunkt för beräkningarna.



Figur 2.1.3 Sprickmätningar presenteras dels i rosdiagram (t.v.) som visar de uppmätta sprickornas strykning, dvs orientering i horisontalplanet, dels i form av stereografisk projektion där sprickorna placeras in i en halvsfär och där avskärningen med mantelytan projiceras upp på horisontalplanet (mitten), vilket ger en graf som även visar sprickornas stupning, dvs lutning (t.h.).

2.4 Beräkning och modellering

Vattenbalansberäkningar som utförts med GWBal baseras på följande:

- Klimatdata är hämtat från SMHIs nederbördsstation 98190 Djurö D (SMHI 2019a).
- Grundvattenbildning har beräknats utifrån skillnaden mellan nederbörden från station 98190 Djurö D och avbördningen från ett av SMHIs avrinningsområden med mätstation 1835 Stormyra, vilket antagits motsvara avdunstningen (ET), fast grundvattenbildningen antas av konservativa skäl vara noll under fyra månader (maj-augusti), dvs under den tid då grundvattennivåerna normalt sjunker i SGUs övervakningsprogram för grundvatten. Detta scenario har använts vid översiktliga beräkningar i GIS över kommunen (Earon & Olofsson 2020).
- Dessutom testas beräkningar även för torrår vilket simuleras i båda scenarierna genom en upp till 40% minskning av nederbörden och en 20 % ökning av evapotranspirationen (ET). Detta baseras på SMHIs beräknade förändringar under torrår men återspeglar även torrsäsonger vid ett förändrat klimat fram till år 2100 enligt RCP4.5.
- Arealer av olika jordarter i de olika delområdena är beräknade i programmet Didger.
- Generella lagerföljder för de olika jordarterna är baserade på geologisk kunskap, jordartskartan över området (Lindén 2001) samt fältstudier och enstaka sticksonderingar.
- Jordmäktigheter är baserade på SGUs jorrdjupskarta kombinerad med egna fältstudier och enstaka sticksonderingar samt brunnsinformation.
- Jord- och bergarternas kinematiska porositet (strömningsporositet) baseras på litteraturuppgifter samt egna sprickanalyser och beräkningar.
- Grundvattennivåer baseras på information från brunnar i området samt erfarenhetsvärden.
- Antal fastigheter i delområdena baseras på kommunala plankartor samt fastighetskartan.

- Antal personer i varje hushåll antas vara 2,5 respektive 4, det senare värdet är betydligt högre än SCBs statistik och ger konservativa beräkningar (dvs med höjd för osäkerheter).
- Andel sommarhus idag har översiktligt uppskattats genom fältbesök. Vistelsefrekvensen i sommarhusen antas av konservativa skäl vara varannan helg eftersom områdena är lätt tillgängliga samt 2-3 sammanhängande sommarmånader per år.
- Förbrukningen av vatten per person vid permanentboende beräknas utifrån normalförbrukning enligt Svenskt Vatten, 140 l/p/d för permanentboende. För sommarboende antas en lägre förbrukning, 100 l/p/d för sommarboende.
- Bevattning, t. ex. av gräsmattor och trädgårdar sommartid har inte alls medtagits vid beräkningarna. Sådan vattenförbrukning kan markant öka vattenuttagen och leda till stora problem eftersom den huvudsakligen uppkommer sommartid,
- Beräkningarna har heller inte tagit med annan insamling av vatten, t. ex. regnvatteninsamling från takavrinning.
- Den hydrauliska heterogeniteten i delområdena har uppskattats utifrån fältbesök och lineamentkartering, vilket påverkar möjligheterna att det grundvatten som bildas kan tas tillvara. Sprickor och sprickzoner i en enda riktning minskar t ex i regel möjligheterna till försörjning av alla fastigheter. Värdet korrigeras också med hänsyn till kapacitetsdata från brunnar i området. Värdet är vanligtvis 0,03-0,05 %.
- Grundvattenlagret mäktighet beräknas utifrån 1.5* topografiska medelhöjden för de olika jordarter som finns i området, dvs generell grundvattenavsänkning i området alltför djupt under havsytan är inte tillrådligt i kustområden.
- Områdena längs strandlinjen (50 m) har bedömts inte bidra till grundvattenbildningen.
- Flera olika scenarier för boendesituationen har beräknats, från den troliga situationen idag med blandad sommar-permanentboende till fullständig permanentning av områdena.
- Modelleringen stannar när 30 % återstår av det beräknade lagret eftersom det då av erfarenhet bedöms finnas en stor risk för vattenbrist i enskilda brunnar och försämrad vattenkvalitet.

3 Grundvattenbalans

3.1 BALDERSNÄS

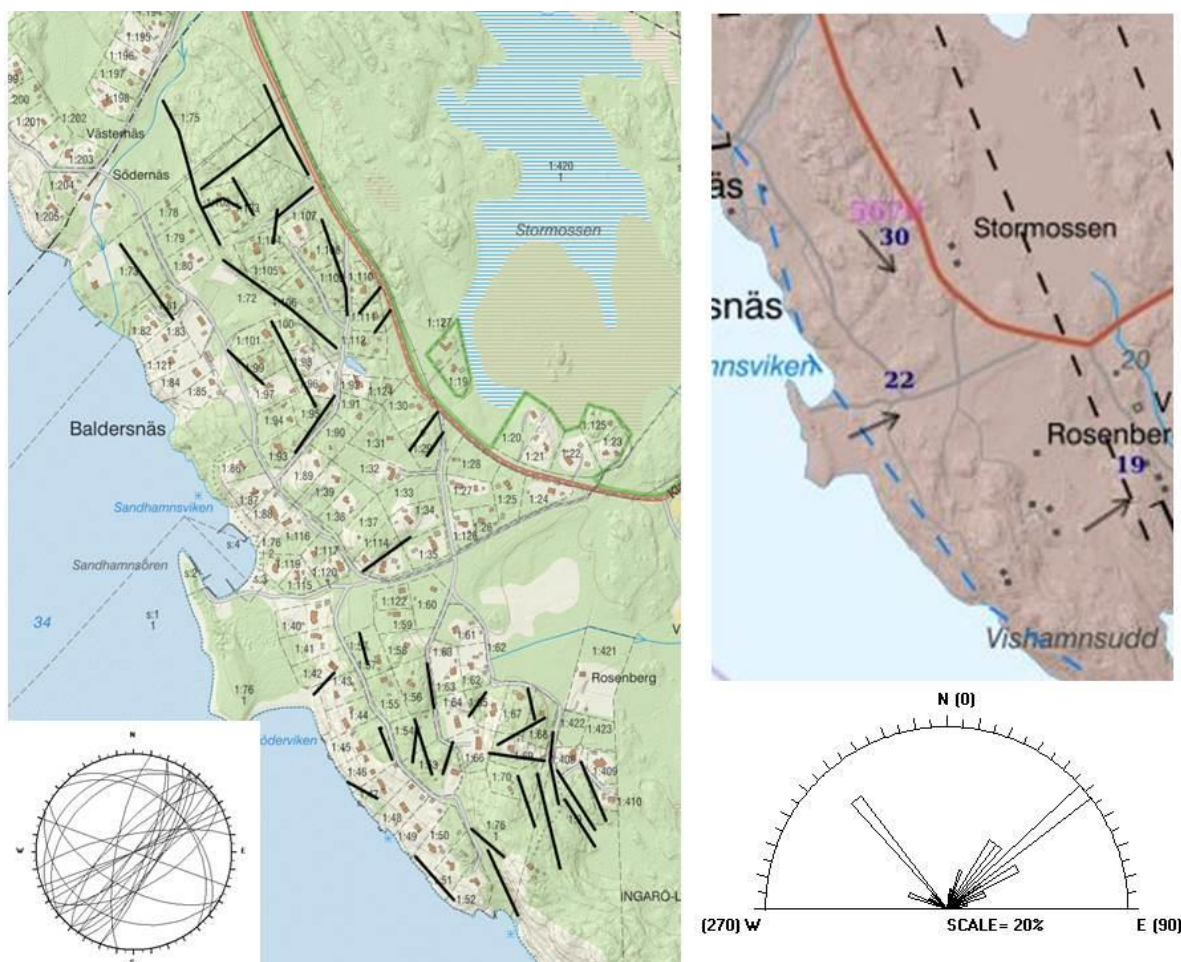
Baldersnäs är belägen på västra delen av Ingarö. Området består av omkring 104 fastigheter med ett avstånd av upp till 500 m från strandlinjen. Ursprungligen ett fritidshusområde som fått en allt större andel permanentboende. Fastigheterna varierar i storlek men är ofta väl tilltagna från knappt 3000 m² till mer än 6000 m².

3.1.1 Topografi

Området är tämligen högt beläget, 20-30 m.ö.h. Terrängen är tämligen plan i de högre belägna delarna men stupar brant neråt mot vattnet i väster.

3.1.2 Berggrund

Berggrunden består huvudsakligen av gnejsgranit tillhörande de skurgraniterna med vissa bandade gråvackeliknande inslag. En översiktlig lineamentkartering visas också i figur 3.1.1. Förskiffringen i området är huvudsakligen i orientering NNW-SSO men varierar kraftigt och är ställvis nordostlig. De sprickor som syns på hållarna följer ibland förskiffringsriktningen, figur 3.1.2. Sprickfrekvensen är måttlig, oftast med en sprickfrekvens av 0,5 – 1 sprickor/m. Stereografisk projektion av sprickdata tyder på åtminstone ställvis god kontakt mellan de olika sprickriktningarna. Den kinematiska porositeten i berget bedöms utifrån sprickdata (spricktyp, längd, frekvens, sprickkonfiguration) till 0,03 %.



Figur 3.1.1 Berggrunden (överst t.h) i Baldernäs består av gnejsgranit (brun). Översiktligt karterade lineament (t.v.) utgörs ofta av hållkanter. Dominerande sprickorientering från hållar i området (nere t.h), stereografisk projektion av sprickdata (Schmidts nät, undre hemisfären nere.t.v)(kartunderlag Lantmäteriet respektive SGU 2020).

3.1.3 Jordlager och jorddjup

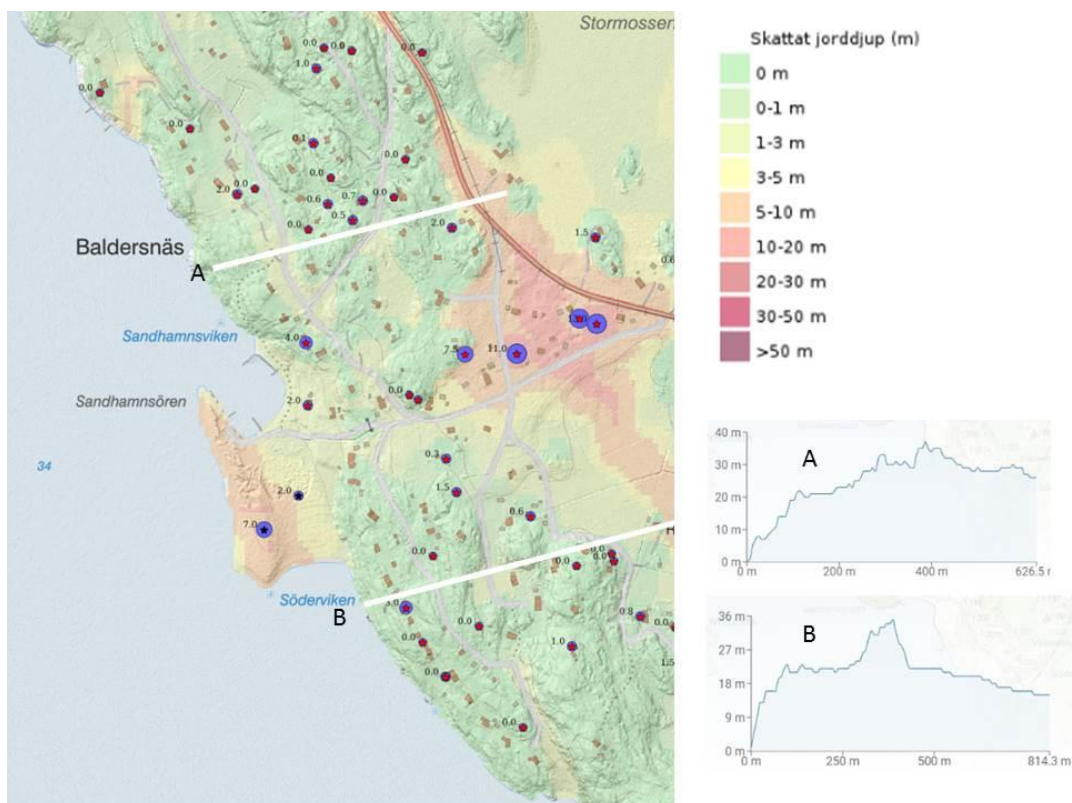
Jordlagren består av en stor frekvens berghällar (51 %) men också centralt i området en betydande mängd isälvsand, figur 3.1.2. En mindre mängd lera, svallsand och torv återfinns i de sydöstra delarna, figur 3.1.4. Jorddjupet i isälvs materialet kan ställvis vara betydande, vissa brunnsborringar i den centrala östra delen visar att det kan lokalt överstiga 10 m, figur 3.1.3. Mediandjupet i området, baserat på brunnsdata är dock endast 0,7 m.



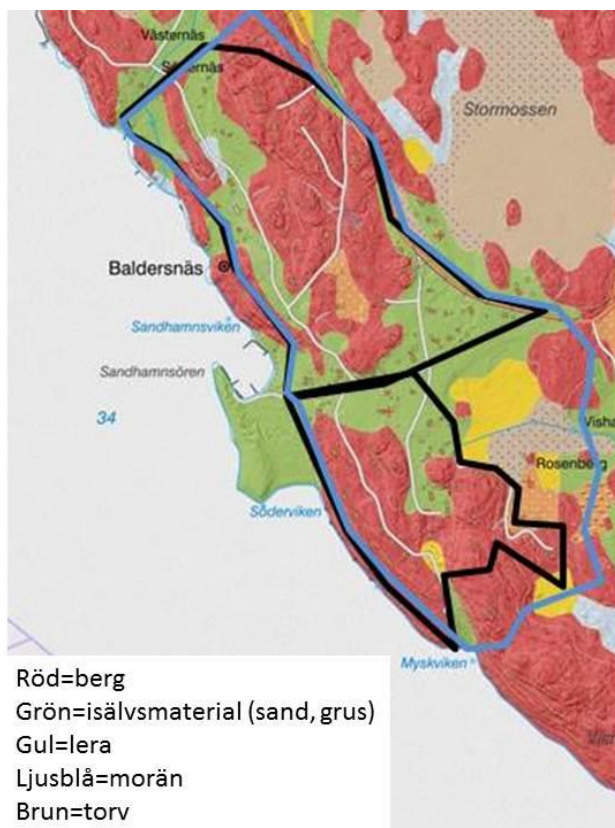
Figur 3.1.2. De centrala delarna av Baldersnäs består av tämligen mäktiga isälvsediment.

3.1.4 Brunnsdata

Brunnsarkivet vid SGU innehåller knappt 40 brunnar inom Baldersnäs-området. Av dessa är ca en femtedel angivna som energibrunnar. Brunnsdjupet är dock i allmänhet betydande, medel respektive mediannivån ligger kring 100 m. Mediankapaciteten ligger endast kring 200 L/tim, vilket är ganska lågt men det finns enstaka brunnar med mycket hög kapacitet. Mediandjupet till grundvattennivån är angiven som 6 m och maxdjupet 14 m, tabell 3.1.1.



Figur 3.1.3 Jorddjupskarta över Baldersnäs. Figuren visar även två topografiska profiler över området (kartunderlag: SGU 2020).



Figur 3.1.4 Jordartskarta över Baldersnäs med markerade delområden, norra, södra samt hela Baldersnäs(kartunderlag : SGU 2020).

Tabell 3.1.1 Beskrivande statistik över brunnar i Baldersnäs.

Variable	Descriptive Statistics (Baldersnaes)							Std.Dev.
	Valid N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Lower Quartile	Upper Quartile	
VATTENMANGD	38	1037.5	200.0	0.0	10000	70.0	700.0	2053
GRUNDVATTENNIVA	19	6.1	6.0	0.0	14	4.0	9.0	4
SPEC.KAP	38	22.5	2.0	0.0	294	0.7	9.0	57
TOTALDJUP	39	99.7	102.0	34.0	200	75.0	120.0	37
DJUP_TILL_BERG	37	2.0	0.7	0.0	13	0.0	2.0	3

3.1.5 Beräkningar

Baldersnäs har huvudsakligen uppdelats i två delområden med avseende på bebyggelsens fördelning, se figur 3.1.4 ovan. Beräkningen görs först endast utifrån bebyggelsesdata eftersom rådighet över vattentillgångarna egentligen endast finns inom rådande bebyggelseområde. En gemensam beräkning över hela området har också genomförts, varvid även medtagits randområden sydost om bebyggelseområdet. Grundvattenbildningen inom ca 50 m från stranden har borträknats då den ej kan antas tillföras området.

De olika delområdena och deras fördelning av jordarter anges i tabell 3.1.2.

Tabell 3.1.2 Fastigheter och jordartsförhållanden (%) i Baldersnäs

Område	Area,m2	Fast	Berg	Morän	Svall-sand	Sand grus	Lera	Torv	Vatten
Norra Baldersnäs	353000	64	56.7	0.0	2.7	40.6	0.0	0.0	0
Södra Baldersnäs	183000	38	68.0	0.0	1.1	28.0	2.9	0.0	0
Hela Baldersnäs	741000	104	50.7	0.0	3.3	36.8	5.6	3.6	0

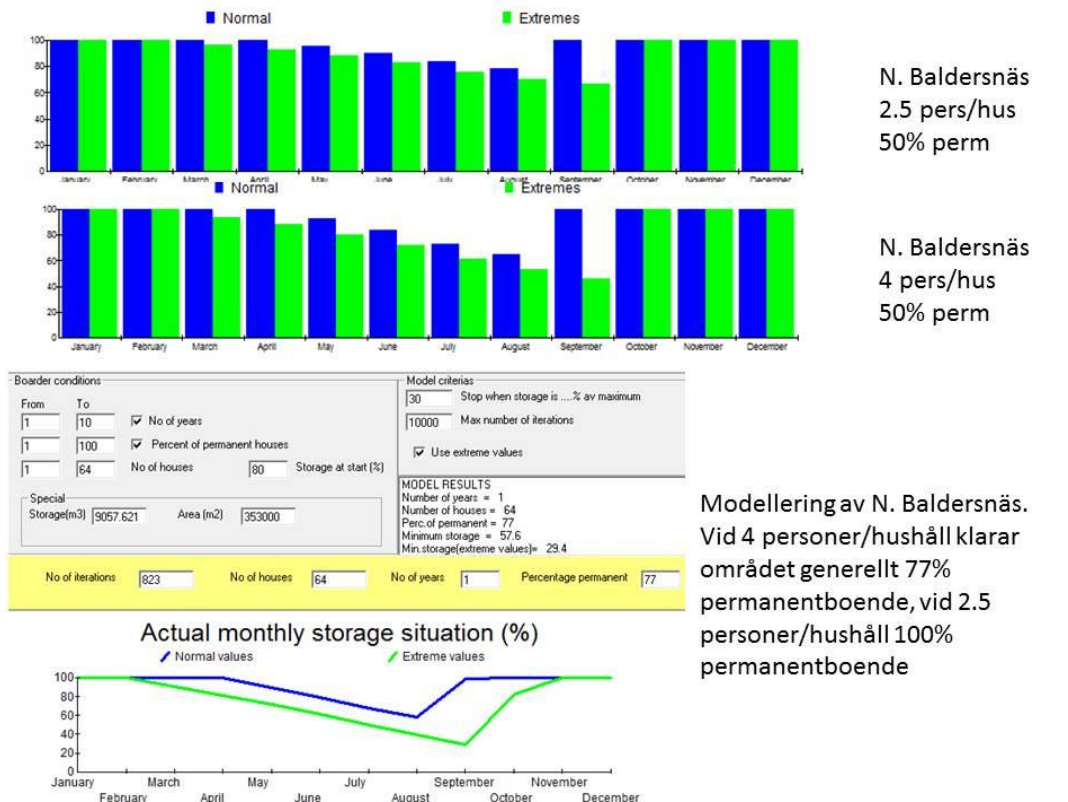
Baldersnäs består till en stor del (ca 37 %) av sand som ibland kan vara ganska mäktig. Det finns dock inga detaljuppgifter om mäktigheten. Grundvattenytans medelnivå i området ligger omkring 6 m under marken. Vid beräkningarna har därför antagits att medeldjupet på isälvsanden överstiger 6 m och att det därför finns ett inte obetydligt grundvattenmagasin i sanden. De partier av svallsand som förekommer antas var så tunna att grundvattennivån under sommarsäsongen ligger betydligt lägre än svallsandens underyta. De brunnar som finns i området är huvudsakligen borrade och kräver därför en god hydraulisk kontakt mellan sanden och berget för att jordlagrens vatten ska kunna tillgodogöras. Det kan således finnas grundvattenmagasin i isälvsanden som inte kan tillgodogöras i berget vilket gör grundvattenbalansberäkningen tämligen osäker.

Märkligt är att många av brunnarna är synnerligen djupa med ett mediandjup av över 100 m. Detta stämmer dåligt med såväl de sprickstudier som utfört i fält som med den rika tillgången på isälvsand. Det finns ett antal brunnar som ger synnerligen mycket vatten, dessa är också betydligt grundare än övriga brunnar. En beräkning av den specifika kapaciteten (i detta fall angivet som kapaciteten per meter borrad brunn) visar att dessa brunnar är strikt lokaliserade till områden med isälvsand och tyder på en direkt hydraulisk förbindelse med vattenmagasin i sanden. Detta visar att också att de flesta brunnarna inom

området, de som inte direkt ligger i sandområdena, inte alls står i hydraulisk förbindelse med sandakvifären utan är strikt beroende av vattentillgången i berget. Det är också därför dessa brunnar borrats synnerligen djupa med stor risk för saltvattenuppträngning.

Figur 3.1.5 respektive figur 3.1.6 visar resultatet av vattenbalansberäkningar över hela norra respektive södra delarna av Baldersnäs med antagande om 50 % permanentboende samt modellering av hur stor andel permanentboende som området tål. Beräkningarna visar att grundvattentillgångarna i norra Baldersnäs generellt klarar av 100 % permanentboende vid en hushållsstorlek på 2,5 personer per hushåll men vid större hushåll (4 pers/hus) klarar området bara 77 % permanentboende under torrår. Då återstår endast 30 % av grundvattenmagasinet. I södra Baldersnäs klarar området inte ett fullständigt permanentboende med 2,5 personer per hushåll. Med 94 % permanentboende återstår endast 30% av vattenmagasinen och lokala problem med vattenförsörjningen kan förväntas uppkomma. Vid antagande av större hushåll (4 pers/hushåll) klarar området bara 44 % permanentboende.

Räknat på hela Baldersnäs då också angränsande områden i sydost tagits med i beräkningarna klarar området generellt vattenförsörjningen även under torrår för 100 % permanentboende med nuvarande bebyggelse. Vid denna beräkning tas dock med markområden utanför nuvarande bebyggelseområde, vilket låser markanvändningen för dessa omgivande områden. Det är dock möjligt att bebyggelsen idag kan få ett tillskott av vatten från dessa områden, i varje fall för de hus som ligger i direkt anslutning till dessa områden i sydost, figur 3.1.7.



Figur 3.1.5 Grundvattenmagasinet utveckling i norra Baldersnäs samt modellering av möjligt permanentboende. Området framgår av figur 3.1.4.

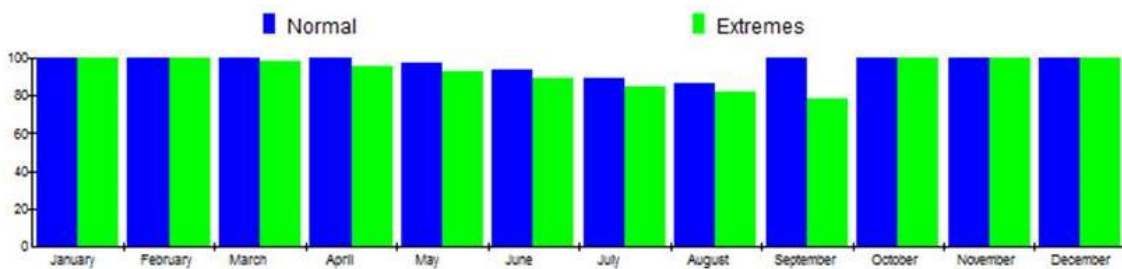


S. Baldersnäs
2.5 pers/hus
50% perm

S. Baldersnäs
4 pers/hus
50% perm

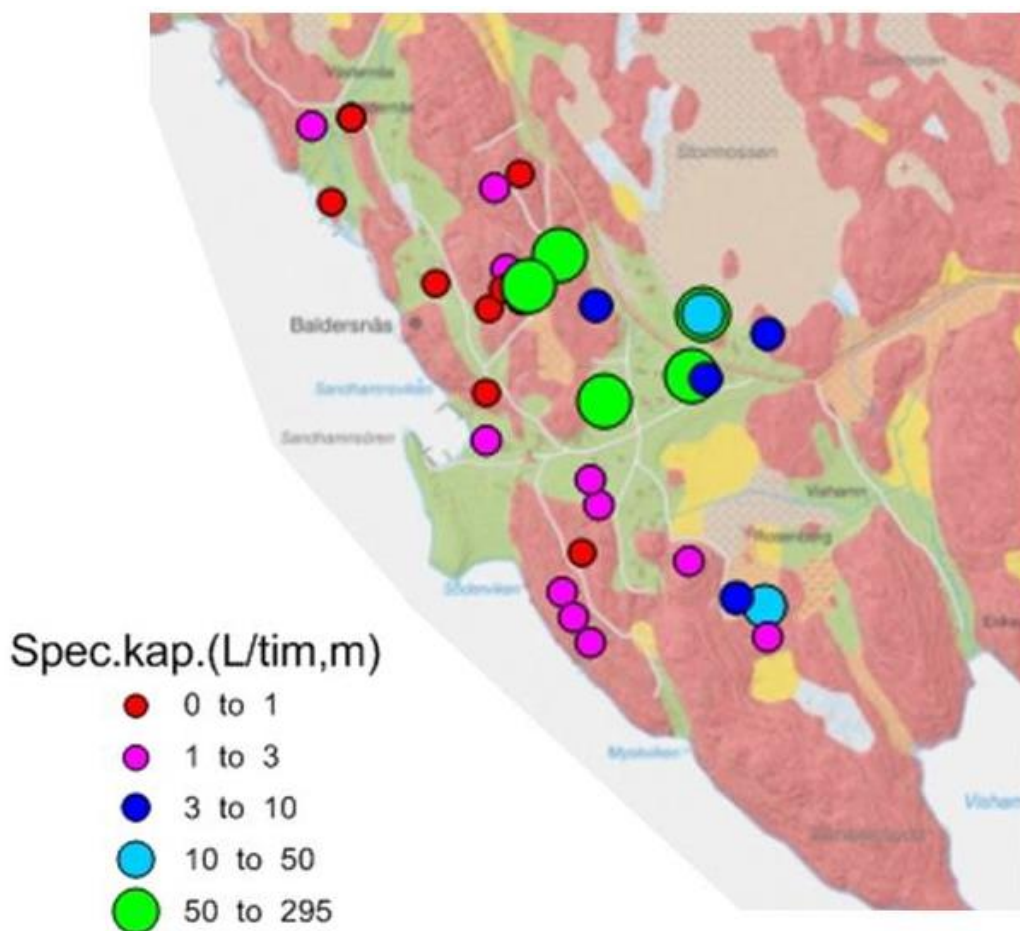
Modellering av S. Baldersnäs.
Vid 2.5 personer/hushåll klarar området 94% permanentboende, vid 4 personer/hushåll 44% permanentboende

Figur 3.1.6 Grundvattenmagasinets utveckling i södra Baldersnäs samt modellering av möjligt permanentboende. Området framgår av figur 3.1.4.



Figur 3.1.7 Beräkning av grundvattenmagasinets utveckling räknat på hela Baldersnäs med randområden, 2,5 pers/hushåll, 50 % permanentboende.

Även om grundvattentillgångarna kan se gynnsamma ut är magasinen dock mycket lokalt varierande. Några få brunnar ger troligtvis tillräckligt med grundvatten för att försörja nuvarande bebyggelse samtidigt som andra delområden kan förväntas ha eller riskerar att få problem med vattentillgången under torrår, figur 3.1.8. Den specifika kapaciteten varierar starkt inom Baldersnäs och är mycket hög inom områden med isälvsmaterial i centrala delarna av Baldersnäs medan magasinen kan antas vara mycket begränsade inom andra områden i södra och norra delen av Baldersnäs. Endast bergborrade brunnar i anslutning till områden med isälvsmaterial kan därför antas kunna nyttja detta stora grundvattenmagasin. Genom förekomsten av anslutande isälvsmaterial kan området som helhet dock bedömas vara gynnsamt för gemensam vattenförsörjning.

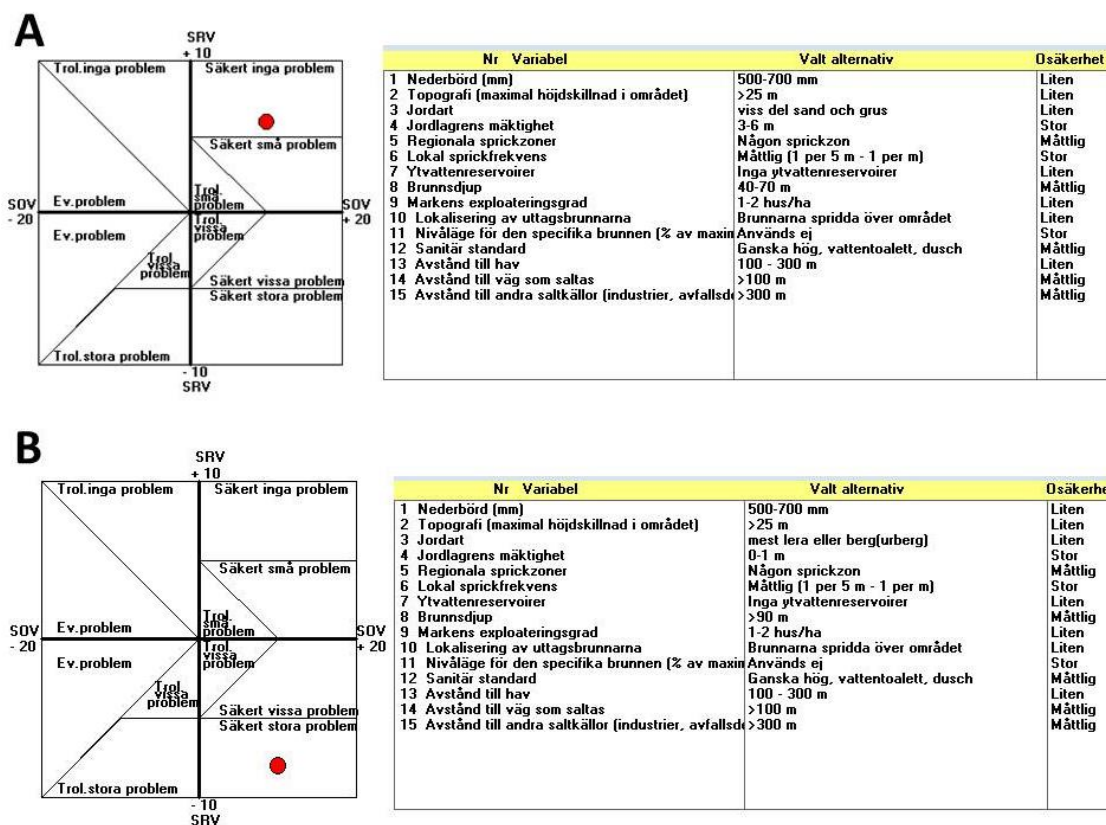


Figur 3.1.8 Beräknad specifika kapacitet (kapaciteten per meter borrarad brunn) i bergborrade brunnar i Baldersnäs. (Baseras på data från brunnarsarkivet samt jordartskartan, SGU 2020).

3.1.6 Risk för salt grundvatten

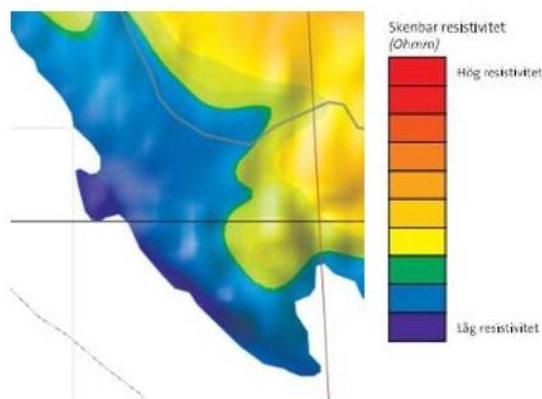
En översiktlig beräkning av risken för att erhålla salt grundvatten har utförts utifrån RV-metoden. Metoden baseras nästan helt på statistisk bearbetning av brunnar i Stockholms län och har således en empirisk grund. Resultatet visas i figur 3.1.9. Den sanitära standarden inom området antas generellt vara tämligen hög.

Bearbetningen visar att sannolikheten för salt grundvatten är mycket varierande inom Baldersnäs. De fastigheter som är belägna inom områden med isälvsmaterial kan antas ha låg sannolikhet för salt grundvatten (figur 3.1.9 A). De brunnar som är borrarade direkt i berg, framförallt i norra och södra delarna av Baldersnäs kan antas ha stor eller mycket stor sannolikhet för salt grundvatten. En bidragande orsak till detta är de stora brunnsdjup som generellt förekommer i området med ett mediandjup på mer än 100 m. Sannolikheten ökar också ju närmare stranden som fastigheten är belägen. Eftersom bebyggelsen dock är topografiskt högt belägen kommer många av brunnarna, trots de djupa brunnsdjupen ändå antas leverera ett sött grundvatten. Den sanitära standarden och därigenom grundvattenuttagens storlek är erfarenhetsmässigt en av de viktigaste faktorerna vid bedömningen och om standarden ökar betydligt kommer även sannolikheten för såväl brist på grundvatten som sannolikheten för försämrad grundvattenkvalitet att öka. Osäkerheten i RV-analysen bedöms som tämligen låg (punkten hamnar till höger i diagrammet).



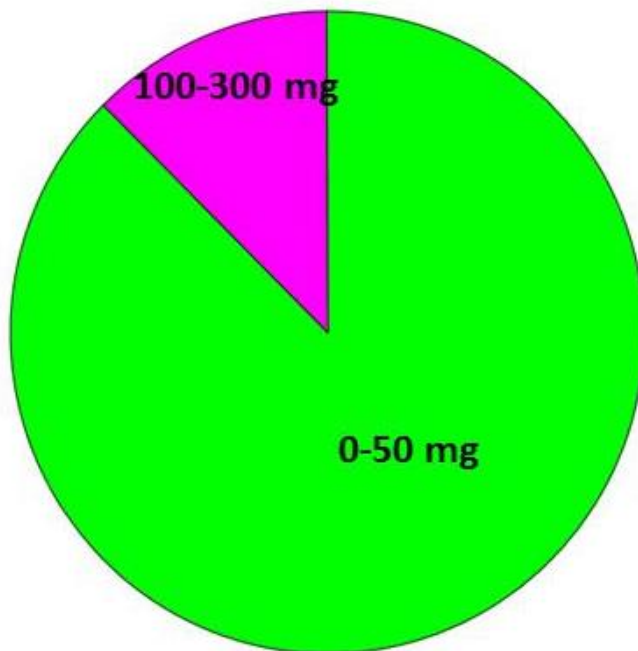
Figur 3.1.9 Risk för salt grundvatten i Baldersnäs beräknat med RV-metoden. Figur A (över) visar brunnar i områden med isälvssand där sannolikheten för salt grundvatten är mycket låg medan figur B (nere) visar brunnar i norra och södra Baldersnäs som är djupborrade direkt i berg. För dessa brunnar är sannolikheten för salt grundvatten hög till mycket hög. De variabler som använts för de olika fallen och deras osäkerhet visas i figuren.

Flygmätningar som SGU genomfört över området visar att Baldersnäs generellt har en låg resistivitet, dvs marken har en hög ledningsförmåga, figur 3.1.10. Eftersom mängden lera är begränsad och berggrunden generellt är högresistiv kan respons från salt grundvatten inte uteslutas längs med kusten. Större grundvattentillgångar i isälvsmaterialet kan också ge en lägre resistivitet i östra delen av området.



Figur 3.1.10 Flygmätningar av den elektriska ledningsförmågan i marken. Låg resistivitet innebär områden med hög elektrisk ledningsförmåga, vilket skulle kunna indikera lera, elektriskt ledande mineral, större grundvattenmängder eller salt grundvatten.

Det finns bara ett fåtal (8) mätningar av klorid tillgängliga från området och halterna ligger huvudsakligen under 50 mg/L, figur 3.1.11. En brunn uppvisar 92 mg Cl/L.



Figur 3.1.11 Kloridanalyser i Baldersnäs.

3.2 IDALEN

3.2.1 Topografi

Idalen som omfattar Björnö och Klacknäset är beläget på södra Ingarö. Bebyggelsen omfattar ca 493 fastigheter på ett område av omkring 174 ha. Bebyggelseområdet gränsar till två större naturreservat, Björnö naturreservat i öster och Långviksträsk naturreservat i norr. Båda dessa är välbesökta, speciellt Björnö med sandstränder och vågslipade hållar.

Området består av en tämligen flack sandig platå på nivån 20-27 m.ö.h. Höjdskillnaderna är oftast mindre än 5 m inom det centrala området men är i norr och öster högre på grund av uppstickande berghällar. Den topografiska kartan i figur 3.2.1. visar bebyggelseområdet samt även två topografiska profiler genom området.



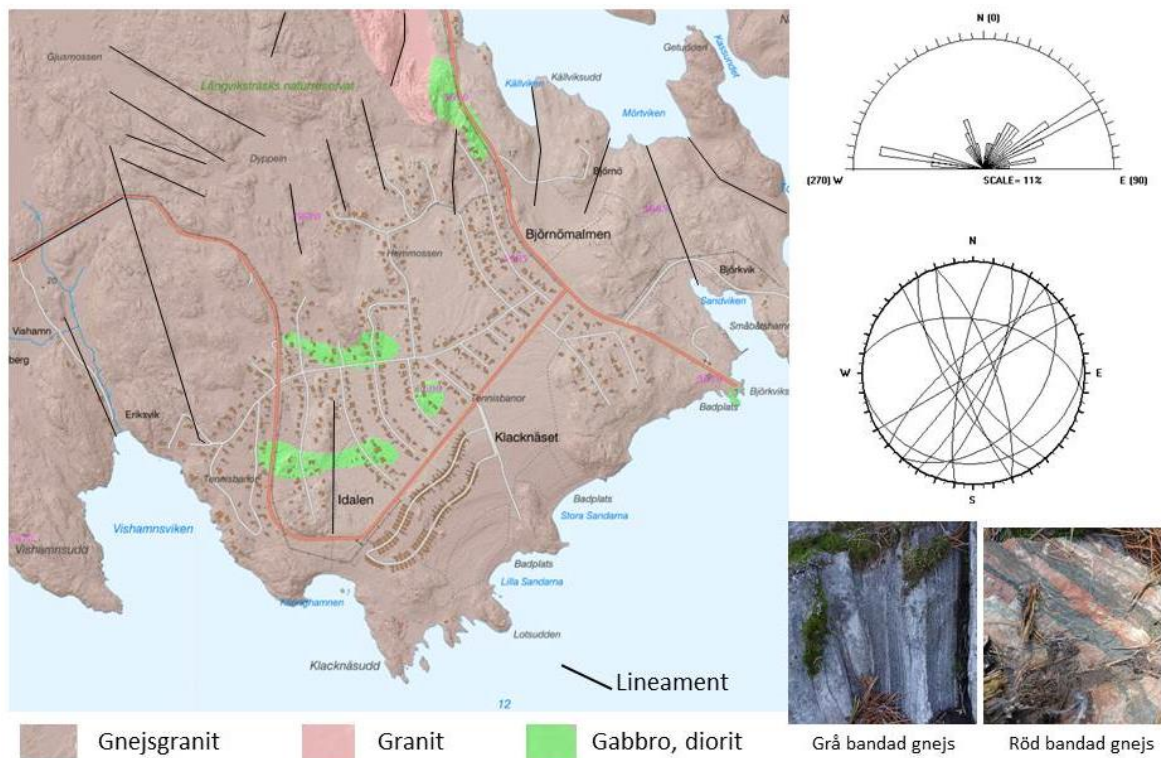
Figur 3.2.1 Topografisk karta över Klacknäset (Idalen) (Lantmäteriet 2020).

3.2.2 Berggrund

Berggrunden består enligt SGUs berggrundsgeologiska karta huvudsakligen av gnejsgranit. Det finns dock områden som mer skulle kunna klassas som bandade gnejser av vulkaniskt och sedimentärt ursprung, se bilder i figur 3.2.2. Visa centrala delar av området består också av gabbro och diorit, ställvis genomslaget av talrika pegmatitgångar.

En översiktlig studie av berggrundens lineamentstrukturer såsom markanta hållkanter, mindre dalgångar etc som sannolikt representerar mindre sprickzoner och förkastningar har utförts utifrån flygbilder, topografiska kartor samt fältbesök. I centrala och södra delen av området sticker berghällar upp genom ganska mäktiga sandlager. Utifrån brunnborringar varierar bergytan högst påtagligt i området och bergytans topografi indikerar ibland mer än 30 m höjdskillnad över korta sträckor. Det är dock svårt att kartlägga lineamentstrukturerna då bergytan över stora delar är jordtäckt. Dessa framträder mer i norra delen av området som främst består av synligt berg.

Sprickkartering i hållar i området visar på ett flertal dominerande orienteringar såsom i orientering VNV, NO samt NNW. Även stupningarna varierar kraftigt, från närmast vertikala sprickor till tämligen flacka. Generellt gynnar det ett mer isotropt strömningsmönster för vattenflödet i berget (grundvatten kan därför strömma i olika riktningar). Sprickintensiteten varierar dock och kan i vissa områden karaktäriseras som sprickfattiga medan andra är mer uppspruckna. Den kinematiska porositeten i berget beräknas därför till 0,04 %.

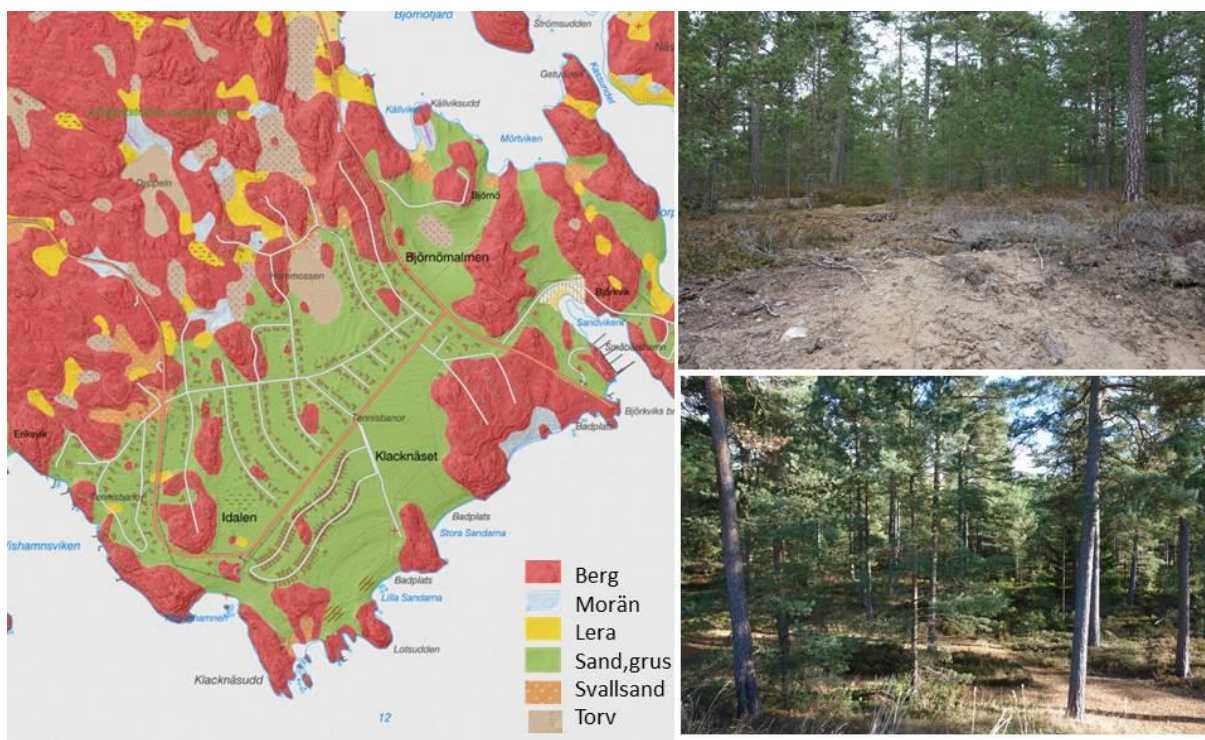


Figur 3.2.2 Berggrundsgeologisk karta över Klacknåset (Idalen) samt resultat från översiktligt karterade lineament och sprickstudier av hållar i området (kartunderlag SGU 2020).

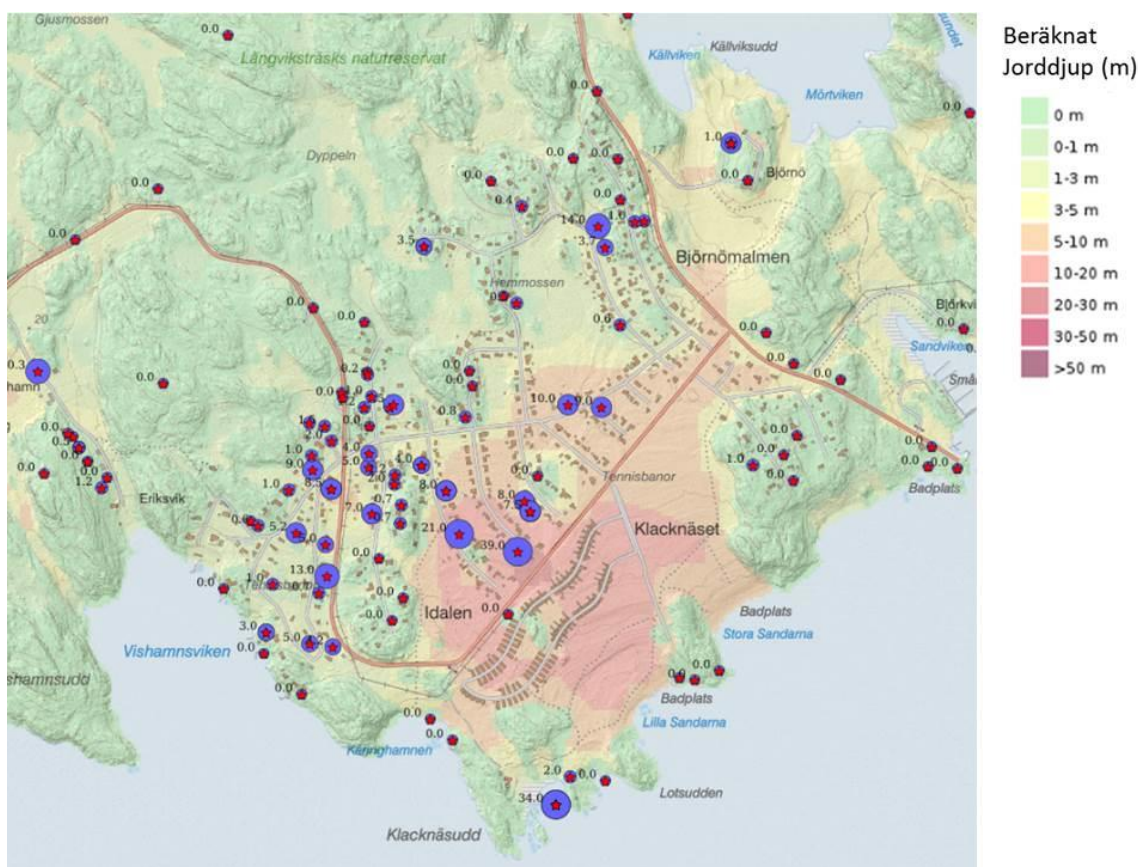
3.2.3 Jordlager och jorddjup

Jordlagren i Klacknåset (Idalen) består huvudsakligen av mäktiga lager av isälvsand, kallad Björnömalmen, figur 3.2.3. Enstaka partier av blottat berg är synligt i den centrala delen av området. I norra delen av bebyggelseområdet påträffas större mängder av blottat berg och där är jordlagren betydligt tunnare och består förutom isälvsand av morän samt lite lera och torv samt svallsand i terrängens lågpunkter.

Isälvs materialet domineras, i varje fall i ytskiktet av sand men även mer grusiga partier påträffas. Området är generellt bevuxen med tallskog. Isälvsanden är ställvis mäktig, speciellt i de södra delarna av bebyggelseområdet med jorddjup överstigande 30 m, figur 3.2.4. I norra delen av området är jordmaktigheterna istället mycket tunna, ofta under 1 m eller saknas helt.



Figur 3.2.3 Jordartskarta över Klacknäset (Idalen) (SGU 2020) samt bilder som visar områdets sandiga karaktär.



Figur 3.2.4 SGUs jorddjupskarta över Klacknäset (Idalen) (SGU 2020).

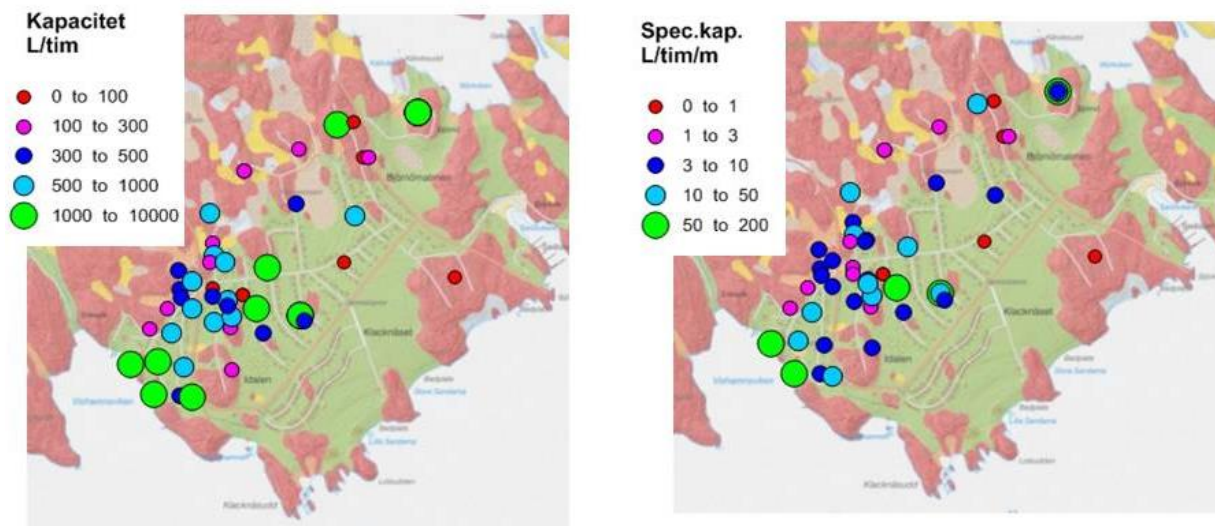
3.2.4 Brunnsdata

Det finns 62 brunnar i området registrerade i brunnsarkivet vid SGU. Av dessa är 11 energibrunnar som varierar mellan 100 och 190 m djup med ett mediandjup på 130 m. Dessa nyttjas sällan för vattenuttag. En statistisk bearbetning av brunnsdata från troliga vattenbrunnar, då energibrunnarna uteslutits, presenteras i tabell 3.2.1.

Tabell 3.2.1 Beskrivande statistik över brunnar i Idalen (energibrunnar ej medtagna).

Variable	Descriptive Statistics (Spreadsheet28)							
	Valid N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Lower Quartile	Upper Quartile	Std.Dev.
VATTENMANGD L/tim	50	957.6	435.0	60.0	8000.0	250.0	1000.0	1468.3
GRUNDVATTENNIVA m.u.m	35	6.1	6.0	0.4	14.2	4.0	8.0	3.0
TOTALDJUP m	51	79.9	80.0	24.0	200.0	54.0	103.0	34.3
DJUP_TILL_BERG m	48	2.4	1.0	0.0	9.0	0.5	4.1	2.8
SPEC_KAP L/tim/m	50	17.5	5.3	0.5	137.9	2.8	16.7	29.7

Medianvärdet på kapaciteten är 435 L/tim, vilket är högre än många andra områden på Ingarö men den varierar mellan 60 och 8000 L/tim. Brunnarnas totaldjup är 80 m som median men varierar mellan 24 och 200 m Sannolikt är den djupaste brunnen en energibrunn fast detta inte angivits av borrhöretaget. De brunnar som återfinns i brunnsarkivet är borrade och påträffas huvudsakligen i norra och västra delen av bebyggelseområdet där sandförekomsten är begränsad eller obefintlig. Djupet till bergytan är därför ofta liten med ett mediandjup av endast 1 m och en variation mellan 0 och 9 m. Den beräknade specifika kapaciteten har ett medianvärde på 5,3 L/tim/m men medelvärdet är betydligt högre (17,5 L/tim/m) eftersom de hydrauliska förhållandena varierar påtagligt mellan olika brunnar och några relativt grunda brunnar har höga vattenkapaciteter. Kartor över fördelningen av brunnskapaciteter, liksom den specifika kapaciteten visas i figur 3.2.5.



Figur 3.2.5 Kapacitet och specifik kapacitet i brunnar i Klacknäset (Idalen) (baserat på data från brunnsarkivet).

Vattenuttagen i området baseras på dels gemensamma lösningar, dels egna brunnar. I Söder finns 121 radhus som får vatten från sandavlagringen från en brunn i södra delen av radhusområdet. I nordöstra delen av området finns två gemensamma brunnar i isälvsområdet som enligt uppgift försörjer 130 av fastigheterna.

3.2.5 Beräkningar

Det är mycket svårt att beräkna grundvattentillgångarna i Idalen och resultatet blir ytterst osäkert beroende på att en stor del av fastigheterna ligger i ett större område av isälvssand där vattenförsörjningen baseras på några få gemensamma brunnar utan information om varken brunnsdjup eller djup till grundvattennivå. I detta område som är synnerligen betydelsefullt för vattenförsörjningen saknas helt information om jordmäktighet. SGUs jorddjupskarta utgör här ett viktigt antagande men med mycket stor osäkerhet. Det går heller inte att sondera genom sanden utan det kräver borrhningar. Genom geofysiska mätningar, t ex markradar, geoelektriska mätningar eller SkyTEM-mätningar skulle jordmäktighet, bergytans nivå och grundvattennivån kunna klarläggas.

Grundvattentillgångarna kan dock endast säkerställas genom hydraulisk testning och analys av provpumpningsdata. Samtliga brunnar som finns i brunnsarkivet utgör sannolikt brunnar borrhade i berg och de är belägna i bebyggelseområdets norra och nordvästra delar. Bergytan under isälvssanden antas vara synnerligen topografiskt undulerande med upp till 30 m höjdskillnader över korta avstånd och synligt berg sticker ibland upp genom jordlagren. Sannolikt finns därför flera grundvattenbassänger i isälvssanden men det är oklart var och i så fall hur de hydrauliskt kommunicerar med varandra.

Området har avgränsats dels utifrån fastigheterna, dels med hänsyn till att ett närliggande område norr och nordost om bebyggelsen troligtvis kan bidra till grundvattentillgången., se figur 3.2.6. Tabell 3.2.2 visar fördelningen av jordarter i markytan dels för bebyggelseområdet, dels om närliggande områden medtas i beräkningarna.

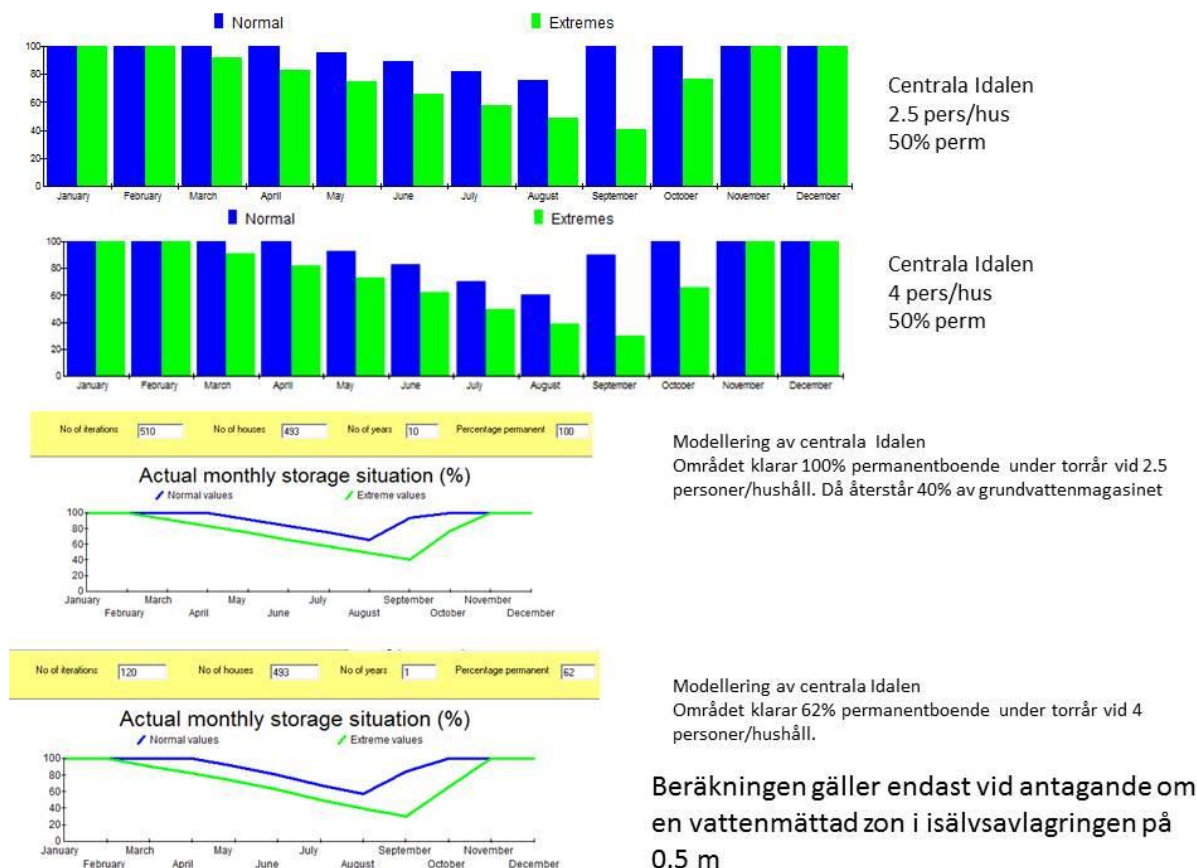


Figur 3.2.6 Indelning av delområden i Klacknäset (Idalen). (Kartunderlag SGU 2020).

Tabell 3.2.2 Fastigheter och jordartsförhållanden (%) i Klacknäset (Idalen).

Område	Area, m2	Fast	Berg	Morän	Svall-sand	Sand grus	Lera	Torv	Vatten
Centrala Idalen	1743000	493	56.7	0.0	2.7	40.6	0.0	0.0	0
Tillrinnings-områden	788000	0	59.5	5.5	1.7	14.9	3.9	14.5	0.0
Hela Idalen	2531000	493	39.4	2.3	2.3	46.4	2.9	6.7	0.0

Vid beräkning av grundvattentillgången i isälvsavlagringen användes olika antaganden om mäktigheten på ett vattenmättat lager i isälvsavlagringen för att analysera vilken mäktighet på detta lager som behövs för att försörja bebyggelsen. Det visade sig att detta vattenmättade lager måste vara minst 0,5 m mäktigt för att klara ett fullständigt permanentboende med 4 personer per hushåll. Beräkningarna och modelleringen presenteras i figur 3.2.7 och 3.2.8. Observera att dessa beräkningar endast är giltiga om det finns ett sådant vattenmättat sandskikt.

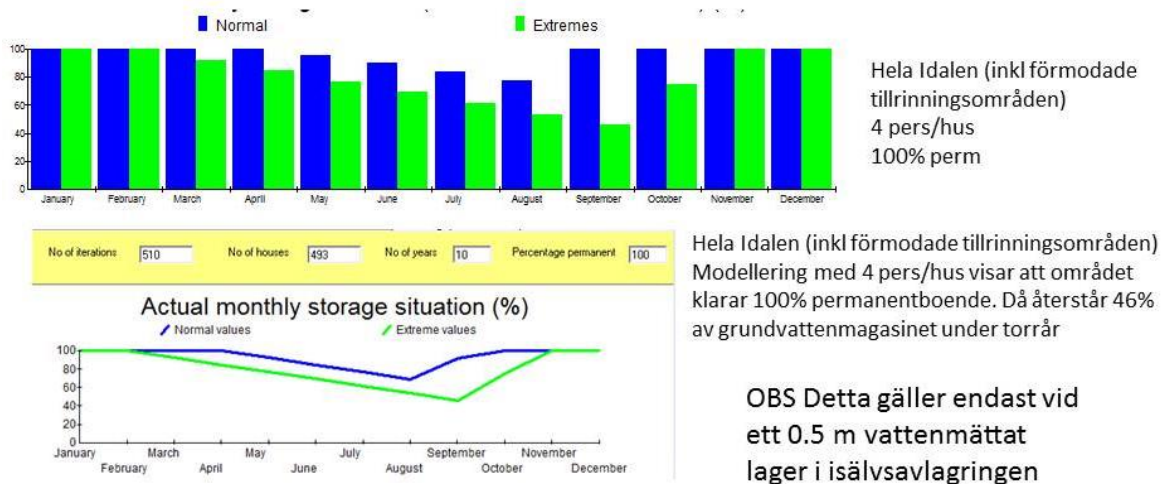


Figur 3.2.7 Utvecklingen av grundvattenmagasinet i bebyggelseområdet i Idalen. Beräkningarna representerar endast antagna ingångsvärden på grundvattentillgången i isälvsavlagringen Björnömalmen.

Eftersom en stor andel av bebyggelsen i Klacknäset (Idalen) är beroende av gemensamma brunnar i sandavlagringen (> 250 fastigheter) borde tillgångarna analyseras. Utan mer omfattande studier är det inte möjligt att beräkna om och hur stor andel av tillgångarna som idag nyttjas och vilka ytterligare uttagsmöjligheter som finns. Vattenföreningarna är medvetna om sårbarheten och har ett generellt bevattningsförbud och förbud för att fylla pooler etc. inom området. Det finns dock också en stor mängd enskilda vattentäkter i området. De som är registrerade i brunnsarkivet är bergborrade brunnar men det är oklart om det också finns privata uttag direkt ur isälvsavlagringen.

Erfarenhet från borrningar i samband med andra isälvsavlagringar visar att det inte sällan finns en hydraulisk förbindelse mellan grundvatten i isälvsavlagringen och berggrundvattnet, särskilt om isälvsavlagringen ligger direkt på bergytan utan mellanliggande moränskikt. Det är oklart om sådana förhållanden råder här. Vid beräkningen har därför hela området betraktats som en enhet där alla uttag medtagits oavsett om de gjorda i berg eller jord. Delområden med tunna sandmaktigheter och mer synligt berg kan vara isolerade från sandakvifären och vara mer sårbara med avseende på vattenbrist. Många bergborrade brunnar i den nordvästra delen av bebyggelseområdet har därför relativt låga brunnskapaciteter och låga värden på specifik kapacitet (figur 3.2.6) medan brunnar borrhade mer centralt ofta har högre värden.

Om områden norr och nordost om bebyggelseområdet, som skulle kunna vara tillrinningsområden medtas i beräkningarna så förbättras situationen något men eftersom dessa områden utgör en mosaik av sand, svallsand, synligt berg, morän och lera blir förbättringen inte påtaglig, figur 3.2.8. Avgörande blir ändå den mättade horisontens mäktighet i isälvsavlagringen, vilken för närvarande är okänd.



Figur 3.2.8 Grundvattenutvecklingen i Idalen om även förmodade tillrinningsområden medtas. Beräkningarna gäller endast under givna antaganden om sandakvifären.

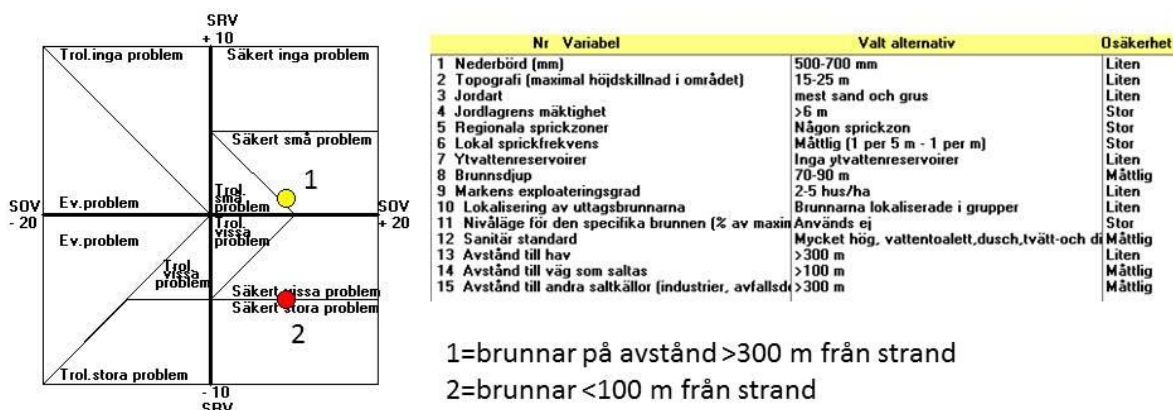
3.2.6 Risk för salt grundvatten

Sannolikheten för salt grundvatten påverkas också av sandakvifärens uppbyggnad. Vid stora uttag ur en sandakvifär i anslutning till hav finns det ökande risk för inträngning och uppträngning av salt grundvatten. Detta kan ses bland annat vid Stavsnäs i Värmdö kommun där för stora uttag i isälvsavlagringen vid Sparrviken ibland kunde leda till ökade kloridhalter.

De kemiska analyser som funnits tillgängliga vid Idalen pekar dock på att kloridhalterna idag i isälvsavlagringen är låga (17 mg/L). Sannolikheten för de borrade brunnarna kan dock avvika bland annat för att de är mycket djupare och kan erhålla ett relik salt grundvatten. Mediandjupet för brunnar i området är 80 m.

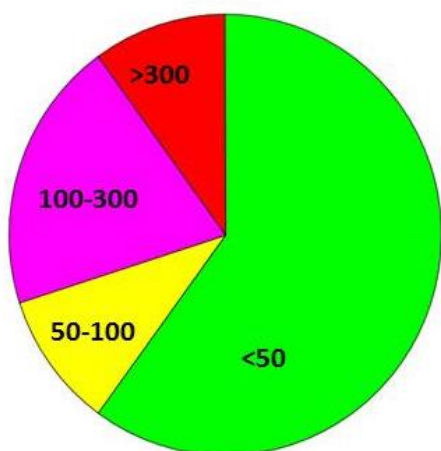
En RV-bedömning för sannolikheten för salt grundvatten har utförts i området. Den visar att brunnar på stort avstånd från strand har liten eller måttlig sannolikhet för salt grundvatten medan strandnära brunnar har en helt annan situation, speciellt eftersom sandmaterial har en hög vattengenomsläpplighet som kan innebära en direkt havsvatteninträngning vid större uttag. Området har bedömts ha en hög sanitär standard eftersom många av fastigheterna idag är permanentbebodda, särskilt radhusen i den södra delen av bebyggelseområdet.

Bergborrade brunnar i norra delen av bebyggelseområdet kan ha en högre sannolikhet för salt grundvatten om de inte hydrauliskt kommunicerar med sandakvifären.

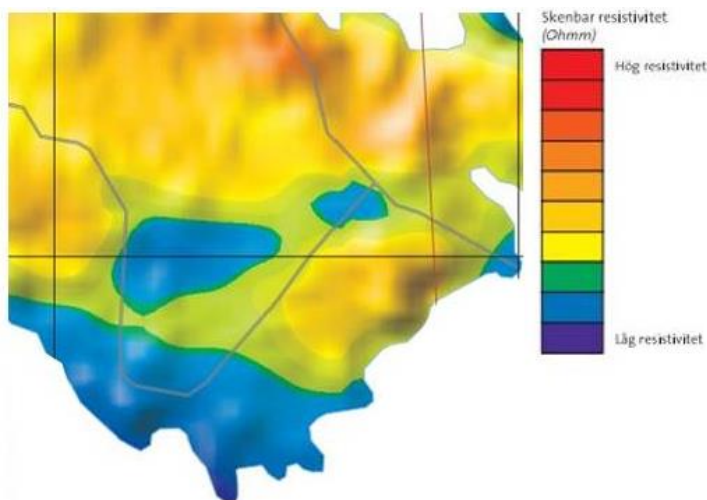


Figur 3.2.9 Resultat av RV-analys av sannolikhet för salt grundvatten i Idalen.

Kloriddata från 9 brunnar har påträffats i Idalen, dessa visar på varierande kloridhalter med högsta halten av 350 mg Cl/L, figur 3.2.10. SGUs flyggeofysiska VLF-mätningar över Idalen visar att södra delen av området har låga resistivitetsvärden, dvs hög elektrisk ledningsförmåga. Sannolikt beror detta på den stora vattentillgång som finns i isälvsavlagringen, figur 3.2.11.



Figur 3.2.10 Kloridmätningar i brunnar.

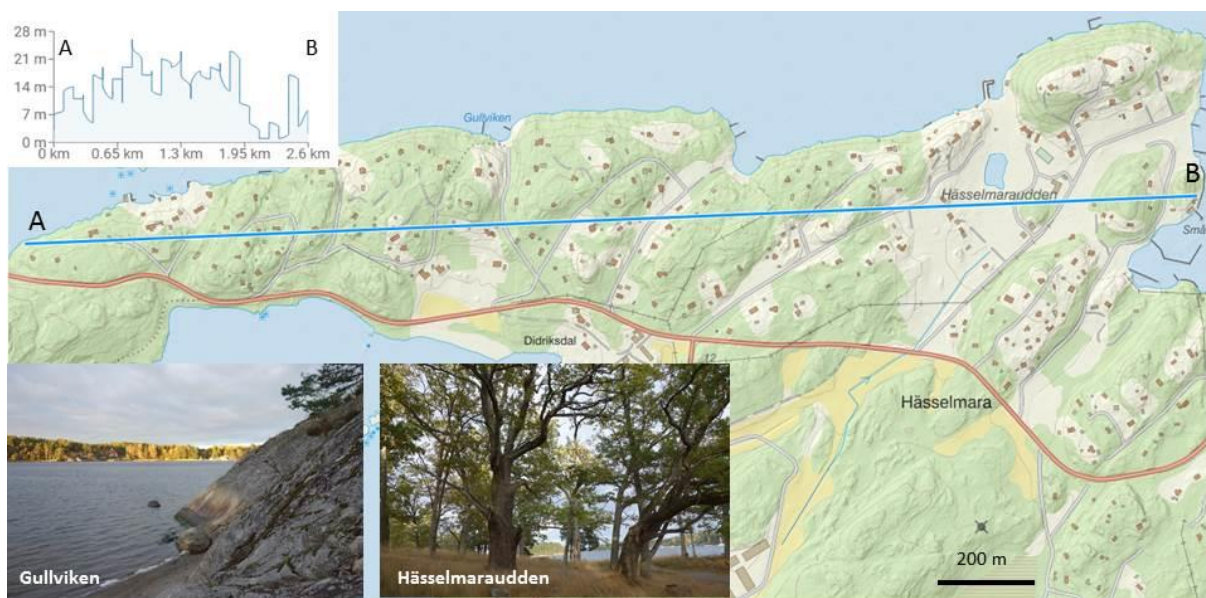


Figur 3.2.11 Resistivitetmätningar i Idalen (SGU 2020).

3.3 HÄSSELMARA

3.3.1 Topografi

Hässelmaran är beläget på en ganska smal landremsa strax väster om Stavsvik. En stor andel av fastigheterna är idag permanentbebodda eftersom området ligger centralt norr om Stavnäsvägen med goda kommunikationer. Området består av omkring 137 bebyggda fastigheter på ett område som är omkring 88 ha stort. Området utgör en relativt smal bergribba, 200-600 m bred med höjder upp till drygt 25 m. Topografiskt finns stora höjdvariationer och området genomskärs av ett större antal dalgångar i orientering NO-SV. Höjdprofilen i figur 3.3.1 visar att de östra delarna generellt är topografiskt lägre där vissa delar av Hässelmaraudden bara höjer sig någon meter över havet.



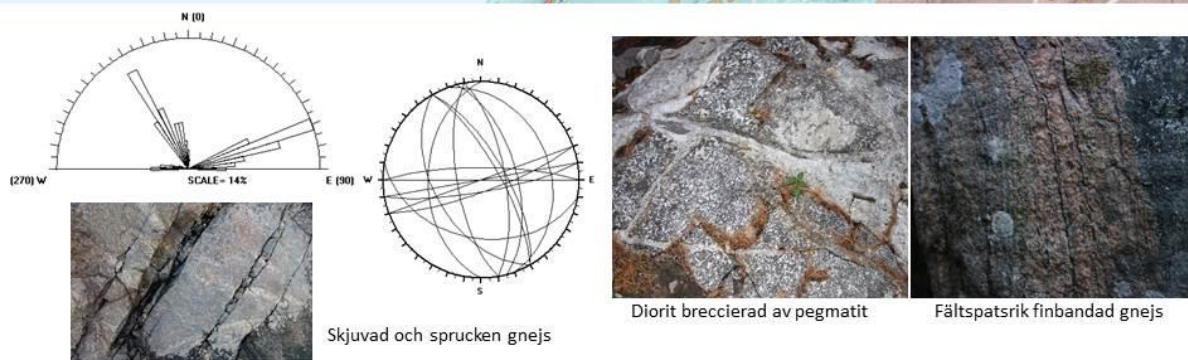
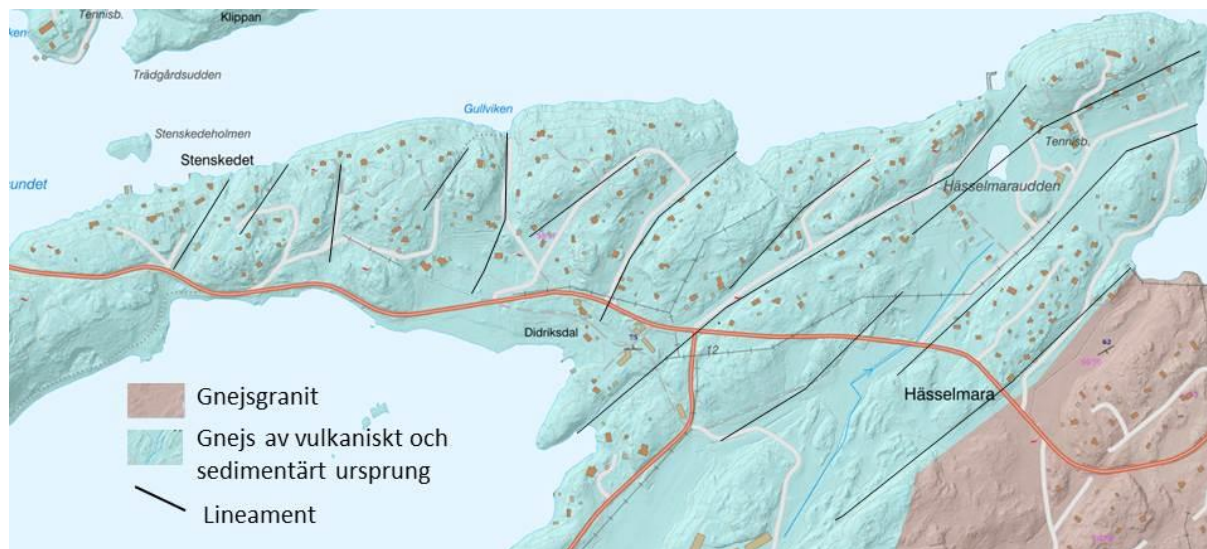
Figur 3.3.1 Området Hässelmaran med topografisk profil (kartunderlag: Lantmäteriet 2020).

3.3.2 Berggrund

Enligt SGUs berggrundskarta består området närmast helt av omvandlade sedimentära och vulkaniska bergarter bland annat gråvackegnejs. Berget är ställvis mycket rikt på kalifältspat och uppvisar en tydlig lagring med brant stående lager. Andra delar, främst i östra delen är mer förgnejsade. Lokalt, framförallt i västra delen av Hässelmaran påträffas betydande mängder intermediära och mafiska bergarter, bland annat större fragment av diorit som breccierats (dvs sönderbrutits) av pegmatit. Vissa rostiga partier tyder på innehåll av relativt lättvittrade järnrika mineral.

Genom flygbildsanalys och fältstudier har ett antal lineament identifierats i området. Dessa syns som bergskanter och dalgångar som skär igenom området och utgör sannolikt mindre sprick- och krosszoner. Dominerande orientering i östra delen är NO-SV i västra delen av Hässelmaran, stryker dalgångarna mer åt NNO. Sprickmätningar på hållar i området visar på två tydliga huvudriktningar NNV samt åt ONO (figur 3.3.2.). Den stereografiska projektionen i figur 3.3.2 visar att många av sprickorna i orientering NNO har en måttlig stupning åt väster

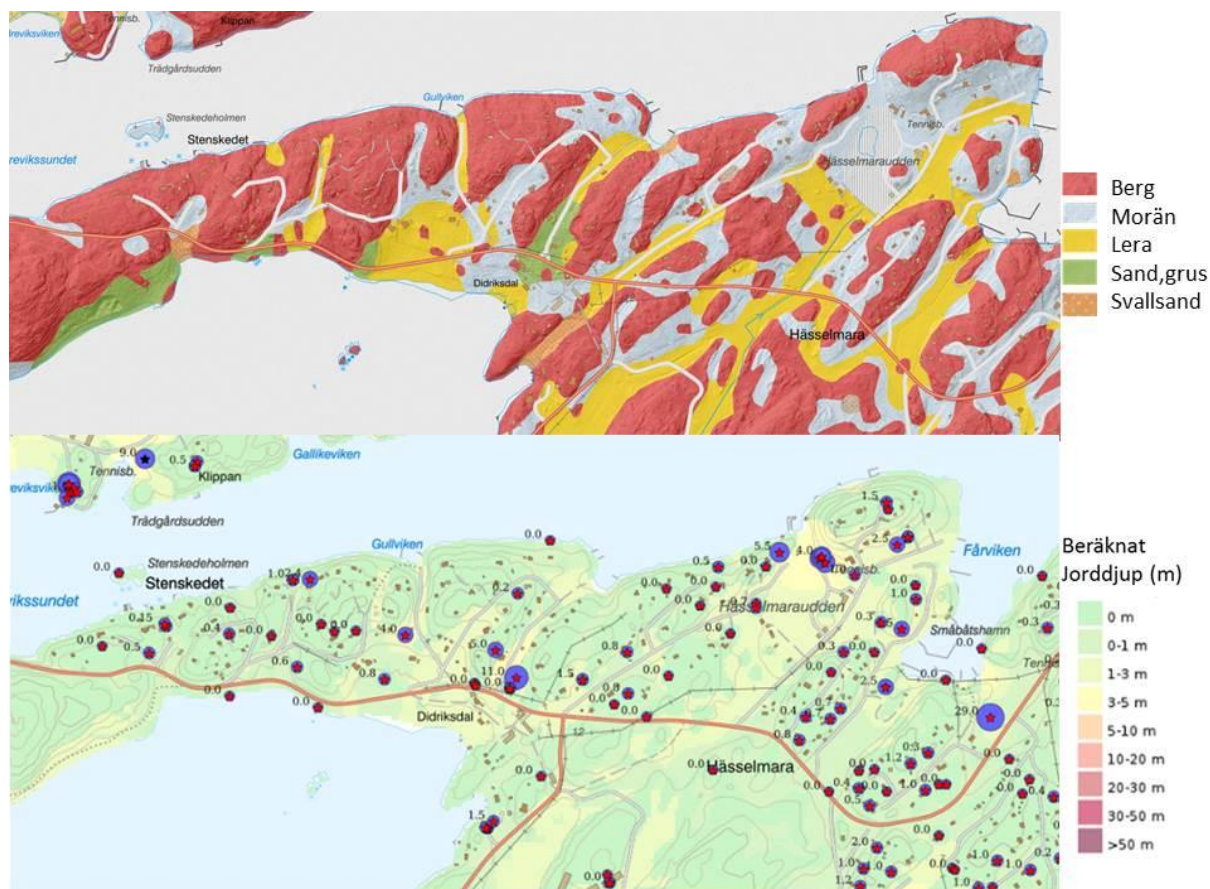
eller öster medan sprickorna åt ONO är brantstående. En analys av fördelningen och sprickintensiteten visar att den kinematiska porositeten kan uppskattas till ca 0,03-0,04 %.



3.3.2 Berggrund och sprickriktningar i Hässelmara. Den stereografiska projektionen visar Schmidts nät, undre hemisfären. Kartunderlag: SGU 2020)

3.3.3 Jordlager och jorddjup

Jordlagren i Hässelmara består i stor utsträckning av synligt berg, lokalt täckt av ett tämligen tunt blockrikt och kraftigt svallat moräntäcke, figur 3.3.3. De smala dalgångarna är antingen fyllda med morän eller också har ett yttäcke av glacial lera. Sonderingar i de nordligaste delarna av området visar att lermäktigheten ofta är ringa, 1-2 m och underlagras av troligtvis sandig morän. Enligt SGUs jorddjupskarta finns dock punkter där mäktigheten är något större, 3-5 m. I södra delen av området finns ett mindre parti isälvssand. En borrhning som lagrats i SGUs brunnsarkiv visar på ett maximalt jorddjup på hela 11 m i detta område. Detta sandområde har dock en mycket ringa utsträckning och omges av markanta bergryggar, varför de små partierna av isälvssand kan ses som relativt isolerade från varandra. Jordmäktigheten anges av SGU vara mycket tunn, vanligtvis 0 eller 0-1 m, speciellt i den västra delen av Hässelmara.



Figur3.3.3 Jordarts- och jorddjupskarta över Hässelmara (SGU 2020).

3.3.4 Brunnsdata

I SGUs brunnarsarkiv påträffas omkring 94 brunnar från området. Av dessa är ca 20 energibrunnar och således djupa (120-210 m) med ett mediandjup på drygt 182 m, tabell 3.3.1. En statistisk analys av de brunnar (max 74 st) som inte är energibrunnar presenteras i tabell 3.3.2. Mediandjupet för brunnarna är 60,5 m och mediankapaciteten 420 L/tim. Detta ger en förhållandevis hög specifik kapacitet, 7,5 L/tim/m. Den högsta kapaciteten som angivits i borrprotokollen är 7200 L/tim medan vissa brunnar har varit torrbrunnar och nästan inte givit något vatten alls. Mediandjupet till berg är endast 0,5 m.

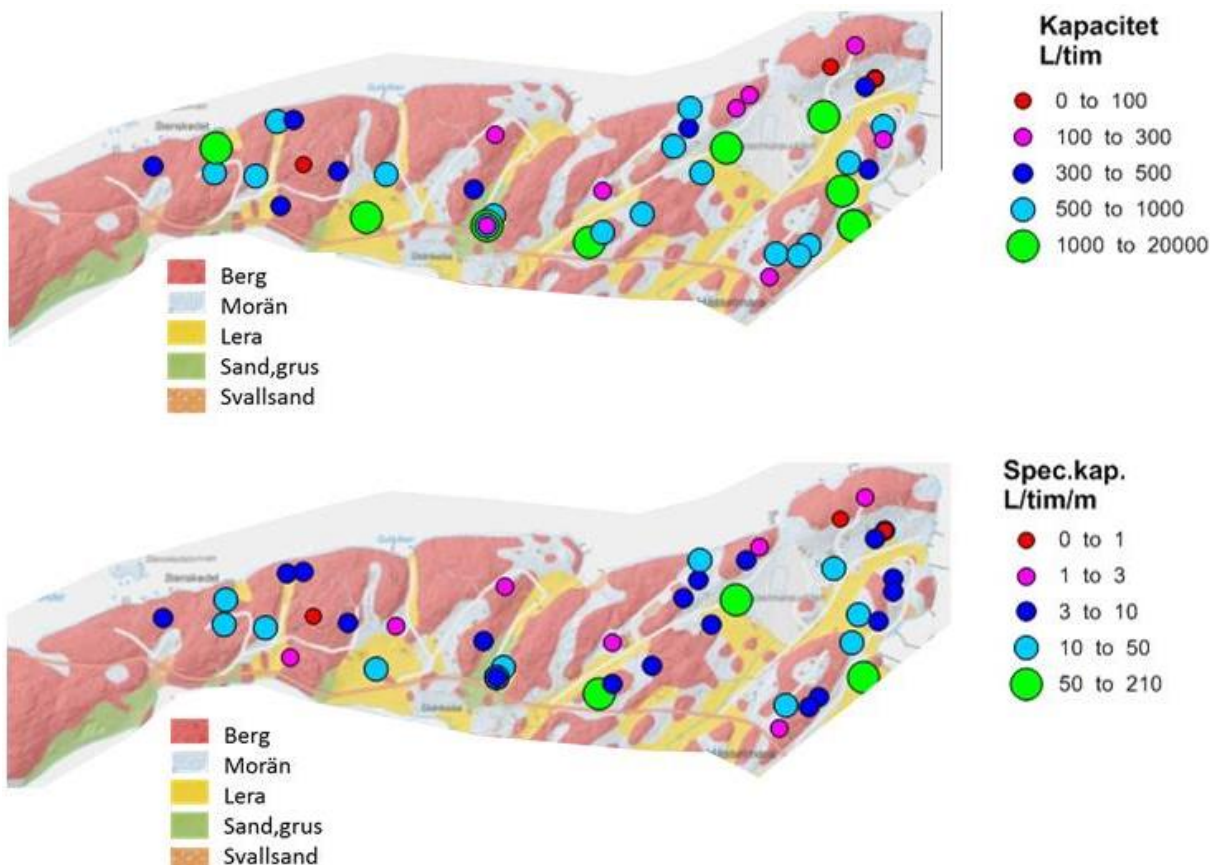
Tabell 3.3.1 Statistisk analys av energibrunnar i området.

Variable	Descriptive Statistics (Spreadsheet22)							
	Valid N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Lower Quartile	Upper Quartile	Std.Dev.
VATTENMANGD L/tim	6	938.3	450.0	30.0	2500.0	200.0	2000.0	1041.0
GRUNDVATTENNIVA m.u.m	19	5.9	6.0	3.0	10.0	3.0	7.5	2.3
TOTALDJUP m	20	168.3	182.5	120.0	210.0	141.5	190.0	29.1
DJUP_TILL_BERG m	20	2.3	1.0	0.2	7.0	1.0	3.5	2.3
SPEC_KAP L/tim/m	6	5.0	2.4	0.2	13.5	1.1	10.5	5.6

Tabell 3.3.2 Statistisk analys av dricksvattenbrunnar (energibrunnar ej medtagna).

Variable	Descriptive Statistics (Spreadsheet22)							
	Valid N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Lower Quartile	Upper Quartile	Std.Dev.
VATTENMANGD L/tim	73	767.9	420.0	2.0	7200.0	215.0	900.0	1042.9
GRUNDVATTENNIVA m.u.my	46	9.1	8.5	2.0	20.0	6.0	12.0	4.5
TOTALDJUP m	74	65.6	60.5	9.0	117.0	52.0	81.0	23.7
DJUP TILL BERG m	71	1.5	0.5	0.0	15.5	0.0	1.0	2.8
SPEC_KAP L/tim/m	73	16.9	7.5	0.0	200.0	3.3	15.0	30.2

Figur 3.3.4 visar fördelningen av brunnar med olika kapacitet och beräknad specifik kapacitet. De högsta kapaciteterna och brunnar med hög specifik kapacitet återfinns i de östra delarna av Hässelmara där lerutbredningen är större och topografin lägre. Brunnar med låg kapacitet är nästan alltid borrade direkt på berg.



Figur 3.3.4 Kapacitet (L/tim) och specifik kapacitet (L/tim/m) i brunnar i Hässelmara. Bearbetning av data från SGUs brunnarsarkiv.(kartunderlag SGU 2020).

3.3.5 Beräkningar

Eftersom det finns tämligen stora skillnader mellan västra och östra delen av Hässelmara har området delats in i två delar enligt figur 3.3.5. De relativt höga kapaciteterna i brunnarna motiverar ett antagande att den kinematiska porositeten i berget kan sättas till 0,04 %.



Figur 3.3.5 Delområden i Hässelmara (kartunderlag: SGU 2020).

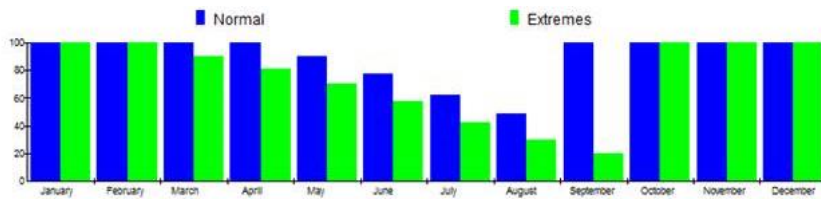
En sammanställning av ytfördelning av jordarter i de olika delområdena visas i tabell 3.3.3.

Tabell 3.3.3 Fastigheter och jordlagerförhållanden (%) i Hässelmara. Delområdena visas i figur 3.3.5.

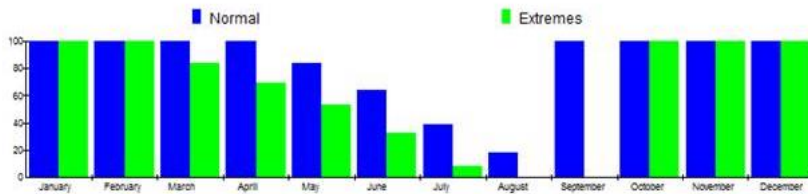
Område	Area, m2	Fast	Berg	Morän	Svall-sand	Sand-grus	Lera	Torv	Vatten
Västra Hässelmara (område A)	380000	64	70.9	14.8	0.0	3.3	11.0	0.0	0.0
Östra Hässelmara (område B)	498000	73	40.2	36.0	0.0	0.0	17.7	5.5	0.6

Beräkning och modellering med GWBal visar att Västra Hässelmara redan idag uppvisar stora problem med vattentillgången. Vid 2,5 personer per hushåll klarar delområdet endast 39 % permanentboende under torrår, normalår 75 % permanentboende, figur 3.3.6.

Modelleringen bryter när endast 30 % återstår av de beräknade grundvattenmagasinen. Då ökar risken påtagligt för vattenkvalitetsproblem till följd av överuttag. Västra Hässelmara borde därför uppvisa vattenkvalitetsproblem vissa år redan idag. Vid 4 personer per hushåll, vilket är högre än de nuvarande verkliga förhållandena klarar delområdet endast 8 % permanentboende under torrår, vid normalår 32 % permanentboende.



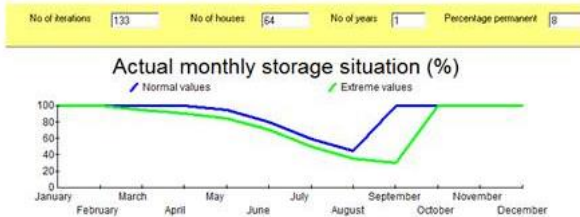
Västra Hässelmaras område A
 2.5 pers/hus
 50% perm



Västra Hässelmaras område A
 4 pers/hus
 50% perm



Modellering av Västra Hässelmaras område A
 Området klarar 39% permanentboende under torrår vid 2,5 personer/hushåll. Under normalår klarar området 75% permanentboende



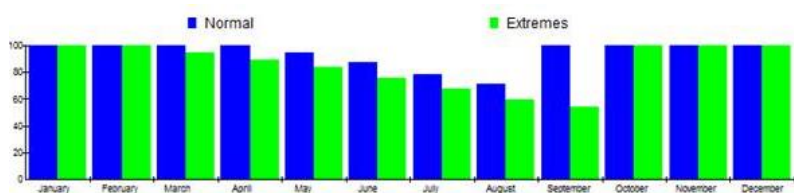
Modellering av Västra Hässelmaras område A
 Området klarar 8% permanentboende under torrår vid 4 personer/hushåll. Under normalår klarar området 32% permanentboende

Figur 3.3.6 Modellering av grundvattenmagasinens utveckling i Västra Hässelmaras område A.

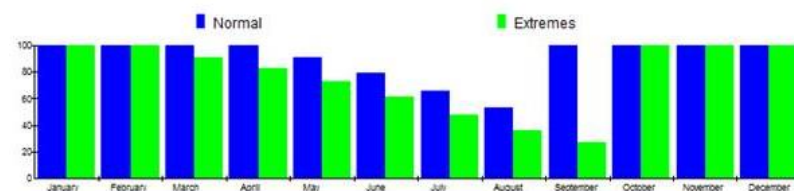
Det begränsade området med isälvsmaterial i Västra Hässelmaras område A kan naturligtvis vara väldigt betydelsefullt lokalt för de brunnar som finns i områdets direkta närhet men då denna dalgång omges av måttligt genomsläppliga bergryggar blir betydelsen väldigt begränsad för området som helhet. Att ett område har vattenbrist innebär naturligtvis inte att alla brunnar har kvantitets- och kvalitetsproblem men sannolikheten för att en hel del brunnar får problem ökar kraftigt.

I Östra Hässelmaras område B är situationen betydligt mindre problematisk. Modelleringsresultatet visas i figur 3.3.7. I Östra delen av Hässelmaras område B är fastigheterna något större. Området är visserligen betydligt flackare vilket kan ge ökad risk för salt grundvatten men ur kvantitetssynpunkt klarar sig området bättre än den västra delen. Andelen blottat berg är betydligt mindre vilket ökar grundvattenbildningsmöjligheterna.

Modelleringen visar att området knappt klarar ett fullständigt permanentboende under torrår med 2,5 personer per hushåll. Under normalår finns dock ett tillräckligt grundvattenöverskott. Vid 4 personer per hushåll klarar Östra Hässelmaras område B 47 % permanentboende under torrår, under normalår återstår drygt 35 % av grundvattenreservoarerna.

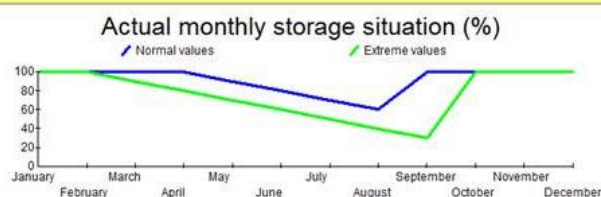


Östra Hässelmara
(område B)
2.5 pers/hus
50% perm



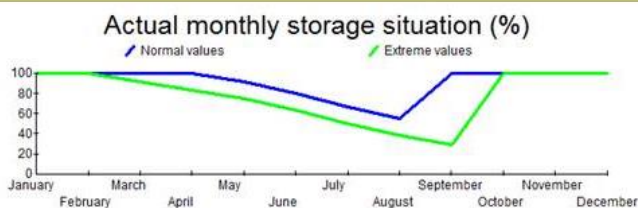
Östra Hässelmara
(område B)
4 pers/hus
50% perm

No of iterations: No of houses: No of years: Percentage permanent:



Modellering av Östra Hässelmara (område B)
Området klarar knappt 100% permanentboende under torrår vid 2.5 personer/hushåll.

No of iterations: No of houses: No of years: Percentage permanent:



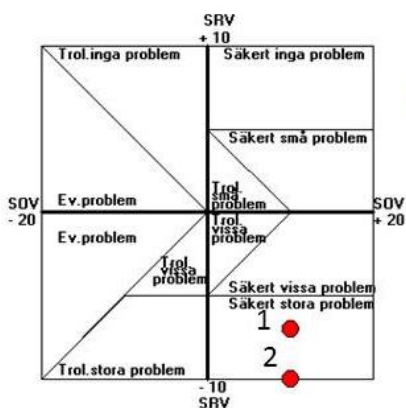
Modellering av Östra Hässelmara (område B)
Området klarar 47% permanentboende under torrår vid 4 personer/hushåll.

Figur 3.3.7 Modellering av grundvattenmagasinens utveckling i Östra Hässelmara.

3.3.6 Risk för salt grundvatten

En analys med RV-metoden har utförts över Hässelmara för sannolikhet för salt grundvatten. Resultatet presenteras i figur 3.3.8 och visar att sannolikheten för salt grundvatten är hög till mycket hög inom stora delar av området. Sannolikheten ökar dessutom med stora uttag som ökar vid en ökande sanitär standard.

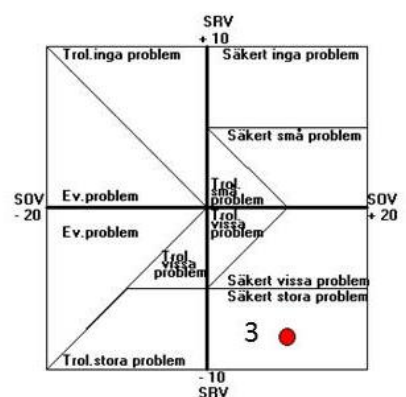
Det innebär naturligtvis inte att alla brunnar uppvisar saltvattenproblem men att kriterierna för stora saltvattenproblem uppfylls inom området. Avståndet till hav är också generellt litet, främst i Västra Hässelmara då bebyggelsen ligger på en ganska smal berggripa. I östra Hässelmara ligger bebyggelsen ofta längre från havet men topografin är flackare och det relikta saltvattnet kan påträffas ytligare.



VÄSTRA HÄSSELMARA

Nr	Variabel	Valt alternativ	Osäkerhet
1	Nederbörd (mm)	500-700 mm	Liten
2	Topografi (maximal höjdskillnad i området)	15-25 m	Liten
3	Jordart	mest lera eller berg(urberg)	Liten
4	Jordlagrens mäktighet	0-1 m	Stor
5	Regionala sprickzoner	Någon sprickzon	Måttlig
6	Lokal sprickfrekvens	Måttlig (1 per 5 m - 1 per m)	Stor
7	Ytvattenreservoarer	Inga ytvattenreservoarer	Liten
8	Brunnsdjup	40-70 m	Måttlig
9	Markens exploateringsgrad	1-2 hus/ha	Liten
10	Lokalisering av uttagsbrunnarna	Brunnarna spridda över området	Liten
11	Niväläge för den specifika brunnen (% av maxin	Används ej	Stor
12	Sanitär standard	Ganska hög, vattentoalett, dusch	Måttlig
13	Avstånd till hav	100 - 300 m	Liten
14	Avstånd till väg som saltas	>100 m	Måttlig
15	Avstånd till andra saltkällor (industrier, avfallsd	>300 m	Måttlig

1 = 100-300 m från hav 2 = <100 m från hav



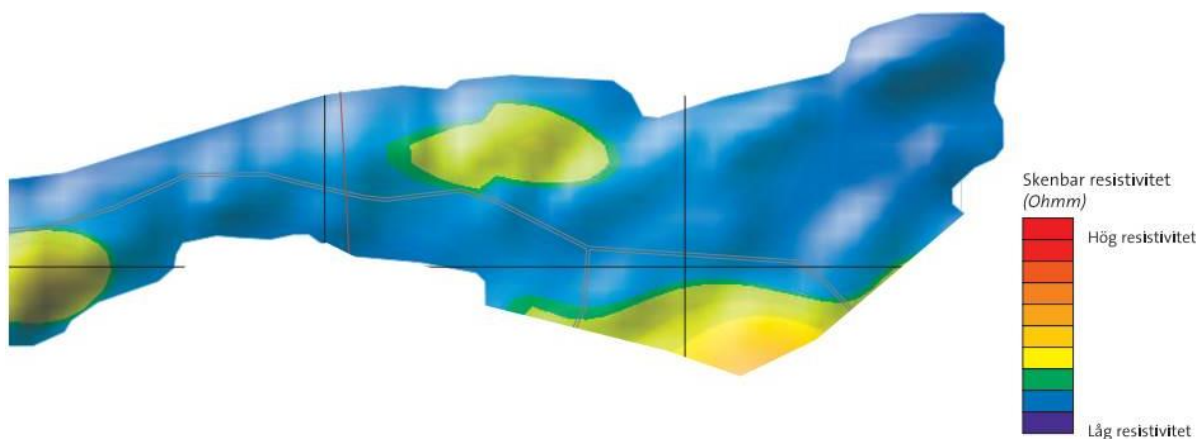
ÖSTRA HÄSSELMARA

Nr	Variabel	Valt alternativ	Osäkerhet
1	Nederbörd (mm)	500-700 mm	Liten
2	Topografi (maximal höjdskillnad i området)	10-15 m	Liten
3	Jordart	mest lera eller berg(urberg)	Liten
4	Jordlagrens mäktighet	1-3 m	Stor
5	Regionala sprickzoner	Någon sprickzon	Måttlig
6	Lokal sprickfrekvens	Måttlig (1 per 5 m - 1 per m)	Stor
7	Ytvattenreservoarer	Inga ytvattenreservoarer	Liten
8	Brunnsdjup	40-70 m	Måttlig
9	Markens exploateringsgrad	1-2 hus/ha	Liten
10	Lokalisering av uttagsbrunnarna	Brunnarna spridda över området	Liten
11	Niväläge för den specifika brunnen (% av maxin	Används ej	Stor
12	Sanitär standard	Ganska hög, vattentoalett, dusch	Måttlig
13	Avstånd till hav	100 - 300 m	Liten
14	Avstånd till väg som saltas	>100 m	Måttlig
15	Avstånd till andra saltkällor (industrier, avfallsd	>300 m	Måttlig

3 = 100-300 m från hav

3.3.8 Risk för salt grundvatten i Hässelmaras beräknat med RV-metoden.

SGUs flyggeofysiska mätningar med VLF visar att nästan hela Hässelmaras har en låg resistivitet (=hög elektrisk ledningsförmåga), figur 3.3.9. Till viss del skulle detta kunna bero på att berggrunden i Hässelmaras skulle kunna innehålla fler elektriskt ledande mineral. Inverkan från salt grundvatten kan dock heller inte uteslutas.



Figur 3.3.9 Resultat från SGUs flyggeofysiska VLF-mätningar över Hässelmaras.

Endast tre brunnar med kloridanalyser har påträffats i Hässelmaras, med 7, 160 respektive 240 mg Cl/L. Underlaget är för litet för att bearbetas statistiskt men antyder att problem med salt grundvatten kan vara betydande.

3.4 BARNVIK

Barnvik är belägen på östra delen av Värmdö, strax öster om Hässelmara, längs vägen mot Stavnäs. Området består av omkring 160 fastigheter i många fall på betydande avstånd från stranden. Barnvik är ursprungligen ett fritidshusområde men som fått ett allt större andel permanentboende. Fastigheterna varierar i storlek och standard från omkring 2000 upp till 5000 m².

3.4.1 Topografi

Barnvik har en undulerande topografi med flera höjdryggar som går upp över 25 m.ö.h. Stora delar av området är dock mellan 10 och 15 m.ö.h. Området sträcker sig i riktning NO-SV och flera av höjdryggarna har samma orientering, figur 3.4.1.

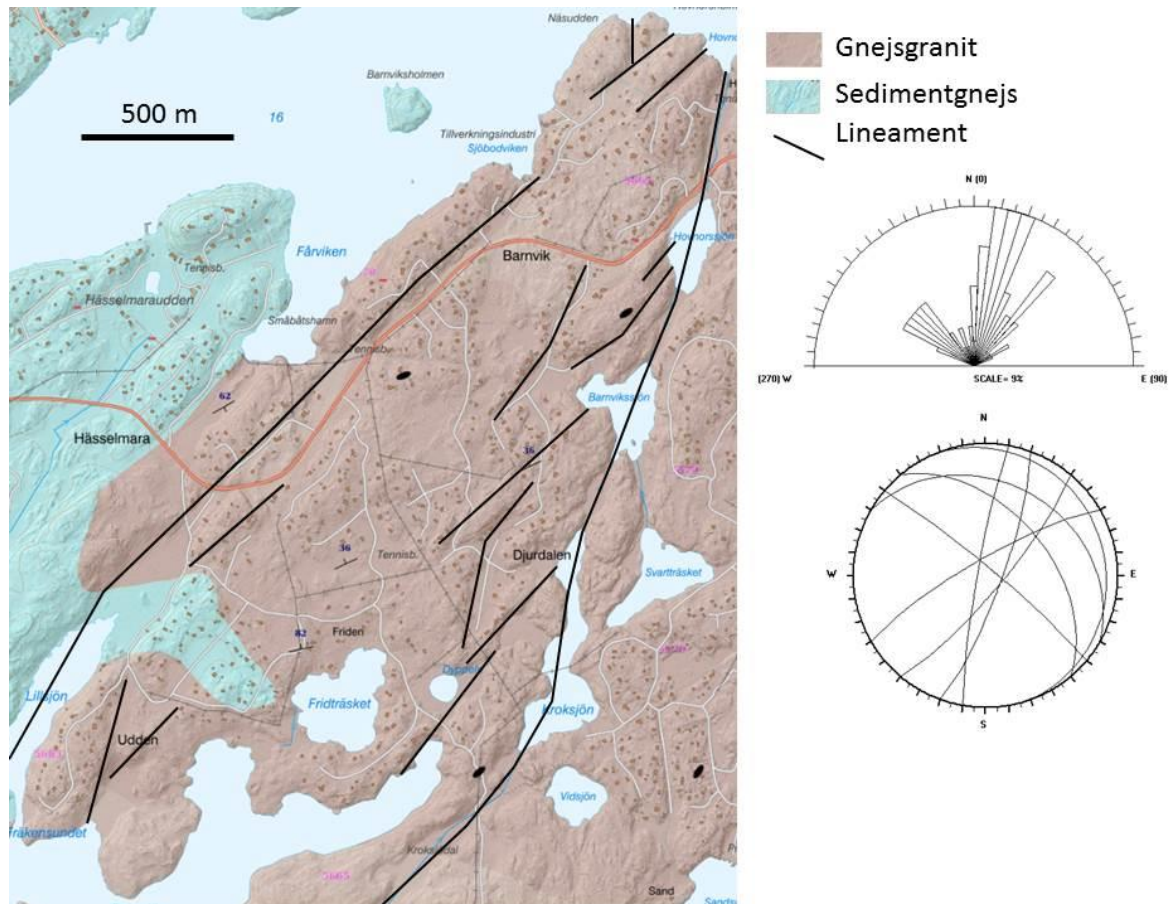


Figur 3.4.1 Barnvik utgör en tämligen flack landtunga i utsträckning NO-SV (kartunderlag: Lantmäteriet 2020).

3.4.2 Berggrund

Berggrunden i Barnvik domineras av grå gnejsgranit, delvis veckad och slirig och med pegmatitinslag. Här och var kan även inslag av basiska bergarter, vanligtvis mörka biotitrika amfibolitiska stråk. Förskiffringen är vanligtvis i orientering NNO-SSW. Dominerande lineament i området i form av hållkanter och mindre dalgångar har en orientering i samma

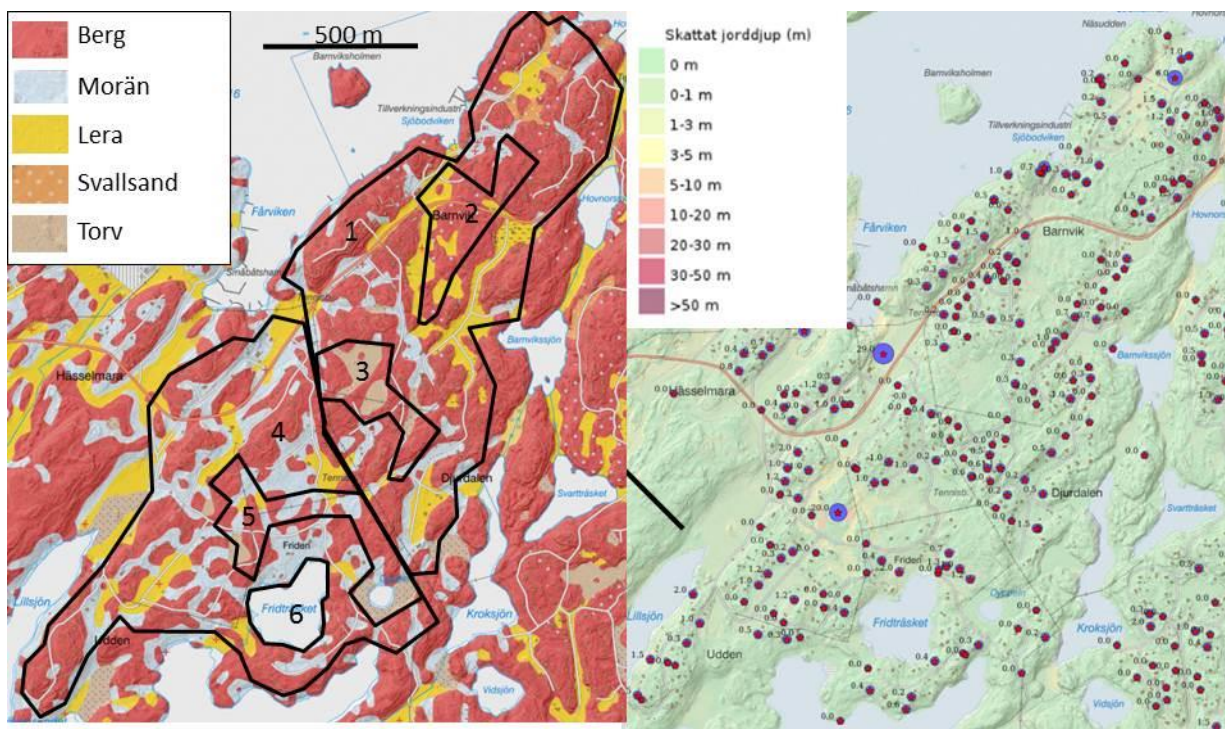
riktning. De blottade bergytorna är flacka och sprickfattiga. De flesta sprickinmätningar följer också en orientering NNO-SSV men det finns även en ganska vanligt förekommande sprickriktning i orientering NV-SO, figur 3.4.2.



Figur 3.4.2 Berggrunden (t.v) i Barnvik består av gnejsgranit (brun). Översiktligt karterade lineament utgörs ofta av hållkanter. Dominerande sprickorientering från hållar i området (t.h), stereografisk projektion av sprickdata (Schmidts nät, undre hemisfären, nere.t.h) (kartunderlag: SGU 2020).

3.4.3 Jordlager och jorddjup

Jordlagren består huvudsakligen av berg i dagen. I några områden är berget täckt av ett tunt lager av morän. Lera återfinns i dalgångarna. I några smärre områden återfinns svallsand. Jordmäktigheten är i allmänhet liten eller mycket liten, figur 3.4.3. De flesta borrhningar i området är utförda direkt i berget. Det finns dock få borrhningar utförda i dalgångarna varför jordmäktigheten här är okänd. En sondering som utfördes inom ramen för projektet i lerområdet strax väster om Barnvikssjön visade på glaciallera ner till ca 1,5 m underlagrat av ett troligtvis tunt moränlager. I beräkningarna antas därför att lermäktigheten generellt är ganska liten, endast ett fåtal meter. Svallsand som återfinns lokalt i norra delen av Barnvik antas också bestå av generellt tunna lager. På några ställen återfinns torv. De mycket flacka hållmarker som omgärdar flertalet torvmarker tyder på tunna jordmäktigheter och dåligt dränerande berggrund.



Figur 3.4.3 Jordartskarta samt jorddjupskarta över Barnvik (källa: SGU 2020).

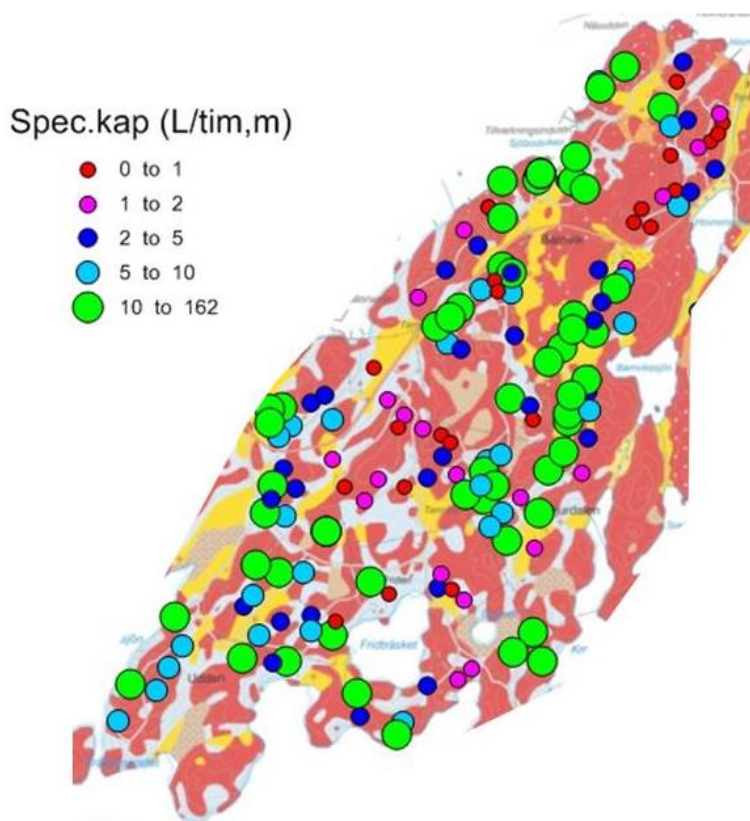
3.4.4 Brunnsdata

Ett större antal brunnar finns i SGUs brunnarsarkiv, se tabell 3.4.1. Av dessa är de flesta brunnar för vattenförsörjning, ett antal (ca 10 %) anges vara energibrunnar. Brunnskapaciteten anges med ett medianvärde på 360 L/tim men det finns enstaka brunnar som ger många tusen liter per tim. Den specifika kapaciteten hade ett medianvärde på 6,3 L/tim, m Grundvattennivån var vid mätningen (beror på säsong) mellan 0,6 och hela 29 m (det senare kan vara felmätning). Totaldjupet hade ett medianvärde på 70 m medan energibrunnar i regel har ett djup mellan 150 och 200 m.

Tabell 3.4.1 Beskrivande statistik över brunnar i Barnvik.

Variable	Descriptive Statistics (brunnar_lan_BO)							
	Valid N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Lower Quartile	Upper Quartile	Std.Dev.
VATTENMANGD L/tim	222	717.3	360.0	0.0	7200.0	150.0	850.0	996.4
GRUNDVATTENNIVA m	140	8.9	7.8	0.6	29.0	5.0	11.0	5.5
TOTALDJUP m	234	74.0	70.0	22.0	200.0	52.0	93.0	31.8
DJUP_TILL_BERG m	229	0.9	0.2	0.0	29.0	0.0	1.0	2.6
SPEC_KAP L/tim,m	222	14.0	6.3	0.0	161.3	1.7	12.8	22.9

Den specifika kapaciteten i Barnvik, angiven som brunnskapacitet i förhållande till borrhjup, är generellt betydligt högre än i många andra områden på Värmdö. Figur 3.4.4 visar den beräknade specifika kapaciteten beräknad utifrån SGUs brunnarsarkiv.



Figur 3.4.4 Beräknad specifik kapacitet i Barnvik (data från brunnsarkivet och jordartskartan, SGU 2020).

3.4.5 Beräkningar

De olika delområdena och deras fördelning av jordarter anges i tabell 3.4.2.

Barnvik utgör ett stort område med ursprungligen dominerande fritidshus. Eftersom området ligger nära Stavnäsvägen har området kommit att bli alltmer permanentbebott. Då det är lätt att ta sig till området antas fritidsboende nyttja fastigheten 2-3 månader per år samt varannan helg. Bergytorna är tämligen sprickfattiga men eftersom den specifika kapaciteten är uppenbart hög i området beräknas den kinematiska porositeten för berggrunden vara ca 0,05 %. I stora delar av Barnvik syns flacka berghällar och jorddjupen antas därför vara generellt små och endast undantagsvis överstiga 3 m. På grund av sin komplexitet har området delats in i två huvudområden, Norra/Nordöstra Barnvik samt Södra Barnvik. Beräkningen har utgått ifrån att bara de bebyggda delområdena först medtagits i beräkningarna. Därefter har beräkning även utförts utifrån att delområden utan bebyggelse men som omgärdats av bebyggelse medtagits. Dessa beräkningar utgår alltså från att ingen ytterligare exploatering av obebyggda områden görs.

Norra delen av Barnvik gränsar delvis i öster till några sötvattenssjöar, Kroksjön och Barnviksjön. Dessa sjöar kan ge goda möjligheter till ökade uttag av grundvatten i direkt anslutning till sjöarna, dvs i sjöarnas direkta närhet men antas inte bidra till grundvattensituationen som helhet i områdena på grund av dålig eller måttlig kommunikation genom bergmagasinet. I södra Barnvik finns också två sjöar, Fridträsket och den lilla sjön Dyppeln, figur 3.4.5. Fridträsket används för sommarvatten till södra Barnvik. Sjöarna kan ge god vattentillgång för fastigheter i deras direkta närhet men antas ha en begränsad påverkan på grundvattentillgången som helhet.

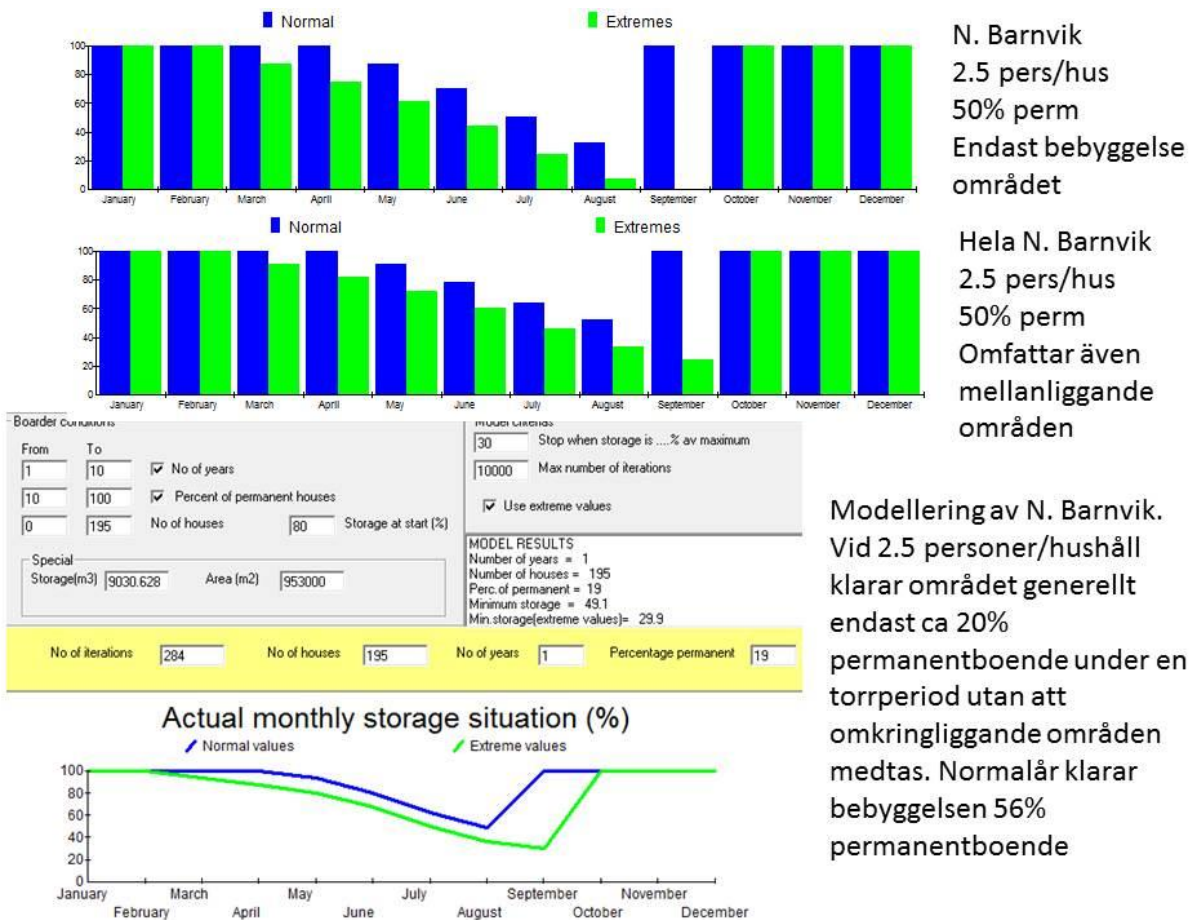


Figur 3.4.5 Utsikt över Fridträsket i södra Barnvik.

De olika delområdena i Barnvik och deras ytfördelning av jordarter presenteras i tabell 3.4.2 och delområdena syns i figur 3.4.3.

Tabell 3.4.2 Fastigheter och jordlagerförhållanden (%) i Barnvik. Delområdena visas i figur 3.4.3.

Område	Area, m2	Fast	Berg	Morän	Svall-sand	Sand-grus	Lera	Torv	Vatten
N Barnvik , 1 (bebyggelse,)	953000	195	65.8	18.2	1.8	0.0	14.0	0.2	0.0
Totalt i N. Barnvik(1,2,3)	1153000	195	65.3	15.8	1.5	0.0	14.5	3.0	0.0
S Barnvik, 4 (bebyggelse)	916000	156	53.7	35.0	0.0	0.0	10.9	0.5	0.0
Totalt i S. Barnvik(4,5,6)	1142000	156	49.7	31.3	0.0	0.0	9.5	2.5	7.1

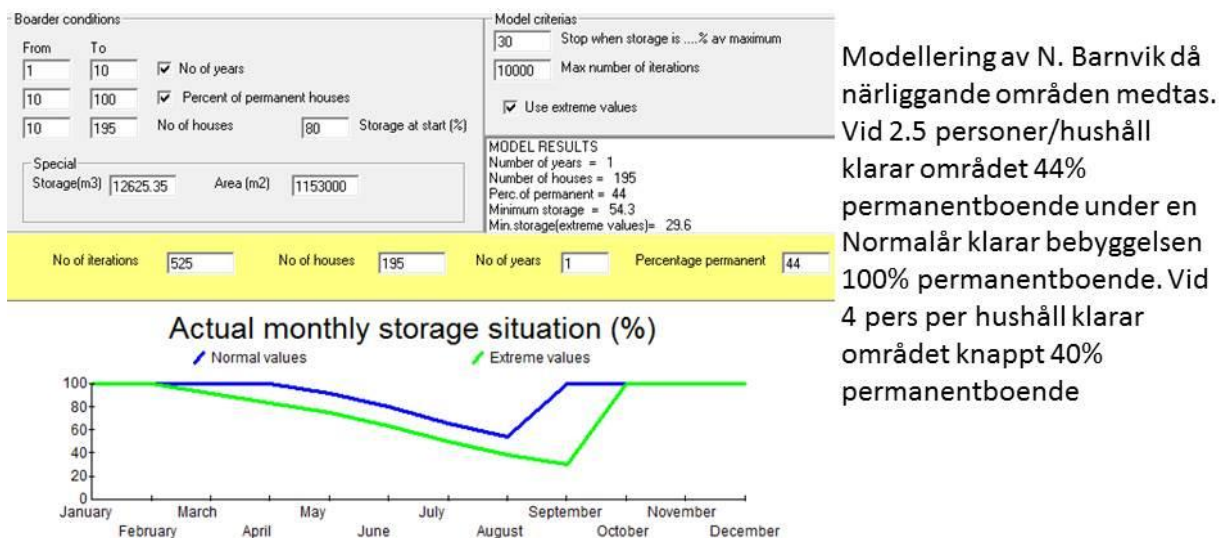


N. Barnvik
2.5 pers/hus
50% perm
Endast bebyggelse
området

Hela N. Barnvik
2.5 pers/hus
50% perm
Omfattar även
mellanliggande
områden

Modellering av N. Barnvik.
Vid 2.5 personer/hushåll
klarar området generellt
endast ca 20%
permanentboende under en
torrperiod utan att
omkringliggande områden
medtas. Normalår klarar
bebyggelsen 56%
permanentboende

Figur 3.4.6 Grundvattenmagasinets utveckling i norra Barnvik samt modellering av möjligt permanentboende. Området framgår av figur 3.4.3.



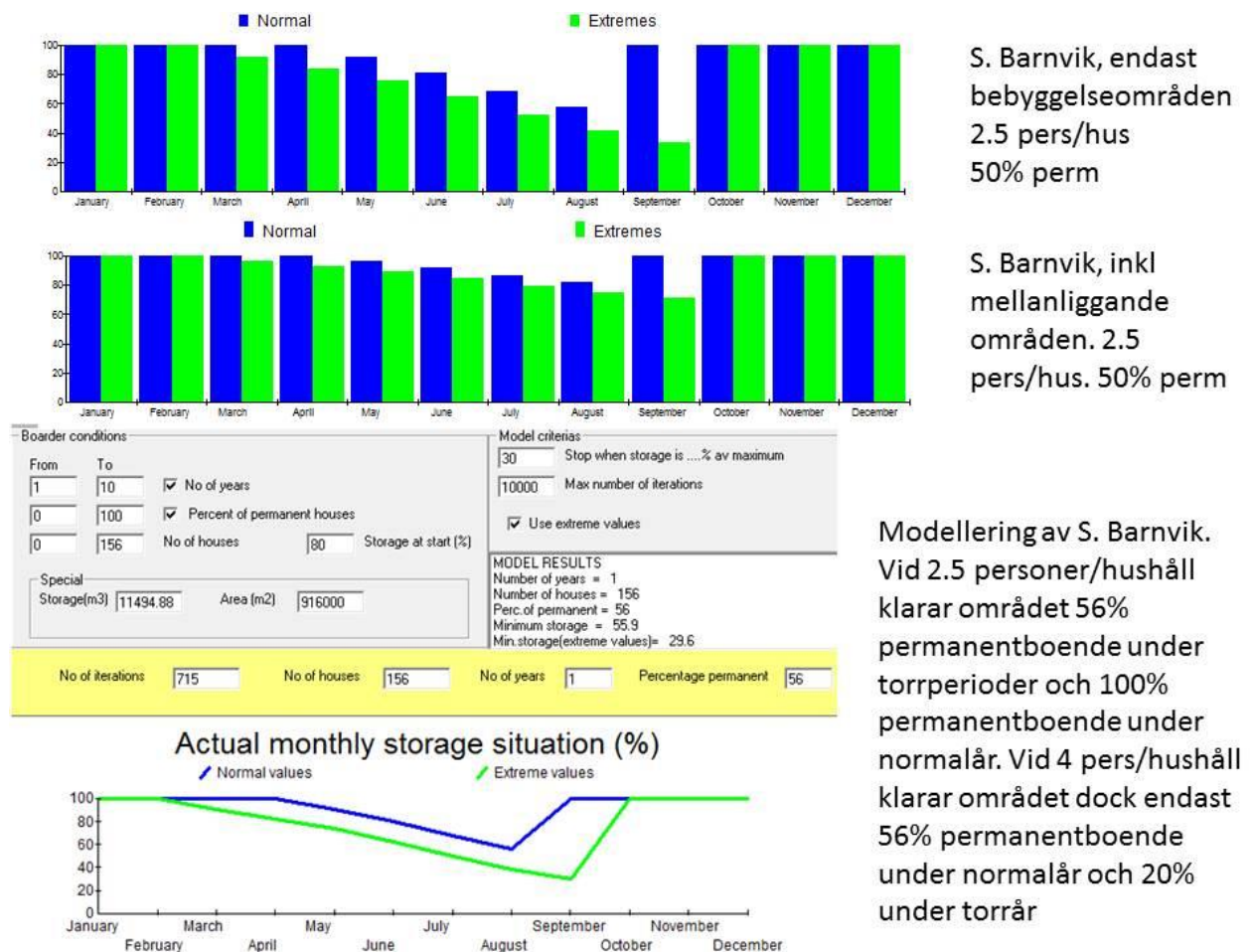
Modellering av N. Barnvik då
närliggande områden medtas.
Vid 2.5 personer/hushåll
klarar området 44%
permanentboende under en
Normalår klarar bebyggelsen
100% permanentboende. Vid
4 pers per hushåll klarar
området knappt 40%
permanentboende

Figur 3.4.7 Modellering av grundvattenmagasinets utveckling i norra Barnvik då närliggande områden tagits med.

Norra Barnvik, figur 3.4.4 och 3.4.5, består till stora delar av flackt berg i dagen. Redan vid 50 % permanentboende och 2,5 pers/hushåll kan vattenbrist förväntas uppkomma under torrår. Eftersom områdena är inbäddade mellan bebyggelseområdena är det dock lämpligt

att medta dessa i beräkningarna förutsatt att ingen ytterligare nybebyggelse i dessa områden tillkommer. De östligaste delarna av bebyggelsen har generellt betydligt bättre förutsättningar för vattenförsörjning genom närheten till ovan beskrivna sötvattensjöar.

Södra delarna av Barnvik har betydligt bättre förutsättningar för lagring av grundvatten bland annat genom ett mer omfattande täcke av morän och mindre andel blottat berg. Det finns också en del områden med torv som antas öka vattenlagringsmöjligheterna. Södra delarna klarar därför nuvarande bebyggelse. Om även mellanliggande icke bebyggda områden medtas i beräkningarna klarar bebyggelsen ett fullständigt permanentboende med 4 pers/hushåll, figur 3.4.6.

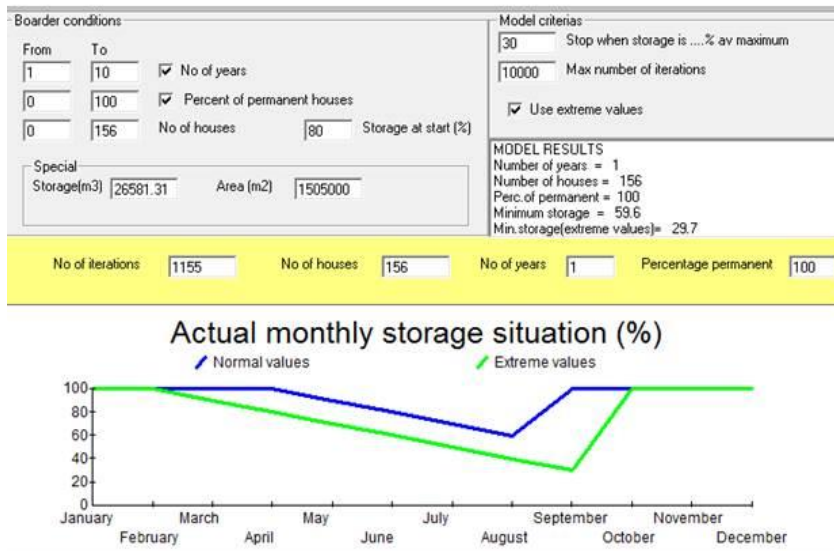


S. Barnvik, endast bebyggelseområden 2.5 pers/hus 50% perm

S. Barnvik, inkl mellanliggande områden. 2.5 pers/hus. 50% perm

Modellering av S. Barnvik. Vid 2.5 personer/hushåll klarar området 56% permanentboende under torrperioder och 100% permanentboende under normalår. Vid 4 pers/hushåll klarar området dock endast 56% permanentboende under normalår och 20% under torrår

Figur 3.4.6 Beräkning av grundvattenmagasinets utveckling räknat på hela södra Barnvik utan, respektive med närliggande randområden, 2,5 pers/hushåll, 50 % permanentboende.



Modellering av S. Barnvik.
 Området klarar nästan
 fullständigt
 permanentboende även
 under torrår och 4
 pers/hushåll om anslutande
 områden medräknas

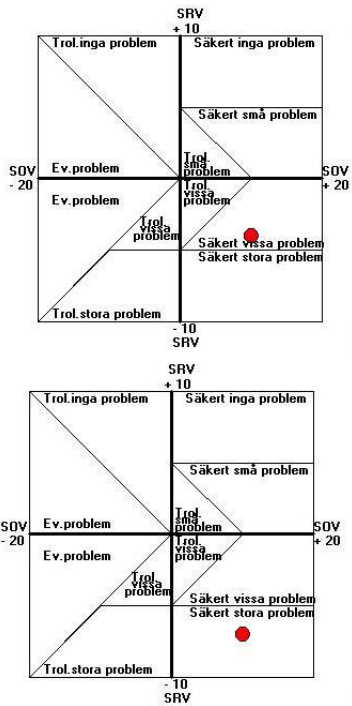
Figur 3.4.7 Beräkning av grundvattenmagasinets utveckling räknat på hela södra Barnvik med närliggande randområden, och 4 pers/hushåll. Området klarar då ett fullständigt permanentboende.

De drygt 20 fastigheter som ligger i nära anslutning till sjöarna Fridträsket och DyppeIn kan antas ha gynnsamma förutsättningar för vattenuttag.

3.4.6 Risk för salt grundvatten

En översiktlig beräkning av risken för att erhålla salt grundvatten har utförts utifrån RV-metoden. Metoden baseras nästan helt på statistisk bearbetning av brunnar i Stockholms län och har således en empirisk grund. Resultatet visas i figur 3.4.8 och 3.4.9. Den sanitära standarden inom området antas generellt vara tämligen hög.

Norra Barnvik



Nr	Variabel	Valt alternativ	Osäkerhet
1	Nederbörd (mm)	500-700 mm	Liten
2	Topografi (maximal höjdskillnad i området)	15-25 m	Liten
3	Jordart	mest lera eller berg(urberg)	Liten
4	Jordlagrens mäktighet	1-3 m	Stor
5	Regionala sprickzoner	Någon sprickzon	Måttlig
6	Lokal sprickfrekvens	Måttlig (1 per 5 m - 1 per m)	Stor
7	Ytvattenreservoarer	Inga ytvattenreservoarer	Liten
8	Brunnsdjup	40-70 m	Måttlig
9	Markens exploateringsgrad	2-5 hus/ha	Liten
10	Lokalisering av uttagsbrunnarna	Brunnarna spridda över området	Liten
11	Nivåläge för den specifika brunnen (% av maxin)	Används ej	Stor
12	Sanitär standard	Ganska hög, vattentoalett, dusch	Måttlig
13	Avstånd till hav	>300 m	Liten
14	Avstånd till väg som saltas	>100 m	Måttlig
15	Avstånd till andra saltkällor (industrier, avfallsd)	>300 m	Måttlig

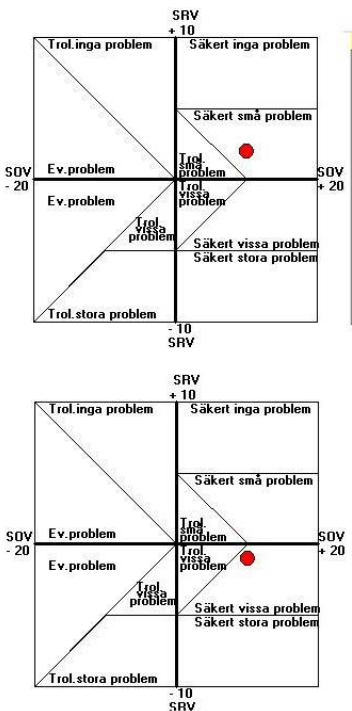
Fastigheter belägna >300 m från hav

Nr	Variabel	Valt alternativ	Osäkerhet
1	Nederbörd (mm)	500-700 mm	Liten
2	Topografi (maximal höjdskillnad i området)	15-25 m	Liten
3	Jordart	mest lera eller berg(urberg)	Liten
4	Jordlagrens mäktighet	1-3 m	Stor
5	Regionala sprickzoner	Någon sprickzon	Måttlig
6	Lokal sprickfrekvens	Måttlig (1 per 5 m - 1 per m)	Stor
7	Ytvattenreservoarer	Inga ytvattenreservoarer	Liten
8	Brunnsdjup	40-70 m	Måttlig
9	Markens exploateringsgrad	2-5 hus/ha	Liten
10	Lokalisering av uttagsbrunnarna	Brunnarna spridda över området	Liten
11	Nivåläge för den specifika brunnen (% av maxin)	Används ej	Stor
12	Sanitär standard	Ganska hög, vattentoalett, dusch	Måttlig
13	Avstånd till hav	100 - 300 m	Liten
14	Avstånd till väg som saltas	>100 m	Måttlig
15	Avstånd till andra saltkällor (industrier, avfallsd)	>300 m	Måttlig

Fastigheter belägna inom 300 m från hav

Figur 3.4.8 Risk för salt grundvatten i norra Barnvik beräknat med RV-metoden. Övre grafen visar brunnar på större avstånd än 300 m från havsstrand och den undre grafen mindre än 300 m från havsstrand. I övrigt är förhållandena lika. De variabler som använts för de olika fallen och deras osäkerhet visas också i figuren.

Södra Barnvik



Nr	Variabel	Valt alternativ	Osäkerhet
1	Nederbörd (mm)	500-700 mm	Liten
2	Topografi (maximal höjdskillnad i området)	15-25 m	Liten
3	Jordart	siltig-lerig morän	Liten
4	Jordlagrens mäktighet	1-3 m	Stor
5	Regionala sprickzoner	Någon sprickzon	Måttlig
6	Lokal sprickfrekvens	Måttlig (1 per 5 m - 1 per m)	Stor
7	Ytvattenreservoarer	Våtmarker inom området	Liten
8	Brunnsdjup	40-70 m	Måttlig
9	Markens exploateringsgrad	1-2 hus/ha	Liten
10	Lokalisering av uttagsbrunnarna	Brunnarna spridda över området	Liten
11	Nivåläge för den specifika brunnen (% av maxin)	Används ej	Stor
12	Sanitär standard	Ganska hög, vattentoalett, dusch	Måttlig
13	Avstånd till hav	>300 m	Liten
14	Avstånd till väg som saltas	>100 m	Måttlig
15	Avstånd till andra saltkällor (industrier, avfallsd)	>300 m	Måttlig

Fastigheter belägna >300 m från hav

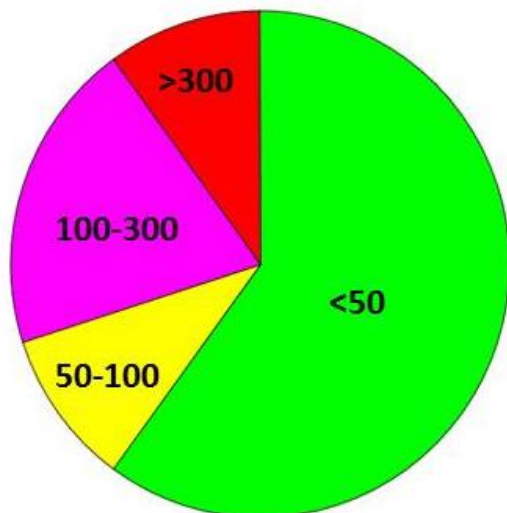
Nr	Variabel	Valt alternativ	Osäkerhet
1	Nederbörd (mm)	500-700 mm	Liten
2	Topografi (maximal höjdskillnad i området)	15-25 m	Liten
3	Jordart	siltig-lerig morän	Liten
4	Jordlagrens mäktighet	1-3 m	Stor
5	Regionala sprickzoner	Någon sprickzon	Måttlig
6	Lokal sprickfrekvens	Måttlig (1 per 5 m - 1 per m)	Stor
7	Ytvattenreservoarer	Våtmarker inom området	Liten
8	Brunnsdjup	40-70 m	Måttlig
9	Markens exploateringsgrad	1-2 hus/ha	Liten
10	Lokalisering av uttagsbrunnarna	Brunnarna spridda över området	Liten
11	Nivåläge för den specifika brunnen (% av maxin)	Används ej	Stor
12	Sanitär standard	Ganska hög, vattentoalett, dusch	Måttlig
13	Avstånd till hav	100 - 300 m	Liten
14	Avstånd till väg som saltas	>100 m	Måttlig
15	Avstånd till andra saltkällor (industrier, avfallsd)	>300 m	Måttlig

Fastigheter belägna inom 300 m från hav

Figur 3.4.9 Risk för salt grundvatten i södra Barnvik beräknat med RV-metoden. Övre grafen visar brunnar på större avstånd än 300 m från havsstrand och den undre grafen mindre än 300 m från havsstrand. I övrigt är förhållandena lika.

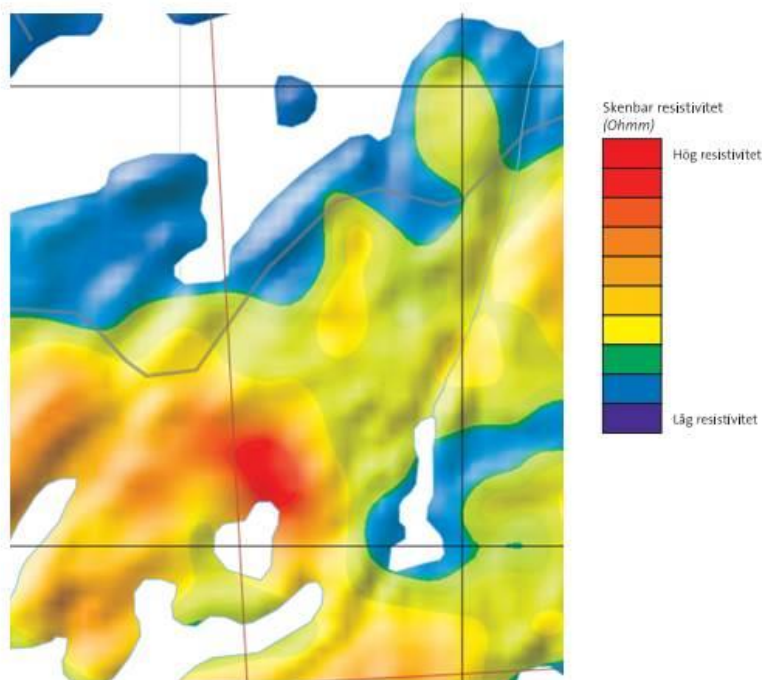
Analysen med RV-metoden visar att norra Barnvik kan antas ha stor sannolikhet för salt grundvatten. Södra Barnvik bedöms ha mindre risk för salt grundvatten, främst genom större lagringsmöjligheter av vatten i jordlagren samt förekomst av sjöar i området.

Kloridanalys av 12 brunnar i Barnvik visar att knappt hälften av dessa har förhöjda salthalter, figur 3.4.10.



Figur 3.4.10 Kloridhalter (mg Cl/L) i brunnar i Barnvik.

Flygmätningar med VLF över området visar att de nordligaste delarna av Barnvik har mycket låg resistivitet och det kan inte uteslutas att det kan bero på underlagande salt grundvatten, figur 3.4.11.



Figur 3.4.11 Flygresistivetsmätningar över Barnvik. Blå färger utgör områden med låg elektrisk resistivitet som skulle kunna bero på salt grundvatten då det inte finns andra tydliga berggrundsgeologiska skillnader. (kartunderlag: SGU 2020).

3.5 HÖLÖ

3.5.1 Topografi

Hölö är beläget sydost om Stavsnäs i östra delen av kommunen. Ön är förbunden med Värmdölandet via en bro och således lättillgänglig för pendling och har därför en allt ökande andel permanentboende. Hölö är starkt undulerande topografiskt och utgör två markanta berggribbor i orientering NO-SV som lokalt når över 30 m.ö.h. Den mellanliggande dalgången mellan berggribborna har en botten med markyta på omkring 17 m.ö.h, figur 3.5.1.



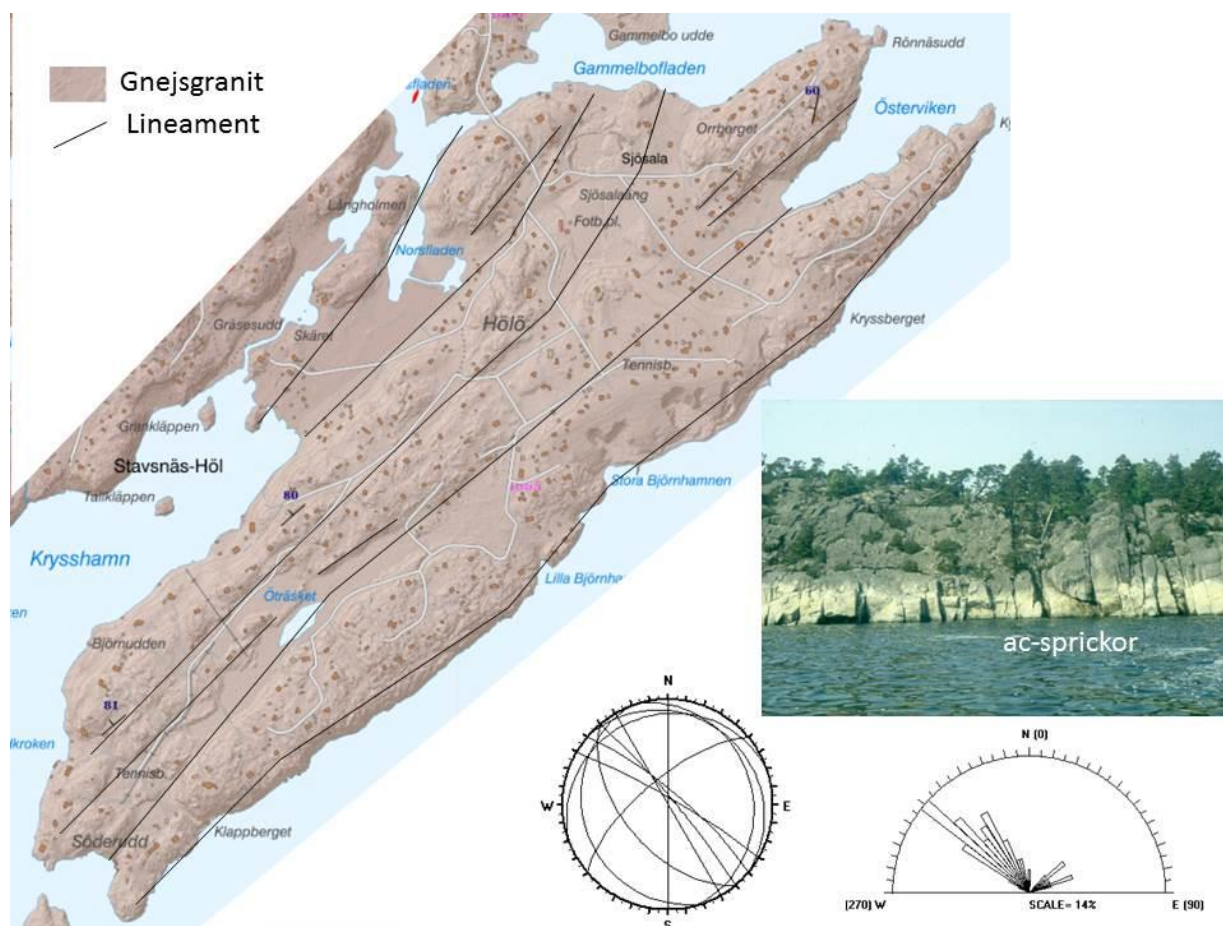
Figur 3.5.1 Hölö utgör en långsträckt ö i orientering NO-SV (kartunderlag: Lantmäteriet 2020).

3.5.2 Berggrund

Berggrunden på Hölö domineras helt av en grå till rödgrå gnejsgranit, ofta med inslag av grovkornig fältspatsrik pegmatit. Stora delar av öns utsträckning och form bestäms av berggrundens förskiffring och mineralorientering. Förskiffringen är i allmänhet nordostlig med en brant västlig stupning. Berggrunden spricker synligt upp längs förskiffringen men utgör troligtvis inga sammanhängande djupare sprickor. Den dominerande sprickriktningen är närmast ortogonal mot förskiffringen med en orientering i NV-SO och brant stupning, figur 3.5.2. En bild tagen mot nordväst från en båt sydost om södra Hölö visar ett utpräglat brant sprickmönster. Dessa utgör troligtvis s.k. ac-sprickor, dvs bildade genom tension och

sprickorna saknar ofta kontakt med varandra då de ligger parallellt. Även om sprickigheten synes vara betydande innebär detta en stor risk för att infiltrerande nederbörd läcker ut i havet samt betydande risk för havsvatteninträngning i kustnära brunnar.

Den enhanda sprickriktningen och en troligtvis relativt tät förskiffringsriktning gör att den kinematiska porositeten i berggrunden knappast överstiger 0,03%.



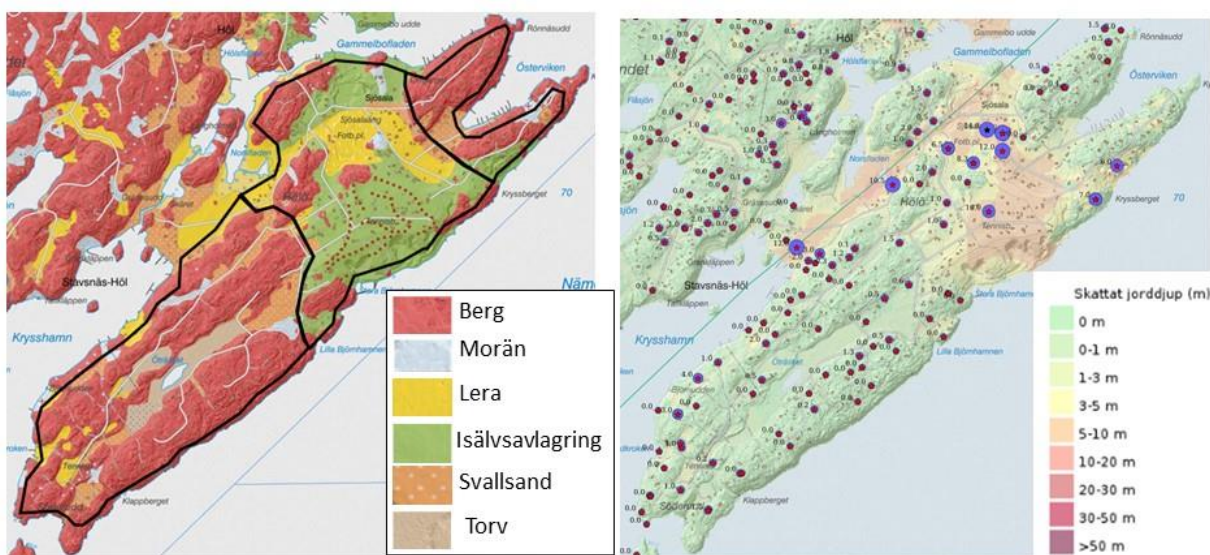
Figur 3.5.2 Berggrund på Hölo samt sprickinmätningar, dels som sprickros (nere t.h.), dels som stereografisk projektion (Schmidts nät, undre hemisfären). Den infällda bilden visar troliga ac-sprickor i orientering NV-SO (kartunderlag: SGU 2020).

3.5.3 Jordlager och jorddjup

Hölo kan tydligt indelas i tre delområden. Södra delen domineras helt av två bergribbor med betydande mängd synligt berg samt mellanliggande dalgång huvudsakligen med torv samt nersvallad sand som troligtvis täcker glaciallera. Svallsanden kan antas utgöra tunna lager. Torvmäktigheten i dalgången kan dock antas vara betydande. En sondering gjordes vid södra spetsen av den lilla sjön Ö-tråsket. Den visade 2 m torv som underlagras av mäktiga lager av glaciallera, ner till minst -10 m utan att underliggande friktionslager nåddes. Den glaciala leran omfattade dock ett flertal 0,05-0,1 m tjocka sand och siltskikt. Sex sådana skikt påträffades under sonderingen. Eftersom bebyggelsen är lokaliserad till bergribborna visar brunnsborrningarna på ett obefintligt jorddjup. SGUs jorddjupskarta underskattar därför jordmäktigheten i den mellanliggande dalgången.

Även den nordligaste delen av Hölö har liknanden förhållanden med två bergribbor nästan helt utan jordlager dit bebyggelsen är koncentrerad.

Den centrala delen av Hölö har mycket olika geologiska förhållanden från de övriga delarna. Här finns en tämligen mäktig isälvsavlagring som utgör den södra förlängningen av isälvsavlagringen vid Stavnäs. Jordmäktigheten kan här antas vara betydande minst 10-20 m och består mest av sand och grus.



Figur 3.5.3 Jordartskarta samt jorddjupskarta över Hölö. De olika delområden som används i balansberäkningarna visas också i figuren (källa: SGU 2020).

3.5.4 Brunnsdata

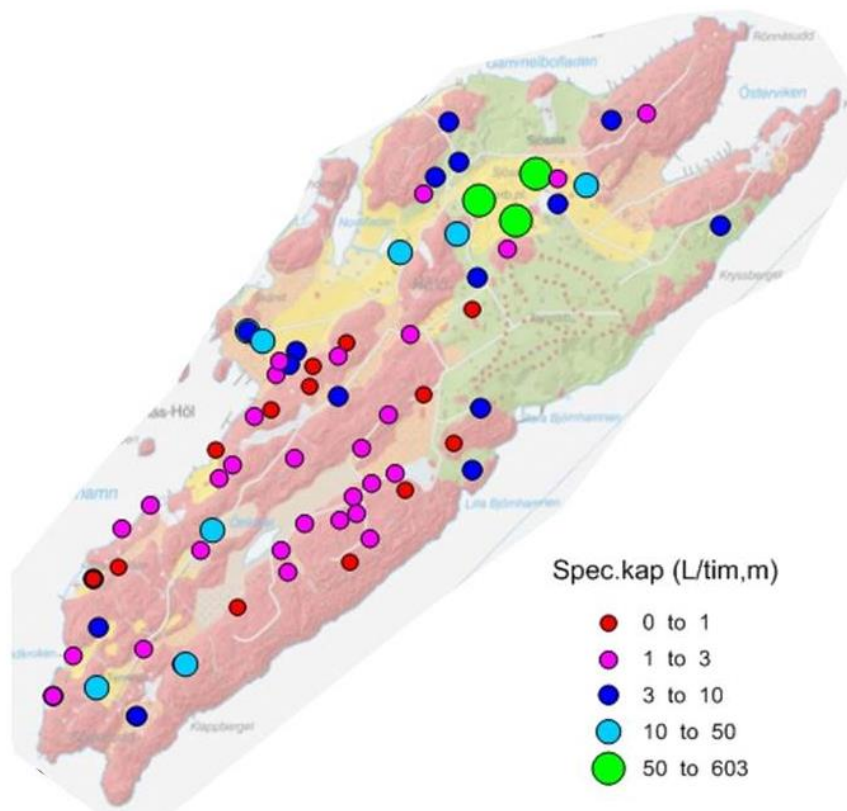
Ett större antal brunnar finns i SGUs brunnarsarkiv, se tabell 3.5.1. Av dessa är de flesta dricksvattenbrunnar, knappt 10 % är energibrunnar.

Tabell 3.5.1 Beskrivande statistik över brunnar på Hölö.

Variable	Descriptive Statistics (brunnar_lan_BO)							
	Valid N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Lower Quartile	Upper Quartile	Std.Dev.
VATTENMANGD, L/tim	136	469.1	200.0	0.0	5000.0	90.0	485.0	812.2
GRUNDVATTENNIVA, m	87	10.6	10.0	1.5	25.0	6.0	15.0	5.5
TOTALDJUP, m	142	81.1	79.0	8.3	200.0	65.0	100.0	29.8
DJUP_TILL_BERG, m	139	1.2	0.2	0.0	16.0	0.0	1.0	2.8
SPEC_KAP, L/tim,m	136	14.2	2.8	0.0	602.4	1.1	6.2	60.0

Den statistiska bearbetningen av brunnarsdata visar att median djupet på brunnarna är 79 m. Den grundaste är dock bara 8,3 m, troligtvis en brunn i jordlagren. De flesta brunnar är borrhade direkt i berg och saknar därför jordmäktighet, mediandjupet är endast 0,2 m. Vattenmängden är generellt liten, mediankapaciteten 200 L/tim och den specifika kapaciteten som är beräknad i detta fall i förhållande till borrhdjup, är 2,8 L/tim, m. Fördelningen av den specifika kapaciteten i brunnar på Hölö visar i figur 3.5.4. De brunnar med de högsta specifika kapaciteterna ligger i områden med sandiga samt i områden med lera som troligtvis överlagrar isälvsand. Dessa är troligtvis jordbrunnar. Enstaka borrhade brunnar med en hög specifik kapacitet finns också lokalt på södra delen av Hölö. För

huvuddelen av de borrade brunnarna är dock den specifika kapaciteten låg, i regel under 3 L/tim, m.



Figur 3.5.4 Beräknad specifik kapacitet i brunnar på Hölö (data från brunnsarkivet samt jordartskartan, SGU).

3.5.5 Beräkningar

De tre olika delområdena och deras fördelning av jordarter anges i tabell 3.5.3.

Hölö utgör ursprungligen ett antal bebyggelseområden med ursprungligen dominerande fritidshus. Eftersom området ligger nära Stavsån och har en broförbindelse med Värmdölandet har området kommit att bli alltmer permanentbebott, särskilt i de norra delarna av ön. Beräkningarna görs separat för de tre delområdena. Vid beräkningarna medtas även mellanliggande områden och beräkningarna utgår därför ifrån att ingen ytterligare exploatering av obebbyggda områden görs.

Mitt på öns södra delområde finns en mindre sjö den långsträckt dalgång som annars mest domineras av torv. Sjön har ursprungligen använts som dricksvattentäkt under sommaren men används idag för bevattningsvatten sommartid till de fastigheter som gränsar mot sjön. Sannolikt är sjön en viktig reservoar som ger ett betydande tillskott av vatten till bergakviferen under sommarhalvåret. Hur stort detta tillskott är går inte att svara på utan omfattande undersökningar. Flera fastighetsägare på berggribborna i söder har dock problem med vattentillgången och dessutom förekommer problem med förhöjda järn- och manganhalter. Gissningsvis skulle vattenförsörjningen i detta område varit betydligt mer problematisk om inte Öträsket bidragit till grundvattenreservoarerna. Genom de ringa jordlager som förekommer i höjdområdena runt sjön finns det stor risk att vattenkvaliteten i sjön kan försämrans genom otillräcklig avloppsrening.



Figur 3.5.5 Utsikt över Öträsket på södra delen av Hölö. Jordmäktigheten intill sjön är betydande, minst 10 m.

De olika delområdena på Hölö och deras ytfördelning av jordarter presenteras i tabell 3.5.2 och delområdena syns i figur 3.5.3.

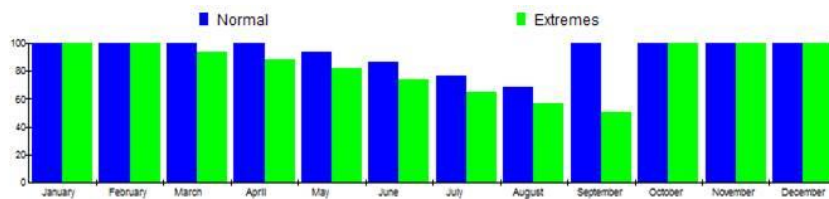
Tabell 3.5.2 Fastigheter och jordlagerförhållanden (%) på Hölö.

Område	Area, m2	Fast	Berg	Morän	Svall-sand	Sand grus	Lera	Torv	Vatten
S. Hölö	790000	101	72.1	2.6	11.0	0.3	4.9	8.6	0.7
Centrala Hölö	628000	94	21.4	1.7	3.3	54.1	19.5	0.0	0.0
N. Hölö	168000	52	72.0	4.3	12.8	10.8	0.0	0.0	0.0

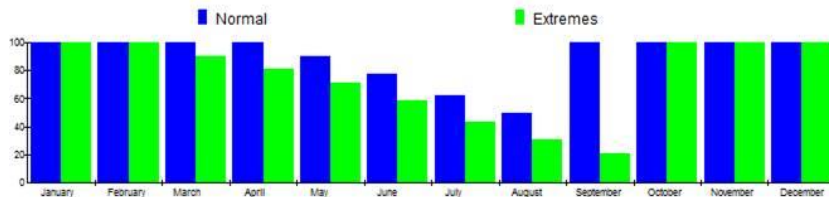
Modellering av södra Hölö visar att området klarar dagens boendesituation med 2,5 pers/hushåll. Vid 4 pers/hushåll klarar inte grundvattenlagren 50 % permanentboende, figur 3.5.6. En modellering visar att området maximalt klarar 45 % permanentboende under torrår.

Beräkningarna är dock gjorda utan hänsyn till Öträsket som utgör en betydande vattenreservoar. Om Öträsket medtas i beräkningarna klarar området mer än 50 % permanentboende med 4 pers/hus, figur 3.5.7. Det är dock tydligt att endast vissa brunnar eventuellt kan erhålla tillskott av vatten från sjön. Det är därför inte lämpligt att beräkna vattentillgången utifrån Öträsket om vattenförsörjningen inte löses gemensamt. Idag

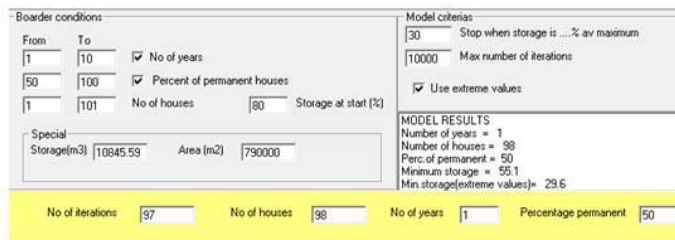
används Öträsket för sommarvatten, huvudsakligen bevattningsvatten, för de mest närliggande fastigheterna.



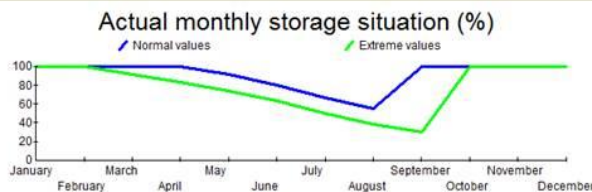
S. Hölö, Utan hänsyn till sjön Öträsket
2.5 pers/hus
50% perm



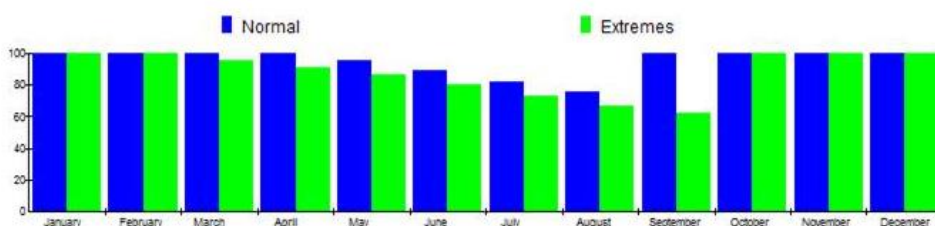
S. Hölö, Utan hänsyn till sjön Öträsket
4 pers/hus
50% perm



S. Hölö, Modellering av utvecklingen. Vid 4 per/hushåll kan området maximalt klara 50% permanentboende under torra år



Figur 3.5.6 Grundvattenmagasinets utveckling på södra Hölö samt modellering av möjligt permanentboende. Området framgår av figur 3.5.3.



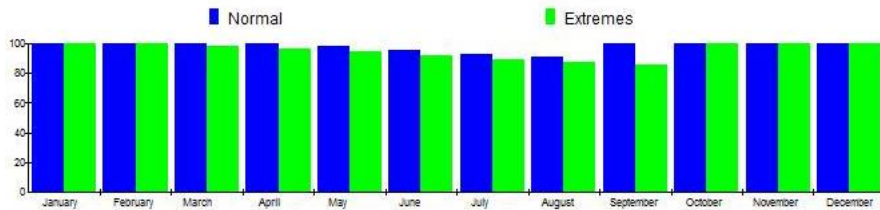
S. Hölö, Medräknat Öträsket
4 pers/hus
50% perm

Figur 3.5.7 Grundvattenmagasinets utveckling på södra Hölö om Öträsket medtas i beräkningarna. Området framgår av figur 3.5.3.

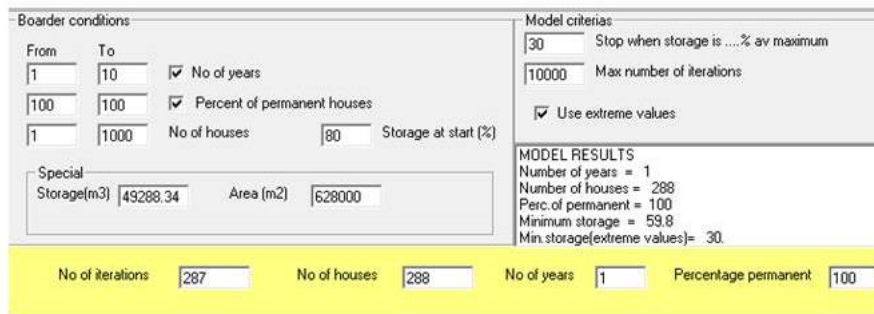
Centrala Hölö består till stora delar av mäktiga sediment av sand och grus, en del av en isälvsavlagring som sträcker sig från Stavsnäs. Mäktigheten av de vattenförande delarna är omöjligt att kartlägga utan omfattande borrhningar och provpumpningar. Troligtvis underlagrar dessa isälvs sediment även de lermäktigheter som finns i västra delen av delområdet.

Vid ett antagande att det finns ett lager (>0,5 m) vattenförande sand och grus visar modelleringen att detta skulle kunna försörja knappt 300 fastigheter med permanentboende, figur 3.5.8. Idag finns uppskattningsvis omkring 90 fastigheter i

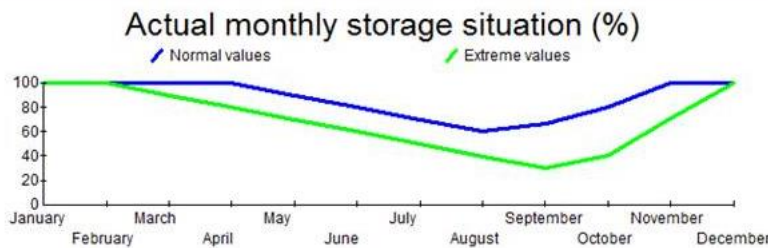
delområdet. Observera att detta endast är ett räkneexempel, dock baserat på konservativa antaganden. För att kartlägga de verkliga förhållandena måste omfattande hydrogeologiska undersökningar genomföras.



Centrala Hölö, område med Isälvsavlagring 4 pers/hus 50% perm



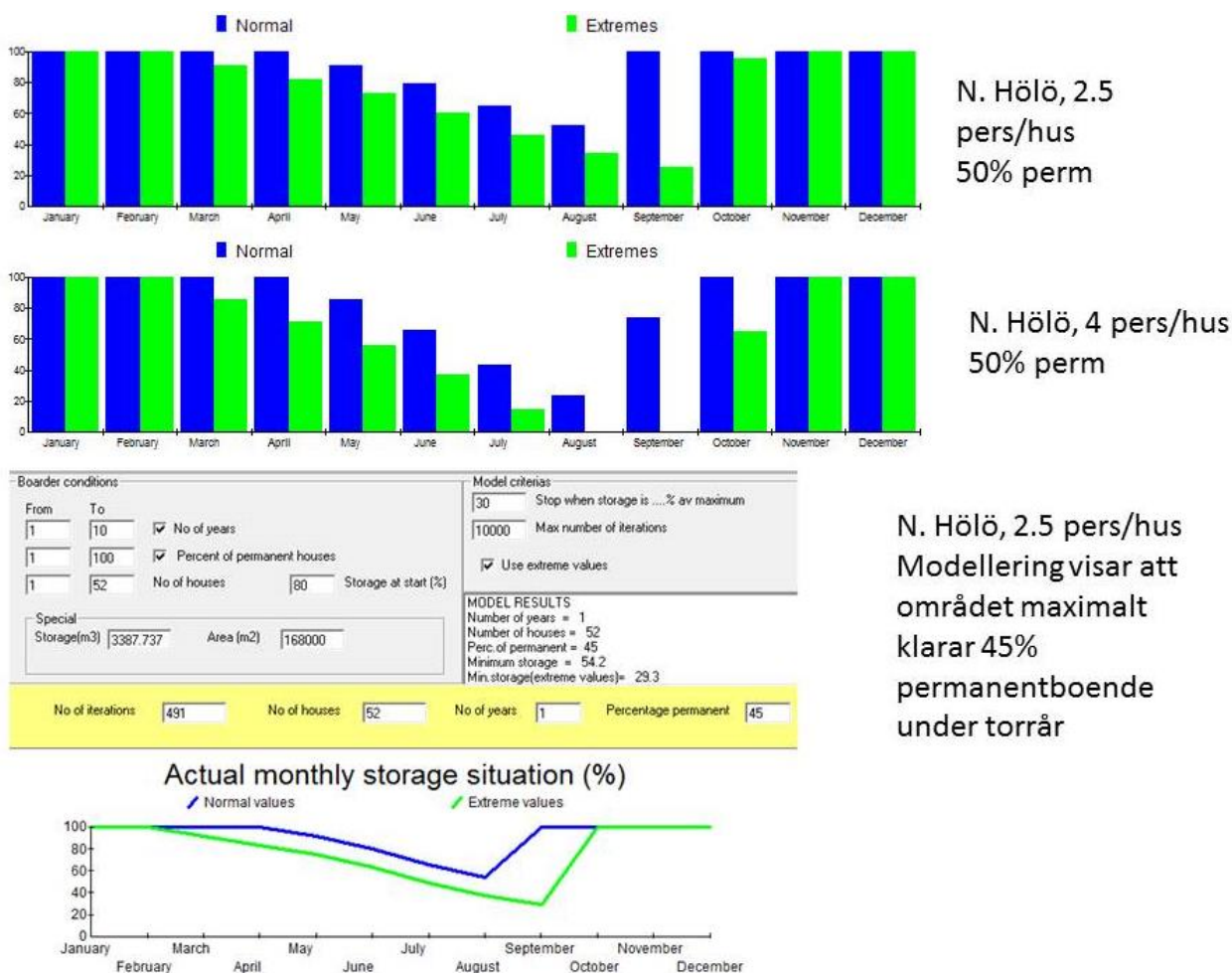
Översiktlig beräkning av antal permanentbebodda fastigheter som skulle kunna finnas på centrala Hölö med 4 pers/hushåll. Beräkningen ger 288 fastigheter (mot nuvarande 94)



Figur 3.5.8 Beräkning av grundvattenmagasinets utveckling räknat på centrala Hölö med huvudsakligen isälvs sediment. Observera att beräkningarna endast bygger på generella antaganden och att omfattande hydrogeologiska undersökningar krävs för att fastställa de verkliga förhållandena.

Norra delen av Hölö liknar till del geologiskt de södra delarna men motsvarande ytvattenförekomst saknas. Däremot återfinns en del av isälvs materialet i delområdets östra del. Det är dock påverkat av gammal grustäkts verksamhet som avlägsnat en stor del av sanden. Beräkningarna hänförs således huvudsakligen till de fastigheter som är belägna på berg.

Det finns uppskattningsvis omkring 50 fastigheter inom delområdet. Beräkningarna visar att redan vid 50 % permanentboende och 2,5 pers/hus kan problem med vattenförsörjningen uppkomma i vissa brunnar under torrår, vid 4 pers/hus uppstår problem redan under normalår. En modellering visar att området maximalt klarar 45 % vid 25 pers/hus vid torrår, figur 3.5.9.



Figur 3.5.9 Grundvattenmagasinet utveckling på norra Hölö samt modellering av möjligt permanentboende. Området framgår av figur 4.5.3.

3.5.6 Risk för salt grundvatten

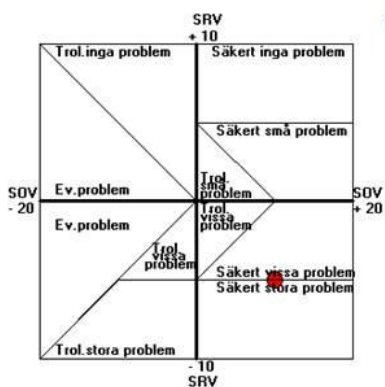
En översiktlig beräkning av risken för att erhålla salt grundvatten har utförts utifrån RV-metoden för de tre områdena. Metoden baseras nästan helt på statistisk bearbetning av brunnar i Stockholms län och har således en empirisk grund. Resultatet visas i figur 3.5.10. Den sanitära standarden inom området antas generellt vara tämligen hög.

RV-beräkningen visar att det södra och det nordligaste delområdet på Hölö har betydande risk för att få salt grundvatten i brunnarna. Områdena består mest av berggrund och det finns stor risk för såväl uppträngande relik saltvatten som inträngande havsvatten. Beräkningen är gjord för fastigheter som ligger längre än 100 m från stranden. De fastigheter som ligger närmare stranden har en ökad risk för salt grundvatten.

Det centrala området består mest av isälvsmaterial och brunnarna är generellt mindre djupa. Sannolikheten för salt grundvatten är här betydligt mindre. Grävda brunnar som ligger i direkt närhet till havet kan dock ha en ökad risk för havsvatteninträngning vid för stora uttag.

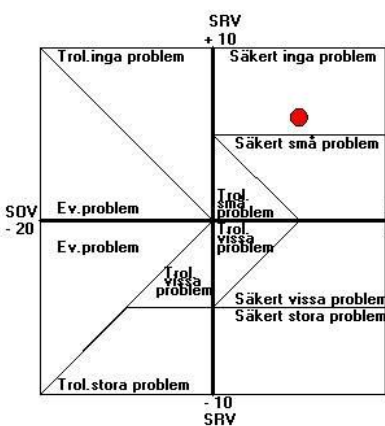
En analys av 19 brunnar med kloridhaltsmätningar på Hölö visas i figur 3.5.11. Medianhalten i brunnarna ligger kring 27 mg Cl/L och maximala värdet är 280 mg/L.

Södra och norra Hölö



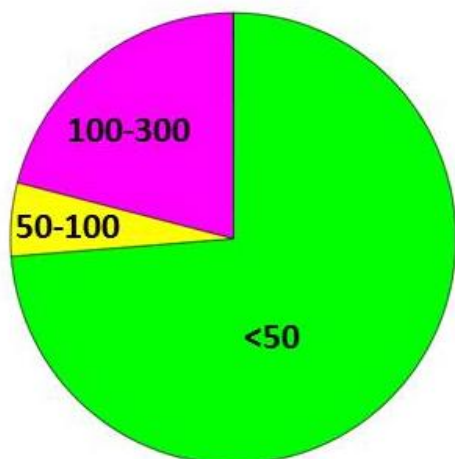
Nr	Variabel	Valt alternativ	Osäkerhet
1	Nederbörd (mm)	500-700 mm	Liten
2	Topografi (maximal höjdskillnad i området)	15-25 m	Liten
3	Jordart	mest lera eller berg(urberg)	Liten
4	Jordlagrens mäktighet	0-1 m	Stor
5	Regionala sprickzoner	Någon sprickzon	Måttlig
6	Lokal sprickfrekvens	Måttlig (1 per 5 m - 1 per m)	Stor
7	Ytvattenreservoarer	Sjöar inom området	Liten
8	Brunnsdjup	70-90 m	Måttlig
9	Markens exploateringsgrad	1-2 hus/ha	Liten
10	Lokalisering av uttagsbrunnarna	Brunnarna spridda över området	Liten
11	Nivåläge för den specifika brunnen (% av maxin)	Används ej	Stor
12	Sanitär standard	Ganska hög, vattentolett, dusch	Måttlig
13	Avstånd till hav	100 - 300 m	Liten
14	Avstånd till väg som saltas	>100 m	Måttlig
15	Avstånd till andra saltkällor (industrier, avfallsd	>300 m	Måttlig

Centrala Hölö



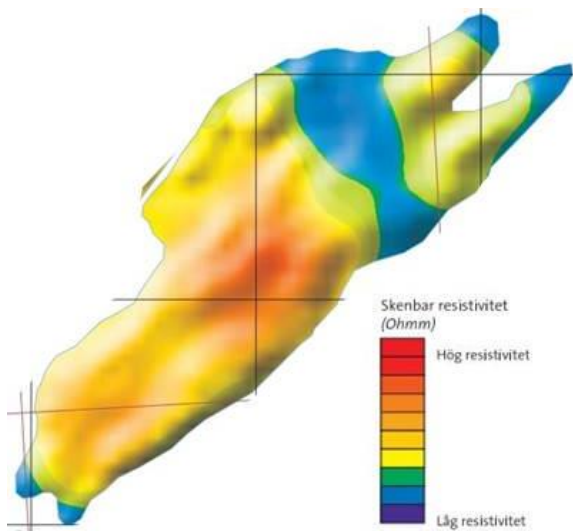
Nr	Variabel	Valt alternativ	Osäkerhet
1	Nederbörd (mm)	500-700 mm	Liten
2	Topografi (maximal höjdskillnad i området)	10-15 m	Liten
3	Jordart	mest sand och grus	Liten
4	Jordlagrens mäktighet	>6 m	Stor
5	Regionala sprickzoner	Någon sprickzon	Måttlig
6	Lokal sprickfrekvens	Måttlig (1 per 5 m - 1 per m)	Stor
7	Ytvattenreservoarer	Inga ytvattenreservoarer	Liten
8	Brunnsdjup	10-40 m	Måttlig
9	Markens exploateringsgrad	1-2 hus/ha	Liten
10	Lokalisering av uttagsbrunnarna	Brunnarna spridda över området	Liten
11	Nivåläge för den specifika brunnen (% av maxin)	Används ej	Stor
12	Sanitär standard	Ganska hög, vattentolett, dusch	Måttlig
13	Avstånd till hav	100 - 300 m	Liten
14	Avstånd till väg som saltas	>100 m	Måttlig
15	Avstånd till andra saltkällor (industrier, avfallsd	>300 m	Måttlig

Figur 3.5.10 Risk för salt grundvatten på Hölö beräknat med RV-metoden. Den övre figuren visar brunnar på södra och nordligaste Hölö, den nedre visar centrala Hölö. De variabler som använts för de olika fallen och deras osäkerhet visas också i figuren.



Figur 3.5.11 Kloridhalter (mg Cl/L) i 19 brunnar på Hölö.

Flygmätningar som SGU utfört över Hölö och beräkning av resistivitet visas i figur 3.5.12. Mätningarna visar ett band med låg resistivitet där jordlagren huvudsakligen är sandiga och grusiga och som sannolikt beror på god grundvattentillgång. Dessutom återfinns mindre områden med låg resistivitet på öns norra och södra spetsar, vilket är områden som är känsliga för saltvatteninträning.

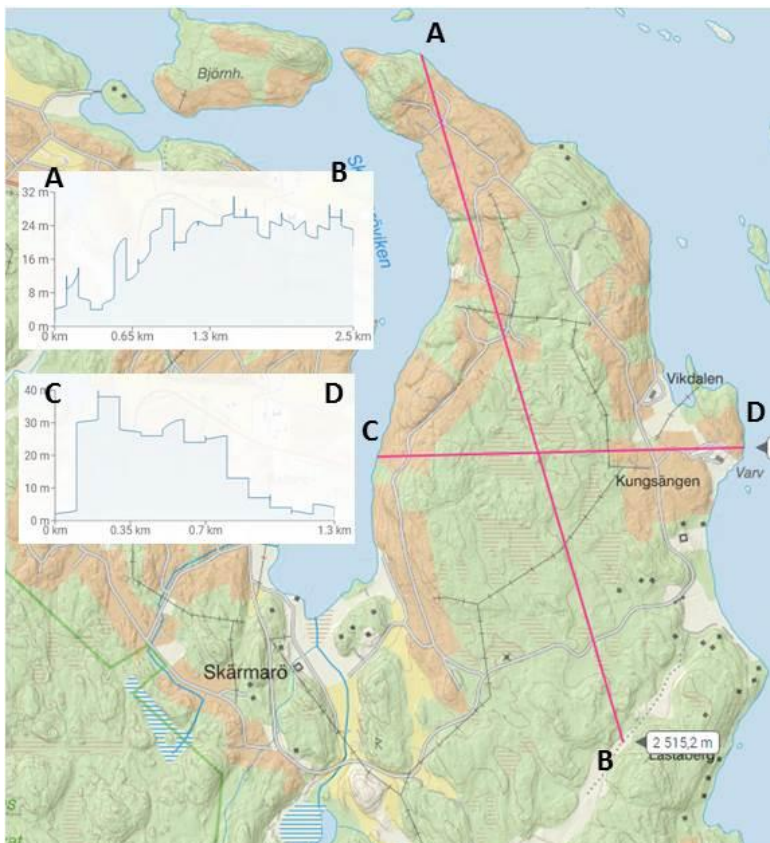


Figur 3.5.12 Flygresistivitetssmätningar över Hölö. Blå färger utgör områden med låg elektrisk resistivitet (kartunderlag: SGU 2020).

3.6 SKÄRMARÖ

3.6.1 Topografi

Skärmarö utgör huvudsakligen en halvö där bebyggelsen är koncentrerad till dess västra och östra sida. Halvön utgör en plåtå på omkring 25 m.ö.h. med de högsta delarna i väster med högsta nivåer över 40 m.ö.h, figur 3.6.1.

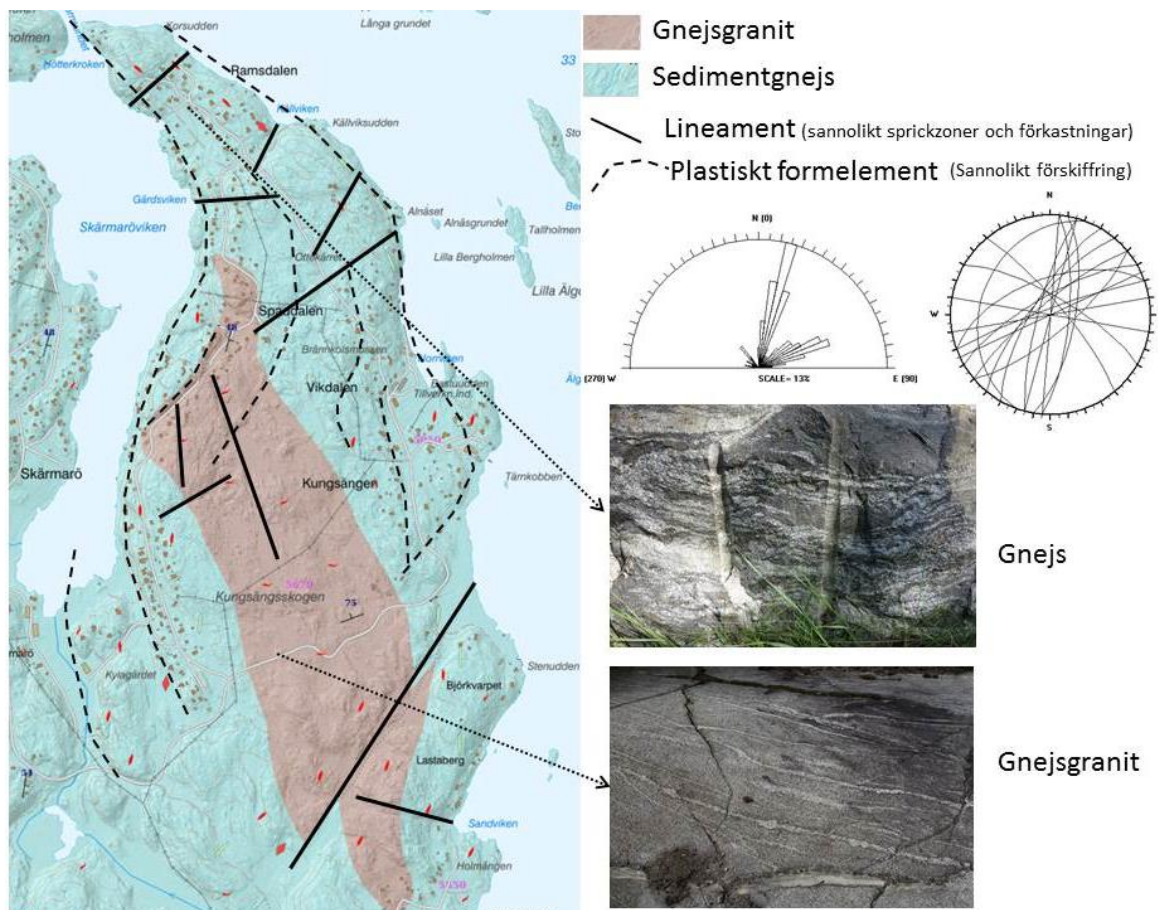


Figur 3.6.1 Topografisk karta över Skärmarö (Karta från Lantmäteriet 2020).

3.6.2 Berggrund

Berggrunden består huvudsakligen av gnejs som är grå och slirig, ställvis bandad. Lokalt är gnejsen biotitrik och rostig. Den är också rik på inslag av pegmatit samt många mindre kvarts-fältspatförande gångar. På centrala södra delen av halvön återfinns också partier av gnejsgranit. Förskiffringen undulerar kraftigt och varierar således beroende på var på Skärmarö mätningen görs. Det är förskiffringens orientering som skapat halvöns något veckade nord-sydliga utsträckning, där de hårdaste partierna bevarats. På norra delen av halvön är förskiffringen omkring 330 grader med en brant östlig stupning. Figur 3.6.2 visar berggrunden samt ur flygbilder och topografi karterade lineament såsom hållkanter och dalgångar som skär förskiffringen. Även formstrukturer som följer förskiffringen har markerats på kartan.

Orienteringen av uppmätta sprickor presenteras också i figur 3.6.2. Många av sprickorna utgör svaghetsplan längs förskiffringsriktningen och går därför i en närmast nord-sydlig orientering. En tydlig sprickriktning som påträffas såväl i form av några större lineament som sprickor i hållarna är en ost-nordostlig orientering med brant stupning. Enstaka flacka sprickor med en nordvästlig flack stupning påträffas också. Spricktätheten är dock måttlig till låg och den kinematiska porositeten i berget överstiger troligtvis inte 0,03 %.



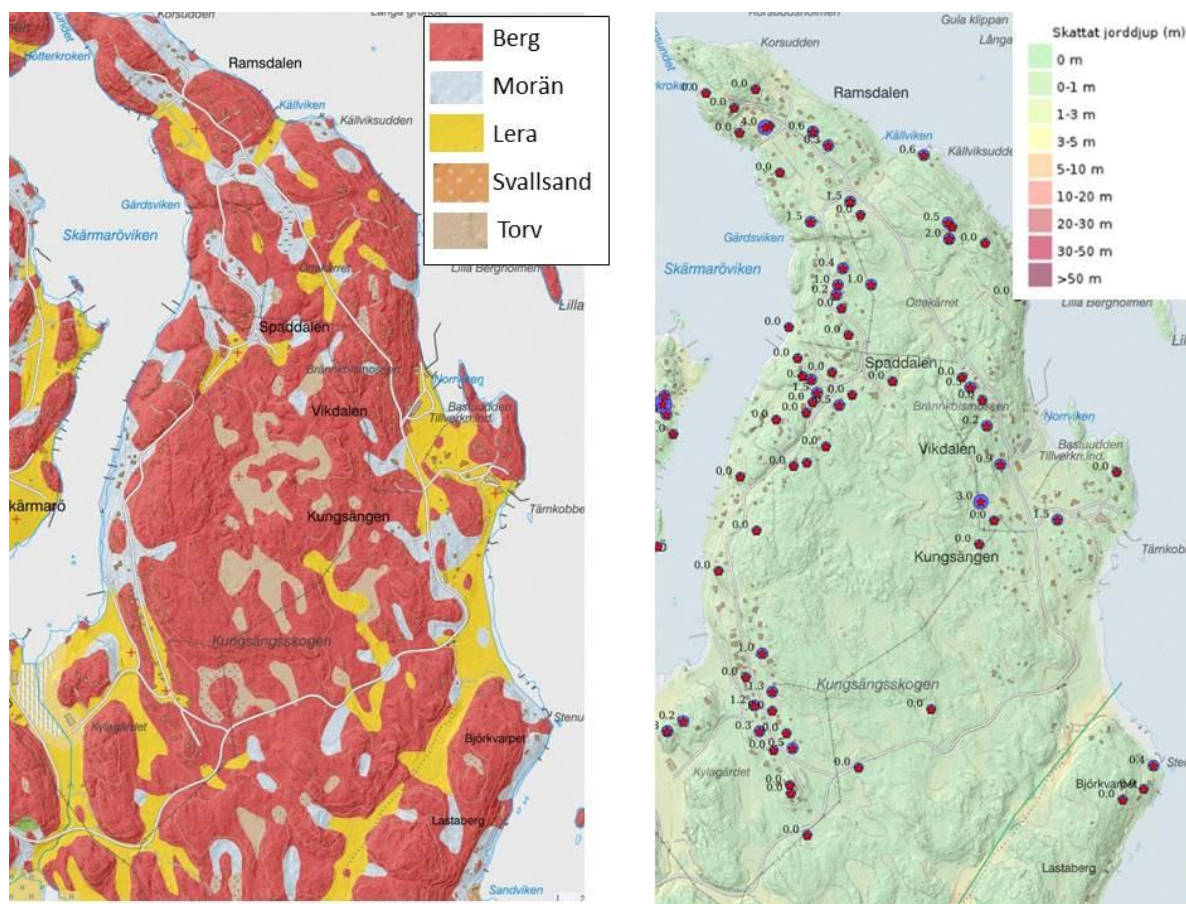
Figur 3.6.2 Berggrundskarta över Skärmarö tillsammans med lineament och plastiska formelement karterade ur flygbilder och topografiska kartor samt sprickmätningar på hållar redovisade som sprickros över stupningar samt i stereografisk projektion (Schmidts nät, undre hemisfären) (baskartan hämtad från SGU 2020).

3.6.3 Jordlager och jorddjup

Jordlagren består mest av blottat berg med inslag av tunna moränlager. Lokalt i terrängens lågpunkter återfinns lera. Mitt på halvön finns ett större område med torv, figur 3.6.3. Jordmäktigheterna är generellt små, även i områden med torv bedöms jordlagren vara mycket tunna, endast någon meter. Undantaget är några enstaka dalgångar där den glaciala lera kan vara uppskattningsvis 3-5 m mäktig, figur 3.6.4.

Hällarna på den centrala plattan på Skärmarö är flacka och indikerar tunna jordlager med relativt små topografiska variationer. En sondering gjord i torv i södra delen av Skärmarö visar att torvmäktigheten endast var 0,5 m och underlagras av lera ner till 1,2 m där sonderingen tog stopp mot morän, troligtvis sandig.

Sannolikt rymmer jordlagren endast en mycket begränsad vattentillgång. Torvlagren kan indikera en sprickfattig och ganska tät underliggande berggrund.



Figur 3.6.3 Jordartskarta och jorddjupskarta över Skärmarö (kartunderlag SGU 2020).



Figur 3.6.4 Schakt genom glaciallera, här minst 3 m mäktig, i östra delen av Skärmarö.

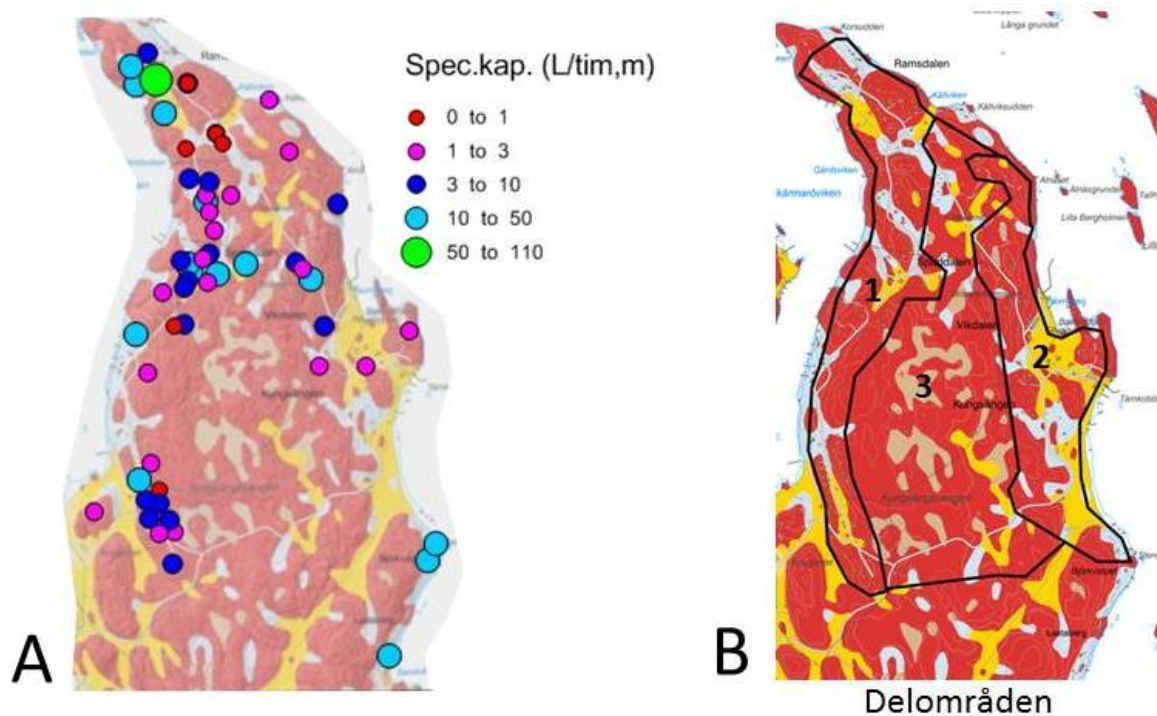
3.6.4 Brunnsdata

Tabell 3.6.1 visar resultatet av en statistisk bearbetning av brunnsdata i Skärmarö, hämtat ur brunnsarkivet vid SGU. Det finns knappt 70 brunnar registrerade i arkivet. Mediandjupet för brunnarna är 75 m och vattenmängden 355 L/tim, vilket är något större än förväntat utifrån de ytgeologiska förhållandena. Jorddjupet vid brunnarna är obefintligt och endast en fjärdedel av brunnarna har ett jorddjup överstigande 0,6 m. Grundvattennivån i berget har vid borringarna varierat mellan 0 och 22 m men mätningarna är gjorda under olika årstider och således inte jämförbara. Medianvärdet ligger dock på 6 m under markytan. Den specifika kapaciteten är beräknad till 5,4 L/tim och meter men varierar mellan 0 och 109 L/tim och m.

Tabell 3.6.1 Statistisk bearbetning av brunnsdata från Skärmarö (data från SGU 2020).

Variable	Descriptive Statistics (Spreadsheet7)							
	Valid N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Lower Quartile	Upper Quartile	Std.Dev.
VATTENMANGD, L/tim	62	674.5	355.0	0.0	8000.0	120.0	720.0	1320.4
GRUNDVATTENNIVA, m.u.my	42	8.1	8.0	0.0	22.0	4.0	11.0	5.2
TOTALDJUP, m	70	83.6	75.5	25.0	210.0	61.0	102.0	38.3
DJUP_TILL_BERG, m	65	0.5	0.0	0.0	7.0	0.0	0.6	1.1
SPEC_KAP, L/tim,m	62	9.8	5.4	0.0	109.4	1.8	11.1	16.1

För att se hur den specifika kapaciteten varierar geografiskt och utifrån de geologiska förhållandena presenteras brunnsdata i figur 3.6.5 A. Vissa strandnära fastigheter har en tämligen hög specifik kapacitet. I vissa fall kan detta dessvärre bero på inträngning av havsvatten. Eftersom alla brunnarna är konstruerade i berg så återspeglar de skilda värdena heterogeniteten i vattentillgången. Två närliggande brunnar kan således uppvisa helt skilda hydrogeologiska egenskaper. Huvuddelen av brunnarna har dock en specifik kapacitet som understiger 10 L/tim per meter.



Figur 3.6.5 A: Beräknad specifik kapacitet i brunnar på Skärmarö. Baserat på data från SGUs brunnsarkiv. B: Delområden på Skärmarö.

3.6.5 Beräkningar

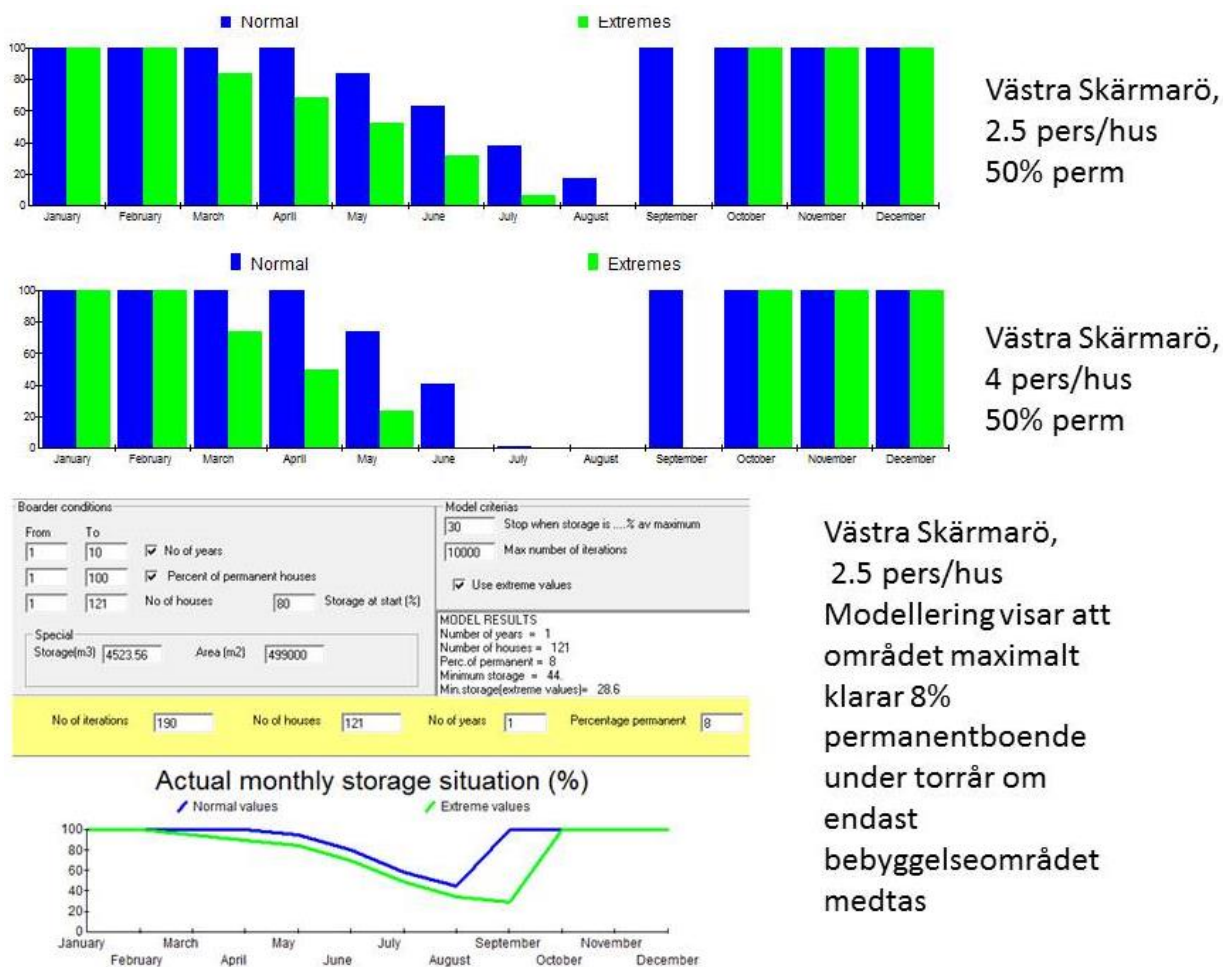
Skärmaröhalvön består av två separerade bebyggelseområden, ett i väster och ett i öster med mellanliggande obebyggda områden som till viss del består av torvmark. Grundvattenförhållandena i den västra respektive den östra delen har därför beräknats separat. En sammanlagd beräkning av hela halvön med mellanliggande obebyggda områden har också beräknats. De olika delarna visas i figur 3.6.5 B. En sammanställning av områdenas bebyggelseförhållanden och ytgeologi visas i tabell 3.6.2.

Tabell 3.6.2 Fastigheter och jordlagerförhållanden (%) på Skärmarö.

Område	Area, m2	Fast	Berg	Morän	Svall-sand	Sand-grus	Lera	Torv	Vatten
Västra Skärmarö (1)	499000	121	69.5	19.9	0.0	0.0	10.1	0.5	0.0
Östra Skärmarö (2)	413000	60	63.8	13.6	0.0	0.0	21.6	1.1	0.0
Hela Skärmarö(1,2,3)	1760000	181	69.9	11.5	0.0	0.0	10.8	7.7	0.0

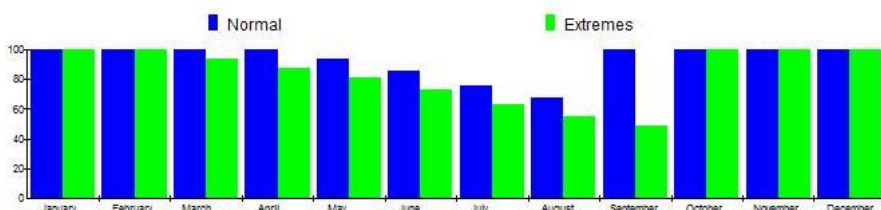
Beräkningarna visar att det västra området (område 1) redan idag kan ha stora problem vid såväl normalår som torrår utan tillskott från omkringliggande områden, figur 3.6.6. Enligt beräkningarna töms grundvattenlagren helt under sommaren räknat på 50 % permanentboende. En modellering av området visar att bebyggelsen endast klarar 8 % permanentboende för att säkerställa tillräckliga vattenmängder under torrår. Beräkningarna

baseras i detta fall endast på den mängd vatten som kan lagras inom bebyggelseområdet, det vill säga det område som fastigheterna har rådighet över.

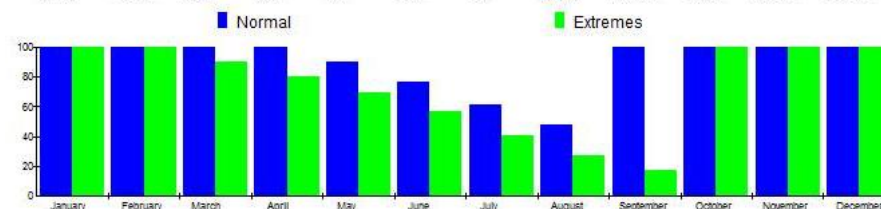


Figur 3.6.6 Grundvattenmagasinets utveckling på västra Skärmarö om endast bebyggelseområdet medtas i beräkningarna. Området framgår av figur 3.6.5.

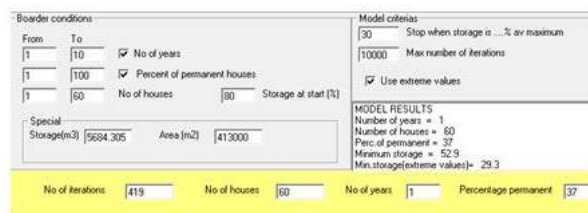
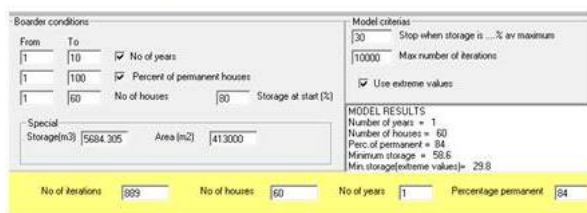
Det östra området har bättre förutsättningar avseende vattentillgång, främst beroende på ett mindre antal fastigheter. Området klarar 50 % permanentboende vid 2,5 pers/hus men problem kommer att uppkomma under torrår vid 4 pers/hus. En modellering visar att området maximalt klarar 84 % permanentboende vid 2,5 pers/hus respektive 37 % permanentboende vid 4 pers/hus, figur 3.6.7.



Östra Skärmarö,
2.5 pers/hus
50% perm



Östra Skärmarö,
4 pers/hus
50% perm



Östra Skärmarö, 2.5 pers/hus (t.v) respektive 4 pers/hus (t.h)

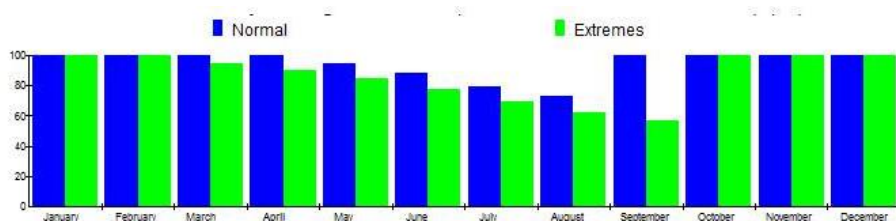
Modellering visar att området klarar 84 respektive 37% permanentboende om enbart bebyggelseområdet medtas.

Figur 3.6.7 Grundvattenmagasinets utveckling på östra Skärmarö om endast bebyggelseområdet medtas i beräkningarna. Området framgår av figur 3.6.5.

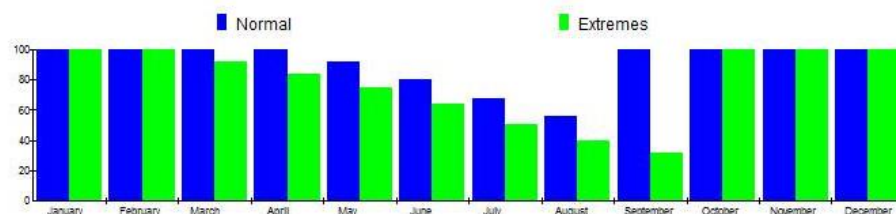
Eftersom stora delar av platån mellan bebyggelseområdena idag är obebyggd är det högst sannolikt att stora delar av detta område bidrar till grundvattentillgången i närliggande bebyggelseområden. De torvmarker som finns i detta mellanliggande område är tunna men lokaliserade på vattendelaren där den nederbörd som infiltrerar antingen rör sig västerut eller österut. Förskiffringen är huvudsakligen brant östlig men det finns ett antal sprickzoner, synliga som lineament samt i sprickdata en sprickorientering ost-nordost. Denna sprickriktning kan starkt bidra till grundvattenflöden österut och västerut.

En beräkning över hela Skärmarö, där även mellanliggande områden medtagits visar att bebyggelseområdena maximalt klarar 52 % permanentboende vid 4 pers/hus. Vid 2,5 pers/hus klarar områdena mycket knappt ett fullständigt permanentboende (100 %). Då återstår drygt 30 % av grundvattenreservoarerna under torrår, vilket är på gränsen där problem med kvantitet och kvalitet brukar uppkomma, se figur 3.6.8. Men då antas hela området mellan dessa bebyggelseområden bidra med grundvatten till den nuvarande bebyggelsen.

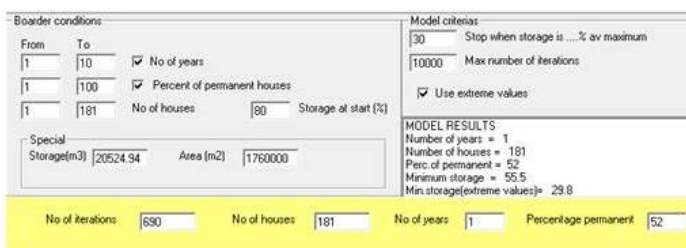
Förändringar av markanvändningen i detta område kommer direkt att påverka vattenförhållandena i omgivande borrade brunnar. Skogsavverkning kan t. ex. starkt påverka kvaliteten på grundvattnet då, särskilt det västra bebyggelseområdet behöver tillskott av vatten från detta område.



Hela Skärmarö,
2.5 pers/hus
50% perm



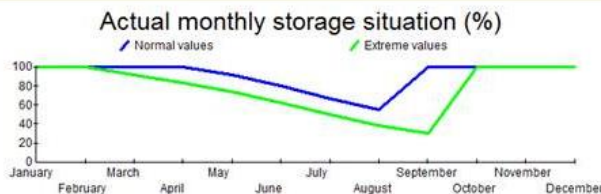
Hela Skärmarö,
4 pers/hus
50% perm



Hela Skärmarö,
4 pers/hus

Modellering visar att området
maximalt klarar 52%

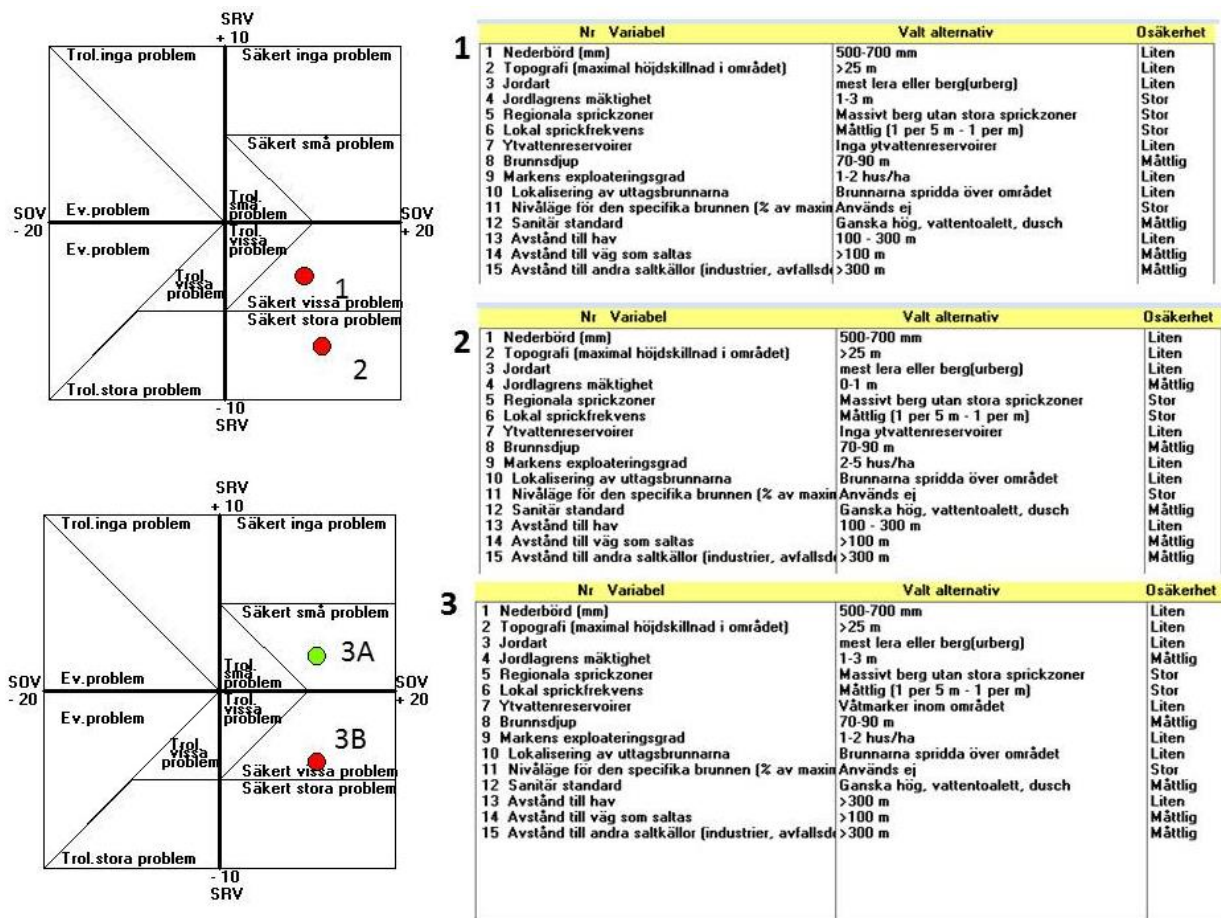
permanentboende under torrår
om hela halvön medtas i
beräkningarna. Vid 2.5 pers/hus
klarar området knappt fullständigt
permanentboende. Då återstår
endast drygt 30% av lagret under
torrår.



Figur 3.6.8 Grundvattenmagasinets utveckling på hela Skärmarö, beräknat utifrån förutsättningen att hela halvön bidrar till bebyggelseområdenas vattenförsörjning. Områdenas utsträckning framgår av figur 3.6.5.

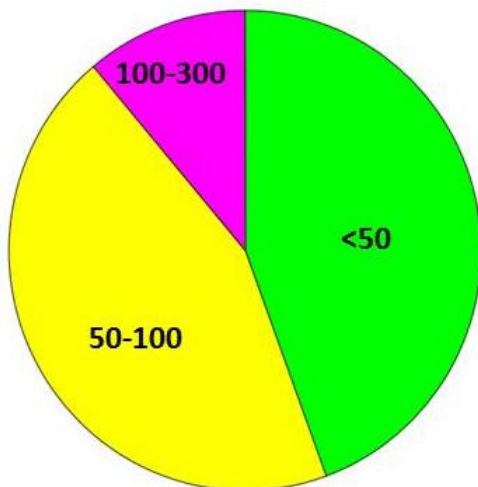
3.6.6 Risk för salt grundvatten

Resultatet från beräkning med RV-metoden presenteras i figur 3.6.9. Beräkningarna visar att det västra delområdet löper mycket stor sannolikhet för salt grundvatten medan förhållandena för det östra delområdet är mer gynnsamma, främst beroende på vissa partier av ökade jorddjup och en lägre exploateringsgrad, figur 3.6.9. Om hela Skärmarö tas med i beräkningen, dvs även de icke bebyggda områdena på högplatån så ökar vattentillgången generellt, exploateringsgraden minskar och sannolikheten för salt grundvatten beror då i hög utsträckning på fastigheternas avstånd från hav. För de fastigheter som ligger på ett större avstånd från havet, i detta fall mer än 300 m, finns liten risk för salt grundvatten men för de strandnära fastigheterna (<100 m) är sannolikheten fortfarande stor eller mycket stor, figur 3.6.9.



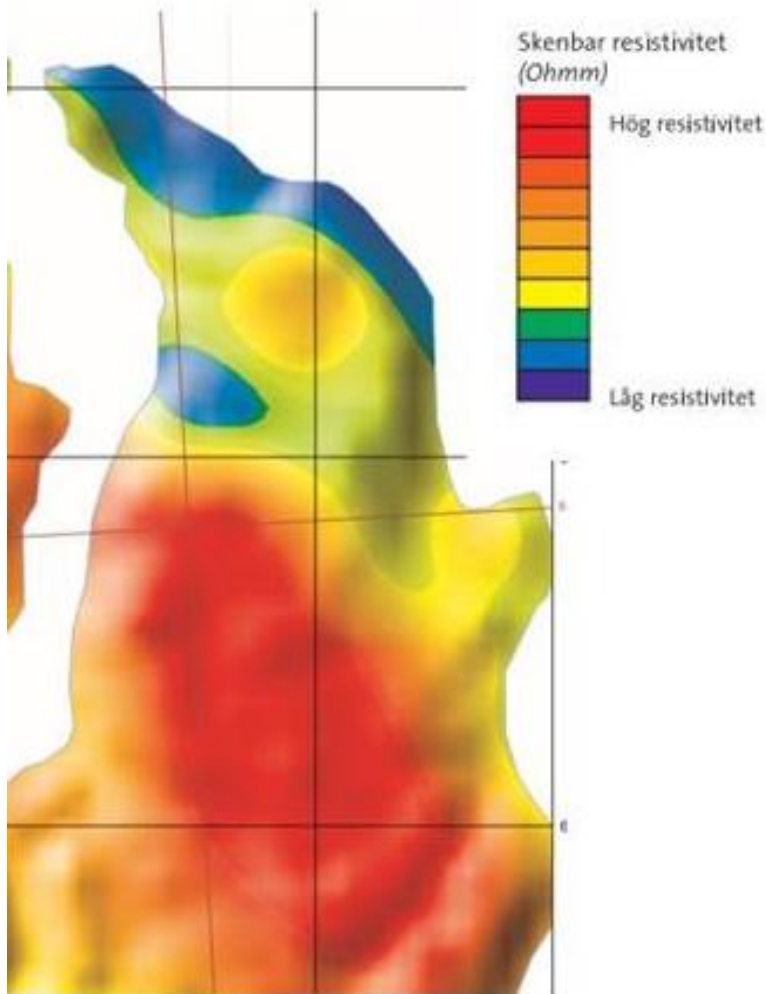
Figur 3.6.9 RV-beräkning av sannolikheten för salt grundvatten. Den övre figuren visar sannolikheten för det östra (1) respektive det västra(2) delområdet. Den undre figuren visar de generella förhållandena om hela Skärmarö tas med i beräkningen. 3A visar brunnar på större avstånd än 300 m från hav medan 3B visar brunnar närmare än 100 m från hav. De medtagna variablerna och deras osäkerhet visas till höger.

9 brunnar med kloridanalyser har påträffats i området. Större delen av dessa brunnar uppvisar förhöjda kloridhalter, figur 4.6.10.



Figur 3.6.10 Kloridhalter (mg Cl/L) från 9 brunnar på Skärmarö.

Flygmätningar och beräkning av marklagrens elektriska resistivitet som SGU genomfört visas i figur 3.6.11. De nordligaste delarna visar på låg resistivitet och det går inte att utesluta att detta skulle kunna bero på förekomst av salt grundvatten. En jämförelse mellan berggrundskartan och resistivitetsmätningarna visar också att gnejsgranitet generellt har en högre resistivitet än gnejsen. Detta kan också bero på att gnejsen ställvis är rik på mer elektriskt ledande material, t. ex. glimmer. Vissa stråk i gnejsen är t. ex. starkt rostbruna från vittring av biotit och eventuellt sulfidmineral.

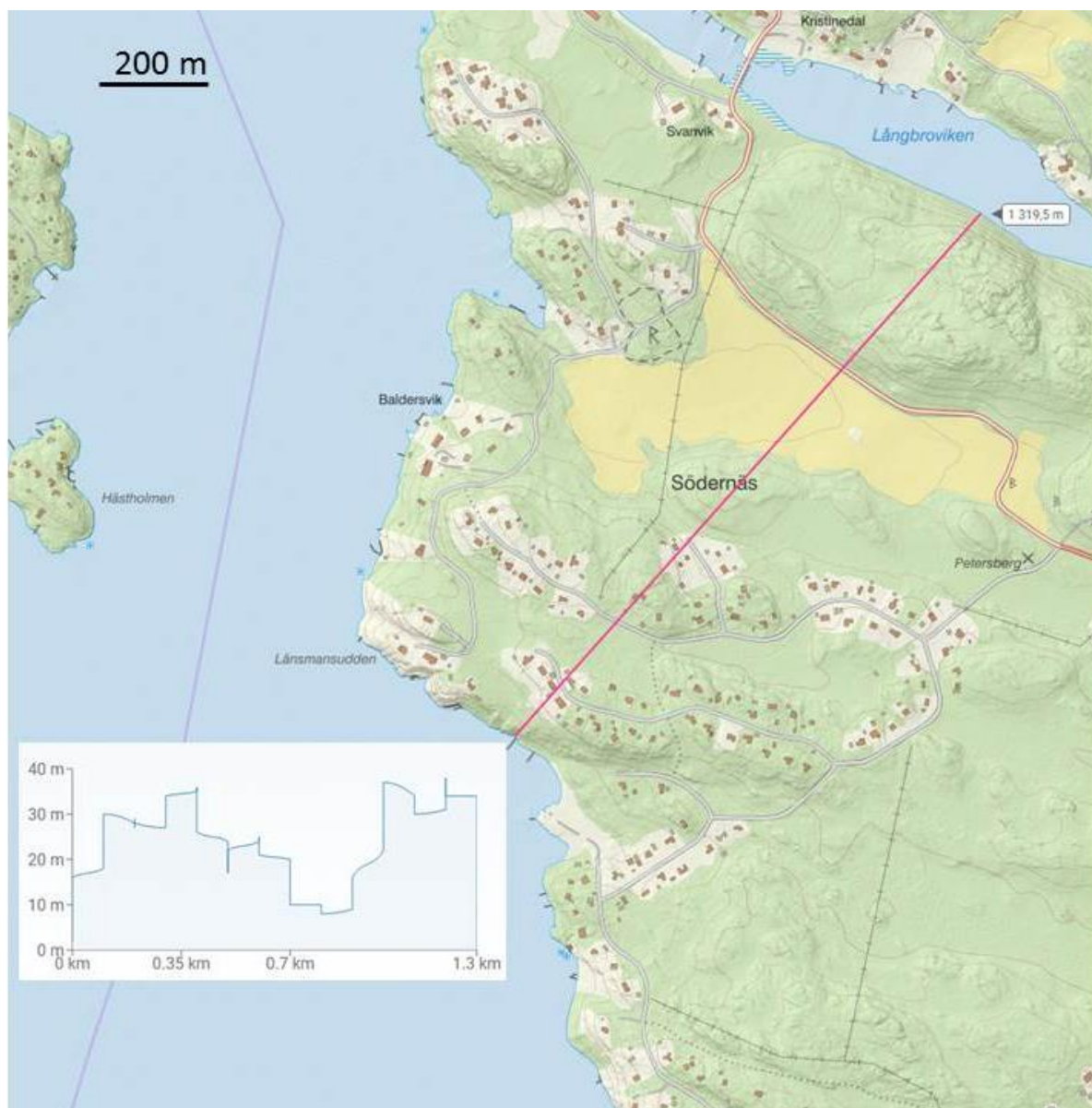


Figur 3.6.11 Resultat av mätning av markens elektriska resistivitet genom flygmätningar (data från SGU 2020).

3.7 SÖDERNÄS

3.7.1 Topografi

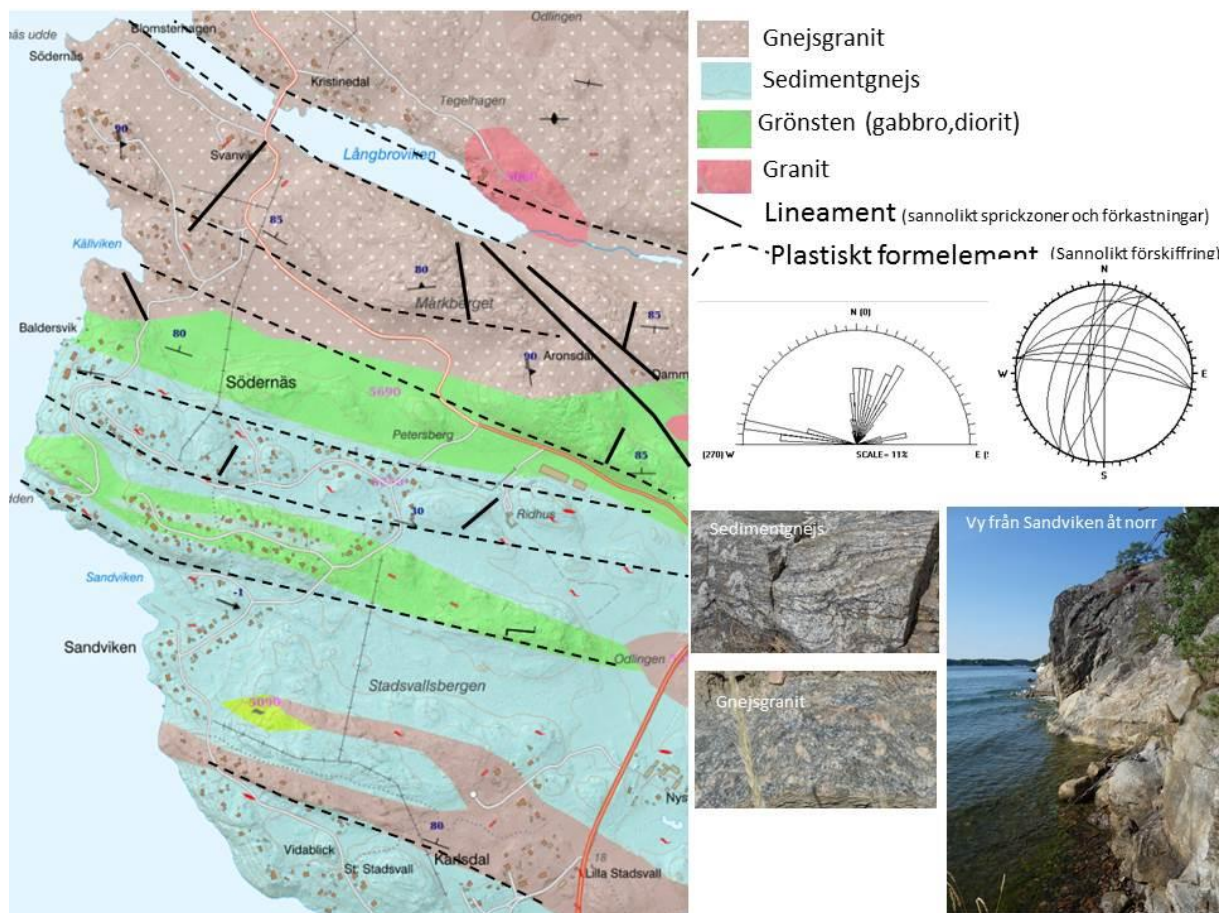
Söder näs är beläget på nordvästra delen av Värmdölandet. Topografiskt varierar området mellan 0-35 m.ö.h. med markanta höjdryggar i orientering nordväst-sydost, figur 3.7.1. Det studerade området består av omkring 136 fastigheter, huvudsakligen fritidsbostäder men med en allt ökande grad av permanentboende.



Figur 3.7.1 Södernäs bebyggelseområde med topografisk profil (kartunderlag Lantmäteriverket 2020).

3.7.2 Berggrund

Berggrundens sammansättning och tektoniska förhållanden bestämmer i hög grad områdets topografi och terrängens utseende. Den består huvudsakligen av stråk av sedimentgnejs, grönstenar och gnejsgraniter, figur 3.7.2. Sedimentgnejsen är ofta slirig med inneslutningar av mörk amfibolit. De topografiskt högsta partierna utgörs av den något hårdare gnejsgraniten. Berggrunden är förskiffrad i orientering västnordväst-ostsydost och stupar brant åt nordost. Bergryggarnas orientering och ett antal bergskanter följer förskiffringen och har markerats som plastiska formelement. Många av sprickorna följer förskiffringen men det finns även en tydlig sprickriktning i berghällarna i orientering nordnordost-västsydväst med vanligtvis en brant stupning åt väster. Ett antal större lineament, troligen mindre sprickzoner följer också denna riktning.

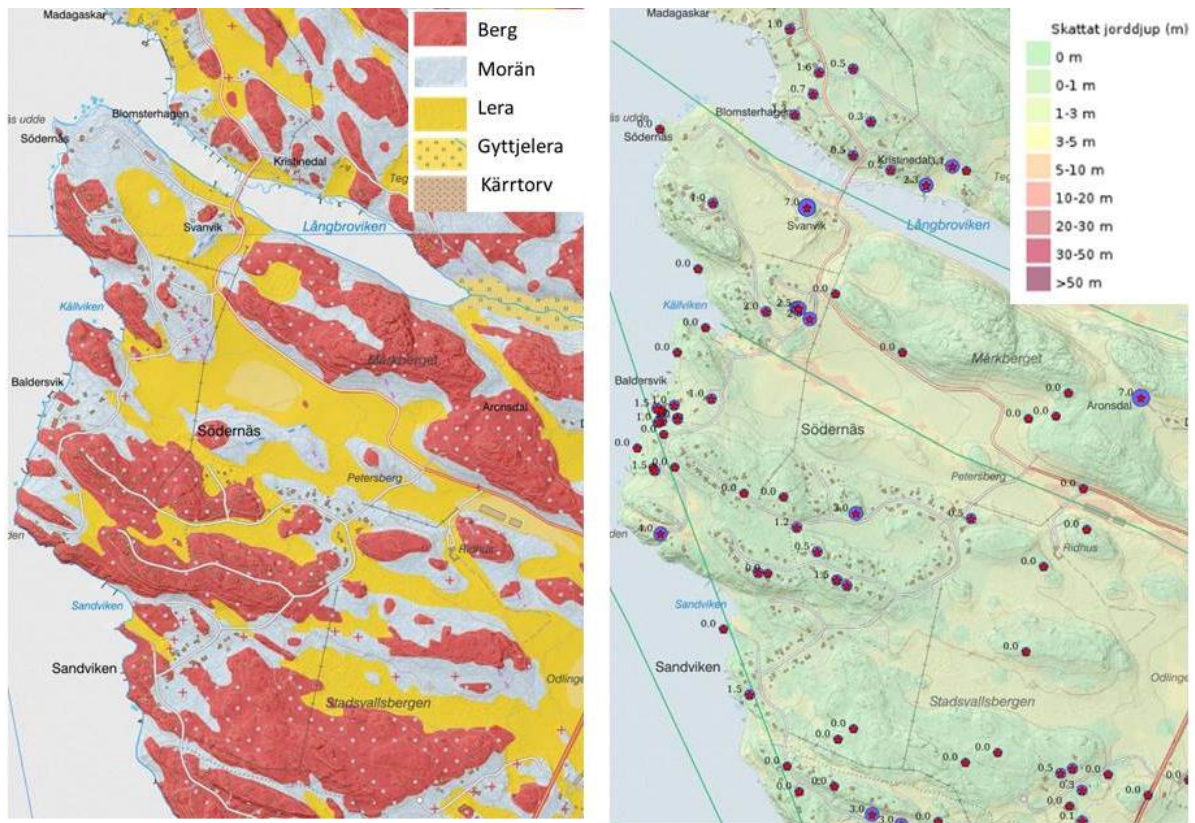


Figur 3.7.2 Berggrund i Södernäs samt resultat av sprickkartering i området (kartunderlag SGU 2020).

Ställvis är sprickfrekvensen låg och området domineras av plastiska formelement med begränsad vattenströmning. Den kinematiska porositeten i området är beräknas därför till 0,03 %.

3.7.3 Jordlager och jorddjup

Jordlagren består huvudsakligen av synligt berg samt relativt tunna lager av morän. I terrängens lågpunkter återfinns tämligen stora områden med glacial lera samt smärre inslag av postglacial lera och gyttjelera. Utifrån brunnnsdata är jordmäktigheten mycket liten. Längs de formelement som löper ut i Källviken samt Långbroviken kan dock jorddjupet vara mer betydande och SGU bedömer att det lokalt uppgår till 5-10 m. Det bedöms som rimligt men det saknas helt borringar som visar detta, figur 3.7.3. Under den glaciala leran bedöms det finnas begränsade mängder av friktionsmaterial, huvudsakligen morän. Sammansättningen av moränen bedöms som huvudsakligen sandig men det finns också inslag av mer grusig-sandig morän, vilket är gynnsamt för grundvattenbildningen, figur 3.7.4.



Figur 3.7.3 Jordartskarta samt bedömning av jorddjup (SGU 2020).



Figur 3.7.4 Grusig sandig moränavlagrad direkt på berg.

3.7.4 Brunnsdata

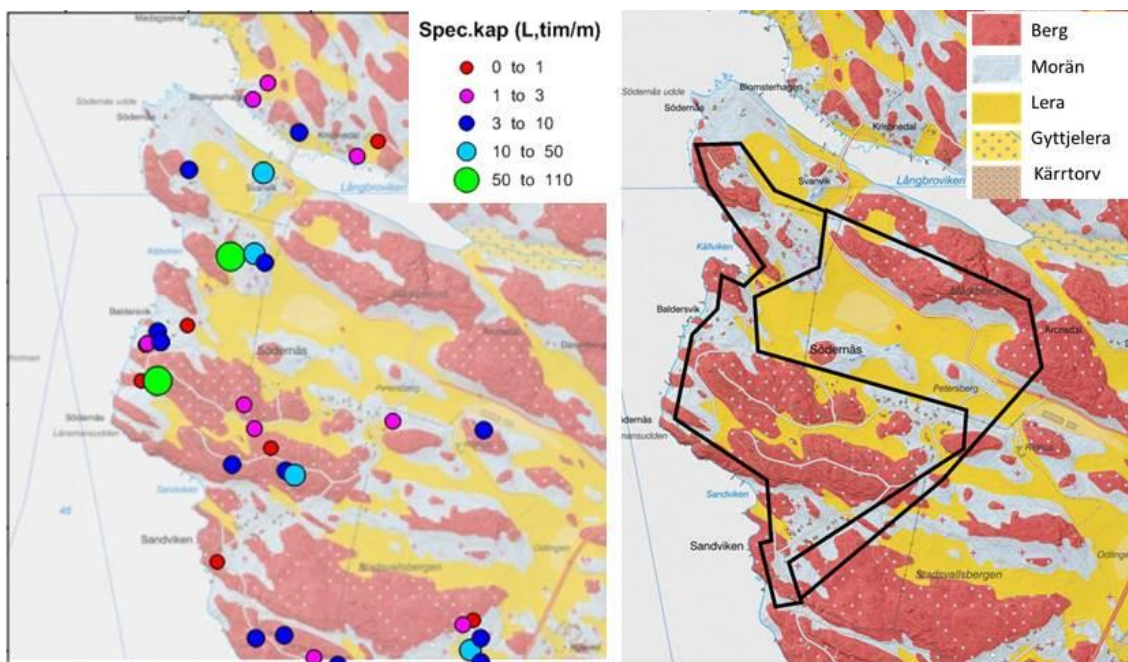
Totalt finns information från 49 brunnar i SGUs brunnarkiv. Av dessa är drygt en tredjedel angivna som energibrunnar. Detta antyder att det finns ett betydande antal permanentboende i området. En statistisk bearbetning av brunnnsdata visas i tabell 3.7.1 och tabell 3.7.2. Mediankapaciteten hos brunnarna har angivits till 300 l/tim. Mediandjupet för dricksvattenbrunnarna är drygt 80 m. Den specifika vattenkapaciteten beräknas till 3,6 L/tim/m. Jorddjupet vid brunnarna är ringa och understiger ofta 1 m. Det maximala jorddjupet i området har varit 7 m. En geografisk fördelning av specifik kapacitet i brunnar i Södernäs visas i figur 3.7.5.

Tabell 3.7.1 Statistisk bearbetning av brunnnsdata i Södernäs (alla brunnar).

Variable	Descriptive Statistics (Spreadsheet7)							
	Valid N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Lower Quartile	Upper Quartile	Std.Dev.
VATTENMANGD L/tim	38	547.2	300.0	0.0	5400.0	110.0	500.0	1025.3
GRUNDVATTENNIVA m.u.my	30	8.5	7.0	0.0	21.0	5.0	11.0	5.3
TOTALDJUP m	49	105.2	90.0	36.0	210.0	75.0	140.0	46.1
DJUP_TILL_BERG m	49	1.5	1.2	0.0	7.0	0.3	2.0	1.6
SPEC_KAP L/tim/m	38	8.4	3.3	0.0	91.5	1.2	6.6	17.9

Tabell 3.7.2 Statistisk bearbetning av brunnnsdata (enbart vattenbrunnar).

Variable	Descriptive Statistics (Spreadsheet7)							
	Valid N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Lower Quartile	Upper Quartile	Std.Dev.
VATTENMANGD L/tim	23	319.2	300.0	30.0	760.0	120.0	480.0	205.6
GRUNDVATTENNIVA m.u.my	16	9.8	8.0	0.0	21.0	5.5	14.8	6.3
TOTALDJUP m	23	79.2	81.0	43.7	105.5	70.0	91.0	15.9
DJUP_TILL_BERG m	23	1.0	0.7	0.0	3.0	0.0	2.0	1.0
SPEC_KAP L/tim/m	23	4.2	3.6	0.4	14.8	2.5	6.0	3.3



Figur 3.7.5 Specifik kapacitet i brunnar baserat på data från brunnarkivet (t.v.). Indelning i beräkningsområden (t.h).



3.7.5 Beräkningar

Området delades in i två delar, dels den huvudsakliga bebyggelsen belägen på berg och morän, dels ett yttre område som skulle kunna bidra till grundvattentillgången i bebyggelseområdet, grovt avgränsat. En sammanställning av bebyggelse och jordartsfördelning visas i tabell 3.7.3.

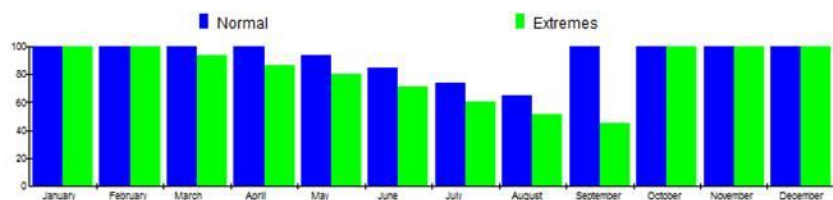
Eftersom det finns grönområden mellan fastighetsklustren så blir den genomsnittliga fastigheten i bebyggelseområdet drygt 5000 m² stor, vilket ger 1,8 hus per ha.

Tabell 3.7.3 Fastigheter och jordlagerförhållanden (%) i Södernäs.

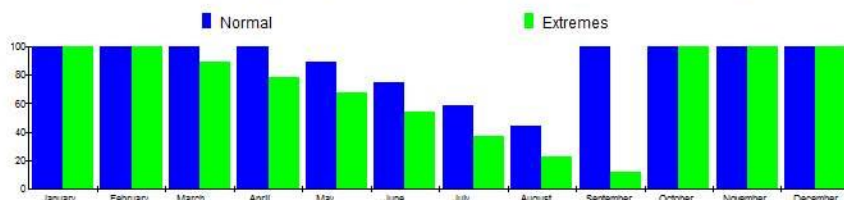
Område	Area, m2	Fast	Berg	Morän	Svall-sand	Sand grus	Lera	Torv	Vatten
Västra Södernäs (bebyggelsen)	743000	136	51.1	30.8	0.0	0.0	18.1	0.0	0.0
Hela Södernäs	1508000	136	39.9	29.6	0.0	0.0	30.5	0.0	0.0

Modellering av grundvattentillgångarna visar att om bara bebyggelseområdet medtas klarar området 2,5 personer per fastighet men vid ett ökat antal boende per fastighet kan det uppkomma problem med vattenförsörjningen såväl under normalår som torrår. Modellering av ökad exploatering visar att bebyggelseområdet klarar ett ökat permanentboende upp till 76 % räknat på 2,5 personer per hushåll men att endast 31 % permanentboende är möjligt vid 4 personer per hushåll, figur 3.7.6.

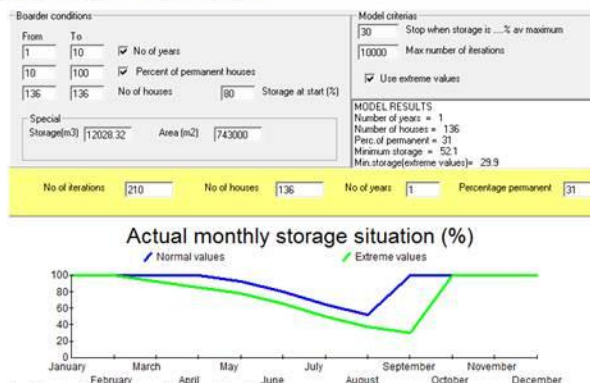
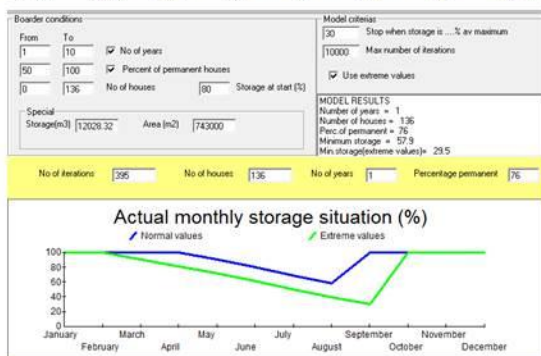
Detta gäller om endast själva bebyggelseområdet medtas i beräkningarna. Detta område består till stora delar av synligt berg samt ställvis med ett tunt moränlager. Under sommarmånaderna finns knappast tillgängligt grundvatten i det tunna moräntacket. Beräkningen är konservativ, dvs grundvattentillgångarna är inte överskattade.



Västra Södernäs,
2.5 pers/hus
50% perm



Västra Södernäs
4 pers/hus
50% perm

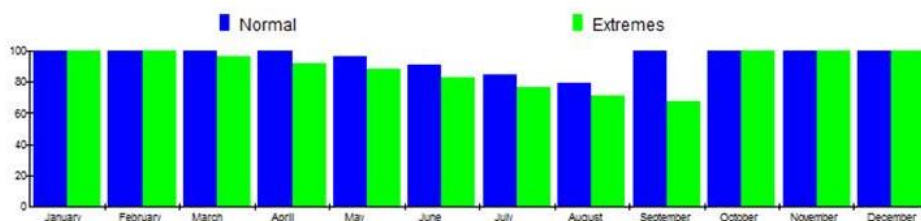


Västra Södernäs, 2.5 pers/hus (t.v) respektive 4 pers/hus (t.h)

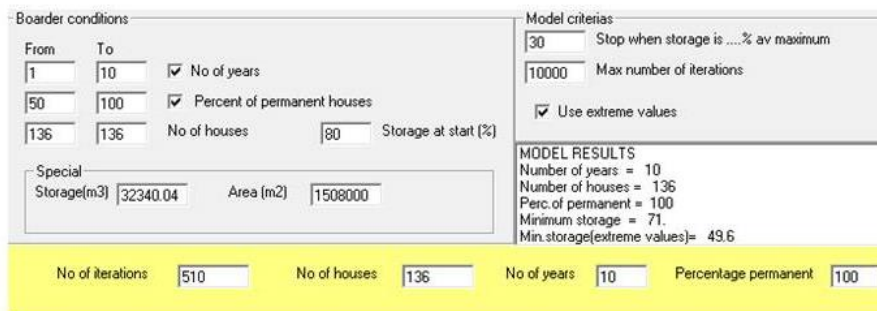
Modellering visar att området klarar 76 respektive 31% permanentboende om enbart bebyggelseområdet medtas.

Figur 3.7.6 Grundvattenmagasinets utveckling på västra Södernäs om endast bebyggelseområdet medtas i beräkningarna. Området framgår av figur 3.6.5.

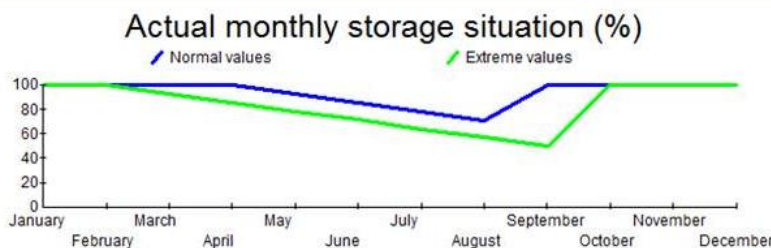
Området strax öster om bebyggelsen kan sannolikt bidra med grundvatten till bebyggelsen i Södernäs. Området har större inslag av glacial lera som enligt SGU lokalt kan ha en mäktighet på mer än 5 m. Den underlagras sannolikt av vattenmättad sandig morän. Medräknat detta område kommer bebyggelsen att klara vattenförsörjningen även under torrår, figur 3.7.7. Modellering visar då att området klarar ett fullständigt permanentboende. Det är dock viktigt att förstå att då medtas ett större markområde som nuvarande bebyggelse egentligen inte har rådighet över.



Hela Södernäs
4 pers/hus
50% perm



Hela Södernäs
4 pers/hus
Området klarar
100%
permanentboende
om intilliggande
områden medtas i
beräkningarna

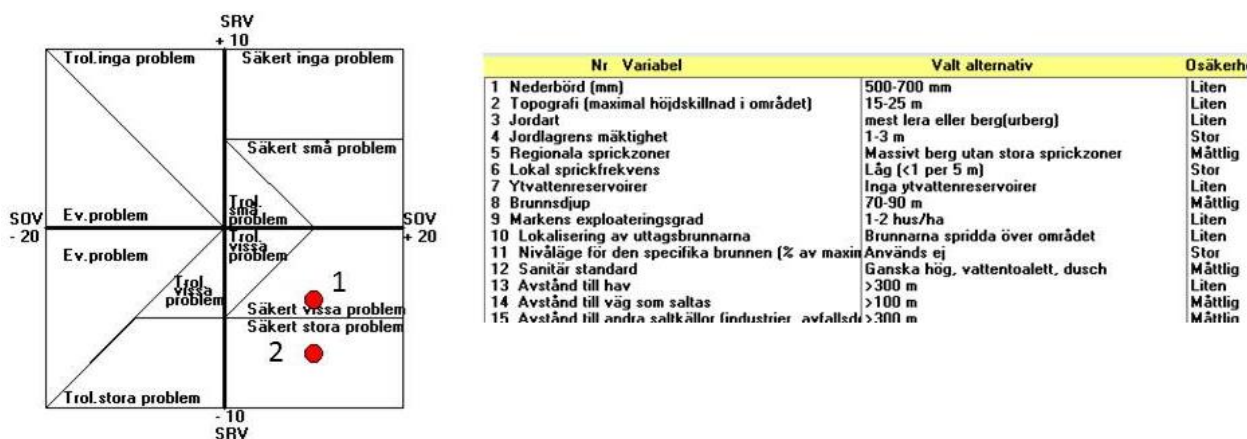


Figur 3.7.7 Modellering av grundvattentillgången över året vid bebyggelseutveckling i Södernäs som leder till 100 % permanentboende. Bebyggelsen klarar detta endast om omkringliggande områden medtas i beräkningarna.

3.7.6 Risk för salt grundvatten

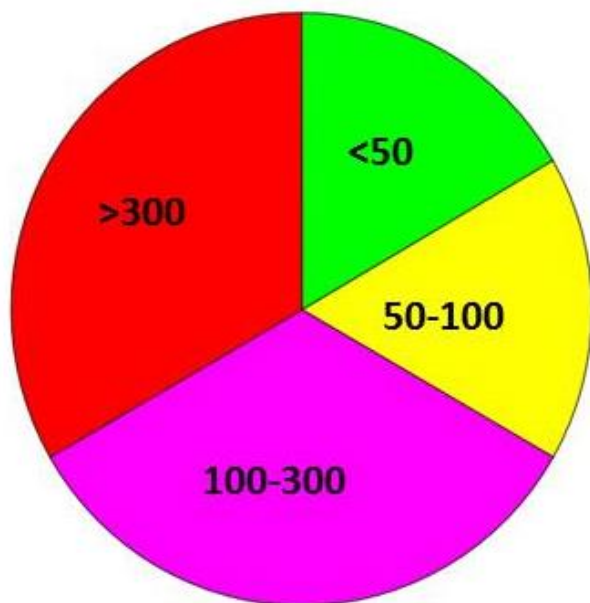
Sannolikhet för saltgrundvatten har beräknats med hjälp av RV-metoden som bygger på statistik från hela Stockholms län. Resultatet visas i figur 3.7.8. Generellt gäller att området har stor eller mycket stor sannolikhet för salt grundvatten. En anledning är att brunnarna i området är tämligen djupa, över 80 m mediandjup för dricksvattenbrunnarna. Dessutom finns en stor mängd energibrunnar i området som har djup vanligtvis mellan 150 och 200 m. Ur dessa tas dock i normalfallet inget grundvatten.

Bebyggelsen förväntas ha en tämligen hög sanitär standard. Vid ett fullständigt permanentboende förväntas standarden öka varvid även grundvattenuttagen i regel ökar och sannolikheten för salt grundvatten förväntas vara hög.



Figur 3.7.8 RV-beräkning av sannolikheten för salt grundvatten i Södernäs. Beräkningen visar att sannolikheten är stor för förekomst av salt grundvatten. Punkt 1 visar sannolikheten vid en tämligen hög sanitär standard. Vid ett allt ökande permanentboende förväntas den sanitära standarden och därmed vattenuttagen att öka vilket ökar risken för salt grundvatten (punkt 2). De medtagna variablerna och deras osäkerhet visas till höger.

Endast 6 brunnar med kloridanalyser är påträffade i området. Dessa visar dock generellt höga värden, flera har kloridhalter högre än 600 mg Cl/L och endast en av brunnarna har inte förhöjd salthalt, figur 3.7.9.



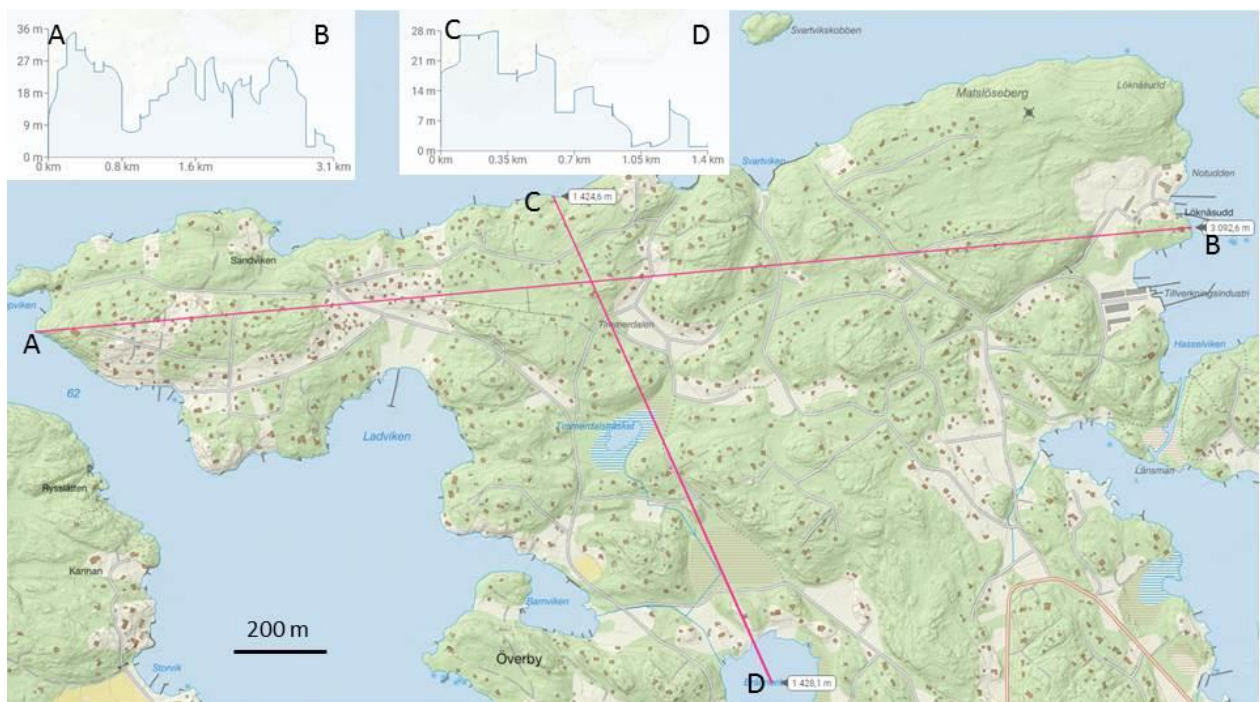
Figur 3.7.9 Kloridhalter (mg Cl/L) i sex brunnar i Södernäs.

SGUs flyggeofysiska mätningar över området ger dock måttliga värden på markresistivitet. Det finns således idag ingen antydning till direkt saltvatteninträngning från Östersjön. Sannolikheten för salt grundvatten hänför sig mer till ett lokalt uppträngande djupare grundvatten vid för stora grundvattenuttag. Generellt är det därför bättre att sprida uttagen genom enskilda brunnar än gemensamma lösningar med centrala uttagspunkter.

3.8 EKSJÖN

3.8.1 Topografi

Området Eksjön utgör den nordligaste delen av Vindö och består av omfattande och spridd bebyggelse, huvudsakligen fritidshus. Det analyserade området är totalt på omkring 210 ha med omkring 430 fastigheter. Området är omväxlande och lätt kuperat med höjdryggar som når drygt 30 m.ö.h. Den nordligaste delen av området utgörs av en ost-västlig höjdrygg som genomskärs av ett antal dalgångar i nordostlig orientering. Den södra delen av området Eksjön är topografiskt betydligt lägre och Eksjön som idag utgörs av en våtmark ligger bara några meter ovanför havsytan. Figur 3.8.1. visar områdets huvudsakliga utbredning med två topografiska profiler.

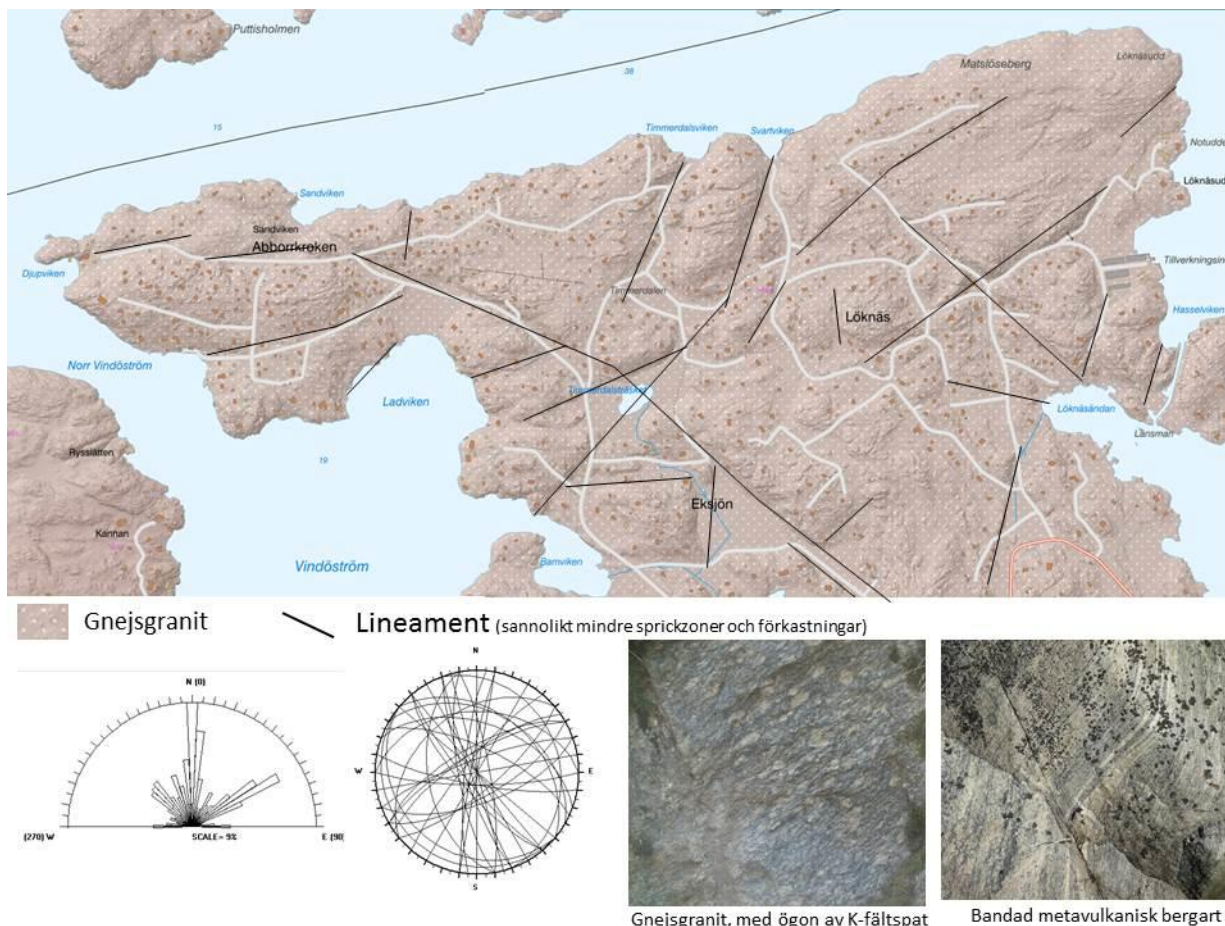


Figur 3.8.1 Topografisk karta över område Eksjön. Två höjdpromer genom området är också presenterade (kartunderlag Lantmäteriverket 2020).

3.8.2 Berggrund

Berggrunden utgörs helt av en medel- till grovkornig och vanligtvis grå gnejsgranit, figur 3.8.2. Förskiffringen är svag till måttlig i orientering 230-250/50-70, dvs strykning åt ost-nordost med en tämligen brant stupning mot norr. Orienteringen följer i stort sett den nordliga höjdryggens utsträckning. Gnejsgraniten genomslås lokalt av pegmatitgångar. I norr påträffas även områden av mer bandad karaktär som mer liknar omvandlade vulkaniska sediment, figur 3.8.2. Ett flertal mindre dalgångar och markanta hållkanter påträffas i området. Dessa lineament utgör troligtvis sprickor/sprickzoner och mindre förkastningar. En översiktlig flygbildskartering av dessa visas i figur 3.8.2. Eftersom förskiffringen endast måttligt styr områdets topografi framträder ett mer plintliknande topografiskt utseende, typiskt för granitområden.

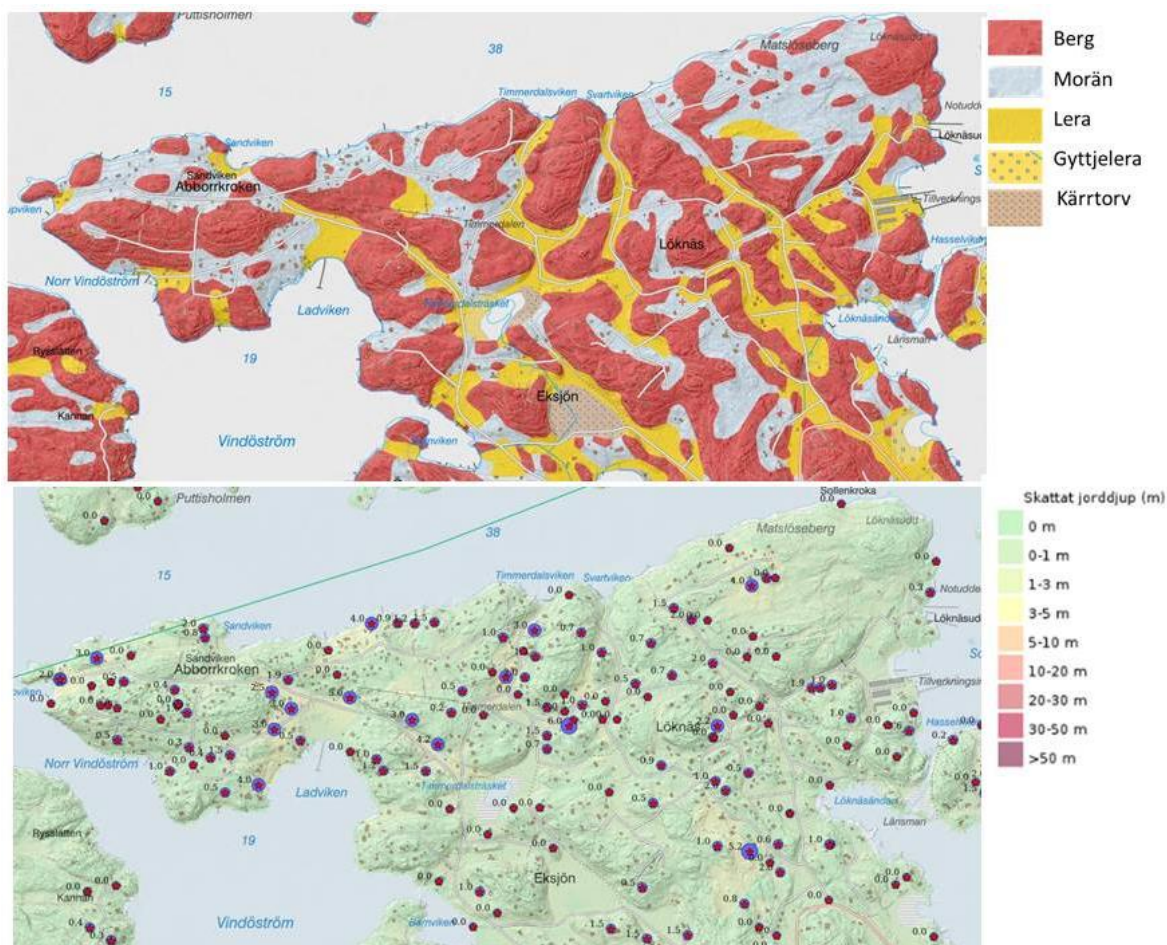
Inmätning och analys av sprickor från ett tiotal hållar inom området visar också på ett spritt sprickmönster med många olika sprickorienteringar. De dominerande orienteringarna är dock nord-sydliga samt i orientering ost-nordost. Ett relativt stort antal flacka sprickor, åtminstone i områdets ytliga delar gynnar vattenflöden. Utifrån sprickfördelningen beräknas den kinematiska porositeten i området till 0,04 %.



3.8.2 Berggrund och lineament i område Eksjön. Sprickrosen visar resultat från sprickmätningar i området, liksom den stereografiska projektionen (Schmidts nät, undre hemisfären). Fotografierna är tagna i norra delen av området (kartunderlag SGU 2020).

3.8.3 Jordlager och jorddjup

Området består av en mosaik av synligt berg samt ett relativt tunt moränlager som är täckt av glacial lera i lågpunkterna. Moränen är sandig vilket är relativt gynnsamt för grundvattenbildningen. Moränmäktigheten antas dock vara måttlig men kan lokalt uppgå till flera meter. Brunnsborringar i området antyder moränmäktigheter lokalt på mer än 4 m. Det finns få borrhull i den glaciala leran men den kan antas ha motsvarande mäktighet och underlagras sannolikt av ett vattenmättat moränlager. SGUs jorddjupskarta som framförallt utgår från brunnsborringar visar lokalt på jordmäktigheter över 5 m. Detta stämmer väl med sonderingar som genomförts i samband med de fältstudier som gjorts i området. På några ställen var lermäktigheten endast 1-2 m men lokalt i Eksjöområdet, nordost om Tammerdalsträsket var mäktigheten 5 m glaciallera och öster om detta träsk visade en sondering på mer än 7 m glaciallera under ca 0,5 m torv. Glacialleran innehåller också ett stort antal sandskikt.



Figur 3.8.3 Jordartskarta samt jorddjupskarta från området (SGU 2020).

3.8.4 Brunnsdata

Området var ursprungligen ett utpräglat fritidshusområde. Även om fritidshusen fortfarande dominerar stort så kan ett ökande permanentboende märkas. Vattenförsörjningen i området baserades ursprungligen på ett större antal gemensamma handpumpar, figur 4.8.4, som fortfarande fungerar. Ett stort antal privata brunnar har dock konstruerats. En sammanställning av brunnsdata visas i tabell 3.8.1.

Tabell 3.8.1 Statistisk analys av brunnsdata från brunnsarkivet vid SGU.

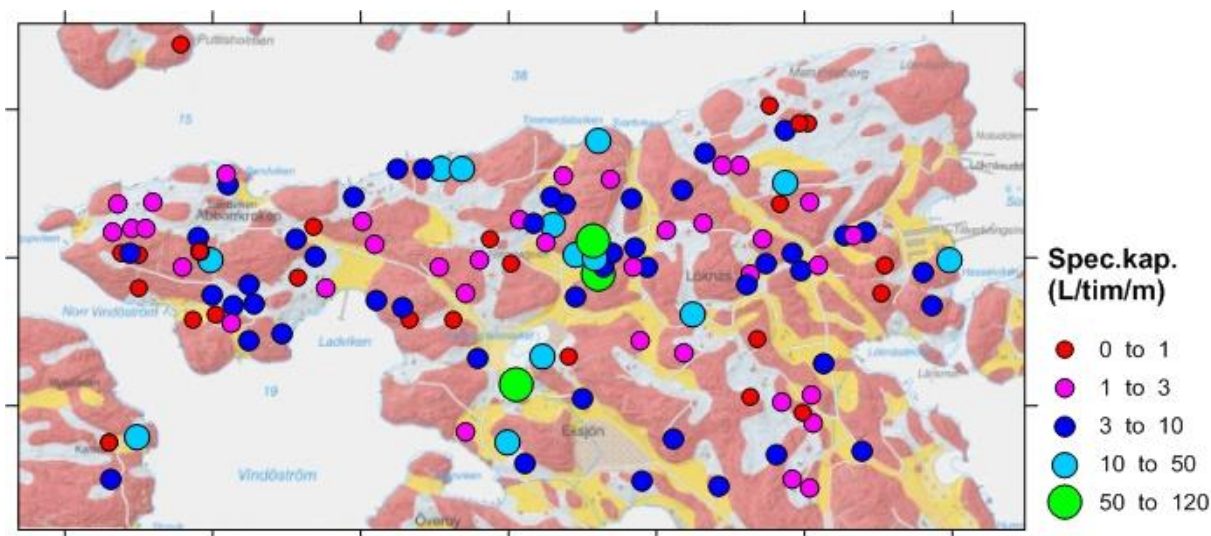
Variable	Descriptive Statistics (Spreadsheet12)							
	Valid N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Lower Quartile	Upper Quartile	Std.Dev.
VATTENMANGD L/tim	126	401.4	205.0	0.0	7200.0	100.0	320.0	842.7
GRUNDVATTENNIVA m.u.ny	78	7.5	6.3	0.0	24.0	4.0	10.0	4.9
TOTALDJUP m	131	76.7	72.0	37.0	202.0	60.0	91.0	25.3
DJUP_TILL_BERG m	128	0.9	0.5	0.0	6.0	0.0	1.5	1.3
SPEC_KAP L/tim/m	126	6.7	2.8	0.0	112.5	1.1	5.0	15.5

Den statistiska bearbetningen visar att drygt 130 privata brunnar från området finns registrerade i SGUs brunnsarkiv. Av dessa är endast tre (3) angivna som energibrunnar, vilket visar på att området fortfarande till stora delar består av fritidshus. Brunnarnas mediandjup är 72 m men kapaciteten är generellt mycket låg, median 205 L/tim. Den specifika kapaciteten är också låg och understiger 3 L/tim/m. Brunnarna görs oftast direkt i berg

varför medianjorddjupet endast är 0,5 m. Maxdjupet uppgår till 6 m. Dessa värden är dock inte representativa för de faktiska jorddjupsförhållandena eftersom brunnborraren föredrar borring direkt i berg. Fördelningen av den specifika kapaciteten visas i figur 3.8.5. Kapaciteterna är vanligtvis låga. Det syns dock tydligt att brunnar med höga specifika kapaciteter koncentreras till en dalgång som utgörs av Timmerdalsträsket och dess förlängning i nordost. Det är också där som de sonderingar som utförts inom projektet visar de största jordmäktigheterna.



Figur 3.8.4 Gemensam äldre handpump. Brunnen konstruerad i sandig morän men troligtvis borrar ner i berg.

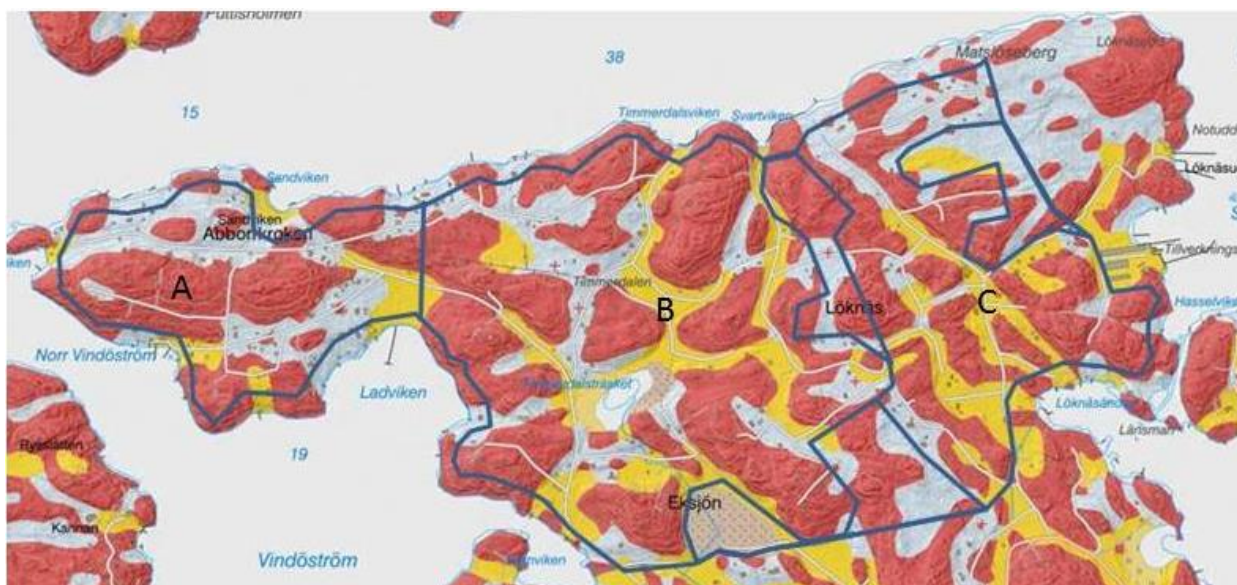


Figur 3.8.5 Fördelning av beräknad specifik kapacitet. Dataunderlag från brunnarkivet samt SGU's jordartskarta.

Berggrundsdata indikerar relativt goda sprickförhållanden för utvinning av grundvatten. De låga kapacitetsvärdena från brunnar i området ger delvis en annan bild. Den kinematiska porositeten i berggrunden sätts därför till ett något lägre värde än vad som motiverat av sprickdata, 0,03 %.

3.8.5 Beräkningar

Eftersom området Eksjön är stort och komplext har det indelats i tre separata delområden, främst utifrån bebyggelseförhållandena samt i viss mån de geologiska förhållandena, figur 3.8.6. Områdena närmast strandlinjen har borträknats beträffande grundvattenmagasin eftersom de inte förväntas bidra till de samlade grundvattentillgångarna i området utan avleds istället till Östersjön.



Figur 3.8.6 Delområden för beräkningar av grundvattenförhållanden i Eksjön.

En sammanställning av de olika delområdena och deras ytgeologiska förhållanden visas i tabell 3.8.2. Det finns uppskattningsvis 24 ännu icke bebyggda fastigheter inom bebyggelseområdet. Beräkningen omfattar de idag bebyggda fastigheterna. Om bygglov medges till de obebyggda fastigheterna innebär detta drygt 5 % större uttag, huvudsakligen i den mellersta delen av Eksjöområdet.

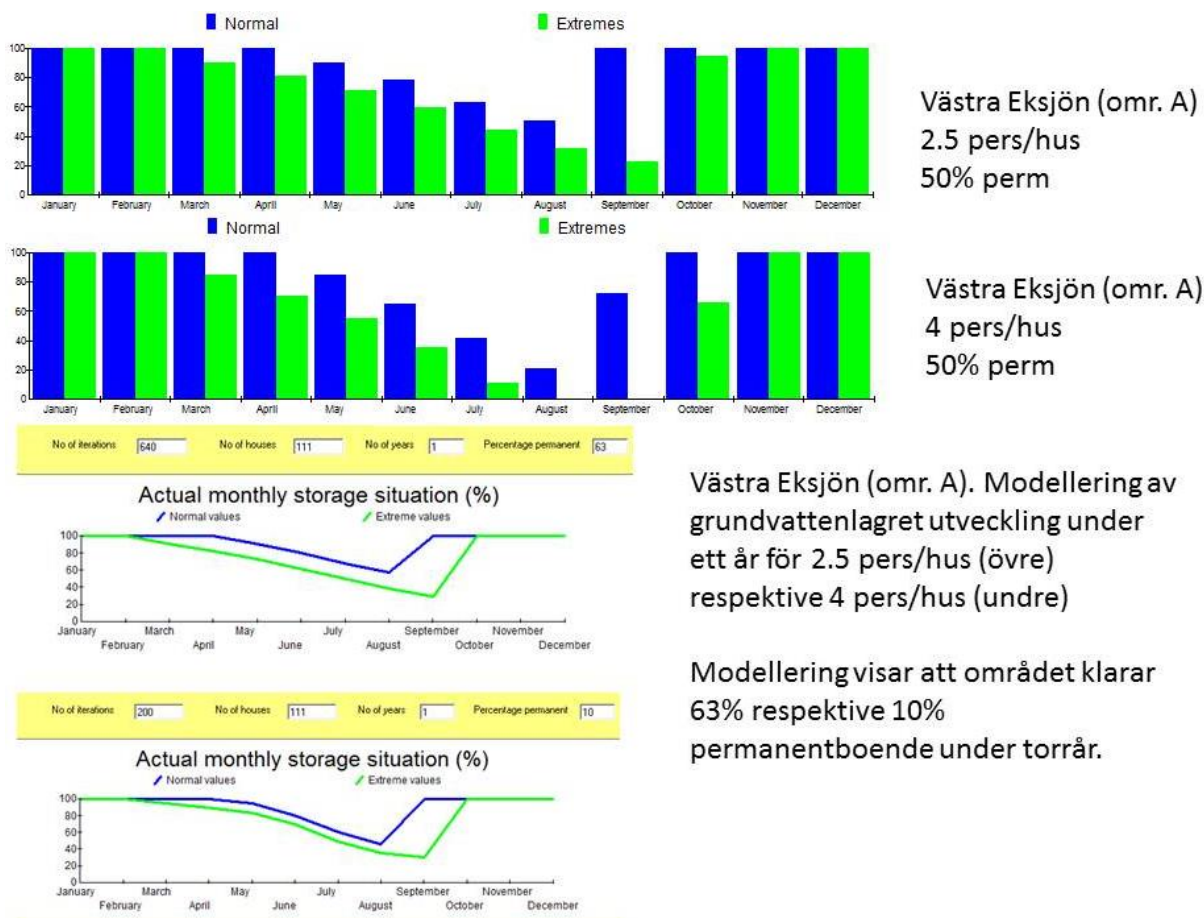
Tabell 3.8.2 Fastigheter och jordlagerförhållanden (%) i Eksjön, Vindö.

Område	Area, m2	Fast	Berg	Morän	Svall-sand	Sand-grus	Lera	Torv	Vatten
Västra Eksjön (A)	356000	111	56.5	36.5	0.0	0.0	7.0	0.0	0.0
Mellersta Eksjön (B)	947000	192	53.9	18.6	0.0	0.0	21.8	4.4	1.4
Östra Eksjön (C)	477000	108	54.6	21.4	0.0	0.0	24.0	0.0	0.0
Hela Eksjön inkl mellanliggande områden	2100000	411	55.8	23.4	0.0	0.0	18.1	2.1	0.6

Lokalt kommer en del områden i centrala Eksjöområdet att ha betydligt bättre grundvattenförhållanden än generellt i området. Det gäller framförallt de fastigheter som ligger i anslutning till eller nära Timmerdalsträsket samt dess förlängning åt nordost samt områdena runt Eksjön. De berörda fastigheterna är huvudsakligen de som ligger i anslutning till våtmarkerna men den gynnsamma effekten avtar snabbt med avståndet och torde knappast vara märkbar bortom ca 100-200 m från våtmarken.

3.8.5.1 Delområde A: Västra Eksjön

Beräkningarna över Västra Eksjön (område A) visar problematiska grundvattenförhållanden redan idag. Vid beräkning med 50 % permanentboende återstår endast ca 20 % av vattenreservoarerna i slutet av augusti under torrår vid 2,5 personer/hushåll. Vid 4 personer/hushåll töms lagren helt under augusti-september. Modellering av bebyggelseutvecklingen med en allt ökande grad av permanentboende visar att området endast klarar 10 % permanentboende under torrår vid större hushåll (4 pers/hus), under normalår högst 36 %, figur 3.8.7.



Västra Eksjön (omr. A). Modellering av grundvattenlagret utveckling under ett år för 2.5 pers/hus (övre) respektive 4 pers/hus (undre)

Modellering visar att området klarar 63% respektive 10% permanentboende under torrår.

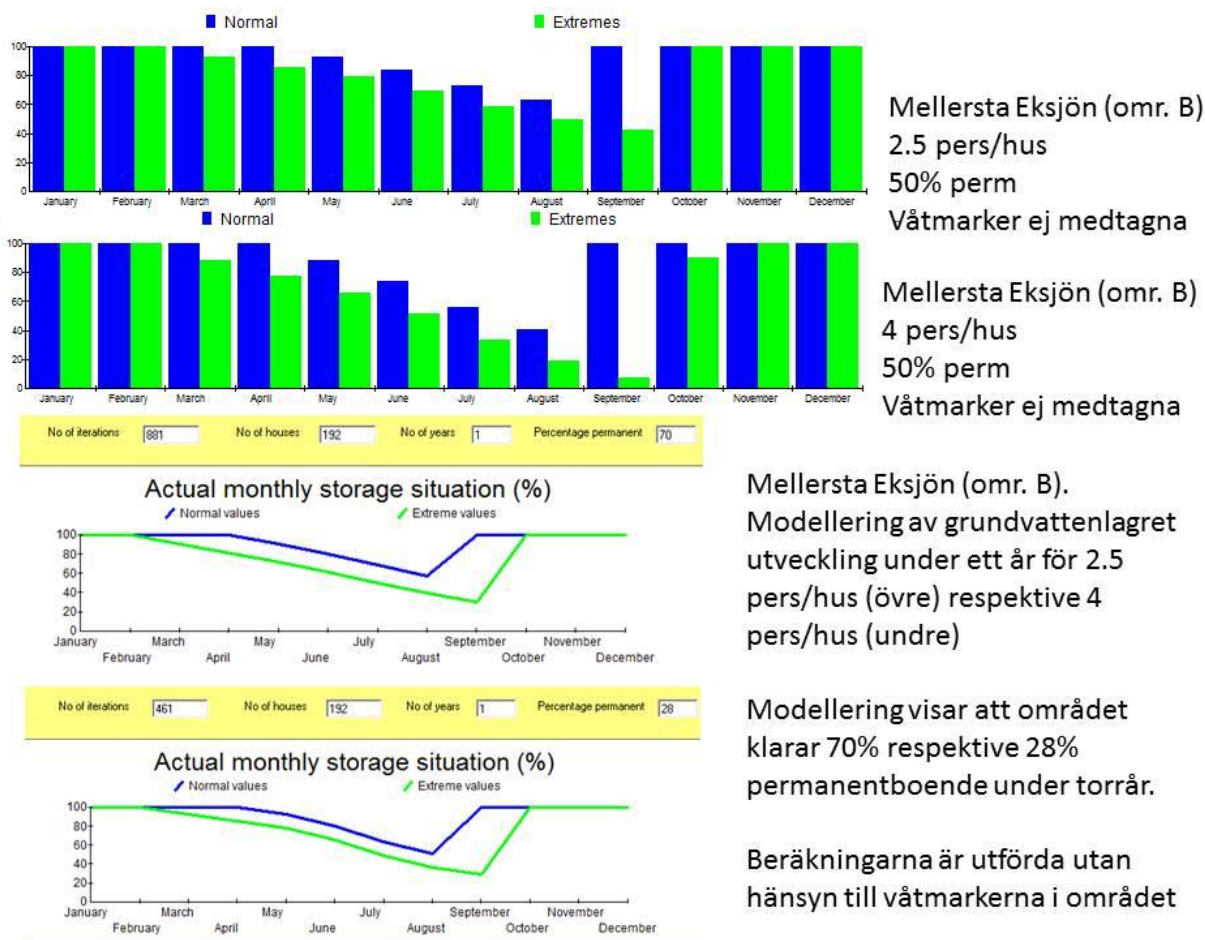
Figur 3.8.7 Grundvattenutvecklingen i Västra Eksjön (område A) under ett år vid olika scenarier. Området klarar inte en högre grad av permanentboende.

3.8.5.2 Delområde B: Mellersta Eksjön

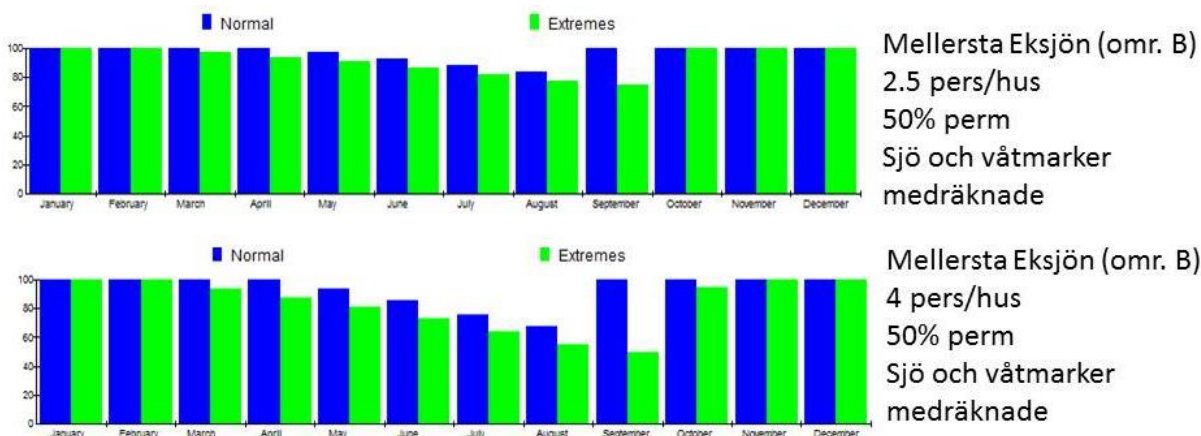
Delområdet omfattar 192 bebyggda fastigheter på en area på 947 000 m2. Dessutom finns 18 ännu obebyggda fastigheter. Beräkningsresultaten visas i figurerna 4.8.8 och 4.8.9. I de centrala och södra delarna av delområdet återfinns områden med våtmarker och en mindre sjö, Tammerdalsträsket och Eksjön. För områden som inte ligger i anslutning till dessa vattenreservoarer är grundvattensituationen mycket lika det västra delområdet, dvs vid 4 personer per hushåll och en ökande grad av permanentboende finns det mycket stor risk för vattenbrist under torrår. Modellering av grundvattenutvecklingen visar att området då endast klarar ett permanentboende på 28 %. Vid en lägre befolkningstäthet såsom förhållandena antas vara idag (2,5 pers/hus) kan området maximalt klara ett permanentboende på 70 %, figur 3.8.8.

De våtmarker som finns i området och speciellt den lilla sjön Tammerdalsträsket lagrar betydande mängder vatten som skulle kunna nyttjas sommartid. Om dessa vattenmängder medtas i beräkningarna (kräver naturligtvis rening och distribution inom hela området) skulle bebyggelsen klara ett fullständigt permanentboende, figur 3.8.9. Dessa vattentillgångar kan i realiteten endast användas i det direkta närområdet till våtmarkerna och bör därför inte medtas i beräkningarna. Den höga specifika kapaciteten i vissa närliggande brunnar indikerar att dessa reservoarer kan lokalt fylla på grundvattenmagasinet

vid större närliggande uttag. Det kan dock finnas problem med vattenkvaliteten varför någon form av rening säkerligen krävs.



Figur 3.8.8. Grundvattenlagrens utveckling över året i Mellersta Eksjön (område B) utan hänsyn till sjöar och våtmarker i området.

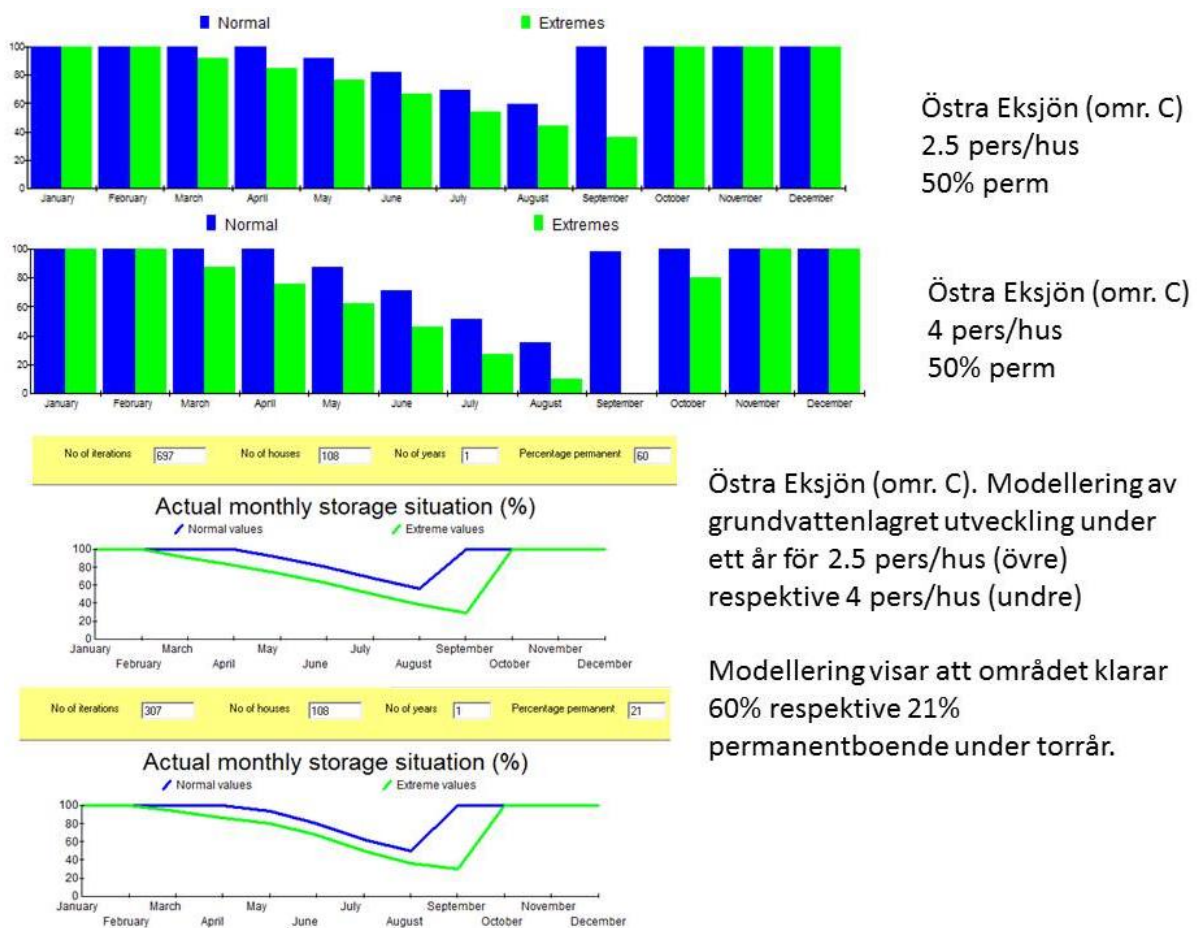


Figur 3.8.9. Grundvattenlagrens utveckling över året i Mellersta Eksjön (område B) om sjöar och våtmarker medtas i beräkningarna och detta vatten kunde distribueras över området sommartid.

Sannolikt används vattnet i Tammerdalträsket lokalt för bevattning sommartid. Bevattningsbehov faller dock helt utanför samtliga beräkningar som bygger på ett generellt bevattningsförbud sommartid. Vid betydande bevattning ökar de faktiska vattenuttagen kraftigt.

3.8.5.3 Delområde C: Östra Eksjön

Detta delområde liknar i stor utsträckning delområde A, Västra Eksjön. Här saknas sjöar och våtmarker och området består till stor del av synligt berg, delvis moräntäckt och mindre områden med lera. Beräkningarna visar att vattenbrist förmodligen uppkommer lokalt under torrår vid en ökande grad av permanentboende. Grundvattenlagret töms helt under torrår vid 4 personer per hushåll och 50 % permanentboende. Modellering av grundvattenlagrets utveckling vid ett allt ökande permanentboende visar att området endast klarar 21 % permanentboende vid 4 pers/hus och 60% vid 2,5 pers/hus, figur 3.8.10.

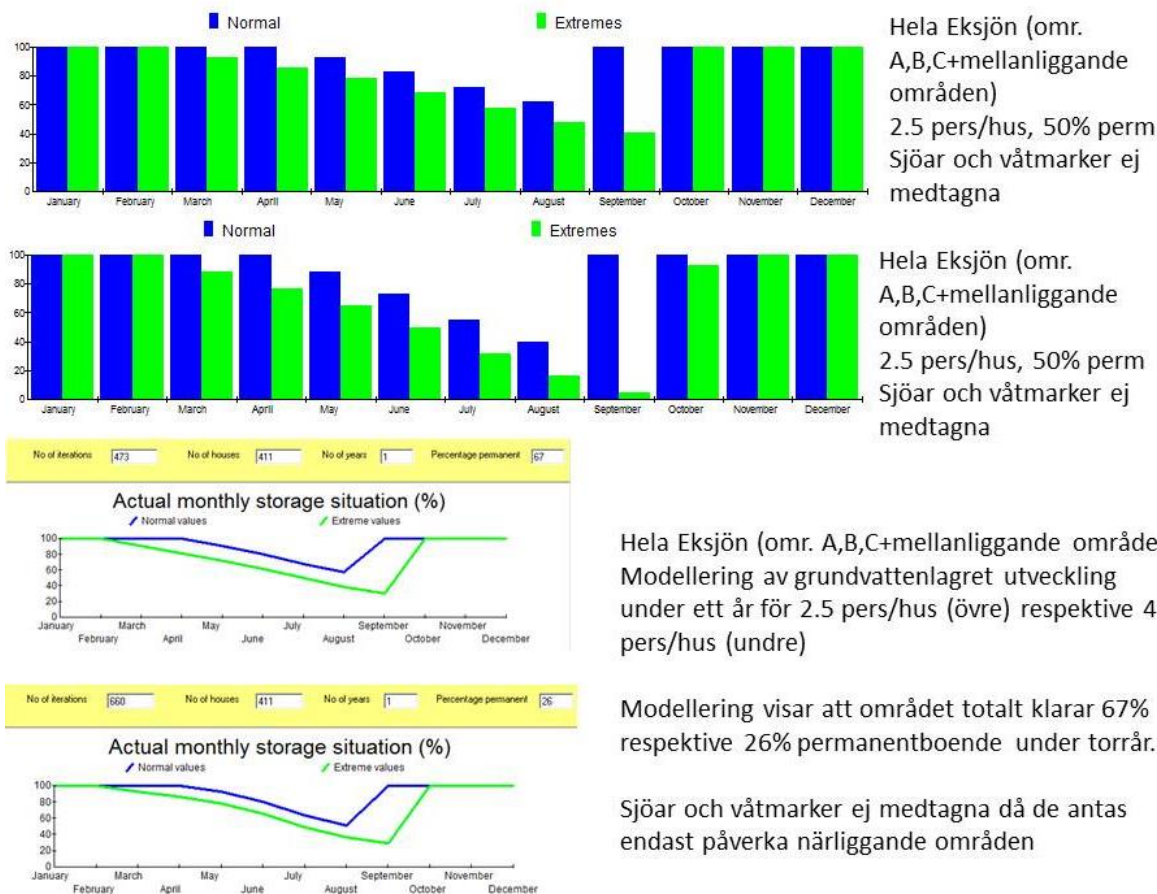


Figur 3.8.10 Grundvattenlagrens utveckling över året i Östra Eksjön (område C).

3.8.5.4 Hela område Eksjön

En beräkning över hela området har även genomförts. De obebyggda områden som finns insprängda i delområdena liksom obebyggda områden mellan delområdena har då medtagits eftersom det kan antas att dessa områden kan bidra till grundvattenbildningen och reservoarmöjligheterna i hela området. Dessvärre är dessa obebyggda områden

tämligen små och kommer inte på något avgörande sätt att påverka den generella bilden att området Eksjön riskerar att få vattenförsörjningsproblem vid en allt ökande grad av permanentboende. Resultatet av beräkningarna sammanfattas i figur 3.8.11. De våtmarker och mindre sjö som finns i det mellersta delområdet har inte medtagits vid beräkningarna då det antas att dessa endast kan påverka vattentillgången lokalt för de mest närliggande fastigheterna.



Hela Eksjön (omr. A,B,C+mellanliggande områden)
Modellering av grundvattenlagret utveckling under ett år för 2.5 pers/hus (övre) respektive 4 pers/hus (undre)

Modellering visar att området totalt klarar 67% respektive 26% permanentboende under torrår.

Sjöar och våtmarker ej medtagna då de antas endast påverka närliggande områden

Figur 3.8.11 Grundvattenlagrens utveckling över året räknat på hela Eksjön. Lokala förekomster av våtmarker och den lilla sjön Tammerdalsträsk har inte medräknats.

Beräkningarna visar att grundvattentillgångarna i Eksjön är starkt begränsade och området klarar inte ett fullständigt permanentboende. Vid 4 personer per hushåll klarar området endast 26 % permanentboende (utan hänsyn till sjön Tammerdalsträsk) och vid 2,5 personer/hushåll 67 % permanentboende.

3.8.6 Risk för salt grundvatten

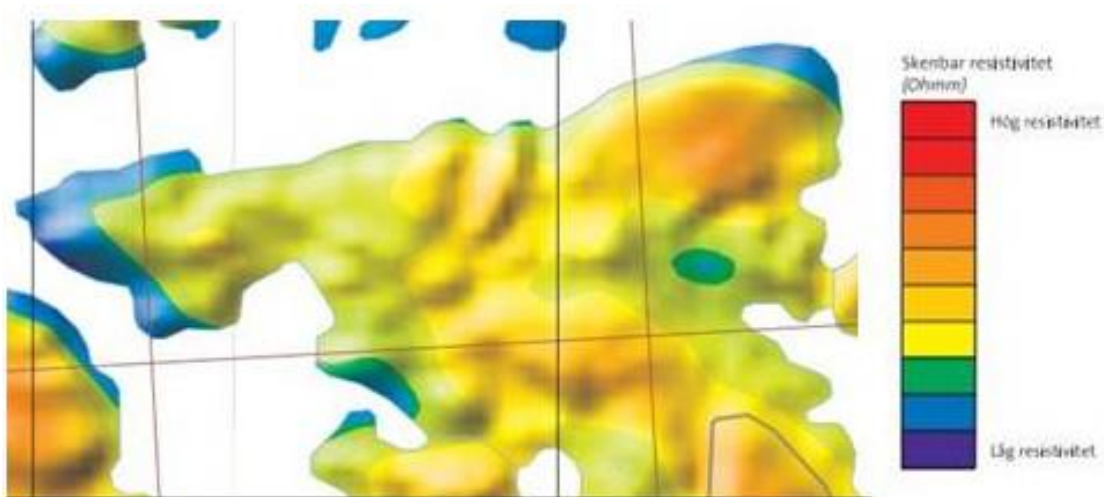
Sannolikheten att erhålla salt grundvatten har beräknats genom RV-metoden. Stora delar av delområdena har liknande förhållanden, särskilt det västra och det östra delområdet. För de områden som är högt belägna i delområdena A (västra) och C (östra) bedöms sannolikheten för salt grundvatten vara måttlig. Risken ökar dock påtagligt med minskande avstånd från hav och är betydande inom 100 m från strand, figur 3.8.12. Detta stämmer tämligen väl med SGUs flygmätningar där den elektriska ledningsförmågan (egentligen dess motsats dvs den uppmätta resistiviteten) beräknats ur VLF-data. De områden som har den lägsta resistiviteten och således är elektriskt ledande påträffas längs det nordvästra

strandområdet. Geologiskt finns ingen tydlig bergarts- eller jordartsskillnad mot övriga områden, figur 3.8.13.



Figur 3.8.12 RV-beräkning av sannolikheten för salt grundvatten i Eksjön. Beräkningen visar att sannolikheten är måttlig till stor för förekomst av salt grundvatten. Punkt 1-3 visar sannolikheten på olika avstånd från hav med en påtaglig risk för strandnära fastigheter. I det mellersta delområdet (undre figuren) visas sannolikheten istället i anslutning till en sötvattenreservoar (4) respektive om det inte finns någon sådan reservoar (5). De medtagna variabelerna och deras osäkerhet visas till höger.

I det mellersta delområdet, speciellt södra delen av detta delområde som är topografiskt betydligt lägre än det norra området finns en påtaglig risk för relik salt grundvatten, speciellt eftersom brunnarna är tämligen djupa. I anslutning till större vattenreservoarer, såsom i direkt anslutning till sjö med färskvatten, bedöms risken för salt grundvatten vara betydligt mindre om det finns en god hydraulisk förbindelse mellan sjön och berggrundvattnet. I vissa fall har det dock erfarenhetsmässigt påträffats höga salthalter under mäktiga leriga sediment då det salta relikta grundvattnet i vissa fall inte kunnat sköljas bort. Våtmarkerna i området, särskilt i anslutning till Tammerdalsträsket underlagras förmodligen av mäktiga lager av glacial lera, vilket möjligtvis förhindrat omblandning av grundvattnet i den underliggande friktionsjorden och berget. Data från 6 påträffade brunnar med kloridanalys i området visar att en av dessa har tydligt förhöjd salthalt (130 mg Cl/L). De flesta analyserna är dock mer än 20 år gamla och förhållandena kan ha ändrats avsevärt sedan de togs.

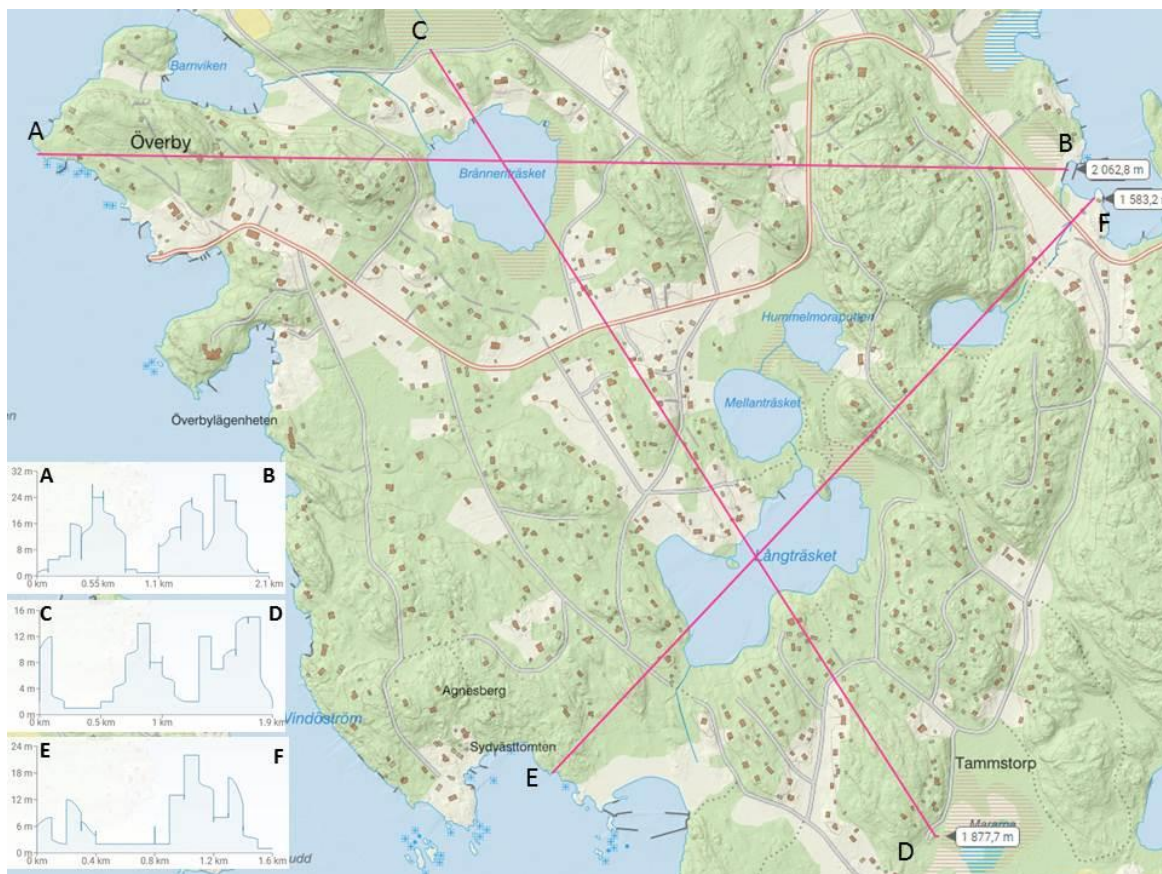


Figur 3.8.13 Uppmått resistivitet från flyggeofysiska VLF-mätningar över Eksjön (SGU 2020)

3.9 TAMMSTORP

3.9.1 Topografi

Tammstorp är beläget på Vindö, strax söder om området Eksjön. Området är präglad av rad bergribbor som maximalt når upp till 30 m.ö.h men oftast är under 15 m.ö.h. Mellan dessa bergribbor är topografin tämligen. Det finns ett flertal mindre och tämligen grunda sjöar i området. Dessa ligger bara några meter högre än havsytan, se figur 3.9.1.

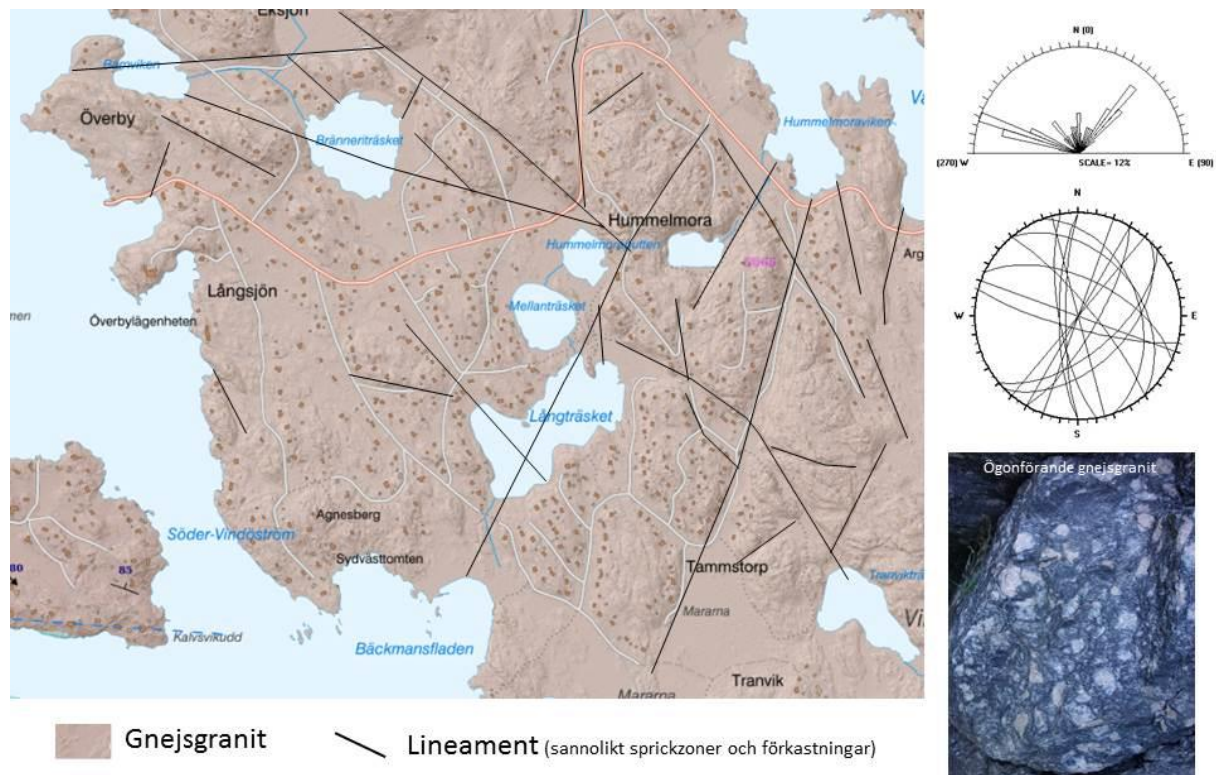


Figur 3.9.1 Topografi och bebyggelse i Tammstorp (kartunderlag Lantmäteriverket 2020).

Den flacka topografin syns speciellt i områdets västra del, söder om Överby. Östligaste delen av Tammstorp är betydligt mer kuperat, här återfinns områdets högsta nivåer. Ett antal höjdprofiler presenteras också i figur 3.9.1.

3.9.2 Berggrund

Berggrunden i Tammstorp består nästan helt av gnejsgranit som ställvis är slirig och med stora K-fältspatsögon. Lokalt finns också relativt stora inslag av pegmatit. Berggrundskartan tillsammans med en översiktlig lineamentskartering från flygbilder presenteras i figur 3.9.2. Lineamenten som utgörs av bergskanter och smalare dalgångar utgör sannolikt mindre sprickzoner och förkastningar. Ställvis följer dessa också förskiffringsriktningen som dock varierar över området. I östra delen av området har förskiffringen uppmätts till 340/40, dvs åt nordväst med en nordlig måttlig stupning. I västra delen av området är det svårt att identifiera bergstrukturer eftersom de topografiska variationerna är generellt små.

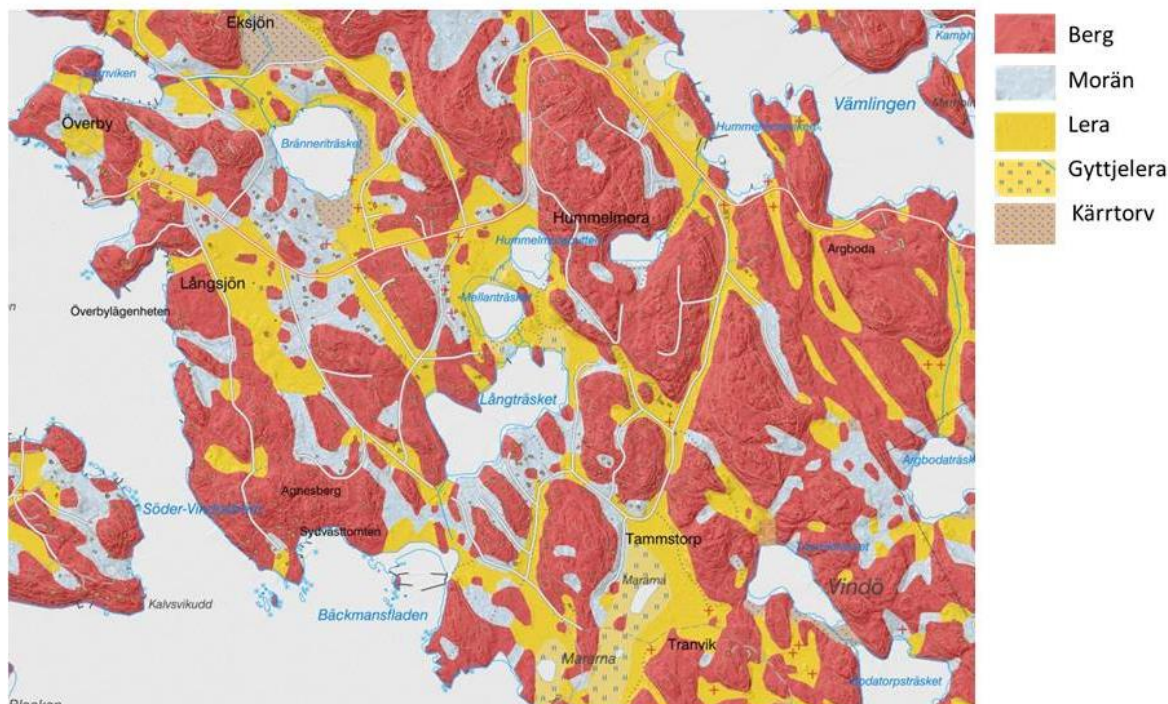


Figur 3.9.2 Berggrunden i Tammstorp samt karterade lineamentstrukturer ur flygbilder, och sprickmätningar på hållar i området. Den stereografiska projektionen visar Schmidts nät, undre hemisfären. Bilden på den ögonförande gnejsgraniten är tagen i områdets nordvästra del (kartunderlag SGU 2020).

Den lokala uppsprickningen i hållarna följer i stort sett de dominerande lineamentriktningarna, dvs åt västnordväst och nordost. Sprickornas stupning är brant till måttlig, vanligtvis åt nord och nordost. Sprickintensiteten varierar påtagligt inom området, från 0,5 upp till 1 spricka/m. En översiktlig beräkning av den kinematiska porositeten ger omkring 0,03 %.

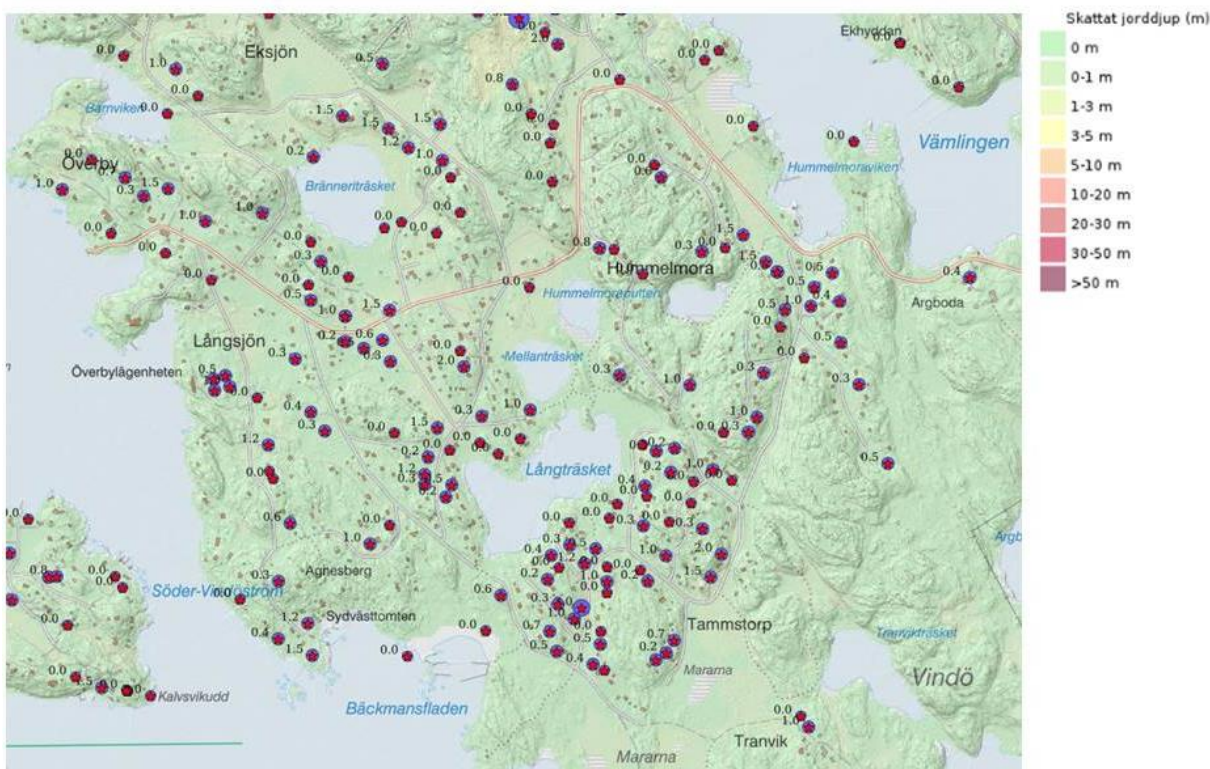
3.9.3 Jordlager och jorddjup

Jordlagren består av en mix huvudsakligen av synligt berg som areellt dominerar området, mindre partier av sandig morän samt glacial lera i låglänta områden, figur 3.9.3. I anslutning till lågt belägna sjöar i området påträffas mindre områden av gyttjelera och kärrtorv. I de mer höglänta områdena i östra delen av Tammstorp dominerar synligt berg och de lerfyllda dalgångarna är relativt smala med orientering åt nordväst och nordost. I västra delen av Tammstorp finns ett bredare stråk med låglänt terräng som domineras av lera. Området ligger endast några meter över havsytan och här finns också ett antal mindre sjöar.



Figur 3.9.3 Jordartskarta över Tammstorp (SGU 2020),

Jorddjupet har av SGU beräknats utifrån brunnnsdata, jordart och lineament och presenteras i figur 3.9.4. Jorddjupen är generellt små, maximala djupet från brunnnsdata är 3 m och mediandjupet till berg rapporterat vid brunnnsborrningar är 0,3 m. Det finns dock endast ett litet antal borrningar utförda direkt i de lerfyllda dalgångarna och ingen kunskap om jordmaktigheter under de grunda sjöarna i området.



Figur 3.9.4 SGUs jorddjupskarta över Tammstorp (SGU 2020).

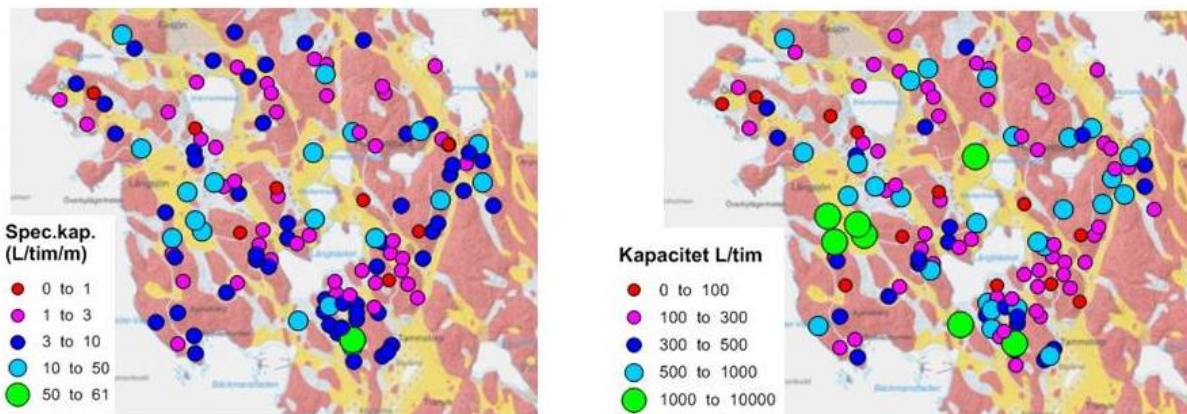
3.9.4 Brunnsdata

En sammanställning av brunnsdata från brunnsarkivet vid SGU redovisas i tabell 3.9.1. Av de 148 brunnar som återfinns i arkivet är 12 angivna som energibrunnar, dvs knappt 10 %. Detta innebär sannolikt att det finns en pågående ökning av permanentboende i området. Det är också ett tämligen stort antal registrerade enskilda brunnar, sannolikt betydligt fler än de som påträffats i SGUs brunnsdata. Vid den statistiska analysen har de brunnar som markerats som energibrunnar inte medtagits eftersom dessa primärt inte är utförda för vattenuttag och dessutom betydligt djupare än övriga brunnar, vanligtvis 120-200 m djupa.

Tabell 3.9.1 Statistisk analys av brunnsdata från SGUs brunnsarkiv. Energibrunnar har uteslutits vid bearbetningen.

Variable	Descriptive Statistics (Spreadsheet14)							
	Valid N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Lower Quartile	Upper Quartile	Std.Dev.
VATTENMANGD L/tim	135	381.5	240.0	35.0	2400.0	150.0	520.0	371.4
GRUNDVATTENNIVA m.u.my	105	6.4	5.5	0.0	21.0	3.0	8.0	4.2
TOTALDJUP m	136	73.9	70.0	31.0	110.0	62.5	85.0	19.7
DJUP_TILL_BERG m	136	0.4	0.3	0.0	3.0	0.0	0.7	0.5
SPEC_KAP L/tim/m	135	6.0	3.6	0.3	60.0	2.1	6.9	7.4

Den statistiska bearbetningen av sannolika vattenbrunnar visar på ett mediandjup av 70 m, varierande mellan 31 och 110 m. Mediankapaciteten är låg (240 L/tim), liksom den beräknade specifika kapaciteten. De högsta kapaciteterna erhålls i låglänta områden med glacial lera. Huvuddelen av brunnarna i berg har låga eller mycket låga kapaciteter, figur 3.9.5.

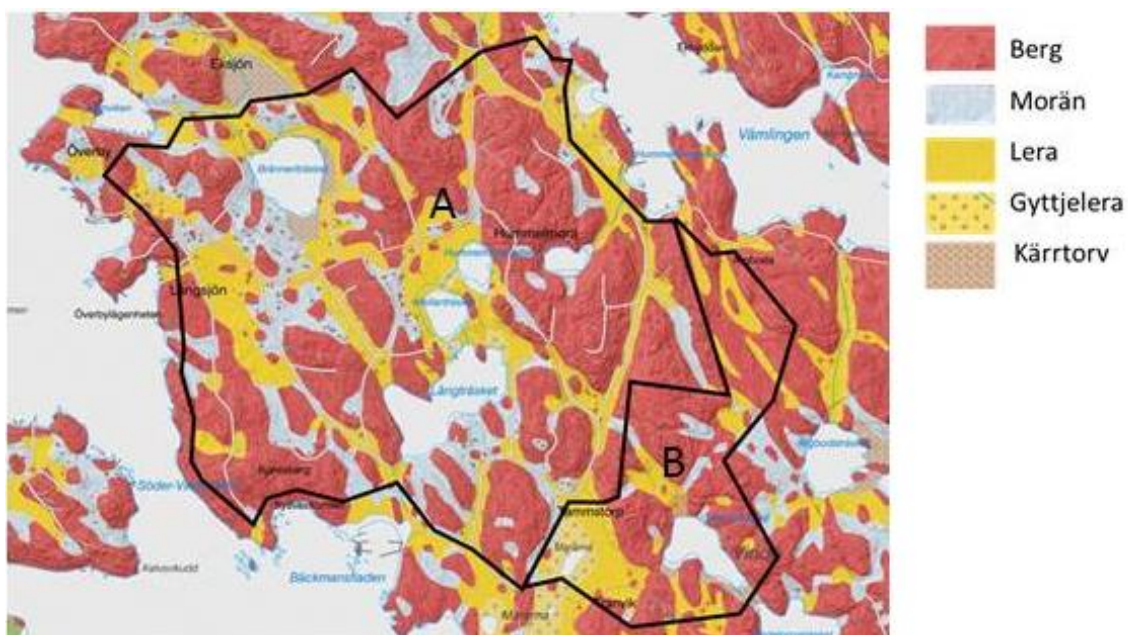


Figur 3.9.5 Fördelning av kapacitet och beräknad specifik kapacitet i Tammstorp (underlagskarta SGU 2020).

3.9.5 Beräkningar

En sammanställning av fördelningen av ytjordlager i Tammstorp visas i tabell 3.9.2. Några större grundvattentillgångar antas inte finnas inom området och kapacitetsdata antyder att uttagsmängderna är mycket begränsade. De förhöjda kapaciteterna i lerområdena antyder att det under den glacial leran troligtvis finns ett vattenmättat lager av friktionsmaterial mellan leran och berggrunden. För att inte överskatta grundvattentillgångarna antas detta bestå av vattenmättad sandig morän. Där jordlager saknas är såväl kapaciteten på brunnarna som den specifika kapaciteten tämligen liten och den kinematiska porositeten i berget antas därför vara 0,03 % vilket stämmer överens med mätningar och beräkning från sprickobservationer i området.

Tammstorp har indelats i två områden, varav den sydöstra delen utgör ett i stort sett obebyggt område som möjligtvis kan bidra till grundvattenreservoarerna, huvudsakligen för de fastigheter som är belägna i sydost, figur 3.9.6. Det görs därför två beräkningar, en enbart för de bebyggda områdena och en där även området i sydost tas med.



Figur 3.9.6 Delområden i Tammstorp (kartunderlag SGU 2020).

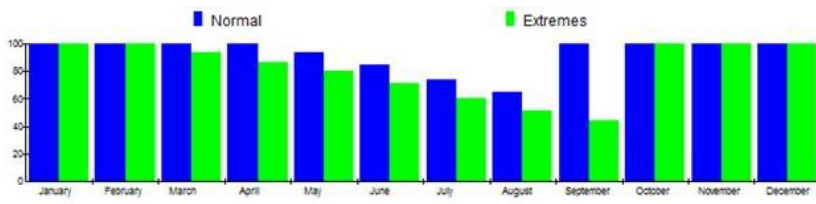
Tabell 3.9.2 Fastigheter och jordlagerförhållanden (%) i Tammstorp.

Område	Area, m ²	Fast	Berg	Morän	Svall-sand	Sand grus	Lera	Torv	Vatten
Västra Tammstorp (A bebyggelsen)	2463000	441	50.7	17.1	0.0	0.0	23.5	0.8	7.9
Hela Tammstorp (A+B)	3023000	444	52.3	14.8	0.2	0.0	24.2	1.0	7.6

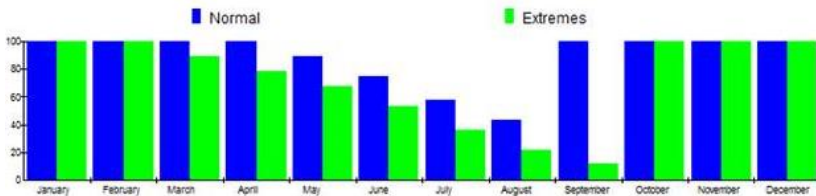
Positivt för vattentillgången i området är ett antal mindre sjöar. Dessa utgör betydelsefulla reservoarer men det är oklart hur de kommunicerar med omgivande grundvatten då de troligtvis underlagras av glacial och postglacial lera och ställvis gyttjelera. Dessa kan antas vara gynnsamma dels för direktuttag av vatten, dels för grundvattentillgången för fastigheter i direkt närhet till sjöarna, däremot finns det inga data som antyder att de är viktiga för grundvattentillgångarna som helhet inom Tammstorp. Vid beräkningarna av grundvattentillgångar har därför sjöarna generellt inte medtagits som reservoarer.

Enligt Tammstorps samfällighet finns flera olika vattenförsörjningsalternativ i området. Det finns en för samfälligheten gemensam brunn i östra delen av området där vatten kan hämtas året om. Det tas även upp vatten sommartid från en av sjöarna, Långträsket, vilket efter rening distribueras i föreningens ledningsnät. Bevattning med detta renade vatten är inte tillåtet då stora uttagsmängder påverkar vattenreningen och det finns en vattendom som reglerar uttagets storlek. Många fastighetsägare har också enskilda brunnar. Enligt samfälligheten får ingen bevattning göras med detta vatten då det tär på de gemensamma vattentillgångarna. Slutligen finns det fastighetsägare runt de små sjöarna som använder detta vatten orenat, huvudsakligen för bevattning.

Beräkning av grundvattenlagrets utveckling vid olika scenarier visas i figurerna 3.9.7 och 3.9.8.



Tammstorp (A bebyggelseområdet)
2.5 pers/hus
50% perm



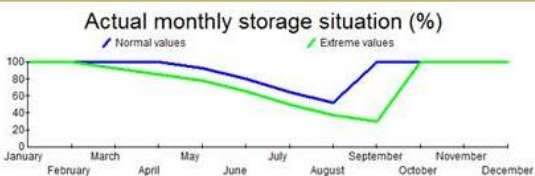
Tammstorp (A bebyggelseområdet)
4 pers/hus
50% perm

No of iterations: 1160 No of houses: 441 No of years: 1 Percentage permanent: 75



Tammstorp (A bebyggelseområdet)
Modellering av grundvattenlagret utveckling under ett år för 2.5 pers/hus (övre) respektive 4 pers/hus (undre)

No of iterations: 740 No of houses: 441 No of years: 1 Percentage permanent: 31



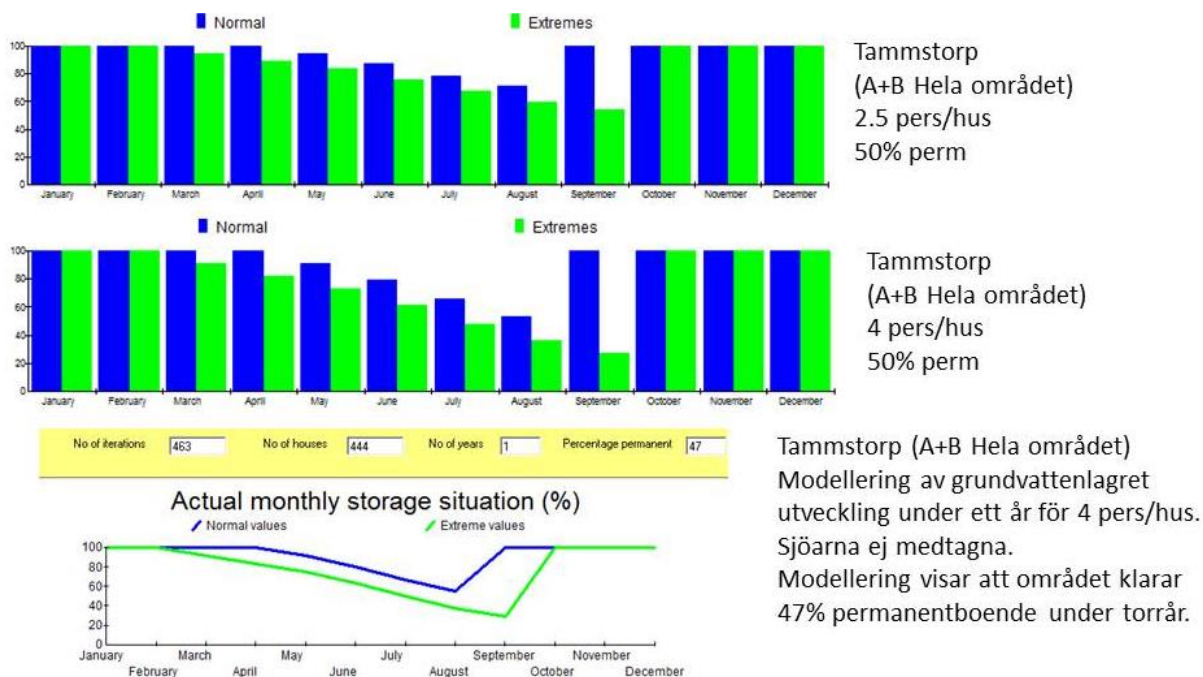
Modellering visar att området klarar 75% respektive 31% permanentboende under torrår.

Vattenlagret i sjöarna ej medtaget i beräkningen

Figur 3.9.7 Grundvattenlagrets utveckling i Tammstorp då endast bebyggelseområdet medtas (område A). Eventuellt vattentillskott från sjöarna är inte medtaget i beräkningarna.

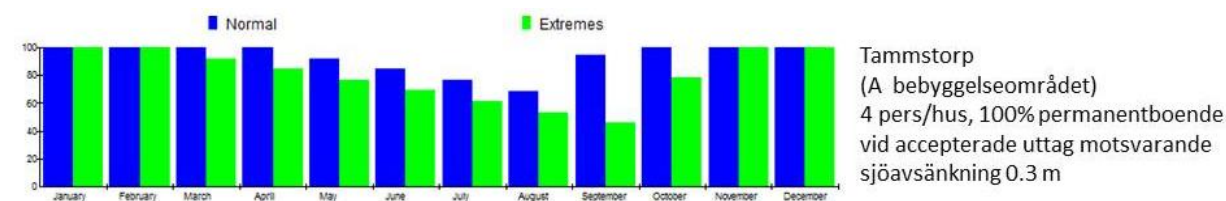
Om bara bebyggelseområdet medtas i beräkningarna klarar området knappt vattenförsörjningen under torrår räknat på 2,5 personer per hushåll och 50 % permanentboende. Vid 4 personer per hushåll töms nästan grundvattenlagren helt. Modellering av boendeutvecklingen visar att 75 % permanentboende är maximalt vad området klarar vid hushållsstorlek som idag och endast 31 % vid hushållsstorlek på 4 personer, figur 3.9.7.

Om även närliggande område i sydost medtas i beräkningarna blir situationen något förbättrad, området klarar då 47 % permanentboende under torrår och större hushåll, figur 3.9.8. Det är dock ytterst tveksamt om detta område bör medtas, dels för att det inte finns rådighet över grundvattnet i området, dels för att tillskottet i så fall endast bör räknas för de i sydost liggande fastigheterna och för samfällighetens brunn.



Figur 3.9.8 Grundvattenlagrets utveckling om även det närmast obebyggda området sydost om Tammstorp medtas i beräkningarna.

Sjöarna i området utgör dock en betydande reservoar. Tammstorps samfällighet tar idag ut sommarvatten från Långträsket och renar detta innan det distribueras till medlemmarna. Det finns dock en vattendom på ett maximalt uttag på 27 000 L/dygn, vilket teoretiskt skulle kunna ge tillräckligt med vatten till 77 fastigheter med permanentboende. Med en rimlig tillåten avsänkning i samtliga sjöar i området skulle tillräckligt med vatten kunna erhållas från grundvatten, kompletterat med sjövattnen så att vattenförsörjningen knappt skulle täcka ett fullständigt permanentboende i området, figur 3.9.9. Det är dock tveksamt, dels mängdmässigt utan omfattande beräkningar, dels kvalitetsmässigt om detta i praktiken skulle kunna genomföras.



Figur 3.9.9 Beräkning av vattentillgången (grundvatten och ytvatten) vid en rimlig maximal avsänkning av sjöytorna under torrperioder.

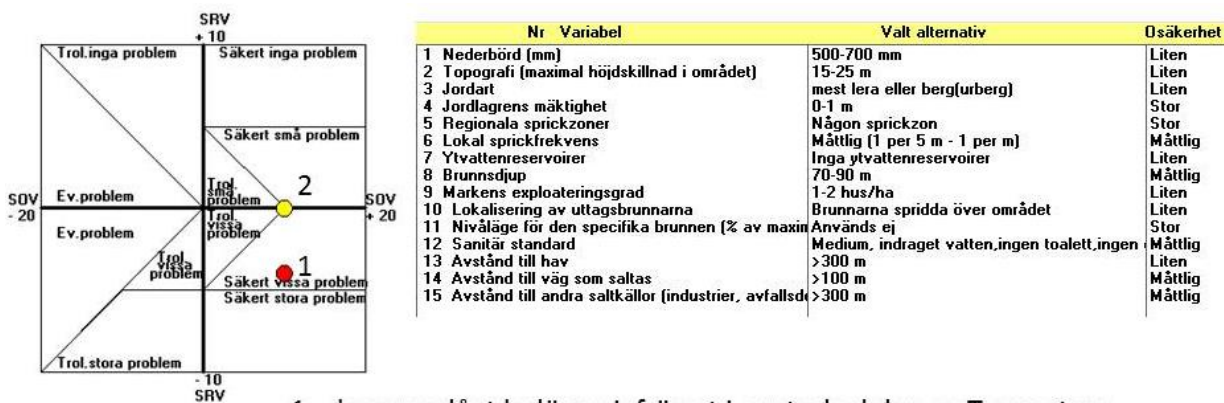
Sjöarna antas ha en lokal betydelse för stabilisering av grundvattennivåerna i direkt anslutning till dessa men betydelsen av dessa sjöar som tillskott till grundvattnet avtar troligtvis snabbt med avstånd från sjöarna. De kan därför främst ha en betydelse för grundvattentillgången hos angränsande fastigheter.

3.9.6 Risk för salt grundvatten

Beräkning av sannolikheten för salt grundvatten har utförts med RV-metoden. Resultatet av beräkningen visas i figur 3.9.10. Sannolikheten beror i stor utsträckning på var i området brunnen är belägen. Brunnar som ligger lågt belägna i terrängen, i de lerområden som

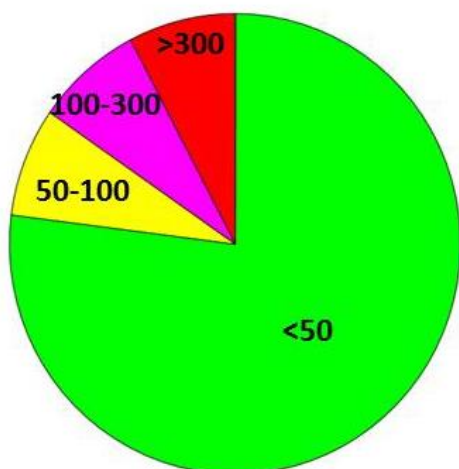
återfinns i centrala Tammstorp, har en tämligen hög sannolikhet för förhöjda kloridhalter, främst genom uppträngning av relict salt grundvatten. I dessa låglänta och tämligen flacka områden har det salta grundvattnet ofta inte sköljts bort varför det återfinns på relativt grunda nivåer (punkt 1 i figur 3.9.10). De marina lerorna kan också långsamt laka ut och öka salthalten i underliggande lager. Brunnar i högre belägen terräng, främst i de östligaste delarna av Tammstorp har en lägre sannolikhet för salt grundvatten (punkt 2 i figur 3.9.10). Bedömningen är tämligen säker. Närmast stranden i väster ökar sannolikheten för salt grundvatten påtagligt och vissa brunnar kan där ha stora problem med försaltning.

En sammanställning av 14 brunnar med kloridanalyser visar att 25 % av dessa haft en förhöjd kloridhalt, figur 3.9.11. Många av analyserna är dock mer än 20 år gamla, räknat på endast yngre analyser har 50 % förhöjda salthalter. Sannolikt har lokala överuttag inneburit en försämrad kvalitet på grundvattnet.



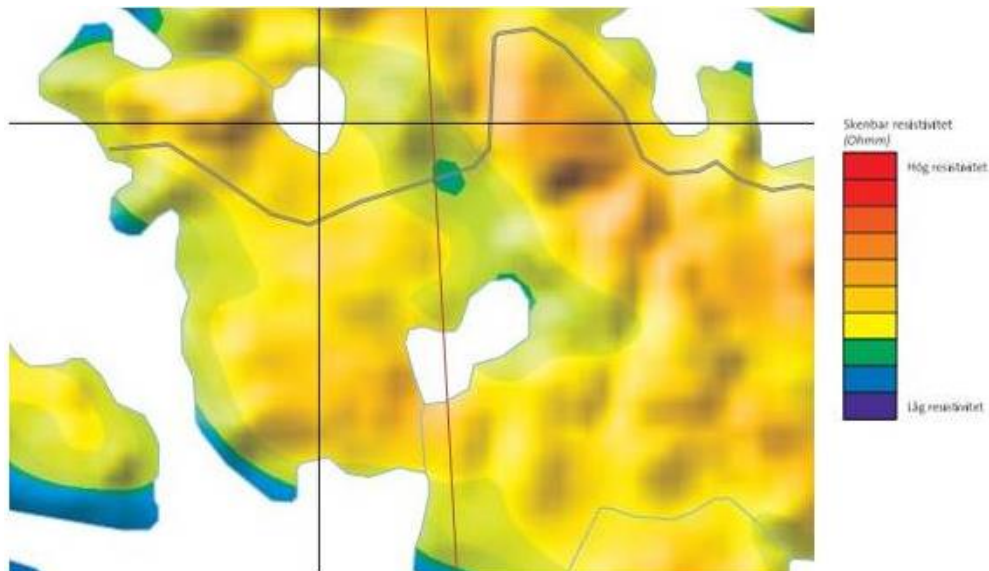
1 = brunnar lågt belägna i, främst i centrala delen av Tammstorp
 2 = topografiskt högre belägna brunnar, främst i östligaste delen av Tammstorp

Figur 3.9.10 RV-beräkning av sannolikheten för salt grundvatten i Tammstorp. Beräkningen visar att sannolikheten är betydande för förekomst av salt grundvatten i områdets lägre delar, främst centrala lerfyllda områden (punkt 1). I topografiskt högre belägna delar är sannolikheten för salt grundvatten betydligt mindre (punkt 2). De medtagna variablerna och deras osäkerhet visas till höger.



Figur 3.9.11 Kloridhalter (mg Cl/L) från 14 brunnar i Tammstorp.

Bedömningen stämmer också tämligen väl med SGUs flygmätningar över området, figur 3.9.12. Eftersom de centrala delarna av Tammstorp består av leriga jordarter som i sig själva har en relativt hög ledningsförmåga går det inte att särskilja effekter från ökade salthalter i grundvattnet.



Figur 3.9.12 Resultat från SGUs flyggeofysiska mätningar över Tammstorp. Blåa färger indikerar låg skenbar resistivitet, dvs hög ledningsförmåga (SGU 2020).

3.10 SVARTSÖ

3.10.1 Topografi

Svartsö är beläget i norra delen av Värmdö kommun. Ön är 8 km lång och sträcker ut i ost-nordost samt 1,5 km bred. Ön har omkring 60 fast bosatta men har ett stort antal fritidshus. Dessutom finns skola, livsmedelsbutik, restauranger samt ett hotell/konferensanläggning/vandrarhem. Svartsö är ett omtyckt turistmål i skärgården och har därigenom också ett större antal tillfälliga besökare.



Figur 3.10.1 Topografiska profiler över Svartsö (kartunderlag Lantmäteriverket 2020).

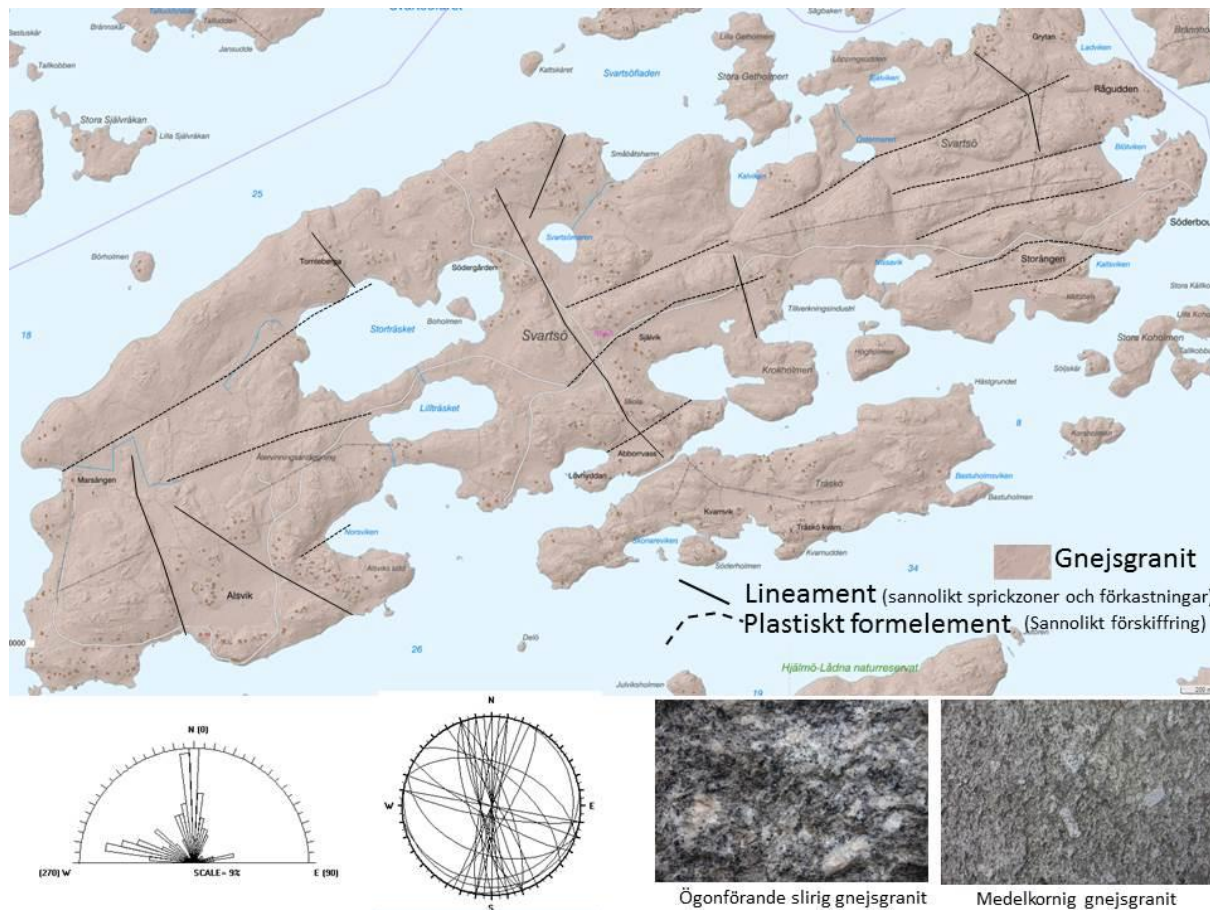
Svartsö är en topografiskt relativt låg ö men svagt undulerande. Den består av några bergribbor som maximalt går upp en bit över 20 m.ö.h. med en utsträckning åt nordost. Öns topografiska utseende präglas därför starkt av berggrundens strukturer, se topografiska profiler i figur 3.10.1. Centralt på ön finns två större insjöar, Storträsket och Lillträsket, med nivåer ca 3 m över havsytan.

3.10.2 Berggrund

Berggrunden utgörs helt av gnejsgranit ofta jämnkornig men ställvis slirig med större ögon av kalifältpat, figur 3.10.2. En flygbildsanalys har utförts av lineament, i allmänhet bergskanter och mindre dalgångar. Förskiffringen i gnejsgraniten, även om den är svag, stryker vanligtvis i nordostlig riktning med en nordlig stupning. Denna förskiffringsorientering har styrt öns, liksom sjöarnas, nordöstliga utsträckning. Lågpunkterna i terrängen, bland annat sjöarna antas bero på stråk i berggrunden med något lägre vittringsmotstånd. Ett antal nordnordvästliga lineament, troligtvis mindre sprickzoner har identifierats i flygbilder. Dessa framträder också i den topografiska profilen (A-B) i figur 3.10.1.

Kartering av hållar i området, figur 3.10.2, visar på en klar dominans av sprickor i nord-sydlig riktning med brant stupning. En annan huvudsprickriktning stryker åt västnordväst med en

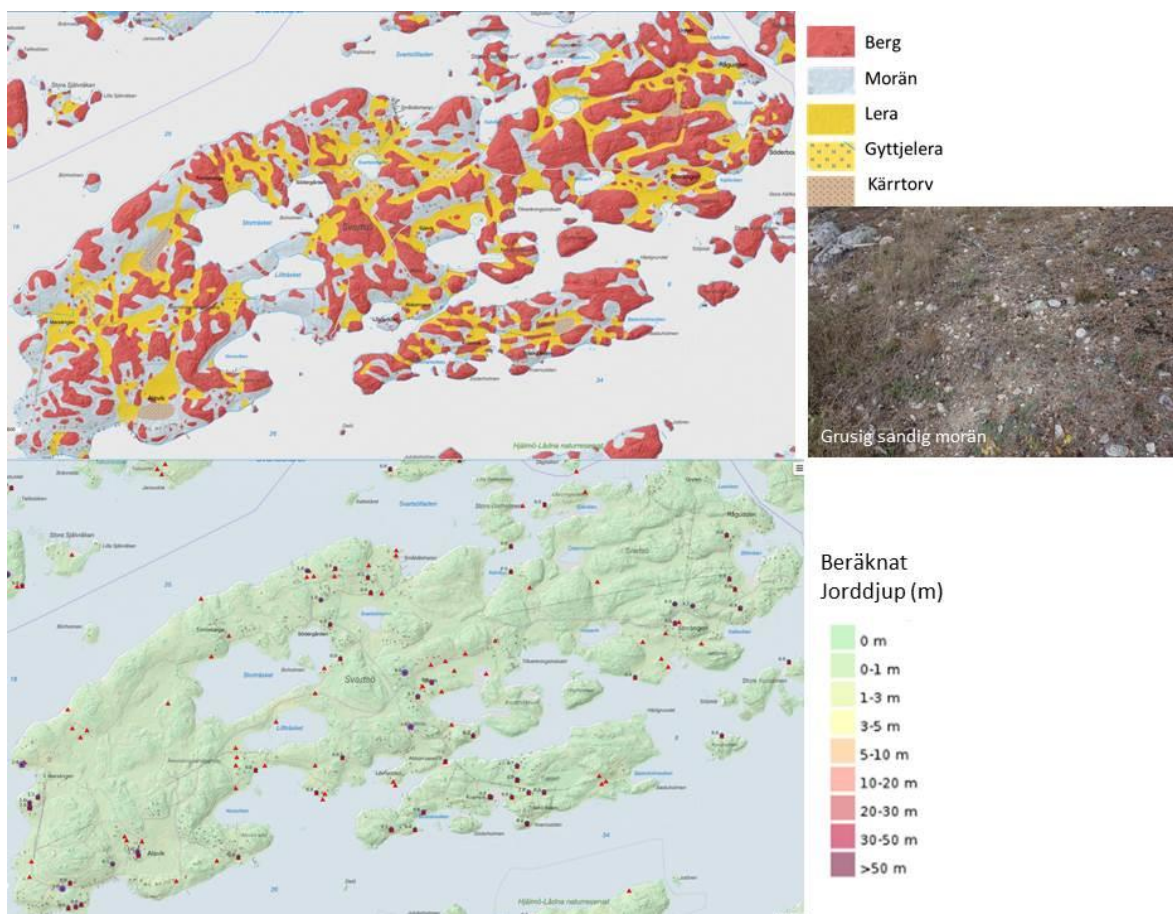
tämligen brant stupning. En del av dessa sprickor är tydliga ac-sprickor, dvs tensionssprickor. I denna orientering återfinns också ett större antal flacka sprickplan med en svagt sydlig stupning. Även om sprickmönstret kan gynna vattenflöden så är sprickintensiteten låg och ibland mycket låg. Den kinematiska porositeten beräknas därför inte högre än 0,03 %.



Figur 3.10.2 Berggrundskarta och karterade lineamentstrukturer på Svartsö. Den stereografiska projektionen visar Schmidts när, undre hemisfären (kartunderlag SGU 2020).

3.10.3 Jordlager och jorddjup

Jordlagren domineras synligt berg eller täckt av ett relativt tunt lager av sandig morän, figur 3.10.3. I lågpunkter påträffas ofta glacial lera som täcker moränen. Fläckvis påträffas även kärrtorv. Lerområdena är ganska spridda över ön men lermäktigheterna bedöms vara mycket små, bara någon meter. SGUs jorddjupskarta visar också på små eller mycket små jordmäktigheter. De ofta flacka hällytorna antyder likaså att jordmäktigheten generellt är liten. Lokalt finns dock avlagrad läsidesmorän där mäktigheten är större och kan uppgå till 3-4 m. Den största jordmäktigheten som finns angiven i SGUs arkiv är 4 m. Övre delen av moränen är dock tydligt svallad och ofta grusig, se figur 3.10.3.



Figur 3.10.3 Jordartskarta samt jorddjupskarta över Svartsö (SGU 2020).

3.10.4 Brunnsdata

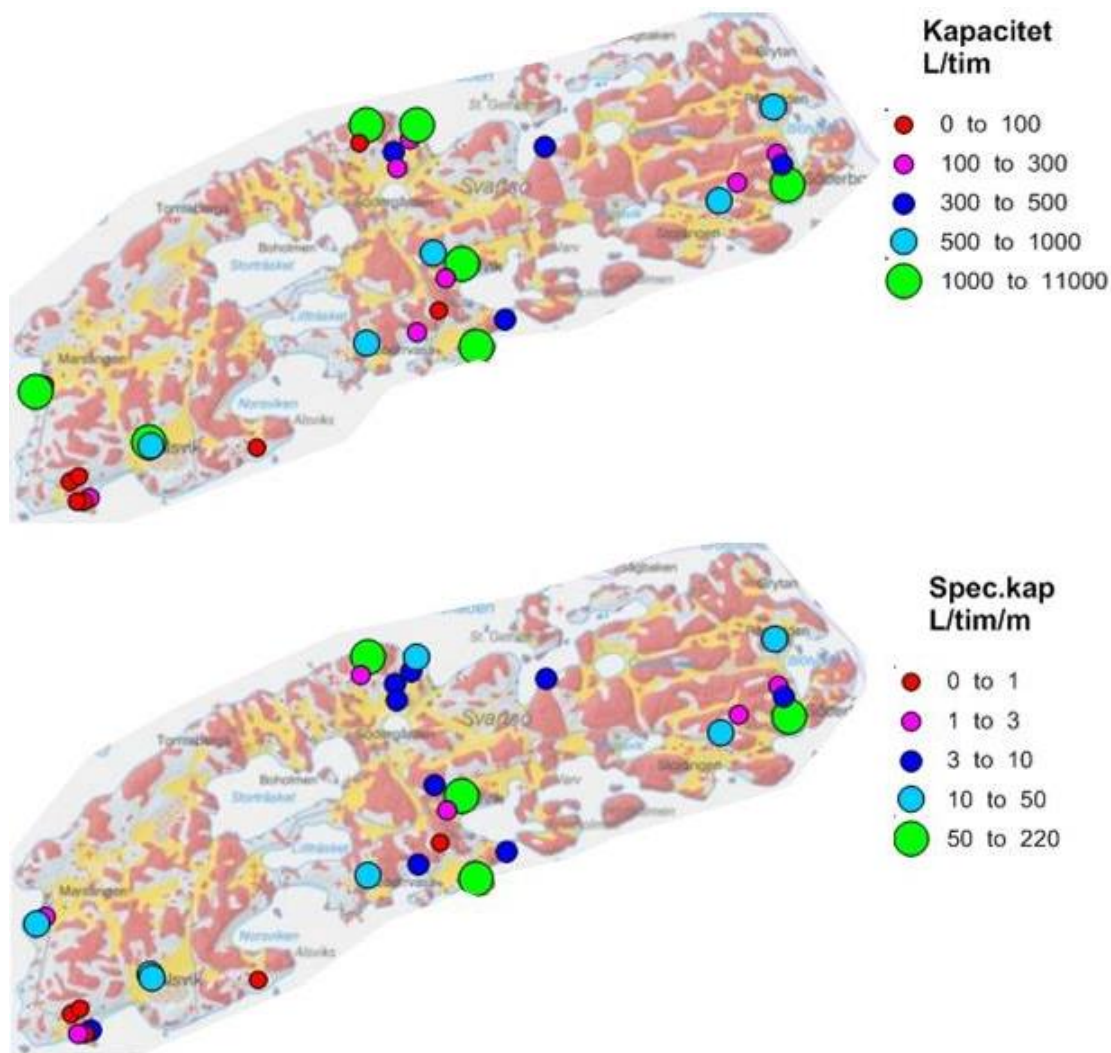
Det finns ett drygt femtiotal brunnar från Svartsö angivna i SGUs brunnarsarkiv. Av dessa är fem angivna som energibrunnar. Eftersom energibrunnar är djupa (i regel 150-200 m) och vanligtvis inte konstruerade för vattenuttag har de uteslutits ur den statistiska bearbetningen av brunnarsdata. En sammanställning av den statistiska analysen visas i tabell 3.10.1.

Tabell 3.10.1 Statistisk analys av brunnarsdata från Svartsö (data från brunnarsarkivet, SGU).

Variable	Descriptive Statistics (Spreadsheet18)							
	Valid N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Lower Quartile	Upper Quartile	Std.Dev.
VATTENMANGD L/tim	48	753.5	200.0	0.0	10000.0	85.0	600.0	1718.4
GRUNDVATTENNIVA m.u.my	22	6.9	6.6	3.5	11.9	5.0	8.1	2.3
TOTALDJUP m	50	53.8	50.0	16.0	101.0	40.0	75.0	20.9
DJUP TILL BERG m	46	0.7	0.3	0.0	4.0	0.0	1.0	0.9
SPEC_KAP L/tim/m	48	17.1	5.0	0.0	217.4	1.7	14.8	36.5

Brunnarna har en mediankapacitet som är låg, 200 L/tim. För att undvika saltvatteninträngning har dock brunnarna gjorts grunda och mediandjupet är endast 50 m. Variationen är dock stor, från 16 m till 101 m. Den specifika kapaciteten är därför generellt högre med en median på 5 L/tim och m. Djupet till berg är litet och mediandjupet är endast 0,3 m med ett angivet maximalt djup av 4 m.

Lokaliseringen av brunnar med hög kapacitet och/eller hög specifik kapacitet visas i figur 3.10.4. Några brunnar har en betydligt högre kapacitet och specifik kapacitet. De är alla lokaliserade strandnära och det kan inte utslutas att de har en direkt inträngning av salt havsvatten. Flera av dessa högkapacitetsbrunnar ligger utmed ett lineament i orientering NNV-SSO centralt på ön.

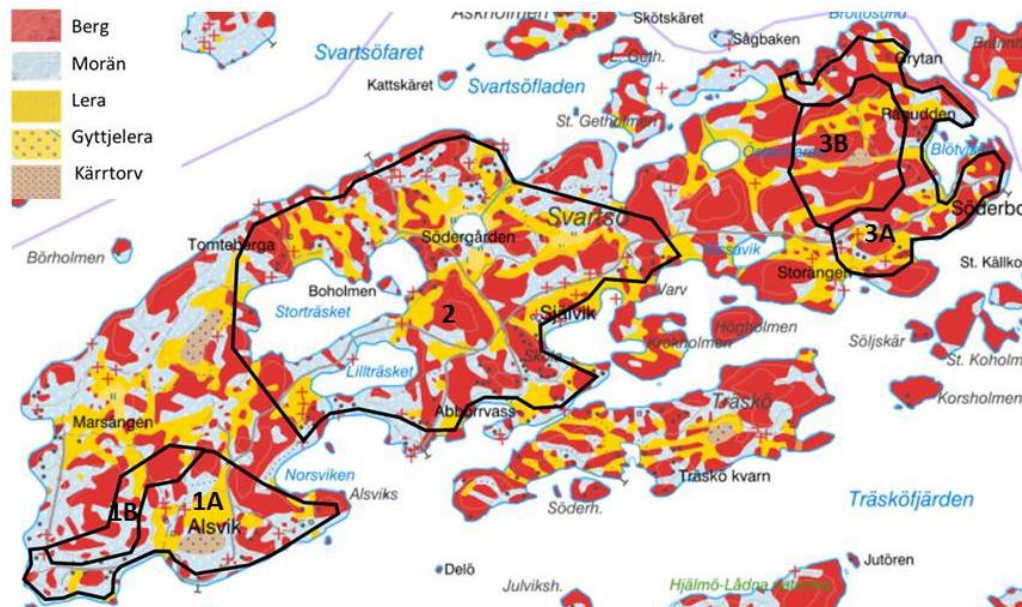


Figur 3.10.4 Kapacitet och beräknad specifik kapacitet i brunnar på Svartsö.

3.10.5 Beräkningar

På Svartsö finns flera bebyggelsekoncentrationer med stora mellanliggande områden utan bebyggelse. Dessutom har ön flera större sjöar som helt bryter eventuell grundvattenströmning i orientering ost-väst. Sprickzonernas riktning antas också i större utsträckning leda grundvattnet i orientering N-S. Det är därför inte lämpligt att behandla hela ön som en enhet utan de olika bebyggelsekoncentrationerna har behandlats separat och därför generellt beräknats i ett västligt respektive ett östligt bebyggelseområde samt ett ganska stort mellanliggande område som också inkluderar sjöarna, se figur 3.10.5. Fördelning av olika ytjordarter för delområdena presenteras i tabell 3.10.2. I de västra och östra delområdena finns dessutom icke bebyggda områden (1B respektive 3B i figur 3.10.5) som sannolikt bidrar till grundvattentillgången i bebyggelseområdena.

På Svartsö finns idag många fritidsbostäder samt enligt uppgift ett 60-tal personer permanent boende på ön, dvs < 10 %. Även om ön är attraktiv för boende så gör dess avstånd från fastlandet och begränsade transportförbindelser att 50 % permanentboende inte är realistiskt över en rimlig tidshorisont. Beräkningarna har därför startat från en något lägre grad av permanentboende (30 %). Existerande men obebyggda fastigheter på mellersta Svartsö har dock medtagits i beräkningarna.



Figur 3.10.5 Områdesindelning på Svartsö.

Tabell 3.10.2 Fastigheter och jordlagerförhållanden (%) på Svartsö.

Område	Area, m2	Fast	Extra pers	Berg	Morän	Svall-sand	Sand grus	Lera	Torv	Vatten
Västra Svartsö (bebyggelse Alsvik)	509000	81*	20 p	32.2	43.4	0.0	0.0	19.2	5.2	0.0
Hela västra Svartsö (inkl sannolika tillrinningsområden)	664000	81*	20 p	36.8	42.2	0.0	0.0	16.9	4.0	0.0
Mellersta Svartsö	2623000	125**	110 p	34.0	23.4	0.1	0.0	22.8	0.0	19.7
Östra Svartsö (bebyggelse)	567000	52		51.9	25.0	0.0	0.0	23.1	0.0	0.0
Hela östra Svartsö (inkl sannolika tillrinningsområden)	989000	52		58.2	18.1	0.0	0.0	22.4	1.4	0.0

* på västra Svartsö finns dessutom handelsbod och 8 gästbäddar

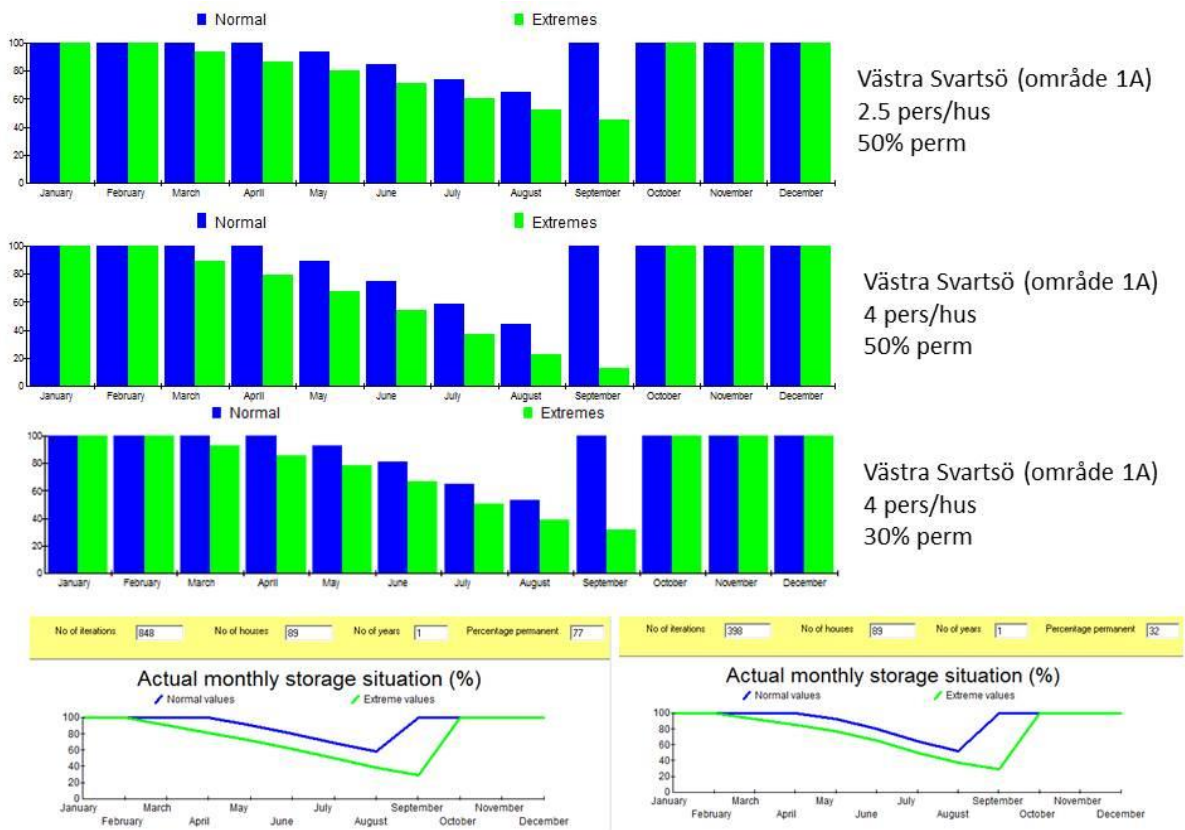
** på Mellersta Svartsö finns dessutom skola (ca 20 elever), hotell (ca 40 gäster), restauranger (> 50 gäster) samt enligt fastighetskartan 37 obebyggda fastigheter.

Beräkningarna kompliceras av att det finns ett flertal extra vattenförbrukande aktiviteter såsom hotell, handelsbod, skola och restauranger. Flera av dessa anläggningar har enligt uppgift avsaltningsanläggningar eftersom det torde vara svårt att ur en eller några få brunnar erhålla de vattenkvantiteter som önskas då de hydrogeologiska förhållandena inte medger detta. Risken för att erhålla salt grundvatten är i så fall överhängande. Vid beräkningarna tas ändå med en grov uppskattning (gissning) av förbrukningen för dessa anläggningar.

3.10.5.1 Västra Svartsö

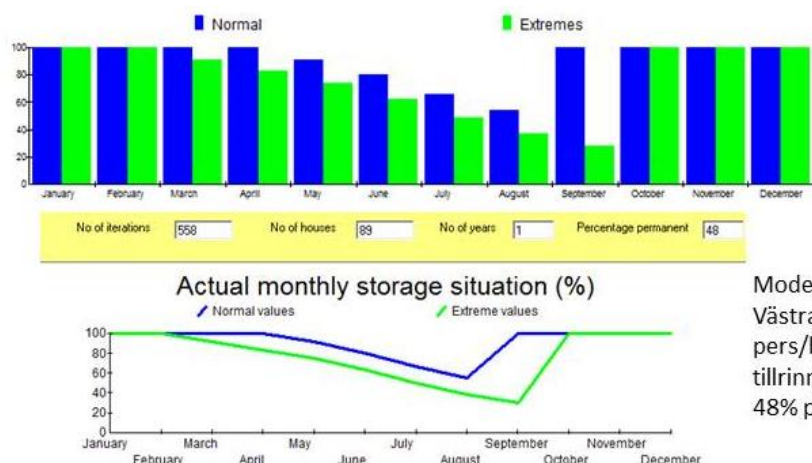
Området består av bebyggelse vid Alsvik och omfattar 81 fastigheter samt handelsbod med 8 gästbäddar. Den ökade förbrukningen för dessa anläggningar antas grovt motsvara 20 personer.

Resultatet av beräkningarna och modelleringen visas i figur 3.10.6 och 3.10.7.



Modellering av grundvattenlagrets utveckling vid 2.5 (t.v.) respektive 4 (t.h.) pers/hushåll. Området klarar 77 resp 32% permanentboende. Beräkningarna inkluderar uppskattad förbrukning för anläggningar.

Figur 3.10.6 Grundvattenlagrets utveckling på Västra Svartsö (Alsvik) om endast bebyggelseområdet medtas i beräkningarna.



Västra Svartsö
(område 1A+1B)
4 pers/hus
50% perm

Modellering av boendeutvecklingen på Västra Svartsö (Alsvik) vid 4 pers/hushåll medräknat sannolika tillrinningsområden. Området klarar 48% permanentboende

Figur 3.10.7 Grundvattenlagrets utveckling på Västra Svartsö (Alsvik) om även sannolikt tillrinningsområde till bebyggelseområdena medtas.

Beräkningarna av Västra Svartsö visar att bebyggelsen inte klarar en hög grad av permanentboende. Vid 4 personer per hus klarar området ett permanentboende av 32 %, vid 2,5 personer per hus 77 %. Vid beräkningarna har medtagit en uppskattad förbrukning för övriga aktiviteter, såsom affär och gästnätter. Det är sannolikt att stora koncentrerade grundvattenuttag inte är möjliga inom området.

3.10.5.2 Mellersta Svartsö

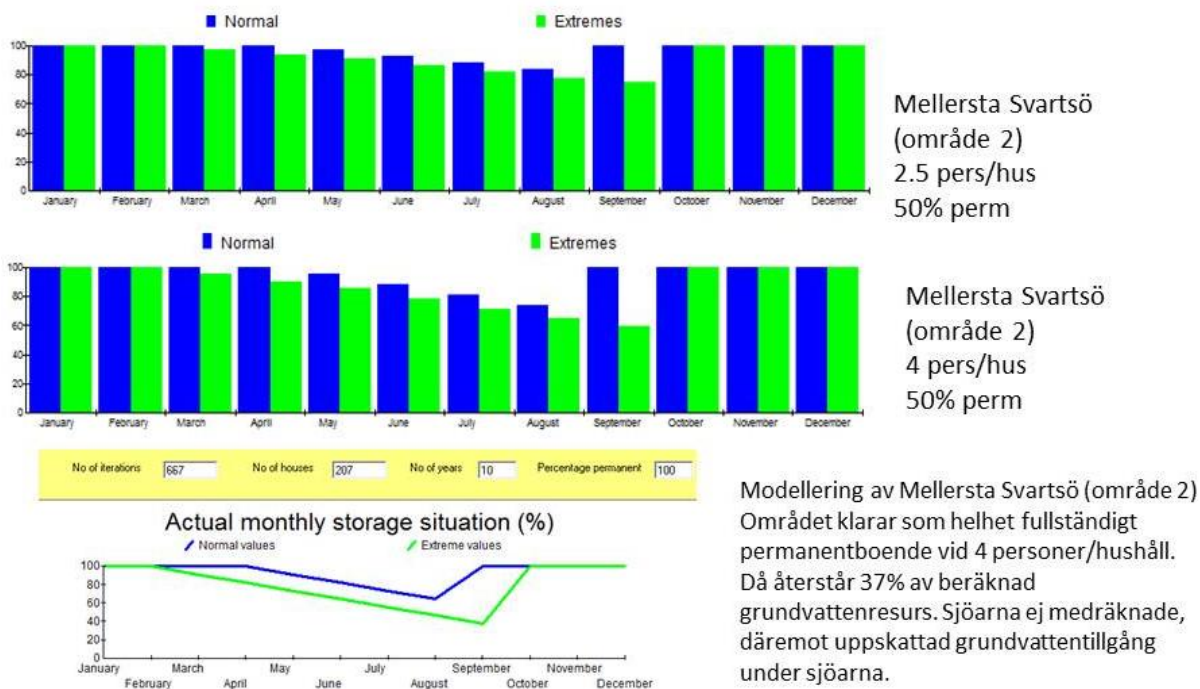
Förhållanden inom Mellersta Svartsö är komplicerade och bebyggelsen är koncentrerad till såväl norra som södra delarna av ön. Området rymmer också två större sjöar, Storträsket och Lillträsket samt en liten sjö, kallad maren, i nordost. Förutom existerande fritids- och bostadsbebyggelse finns ett hotell/vandrarhem i norr, ett mindre båtvarv och båtuppställningsplats i nordost, skola i Skälsvik på södra sidan av ön samt en restaurang och en krog. Slutligen tycks det finnas en mängd fastigheter på södra sidan av ön som idag är obebyggda. Ett antal av de brunnar som finns inom området har hög kapacitet och hög specifik kapacitet men dessa är strandnära belägna och det är oklart om de har färskt vatten eller påverkas av saltvatteninträngning. De geologiska förhållandena medger egentligen inte stora koncentrerade uttag.

Vid beräkningarna har medtagits en grovt uppskattad vattenförbrukning från alla anläggningar. Beräkningarna förutsätter också att dessa tar vatten från grundvatten vilket i många fall inte är korrekt eftersom flera aktiviteter har avsaltninganläggningar, bland annat hotellet samt restaurangen.

Fastighetsägare norr om Storträsket tar även vatten från sjön som anses vara av god kvalitet. Ett femtontal fastigheter i nordost har gemensamt reningsverk där vattnet sommartid tas från Maren. Även varvet/båtuppställningsplatsen på Norra Svartsö får vatten från denna lilla sjö.

Vid beräkningen har sjöarna inte medtagits som vattentäkter. Dessa utgör dock ca 20 % av områdets yta och kan anses utgöra en mycket viktig vattentillgång för ön. Det är dock mycket oklart om och hur dessa sjöar hydrauliskt kommunicerar med omgivande grundvatten.

Beräkningarna presenteras i figur 3.10.8

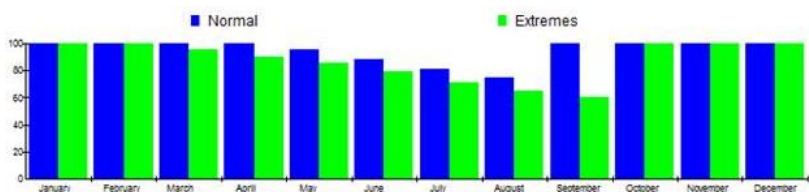


Figur 3.10.8 Grundvattenlagrets utveckling på Mellersta Svartsö. Även andra aktiviteter än fastigheternas vattenförbrukning har medtagits, såsom hotell, restaurang mm genom grovt uppskattad förbrukning. Obebyggda fastigheter har medtagits. Något tillskott från sjöarna har inte ingått i beräkningarna.

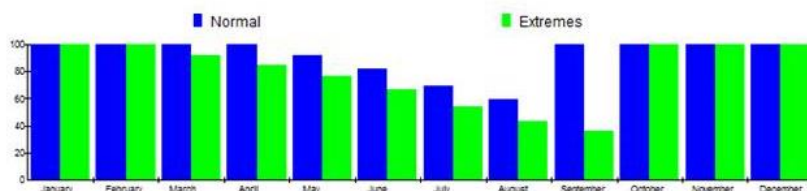
Beräkningarna visar att området genom sin storlek väl kan försörja nuvarande och eventuellt tillkommande bebyggelse förutsatt att uttagen är fördelade över området. Större koncentrerade uttag från grundvattenmagasinet är knappast möjligt. Däremot utgör sjöarna en viktig vattenreservoar. Någon beräkning av vad dessa skulle kunna ge ingår inte i projektet. Beräkningarna är konservativa och förbrukningen har starkt överskattats eftersom flera större vattenförbrukare har avsaltningsanläggningar och uttag från sjöarna, huvudsakligen sommarvatten, pågår redan.

3.10.5.3 Östra Svartsö

Området består av en ganska spridd bebyggelse längs öns östra udde. Beräkningarna görs dels för det egentliga bebyggelseområdet (3A), dels om närbelägna områden (3B) som sannolikt bidrar till grundvattensituationen i bebyggelsen medräknas. Området består av 52, huvudsakligen fritidsfastigheter. Beräkningarna presenteras i figur 3.10.9.



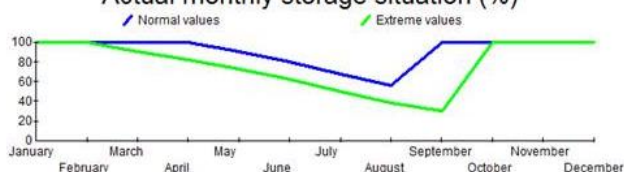
Östra Svartsö
(område 3A)
2.5 pers/hus
50% perm



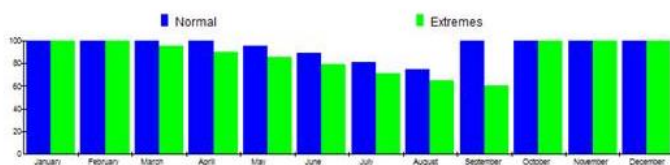
Östra Svartsö
(område 3A)
4 pers/hus
50% perm

No of iterations: No of houses: No of years: Percentage permanent:

Actual monthly storage situation (%)



Modellering av Östra Svartsö
(område 3A)
Området klarar 59%
permanentboende vid 4
personer/hushåll.



Beräkning av Östra Svartsö om även sannolikt tillrinningsområde medtas (område 3A+3B). Området klarar väl 50% permanentboende och 4 pers/hus (t.v). Modellering visar att vid 100% permanentboende återstår 38% av grundvattenlagret.

Figur 3.10.9 Grundvattenlagrets utveckling i Östra Svartsö (område 3A och 3B).

Beräkningarna visar att området klarar av nuvarande bebyggelse med 50 % permanentboende och 4 pers/hushåll. Modellering visar att området maximalt klarar 59 % permanentboende om bara bebyggelseområdet medtas och fullständigt permanentboende om även det förmodade tillrinningsområdet medtas i beräkningarna. Detta gäller dock under förutsättning att grundvattenuttagen är utspridda över bebyggelseområdet så att större delen av grundvattentillgångarna kan mobiliseras. Det finns inga förutsättningar för större koncentrerade uttag i området.

3.10.6 Risk för salt grundvatten

Beräkning av sannolikheten för salt grundvatten har utförts med hjälp av RV-metoden som bygger på statistik från många tusen brunnar i Stockholms län. Generellt gäller att sannolikheten är hög över hela ön, främst beroende på den relativt flacka topografin samt utspridd förekomst av glacial lera som förhindrat bortsköljning av salt grundvatten, figur 3.10.10. Antagligen finns således relict salt grundvatten spridd över ön och sannolikheten ökar kraftigt med ökande brunnsdjup, liksom vid stora koncentrerade uttag. Koncentrerade uttag bör därför undvikas och brunnarna bör inte göras djupare än ca 50 m. Medianvärdet för borrade brunnar på ön är idag 50 m.

De västra och östra delarna antas ha ungefär likartade förhållanden och sannolikheten för salt grundvatten ökar påtagligt med närheten till strand. I mellersta Svartsö är förhållandena bättre främst beroende på en generellt lägre exploateringsgrad över hela området. Lokalt kan dock finnas stora problem, särskilt strandnära. Sjöarna skulle kunna minska risken för

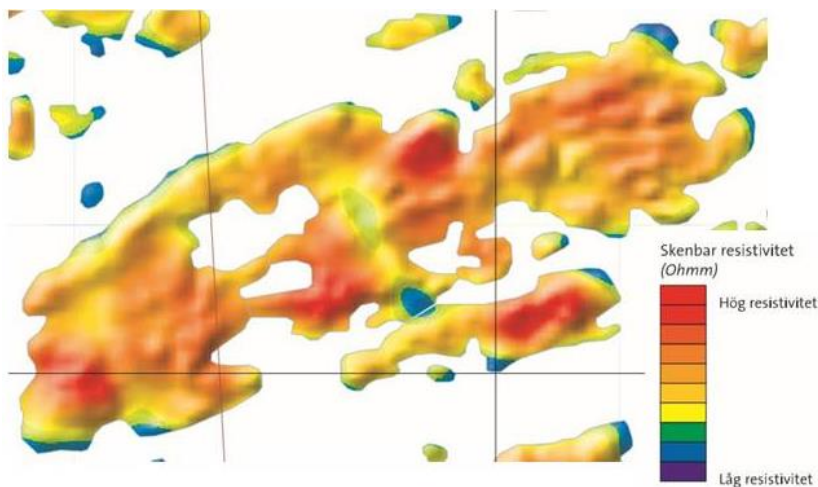
salt grundvatten men det är högst osäkert om och hur de hydrauliskt kommunicerar med omgivande grundvatten. Därför har de ej medtagit vid bedömningen



Figur 3.10.10 Resultat av RV-analys av sannolikhet för salt grundvatten på Svartsö.

Endast en brunn med kloridanalys har påträffats i öppna databaser. Den är 79 m djup och kraftigt saltvattenpåverkad med en kloridhalt på 310 mg Cl/L.

Bedömningen från RV-analysen stämmer väl överens med SGUs geofysiska flygmätningar av den elektriska ledningsförmågan, figur 3.10.11. Mätningarna visar ökad ledningsförmåga längs kusten vid Alsvik och Själsvik samt nordöstra spetsen av Svartsö. Den nord-sydliga zon med högre kapaciteter i brunnar på centrala Svartsö framträder också svagt genom en ökad elektrisk ledningsförmåga (=minskad elektrisk resistivitet).



Figur 3.10.11 Resultat från SGUs geofysiska flygmätningar över Svartsö som visar markens skenbara resistivitet.

4 Referenser

- Earon R (2019) Groundwater resources in hard rock coastal terrains: Insights into heterogeneity and spatial variability. PhD Thesis TRITA-ABE-DLT-1932.
- Enemark T, Peeters LJM, Mallants D, Batelaan O (2019) Hydrogeological conceptual model building and testing: A review. *J. of Hydrol.*, 569:310-329.
- Fredén C (Ed.) (1994) Berg och jord. Svensk Nationalatlas (SNA) ISBN 91-87760-27-4.
- Gontier M, Olofsson B (2002) Areell sårbarhetsbedömning för grundvattenpåverkan av vägförorening. Forskningsrapport Vägverket Region Mitt. Mark och vattenteknik, KTH, TRITA-LWR- Report 3011
- Lindén Anders G. (2001) Jordartskartan 10J Värmdö NV, SGU ser Ae 152.
- Lång LO, Olofsson B, Mellqvist E, Ojala L, Maxe L, Thorsbrink M (2006) Miljöuppföljning av grundvatten i kustområden - statusbeskrivning och diskussionsunderlag. Sveriges Geologiska Undersökning, SGU-rapport 2006:24. Uppsala.
- Lantmäteriet (2019a) GSD-Höjddata, grid 2+.
- Lantmäteriet (2019b) GSD-Fastighetskartan vector.
- Lantmäteriet (2020) digitala kartor hämtade från <https://minkarta.lantmateriet.se/>
- Knutsson G, Morfeldt C-O (2002) Grundvatten, teori och tillämpning, 3rd uppl. AB Svensk Byggtjänst, Stockholm.
- Olofsson B (1994) Salt groundwater in Sweden. in Olofsson, B., (ed): *Salt Groundwater in the Nordic Countries. Proceedings from a workshop, Saltsjöbaden, Sweden, Sept 30 - Oct 1, 1992.* Nordic Hydrol. Programme, NHP-report: 17-35.
- Olofsson B, Jacks G, Knutsson G, Thunvik R (2001) Grundvatten i hårt berg – en analys av kunskapsläget. i Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2001. KASAM, Statens Råd för Kärnavfallsfrågor. Stockholm, SOU 2001:35, s 113-189.
- Olofsson B (2002) Estimating groundwater resources in hardrock areas – a water balance approach. *Norges Geologiske Undersøkelse Bulletin*, 439:15-20.
- Sasvar P (2010) Metodik för beräkning och utvärdering av vattentillgång i kustnära områden. Mark- och vattenteknik, KTH, MSc rapport TRITA-LWR-EX 10-10.
- Skeppström K, Olofsson B (2006) A prediction method for radon in groundwater, *Journal of Science of the Total Environment*, Vol 367, Issues 2-3, pp 666-680
- SMHI (2019a) Ladda ner meteorologiska observationer. <https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer/#param=airtemperatureInstant,stations=all>
- SMHI (2019ab) SMHI och Havs vatten myndigheten mätningar. <http://vattenweb.smhi.se/station/>
- SGU (2019a) *Geological Survey of Sweden Soils Map* [in Swedish] 1:25000.
- SGU (2019b) *Geological Survey of Sweden Soil Depth Model* [in Swedish].



SGU (2019c) *Geological Survey of Sweden Rock Type Map* [in Swedish] 1:50000.

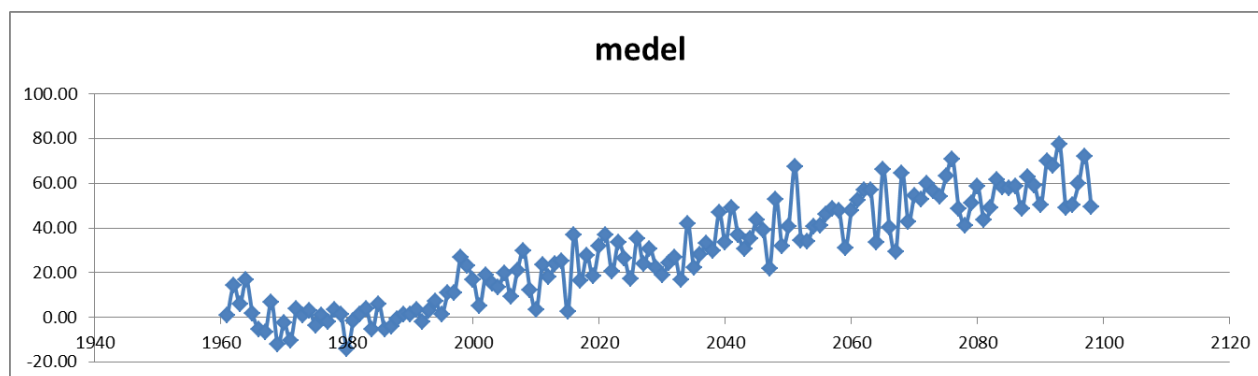
SGU (2020) Digitala kartor hämtade från kartvisaren

<https://apps.sgu.se/kartvisare/index.html>

Bilaga 1 Klimatförändringar

Framtida klimatförändringar kommer att förändra förutsättningarna för vattenuttag i många områden. Även om nederbörden förvänta öka i genomsnitt i stora delar av Sverige så kommer den inte att inträffa jämnt över året. Samtidigt så ökar temperaturen och därmed avdunstningen. De förändringar som inträffar under vintern och sommaren är av litet intresse för grundvattenförhållandena i denna region eftersom grundvattenlagren är små och blir fulla redan under senhösten och vintern. På sommaren kommer den potentiella avdunstningen ändå att överstiga nederbörden även om den ökar.

Avgörande är istället förhållandena under vår och tidig höst. Den kanske viktigaste faktorn är vegetationsperiodens längd eftersom grundvattenbildningen är minimal under vegetationsperioden då nederbörden istället tas upp av vegetationen. Figur 1 visar en beräkning av förändrad vegetationsperiod. Den utgör ett medelvärde av 9 olika internationella modeller enligt RCP4.5 och visar förändringen i antal dagar jämfört med perioden 1961-1990.



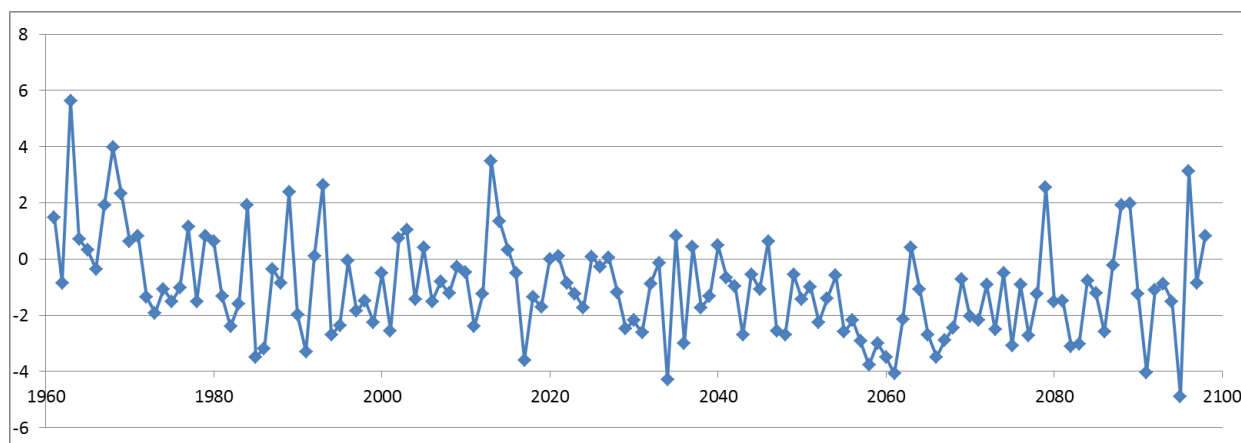
Figur 1 Ett medelvärde av 9 olika modeller för förändring av vegetationsperiodens längd enligt klimatscenario RCP4.5 beräknat som antal dagars skillnad mot perioden 1961-1990. (data från SMHI 2020).

Beräkningen visar att vegetationsperioden kommer att öka upp till 1,5 månader, dvs grundvattenlagren måste klara en betydligt längre period utan grundvattenbildning. Det är därför extra viktigt att det finns betydande grundvattenreserver kvar beräknat på förhållandena idag. Variationerna mellan enskilda år är dock redan idag betydligt större än den beräknade medelskillnaden till följd av klimatförändringarna. Troligtvis kommer torrår att infalla betydligt oftare än idag och kanske flera på varandra följande torrår. De detaljerade GWBal-beräkningarna är därför beräknade utifrån att varje beräkning görs för tio likadana upprepade år i rad.

Eftersom de små grundvattenmagasin i berg som finns i regionen snabbt blir påfyllda under vintern kommer inte ett vattenunderskott att fortplanta sig till efterföljande år. Vid större grundvattenmagasin, t. ex. isälvsavlagringar med sand och grus, kan vattenunderskott fortplantas år för år. Därför tar det också i regel flera års vattenöverskott för att dessa magasin ska återhämta sig.

Beräkningen av "torrår" i GWBal-modelleringen bedöms täcka de beräknade klimatförändringarna eftersom perioden utan grundvattenbildning ökar från 4-6 månader vid den beräkningsmetod som används.

Eftersom vegetationsperiodens längd beräknas öka är det också av betydelse att veta om det finns en ökad sannolikhet för längre torrperioder inom ett år som medför att grundvattenreservoarerna inte kan återhämta sig efter vegetationsperiodens slut. Modelleringsdata från 9 klimatmodeller enligt RCP4.5 visar dock inte på någon tydlig ökning, figur 2.



Figur 2 Förändring av längsta torrperiodens längd under året (antal dagar), jämfört med perioden 1961-1990. Medelvärde av 9 olika klimatmodeller enligt klimatscenario RCP4.5 (data från SMHI 2020).