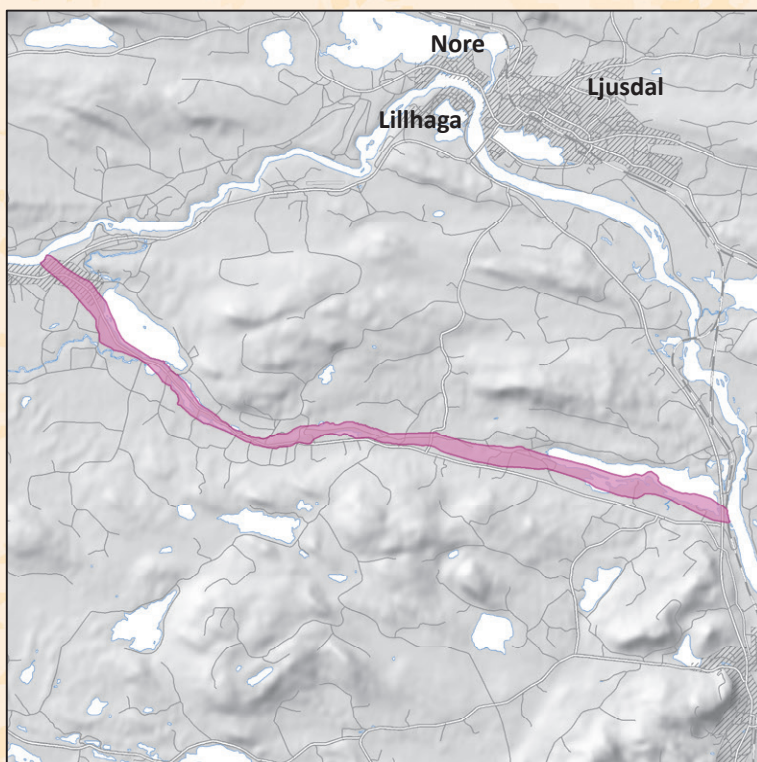


K 733

Grundvattenmagasinet Ljusnanåsen Boda

Charlotte Defoort, Kajsa Bovin
& Henrik Mikko



ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-89421-46-2

Författare: Charlotte Defoort, Kajsa Bovin och Henrik Mikko
Granskad av: Emil Vikberg Samuelsson och Lars-Ove Lång
Ansvarig enhetschef: Mats Wallin
Redaktör: Åsa Gierup, SGU och Jeanette Bergman Weihed, Tellurit AB
Utgivningsår: 2023

Sveriges geologiska undersökning
Box 670, 751 28 Uppsala
tel: 018-17 90 00
e-post: sgu@sgu.se
www.sgu.se

INNEHÅLL

Grundvattenmagasinet Ljusnanåsen Boda	4
Sammanfattning	4
Inledning	4
Underlag	4
Terrängläge och geologisk översikt	6
Hydrogeologisk översikt	7
Anslutande ytvattensystem	9
Tillrinningsområde och tillrinning till magasinet	10
Uttagsmöjlighet	10
Grundvattnets användning	11
Grundvattnets kvalitet	11
Klimatförändring och effekten på grundvattenmagasinet	13
Referenser	13

Bilaga 1

Undersökningar gjorda i grundvattenmagasinet

Bilaga 2

Grundvattenmagasin

Bilaga 3

Bedömda uttagsmöjligheter

Bilaga 4

Tillrinningsområden

Bilaga 5

Exempel på lagerföljder

Bilaga 6

Primära, sekundära och tertiära tillrinningsområden

Bilaga 7

Övergripande förutsättningar avseende provpunkter och analyser

Bilaga 8

Allmän beskrivning av grundvattnets kemiska sammansättning

GRUNDVATTENMAGASINET LJUSNANÅSEN BODA

Författare: Charlotte Defoort, Kajsa Bovin och Henrik Mikko

Kommun: Ljusdal

Län: Gävleborg

Vattendistrikt: Bottenhavet

Databas-id: 250200069

Grundvattenförekomst: Ljusnanåsen Boda WA13255609, förvaltningscykel 4 2022–2027.

Sammanfattning

Grundvattenmagasinet Ljusnanåsen Boda ligger i den stora isälvsavlagring som sträcker sig mellan Skriksvik och Ygskorset, nordväst om Järvsö i Ljusdals kommun. Materialet i åsen är grusigt till sandigt och mycket genomsläppligt. Grundvattenmagasinet Ljusnanåsen Boda bedöms utgöra en mycket stor grundvattentillgång, cirka 25–50 l/s, med utmärkta uttagsmöjligheter. De bästa uttagsmöjligheterna finns vid Bodasjön, medan området vid Kallmyr har lägst uttagsmöjlighet, under 5 l/s.

Grundvattnets kemiska sammansättning visar i nordvästra delen av magasinet vid Ytteryg ett mjukt vatten med något låga pH-värden och något förhöjda järnhalter. Analyser från en provpumpning vid Bodasjön visar på en allmänt god vattenkvalitet. Järn- och manganhalterna i uttagsbrunnen var dock höga vid några tillfällen.

Inledning

De arbeten som redovisas i denna rapport ingår i SGU:s kartläggning av grundvattenmagasin i landet. Syftet är i första hand att skapa planeringsunderlag för vattenförsörjning, markanvändning och skydd av viktiga grundvattentillgångar. För många användningsområden, t.ex. vid upprättande av skyddszoner till vattentäkter, krävs som regel kompletterande undersökningar.

Sammanställningen har utförts 2018–2021. I arbetet medverkade även Björn Wiberg, Sverker Olsson, Viktor Plevrakis, Hinayo Masaki, Jonas Gierup och Åsa Gierup. För kompletterande information om arbetsmetoder hänvisas till SGU:s kundtjänst.

Underlag

Tidigare undersökningar

I magasinets norra delar har Orrje & Co undersökt grundvattenmagasinet i syfte att utreda förutsättningarna för vattenförsörjning till samhället Ygskorset (Orrje & Co 1954). I området vid Bodasjön har VA-bolaget Ljusdal Vatten låtit utföra undersökningar för att utreda förutsättningarna för vattenförsörjning till Järvsö samhälle och till Ljusdals kommun. Sweco har genomfört en provpumpning år 2020 (Sweco 2021).

Hydrogeologin i området har tidigare översiktligt beskrivits i skala 1:250 000 i samband med den regionala grundvattenkartläggningen i Gävleborgs län (Söderholm m.fl. 2001). Befintlig geologisk och hydrogeologisk information, t.ex. kartor, utredningar och analysprotokoll, från kommunen, myndigheter, privata aktörer och SGU:s databaser (information om brunnar, källor, vattentäkter, grundvattennivåer och grundvattenkemi) har använts vid sammanställningen. Ett urval av lagerföljdsuppgifter och grundvattenkemiska data har lagrats i SGU:s databaser.

Grundvattenförekomsten är tidigare avgränsad i Vatteninformationssystem Sverige, VISS. Grundvattenmagasinet Ljusnanåsen Boda har omfattats av tre utpekade grundvattenföre-

komster inom vattenförvaltningen: Ljusnanåsen-Yg WA41371305, Ljusnanåsen-Bodaheden WA26438069 och delar av Ljusnanåsen-Järvsö WA90000793 (Länsstyrelsen 2021a, b, c). Avstämning har skett mot informationsinnehåll och bedömning i VISS avseende klassning av status och risk för grundvattenförekomsterna i förvaltningscykel 3, 2016–2021 (Länsstyrelsen 2021a, b, c). Grundvattenförekomsternas geografiska utbredning var framtagna utifrån ett översiktligt underlag. Därför har en ny grundvattenförekomst (Ljusnanåsen Boda WA13255609) föreslagits inför cykel 4 inom vattenförvaltningen, utifrån denna grundvattenkartläggning i lokal skala 1:50 000.

Kompletterande undersökningar

Följande kompletterande fältundersökningar har utförts av SGU:

- Fältundersökningar av jordarter för uppdatering av jordartskartan.
- Georadarmätningar längs delar av vägnätet inom magasinet. Mätningarna har gett ett underlag för en översiktlig bedömning av grundvattenytans läge och jorddjup.
- Seismisk refraktionsmätning längs tre profiler, vid Kallmyr, Näckviken och Skriksvik. Mätningarna har visat djupet till bergytan och gett viss information om grundvattenytans läge och jordlagrens egenskaper.
- Inventering av grundvattenrör från tidigare undersökningar och enskilda brunnar, inklusive registrering av vattennivåer.
- Källinventering på sluttningarna söder om grundvattenmagasinet.
- Jord-bergsondering (av konventionell typ) på tio platser längs isälvsavlagringen. Rör (50 mm) sattes vid sex av dessa platser för bestämning av grundvattenytans nivå.
- Provtagning av grundvatten i ett grundvattenrör vid Näckviken. Provtagningen genomfördes i oktober 2018 enligt SGU:s rutiner. Påföljande analyser av grundläggande fysikaliska och kemiska parametrar utfördes av ackrediterat laboratorium på Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU).
- Mätningar av grundvattnets trycknivå med automatregistrerande loggrar gjordes i två rör i magasinet (BMW181004 och BMW181001). Detta görs kontinuerligt inom SGU:s övervakning av grundvattennivåer (Grundvattennätet) sedan juli 2019.

SGU gav Sweco uppdraget att utföra en bottentopografisk inmätning i Bodasjön och Ljusnan, för att undersöka isälvsavlagringens utbredning i Bodasjön och eventuell fortsättning ut i Ljusnan.

Lägena för de seismiska mätningarna och ett urval av de borrhningar som utförts under fältarbetena och vid tidigare undersökningar visas i bilaga 1. Exempel på lagerföljder från dessa borrhningar redovisas i bilaga 5.

Grunddata från fältundersökningarna har lagrats i SGU:s databaser. En hydrogeologisk databas för det aktuella grundvattenmagasinet har upprättats med den insamlade informationen samt SGU:s jordartsdata som grund. I den hydrogeologiska databasen ingår bl.a. information om tillrinningsområde, vattendelare, strömningsriktningar och andra hydrauliska parametrar, samt en bedömning av uttagsmöjligheterna i grundvattenmagasinet. Information om anslutande ytvattensystem lagras också i databasen. Ett urval av denna information redovisas i denna rapport. Övrig information kan fås från SGU:s kundtjänst.



Figur 1. Grustäkt i Sjävästa, Ljusnanåsen. Foto: Kajsa Bovin, SGU.

Terrängläge och geologisk översikt

Ljusnanåsen är den stora isälvsavlagring som löper från skärgården utanför Söderhamn, via Mohed och Växbo, och följer Ljusnans dalgång från Arbrå, via Järvsö, Färila och Kårböle upp mot Ytterhogdal. Grundvattenmagasinet Ljusnanåsen Boda sträcker sig från Ygskorset i nordväst till Skriksvik i sydost. Åsen dyker upp ur Ljusnan vid Ygskorset, där den till stor del är omvandlad av Ljusnans flöde och därför delvis täcks av postglacialt avsatt älvsand och silt. Isälvsavlagringen fortsätter förbi Ygssjön åt sydost som en subglacialt bildad ås. Materialet i åsen är grusigt till sandigt och mycket genomsläppligt, se figur 1.

I området vid Kallmyr visar dock en borrhning i botten av en täkt, att materialet är sämre sorterat mot djupet och att åsen överlagrar morän på botten av dalgången. I detta område finns också flera moränkullar nära åsen, vilket kan tyda på att mäktigheten av isälvs materialet är mindre just här.

Åsen är längs hela sträckan mellan Ygskorset och Skriksvik omgiven av dödisgravar och sandkullar och ofta täckt av finkornig glacial silt och finsand. Dödisgravarna är oftast fyllda med vatten och bildar små långsträckta sjöar längs med åschrönet. På grund av den tätande silten i botten av sjöarna har dessa ofta en vattenyta som ligger högre än grundvattennivån i åsen. Ljusnanåsen återfinns i botten av dalgången hela vägen ner till Bodasjöns utflöde i Ljusnan vid Skriksvik, där åsen försvinner ner under mäktiga lager av glaciala finkorniga sediment och Ljusnans postglacialt avsatta älvsand (SGU 2021a).

Jorrdjupet inom grundvattenmagasinet är i medeltal cirka 20–30 m, men kan på vissa sträckor vara betydligt större än så. De största jorrdjupen finns vid Ygssjön, Ytteryg och Bodasjön. Vid Ytteryg, mellan Norra och Södra Långtjärnen, finns en 54 m djup brunn i sand, där berg inte nåts vid borrhning. Vid Ygssjön och Bodasjön finns påvisade jorrdjup på cirka 40 m. Magasinet Ljusnanåsen Boda är cirka 16 km långt och bredden uppgår till knappt 500 m. Markytan inom magasinet varierar mellan 185 m ö.h. på åschrönet vid Lungtjärnen i Kallmyr, och 115 m ö.h. vid Bodasjöns utlopp i Ljusnan.



Figur 2. Åskränet i Bodasjön och grundvattenrör BMW181002. Foto: Kajsa Bovin, SGU.

Ytvattnets dräneringsriktning är västlig väster om Kallmyr och östlig öster om Kallmyr. Allt ytvatten dräneras till Ljusnan, som går i en båge mellan orterna Färila–Ygskorset–Ljusdal–Skriksvik–Järvsö. Ljusnanåsen ligger under högsta kustlinjen men omgivande bergstoppar ligger över högsta kustlinjen. Berggrunden i området varierar.

Vid Ygskorset och Ygssjön består berggrunden av granodiorit–granit. Vid Ytteryg finns ett område med vacka. Från Kallmyr till Skriksvik utgörs berggrunden av granit och tonalit–granodiorit (SGU 1989, SGU 2021b, Albrecht & Kübler 2011).

Hydrogeologisk översikt

Grundvattenmagasinet Ljusnanåsen Boda begränsas i nordväst av Ljusnan vid Ytteryg. Längst i sydost vid Skriksvik möter magasinet återigen Ljusnan, som går i en båge från Ytteryg till Järvsö via Ljusdal. Jordartskartan har till stora delar legat till grund för avgränsningen av magasinets utbredning (SGU 2021a). Isälvs materialet har sannolikt en viss lateral utbredning under lera och silt, och under de sjöar som kantar åsen. Ljusnanåsen Boda räknas dock som ett öppet magasin, eftersom det till största delen utgörs av isälvs material som går i dagen. Den mättade zonen varierar inom det långsträckta magasinet, men är i genomsnitt cirka 20 m. Stora mäktigheter av mättat material finns på flera ställen inom magasinet. Där åsen går mellan Norra och Södra Långtjärnen vid Ytteryg finns en brunnborrning som visar cirka 47 m mättad zon, se bilaga 1 och 5. SGU:s borrning BMW181002 ger en mättad zon på 34 m vid Näckviken, där åskränet ligger längs Bodasjöns södra strand, se figur 2.

En äldre provpumpning har utförts invid Ljusnan i Ygskorset, med ett pumpflöde på 6 l/s. I samband med det gjordes i området borrningar ner till drygt 20 m som visar på grovt grus med god vattenföring de sista metrarna (Orrje & Co 1954).

I Ygskorset är grundvattnets strömningsriktning riktad mot Ljusnan i nordväst. Mellan Ljusnan och Ygssjön bedöms en rörlig vattendelare finnas (Orrje & Co 1954). På östra sidan om denna vattendelare bedöms grundvattnets strömningsriktning vara mot sydost. Från

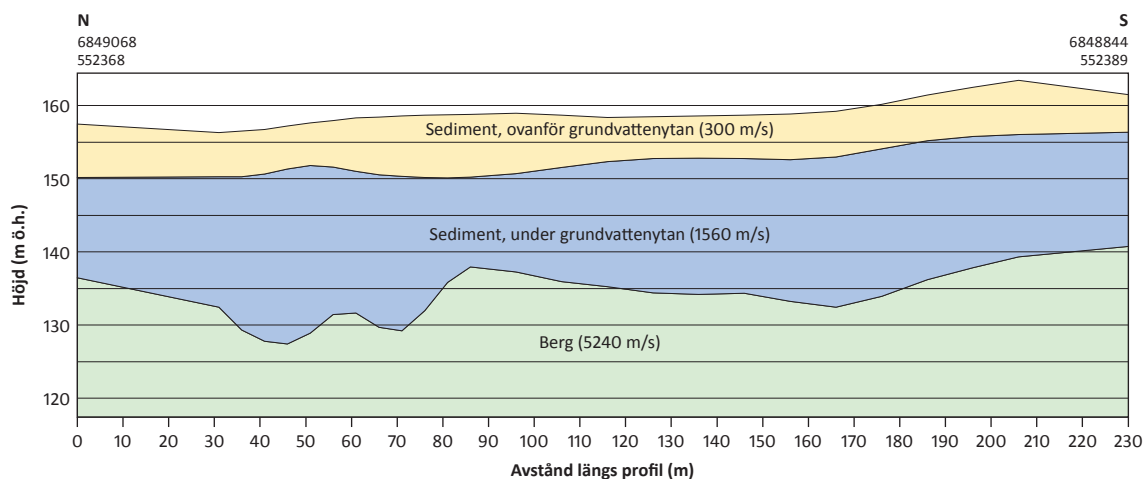
grundvattenrör BMW181009, sydost om Ygssjön, och vidare mot sydost längs resterande sträcka av magasinet fram till Skriksvik, visar observerade grundvattennivåer att nivåerna sjunker ju längre mot sydost man kommer. Grundvattendelare bedöms därmed saknas längs denna sträcka.

I området vid Kallmyr görs bedömningen att det finns ett stalp som sammanfaller med en ytvattendelare. Dock har ingen grundvattendelare kunnat påvisas. Stalpet bedöms bero på ett område där isälvsavlagringen är mycket tunn och underlagras av morän, vilket visas vid borrning BMW181012, se bilaga 1 och 5. En seismisk profil i området (fig. 3) visar ett jorddjup på 20–25 m, men sedimenten bedöms, utifrån borrningen, utgöras av morän.

Grundvattnets strömningsriktning är fortsatt sydostlig förbi Kallmyr. Sannolikt bromsas grundvattenströmmen upp i området, eftersom moränen är mindre genomsläpplig än isälvs materialet. Uppmätta grundvattennivåer tyder på detta. Uppströms stalpet, dvs. mellan Ygssjön (BMW181009) och Kallmyr (BMW181010), är grundvattenytans lutning flack. Från BMW181004 (cirka 1,5 km öster om Kallmyr) till BMW181001 vid Bodaheden, en sträcka på drygt 3 km, lutar grundvattenytan kraftigt. Vid Bodasjön står grundvattenytan i magasinet i nivå med sjöns yta, som har sitt utlopp i Ljusnan. Ljusnans nivå styr grundvattenytans lutning i denna del av magasinet, där den således planar ut. Se borrningarna på karta i bilaga 1 och lagerföljder i bilaga 5.

I området vid Bodasjöns södra strand har en långtidsprovpumpning utförts under perioden januari–augusti 2020. Uttaget var inledningsvis 321/s men ökades efter drygt två månader till cirka 371/s. Under den sista delen av pumpningen gjordes pilotförsök för behandling av råvatten, och i samband med det sänktes uttaget till cirka 28 l/s. Vid den inledande pumpningen med 32 l/s visades tecken på stationärt tillstånd, en jämvikt i systemet där uttaget balanseras av tillrinningen. Vattenanalyserna från pumpningen indikerade förekomst av ytvatten. Halten av mangan steg under propumpningen, medan konduktivitet och alkalinitet minskade något. Detta tyder på inducerad infiltration från Bodasjön. Provpumpningsresultaten gav en transmissivitet på cirka 1×10^{-2} m²/s, vilket motsvarar goda vattenförande egenskaper i magasinet. Magasinskoefficienten var 0,04 till 0,08, vilket tyder på delvis öppna förhållanden i akviferen. I området närmast brunnen var magasinskoefficienten något högre, 0,11 till 0,19, något som visar på öppna förhållanden (Sweco 2021).

Magasinet södra avgränsning vid Bodasjön och Skriksvik har gjorts med stöd av resultat från seismiska mätningar (fig. 4 och 5). Vid Bodasjön visar profilen (fig. 4) att isälvsavlagringen



Figur 3. Refraktionsseismisk profil (Profil 1) vid Kallmyr.

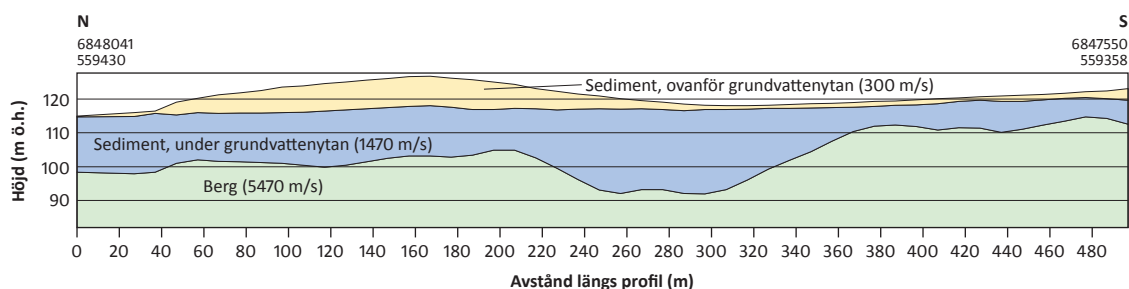
har en lateral utbredning med mäktig vattenmättad zon, under de överlagrande finsedimenten av lera och silt i söder. Vid Skriksvik (fig. 5) finns också relativt mäktiga sediment, men en borrning nära strandkanten (BMW181007) visar att sedimenten består av finkorniga lager med inslag av silt, vilket tyder på att detta är i utkanten av isälvsavlagringen.

Isälvsavlagringen går ut i Ljusnan vid magasinets östra gräns vid Skriksvik. Den blir åter synlig vid Åsgårdsbäcken, cirka 1,4 km söder om magasinsgränsen vid Skriksvik, där den bildar grundvattenmagasinet Ljusnanåsen Järvsö. Undersökningar, en borrning utförd av SGU (BMW181006) och en bottenpografisk inmätning utförd av Sweco (Sweco 2019), gjordes för att utreda om det kan finnas något sammanhängande grundvattenmagasin däremellan, men inga indikationer på detta har kunnat konstateras. Bedömningen är därmed att isälvsavlagringen har spolats bort av Ljusnan i detta område.

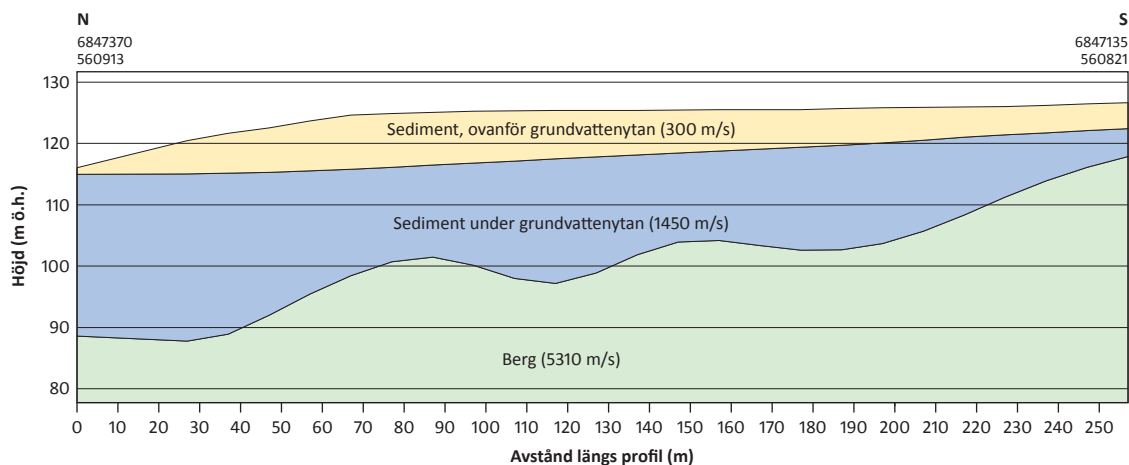
Anslutande ytvattensystem

Grundvattenmagasinet Ljusnanåsen Boda gränsar mot Ljusnan i nordväst vid Ygskorset. Grundvattenströmningen är i normalfallet riktad från grundvattenmagasinet mot Ljusnan, och kontakten mellan grundvattenmagasinet och älven bedöms vara god (Orrje & Co 1954).

Knappt 3 km sydost om magasinets norra gräns vid Ljusnan korsas magasinet av Svartån, som är ett relativt stort vattendrag. Svartån har skurit ner i magasinet och vattenytan ligger något högre än grundvattennivån. Eventuell kontakt mellan Svartån och magasinet har inte undersökts närmare, men kan inte uteslutas. Ygssjön ligger mellan Ygskorset och Ytteryg, på den nordöstra sidan om grundvattenmagasinet. Ygssjöns nivå överensstämmer med grundvat-



Figur 4. Refraktionsseismisk profil (Profil 2) vid Bodasjön.



Figur 5. Refraktionsseismisk profil (Profil 3) vid Skriksvik.

tennivån i magasinet, baserat på nivåmätning i rör BMW181009, som ligger nära södra delen av sjön. Sydost om Ygssjön, vid Ytterryg, finns flera mindre sjöar. I flera fall ligger vattenytan i sjöarna någon meter högre än grundvattenytan i magasinet, och kontakten tycks vara begränsad. Öster om Kallmyr finns två mindre tjärnar, Rudtjärnen och Lungtjärnen, vars vattenytor ligger cirka 20 m högre än grundvattenytan i det närbelägna röret BMW181004. Här finns alltså ingen kontakt mellan ytvattnet och grundvattenmagasinet.

Från Lungtjärnen rinner Lungbäcken vidare längs med magasinet österut. Bäckens korsar magasinet via ett dike vid Sjävästa, men det är inte känt om det finns kontakt mellan bäcken och magasinet. Därefter rinner bäcken vidare mot ost-sydost, delvis inom magasinets avgränsning, och rinner sedan ut i Bodasjön. Längst i sydost gränsar magasinet till Bodasjön. Här har nivåmätningar och provpumpning (Sweco 2021) visat att hydraulisk kontakt finns. Vid Skriksvik försvinner åsen ner under finkorniga sediment, och grundvattenmagasinet kontakt med Ljusnan i öster bedöms vara begränsad.

Tillrinningsområde och tillrinning till magasinet

Magasinet tillförs vatten i huvudsak från den nederbörd som faller på avlagringen. Ett visst tillflöde till grundvattenmagasinet Ljusnanåsen Boda kan komma från omgivande moränmark och anslutande vattendrag. De mindre vattendragen och sjöarna bedöms dock till stor del vara isolerade från magasinet genom finkorniga jordlager, och bidrar knappast under normala och naturliga förhållanden till magasinet i någon större omfattning. Ljusnan och Bodasjön bedöms i huvudsak vara dränerande och bidrar knappast under normala och naturliga förhållanden till magasinet i någon större omfattning.

Magasinet tillrinningsområde har avgränsats översiktligt (bilaga 4) och indelats i kategorierna primärt och tertiärt tillrinningsområde, enligt principer som framgår av bilaga 6. En grov uppskattning av den naturliga grundvattenbildningen som tillförs magasinet från primära och tertiära tillrinningsområden redovisas i tabell 1. Den bedömda tillrinningen till magasinet Ljusnanåsen Boda uppgår till cirka 35 l/s.

Uttagsmöjlighet

Begreppet ”potentiell grundvattenbildning” avser den grundvattenbildning som skulle ske inom ett område om hela området vore inströmningsområde. Den potentiella grundvattenbildningen är således grundvattenbildningen per ytenhet inströmningsområde (Grip & Rodhe 2016). Den i tabell 1 redovisade uttagsmöjligheten är en grov uppskattning av hur mycket grundvatten som långsiktigt kan utvinnas med ett rimligt antal standardmässiga brunnskonstruktioner, fördelade på lämpliga platser inom magasinet. Observera att för stora magasin kan i många fall större mängder totalt tas ut om antalet uttagspunkter ökas. Uttagsmöjligheten

Tabell 1. Tillrinning till magasinet och bedömd uttagsmöjlighet.

	Yta (km ²)	Potentiell grundvattenbildning *	Tillrinning till magasinet (l/s)
Primärt tillrinningsområde	2,4	320,5 mm/år 10,2 l/s per km ²	24,0
Tertiärt tillrinningsområde	20,5	290,3 mm/år 9,2 l/s per km ²	10,6**
Bedömd uttagsmöjlighet inom magasinet	25–50 l/s		

* Den potentiella grundvattenbildningen grundas på beräkningar för olika typjordar från perioden 1962–2003 för aktuellt område (Rodhe m.fl. 2006). Osäkerheten i det beräknade värdet är betydande.

**Bygger på antagandet att 5–10 % av potentiell grundvattenbildning tillförs magasinet.

styrts av tillgången på vatten och magasinets egenskaper, framför allt mäktigheten på jordlager med bra lagringsmöjlighet för vatten. Möjlighet till förstärkt grundvattenbildning genom inducering från ytvattensystem har beaktats.

Stora mäktigheter av vattenmättat isälvsmaterial finns både i området vid Ytteryg och vid Bodasjön. Den provpumpning som genomförts 2020 vid Bodasjön visar på utmärkta uttagsmöjligheter. Den största uttagsmängden var 37 l/s. Vid uttag på 32 l/s visades tendenser till stationära förhållanden i magasinet (Sweco 2021). Inducerad infiltration från Bodasjön till grundvattenmagasinet har påvisats.

Grundvattenmagasinet Ljusnanåsen Boda bedöms utgöra en mycket stor grundvattentillgång, i storleksordningen 25–50 l/s, med utmärkta uttagsmöjligheter. De bästa uttagsmöjligheterna finns vid området kring Bodasjön, medan området vid Kallmyr har lägst uttagsmöjlighet, under 5 l/s.

Grundvattnets användning

Grundvattenmagasinet Ljusnanåsen Boda är ett av de områden som undersökts för att säkra den framtida dricksvattenförsörjningen inom Ljusdals kommun. Inom grundvattenmagasinet finns ett fåtal enskilda brunnar för dricksvattenförsörjning. De flesta boende i området får vatten från källkällor längs sluttningarna från bergen söder om magasinet.

Grundvattnets kvalitet

Grundvattenkemiska data redovisas i tabell 2. Tabellen följer i tillämpliga delar SGU:s ”Bedömningsgrunder för grundvatten” (SGU 2013). Mer information om aktuella provpunkter och tillgängliga analyser ges i bilaga 7. Provpunkternas geografiska lägen framgår av bilaga 1, utom provpumpningsbrunnen Pb1901. En allmän beskrivning av centrala grundvattenkemiska parametrar och processer ges i bilaga 8. Mikrobiologiska analysparametrar har inte beaktats.

Analysresultat finns från endast två områden inom magasinet, vid Ygskorset och Bodasjön, vilket gör att den geografiska spridningen är begränsad. Resultaten ger ändå en fingervisning om karaktären i grundvattnets kemiska sammansättning.

Tolkningen av grundvattnets kemiska karaktär i grundvattenmagasinet Ljusnanåsen Boda, som följer under avsnitten *Naturligt förekommande ämnen* och *Mänsklig påverkan*, är om inget annat anges gjord med stöd av SGU:s ”Bedömningsgrunder för grundvatten” (SGU 2013).

Naturligt förekommande ämnen

Vid Bodasjön har provtagning gjorts i grundvattenrör BMW181002 vid ett tillfälle 2018. Röret är beläget på åschrönet cirka 20 m från stranden av Bodasjön, se bilaga 1. Under provpumpningen vid Bodasjön, januari–augusti 2020, togs 17 grundvattenprov från pumpbrunnen Pb1901 (Sweco 2021), medianvärden från ett urval av parametrarna redovisas i tabell 2.

Analys från grundvattenröret BMW181002 visar att vattnet hade en mycket låg halt av järn och mangan, vilket tillsammans med en måttlig sulfathalt visar att redoxpotentialen var hög. pH-värdet var något lågt och alkaliniteten var måttlig. Totalhårdheten indikerar ett mjukt vatten, och halterna kalcium, magnesium och natrium var låga till måttliga.

Analys från provpumpningen 2020 visar på en allmänt god vattenkvalitet. Järn- och manganhalterna i uttagsbrunnen var dock höga vid några av provtagningarna. Järnhalten uppvisade ingen tydlig trend, men manganhalten steg under provpumpningen. Under provpumpningstiden har grundvattnets konduktivitet minskat något, vilket indikerar att pumpningen har medfört en inducerad infiltration från Bodasjön. Även alkaliniteten visade en något sjunkande trend under provpumpningen. Vattnets pH-värde var måttligt (Sweco 2021).

Tabell 2. Sammanställning av samtliga tillgängliga analysresultat på uttagna prover från grundvattenmagasinet Ljusnanåsen Boda. För mer information om respektive provpunkt och referenser kopplade till denna, hänvisas läsaren till bilaga 1, 5 och 7. För en parameter anges "<" vilket innebär att analysresultatet ligger under rapporteringsgränsen för parametern. Sammanställningen följer i tillämpliga delar klassindelningen i SGU:s "Bedömningsgrunder för grundvatten" (SGU 2013) och redovisningen har färgkodats därefter (Klass 1 = blå, Klass 2 = grön, Klass 3 = gul, Klass 4 = orange, Klass 5 = röd). Klassindelningens innebörd skiljer sig åt mellan parametrar. Höga halter representeras i regel av högre klasser, men undantag finns (t.ex. för parametern alkalinitet). Tecknet ^ betyder att fältmätning har gjorts.

Parameter	Enhet	Grundvattenrör BMW181002	Pumpbrunn Pb1901	Rör nr 1A (KBN2020061207)	Rör nr 2A (KBN2020061208)
Tidpunkt		2018-10-02	jan 2020–aug 2020, median- värde för 17 prov	1954-02-25	1954-02-16
Temperatur ^	°C	6,2			
pH		6,2	6,7	6,3	6,3
Alkalinitet, HCO ₃	mg/l	49	64		
Syre ^	mg/l	4,2			
Kalcium	mg/l	18			
Kalium	mg/l	2,3			
Magnesium	mg/l	5,3			
Natrium	mg/l	7,5			
Totalhårdhet	mg/l	27			
Totalhårdhet	dH			2,6	2,8
Kiseldioxid	mg/l	17			
TOC	mg/l	0,85			
COD _{Mn}	mg O ₂ /l		1,1		
Färg	mg Pt/l		15	5	40
Turbiditet	FNU		1,3		
Klorid	mg/l	12	11	7	8
Konduktivitet	mS/m	18	18	6,1	7,2
Sulfat	mg/l	17			
Ammonium	mg/l	0,007			
Nitrat	mg/l	11			
NO ₂ +NO ₃	mg/l	2,6			
Aluminium	mg/l	0,009			
Järn	mg/l	0,002	0,48	0,35	2,5
Mangan	mg/l	0,03	0,09	<0.05	0,09
Arsenik	µg/l	0,07			
Bly	µg/l	<0.003			
Kadmium	µg/l	0,015			
Kobolt	µg/l	0,12			
Koppar	mg/l	0,57			
Krom	µg/l	0,06			
Nickel	µg/l	2,3			
Vanadin	µg/l	0,05			
Zink	mg/l	0,006			
Fluorid	mg/l	0,38			
Fosfat	mg/l	0,006			
Växtskyddsmedel	µg/l	<			

Vid Ygskorset gjordes grundvattenundersökningar på 1950-talet då grundvattenprover togs i två grundvattenrör, Rör nr 1A och Rör nr 2A (tabell 2). På båda platserna var pH-värdet något lågt, och vattnet var mjukt med totalhårdhet mellan 2,6 och 2,8 dH. Rör nr 2A ligger nära Ljusnan medan Rör nr 1A ligger 65 m längre in från stranden (se bilaga 1). Analyserna från grundvattenrören indikerar att grundvattnets kvalitet var bättre längre från älvstranden, dvs. i Rör nr 1A. I Rör nr 2A hade vattnet en mycket hög järnhalt, medelhög manganhalt och stark färg, medan provet från Rör nr 1A visade en måttlig järnhalt och en mycket låg manganhalt (Orrje & Co 1954).

Mänsklig påverkan

Analys av bekämpningsmedel har gjorts, men inga substanser kunde detekteras.

Det är endast två av de nuvarande grundvattenförekomsterna som har statusklassning och riskbedömning som är aktuella för grundvattenmagasinet. Grundvattenförekomsten Ljusnanåsen-Yg (WA41371305) sträcker sig från Ygskorset till Froms. Gällande statusklassning för grundvattenförekomsten avseende kemisk status enligt vattenförvaltningen (förvaltningscykel 3) är ”god” (Länsstyrelsen 2021a). I riskbedömningen som gjordes 2020 klassades förekomsten till att ligga i risk för att inte uppnå god status 2021 baserat på att det inom förekomsten finns påverkanskällor i form av två EBH-objekt, vilka skulle kunna medföra en risk för förorening av polyaromatiska kolväten (PAH). Bedömningen är dock osäker, på grund av avsaknad av uppmätta halter av föroreningen. Grundvattenförekomsten Ljusnanåsen-Bodaheden (WA26438069) sträcker sig från Froms fram till Bodasjön. Gällande statusklassning för grundvattenförekomsten avseende kemisk status enligt vattenförvaltningen (förvaltningscykel 3) är ”god”, riskbedömning saknas dock (Länsstyrelsen 2021b).

Klimatförändring och effekten på grundvattenmagasinet

Grundvattenmagasinet Ljusnanåsen Boda ligger i den del av Sverige där grundvattenbildningen i grovkorniga jordarter kan komma att öka med mellan 5 och 15 procent som en följd av klimatförändringarna. Grundvattennivåernas variation över året kan även komma att ändras i och med att perioden med snötäcke sannolikt kommer att minska, vilket innebär att grundvattenbildningen kan komma att ske under större delen av vinterhalvåret. I och med att växtsäsongen förväntas förlängas, kan perioder med mindre nederbörd än normalt under vinterhalvåret leda till lägre grundvattennivåer, och en minskad grundvattentillgång (Rodhe 2009).

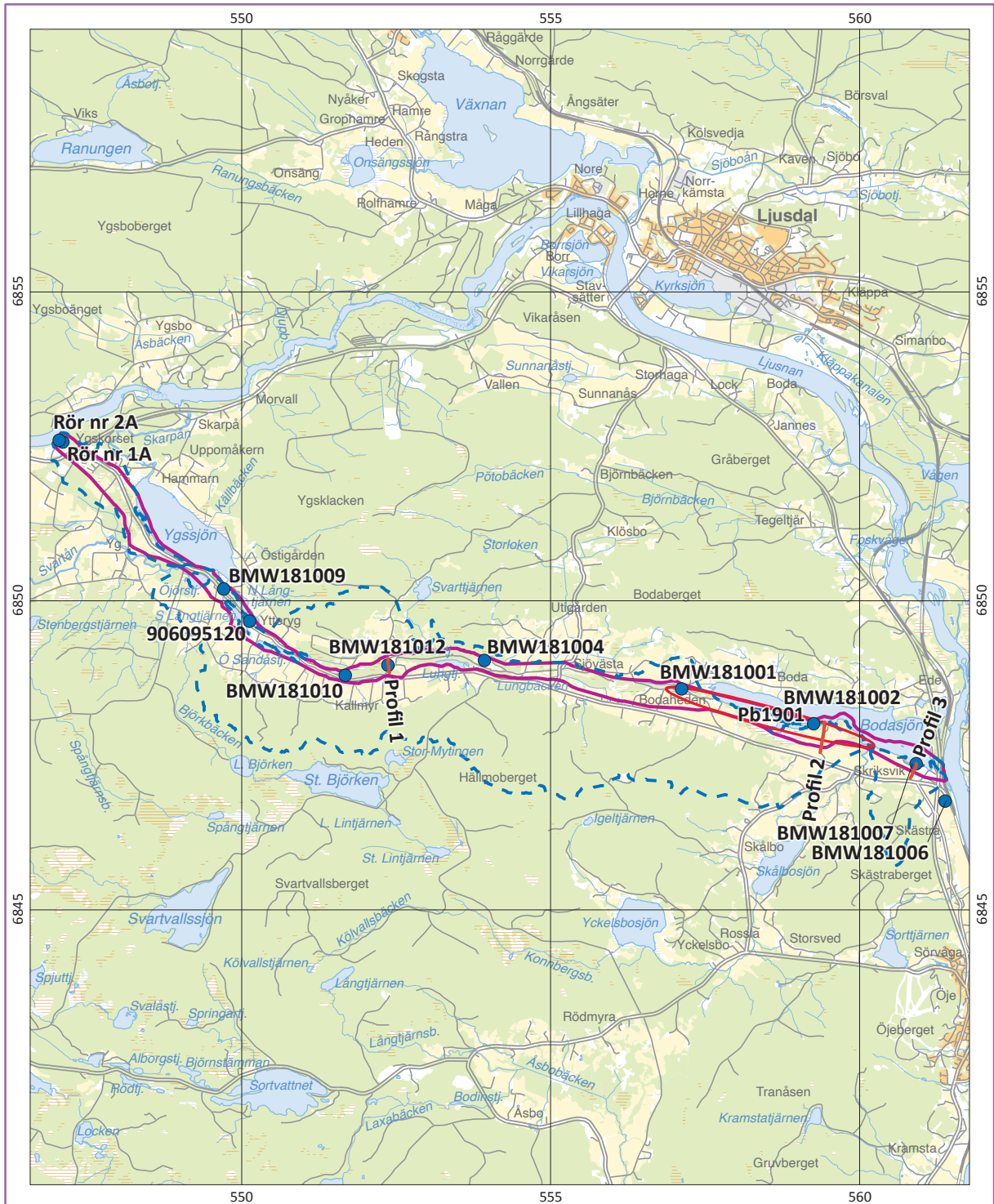
Referenser

- Albrecht, L. & Kübler, L., 2011: Berggrundskartan 15G Bollnäs, skala 1:250 000. *Sveriges geologiska undersökning K 312*.
- Grip, H. & Rodhe, A., 2016: *Vattnets väg från regn till bäck*. Uppsala universitet, Institutionen för geovetenskaper, 156 s.
- Länsstyrelsen, 2021a: VISS, Vatteninformationssystem Sverige, Länsstyrelsen. <viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA41371305> åtkommen den 17 mars 2021.
- Länsstyrelsen, 2021b: VISS, Vatteninformationssystem Sverige, Länsstyrelsen. <viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA26438069> åtkommen den 17 mars 2021.
- Länsstyrelsen, 2021c: VISS, Vatteninformationssystem Sverige, Länsstyrelsen. <viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA90000793> åtkommen den 17 mars 2021.
- Orrje & Co, 1954: Färila kommun. Ygskorset. Redogörelse för hydrologisk undersökning. Referensnummer i SGU:s register för grundvattenutredningar: 756, 17 s.

- Rodhe, A., Lindström, G., Rosberg, J. & Pers, C., 2006: Grundvattenbildning i svenska typjordar – översiktlig beräkning med en vattenbalansmodell *Report Series A No. 66*. Uppsala universitet, Institutionen för geovetenskaper, 20 s.
- Rodhe, A., Lindström, G. & Dahné, J., 2009: Grundvattennivåer i ett förändrat klimat. Slutrapport från SGU-projektet ”Grundvattenbildning i ett förändrat klimat”, SGU:s diarienummer 60-1642/2007. Institutionen för Geovetenskaper, Uppsala universitet och Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut, 31 s.
- Delin, H., Henkel, H. & Wällberg, B., 1989: Berggrundskartan 16G Ljusdal SV. *Sveriges geologiska undersökning Ai 35*.
- SGU, 2013: Bedömningsgrunder för grundvatten. *SGU-rapport 2013:01*. Sveriges geologiska undersökning, 238 s.
- SGU, 2021a: Jordarter 1:25 000–1:100 000 – databas. Järvsö. 2021-02-26.
- SGU, 2021b: Berggrund 1:50 000–1:250 000 – databas. Järvsö. 2021-02-26.
- Sweco, 2019: Fältrapport. Sjömätning. Bottenscanning Bodasjön och Ljusnan. 2019-02-08. 13007259. Referensnummer i SGU:s register för grundvattenutredningar: 11078, 9 s.
- Sweco, 2021: Utvärdering av provpumpning i Näckviken, Järvsö. Ljusdal Vatten AB. Ljusdal förnyelseprojekt 2018. Uppdragsnummer 30001318. Referensnummer i SGU:s register för grundvattenutredningar: 11079, 78 s. [sekretessklassad]
- Söderholm, H., Thunholm, B., Rurling, S. & Gierup, J., 2001: Beskrivning till kartan över grundvattnet i Gävleborgs län. *Sveriges geologiska undersökning Ab 16*, 67 s.

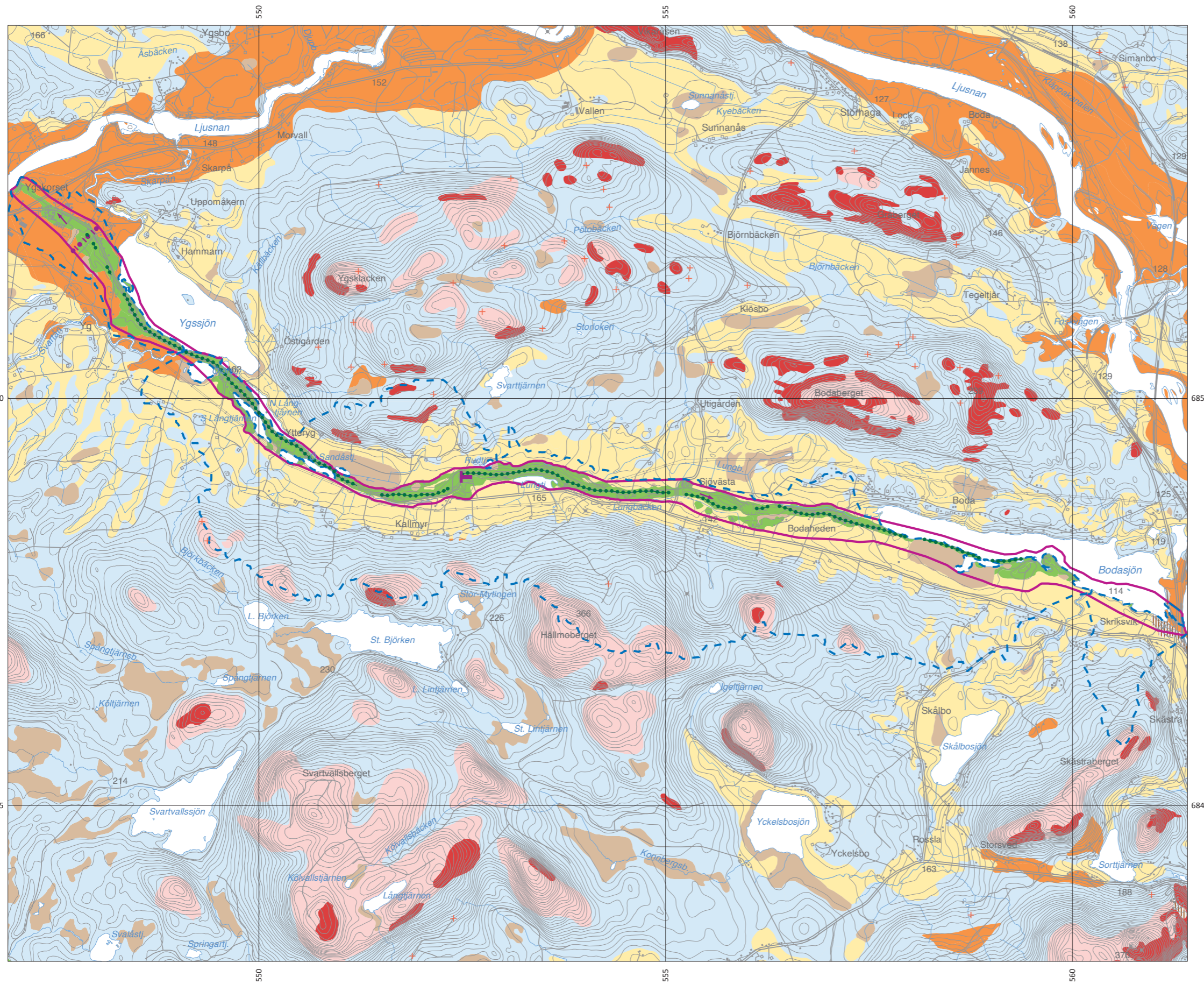
BILAGA 1

Undersökningar gjorda i grundvattenmagasinet



- Lagerföljdsinformation finns (bilaga 5)
Stratigraphic information is available (appendix 5)
- Information om grundvattenkemi finns (tabell 2)
Information about groundwater chemistry is available (table 2)
- Seismikprofil
Seismic investigation
- Grundvattenmagasinet avgränsning
Delineation of groundwater reservoir
- - - Gräns för tillrinningsområde
Boundary of catchment area

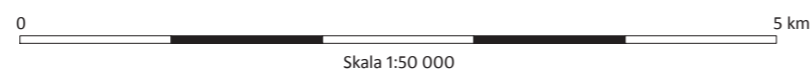
0 2000 m



- Grundvattnets huvudrörelseriktning i jordlager
General direction of groundwater flow in Quaternary deposits
- Stalp, grundvattenflöde med brant gradient
Precipice, groundwater flow with steep gradient
- Rörlig grundvattendelare
Variable groundwater divide in Quaternary deposits
- Grundvattenmagasinets avgränsning
Delineation of groundwater reservoir
- Gräns för tillrinningsområde
Boundary of catchment area
- Krön på isälvsvlagring
Ridge-shaped glaciofluvial deposit
- Berg
Rock
- Organisk jordart
Peat and gyttja
- Lera-silt
Clay-silt
- Postglaciala sediment, sand-grus
Postglacial deposits, sand-gravel
- Isälvssediment, sand-grus
Glaciofluvial sediments, sand-gravel
- Morän
Till
- Tunt jordtäckte
Thin soil cover
- Berg
Bedrock
- Fyllningsmaterial
Artificial fill

Jordartsinformation ur SGU:s jordartsgeologiska databas

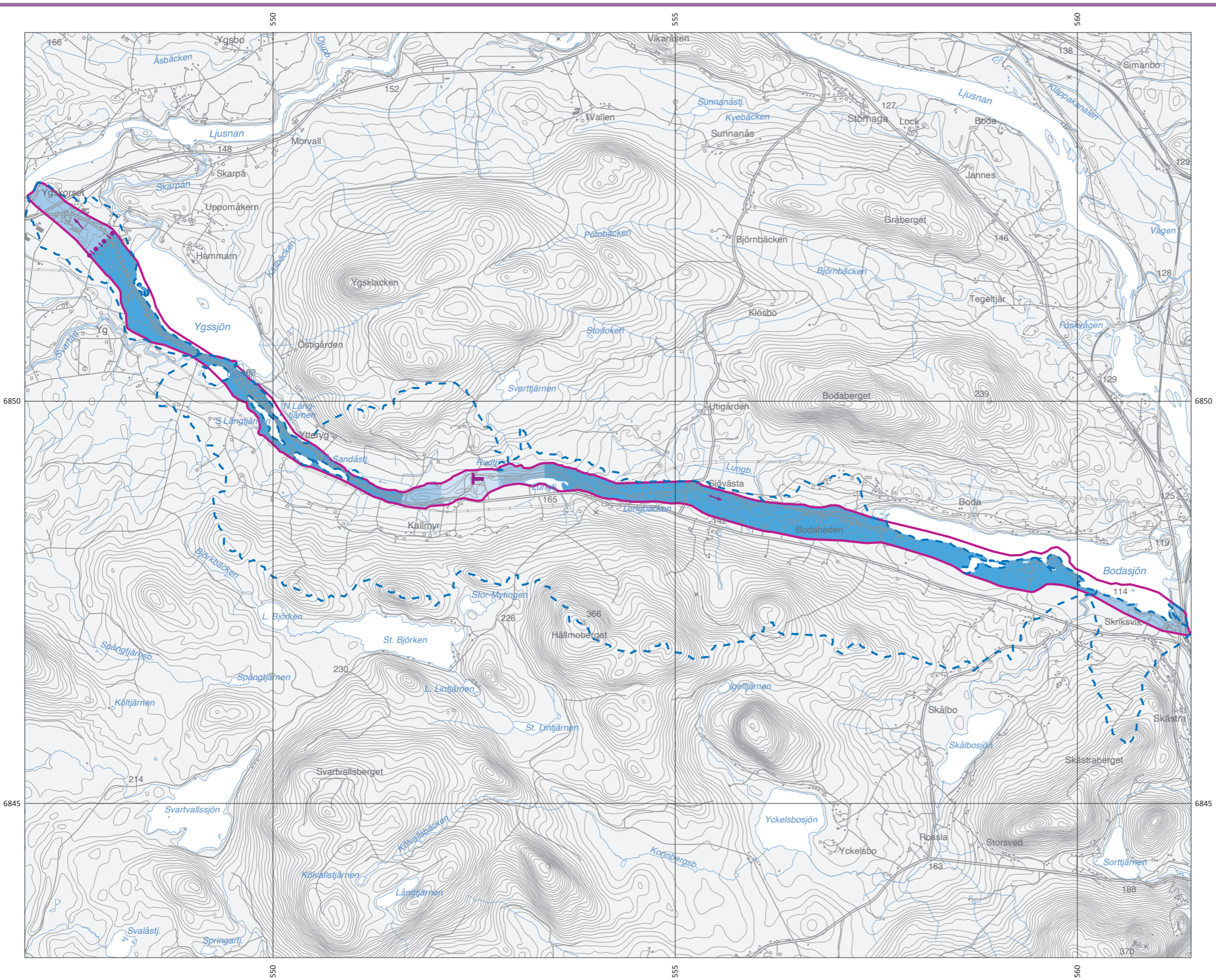
Kartans geologiska information finns digitalt lagrad vid SGU.
Topografiskt underlag: Ur Terrängkartan. © Lantmäteriet.



Huvudkontor/Head Office:

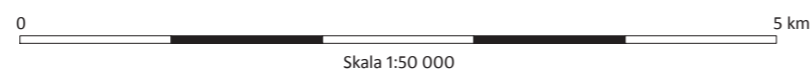
Box 670
Besök/Visit: Villavägen 18
SE-751 28 Uppsala
Sweden

Tel: +46(0) 18 17 90 00
E-post: sgu@sgu.se
www.sgu.se






- Grundvattnets huvudrörelseriktning i jordlager
General direction of groundwater flow in Quaternary deposits
- Stalp, grundvattenflöde med brant gradient
Precipice, groundwater flow with steep gradient
- Rörlig grundvattendelare
Variable groundwater divide in Quaternary deposits
- Grundvattenmagasinet avgränsning
Delineation of groundwater reservoir
- Gräns för tillrinningsområde
Boundary of catchment area
- Bedömd uttagsmöjlighet ur grundvattenmagasinet 1–5 l/s
Estimated exploitation potential in the order of 1–5 l/s
- Bedömd uttagsmöjlighet ur grundvattenmagasinet 5–25 l/s
Estimated exploitation potential in the order of 5–25 l/s
- Bedömd uttagsmöjlighet ur grundvattenmagasinet 25–125 l/s
Estimated exploitation potential in the order of 25–125 l/s

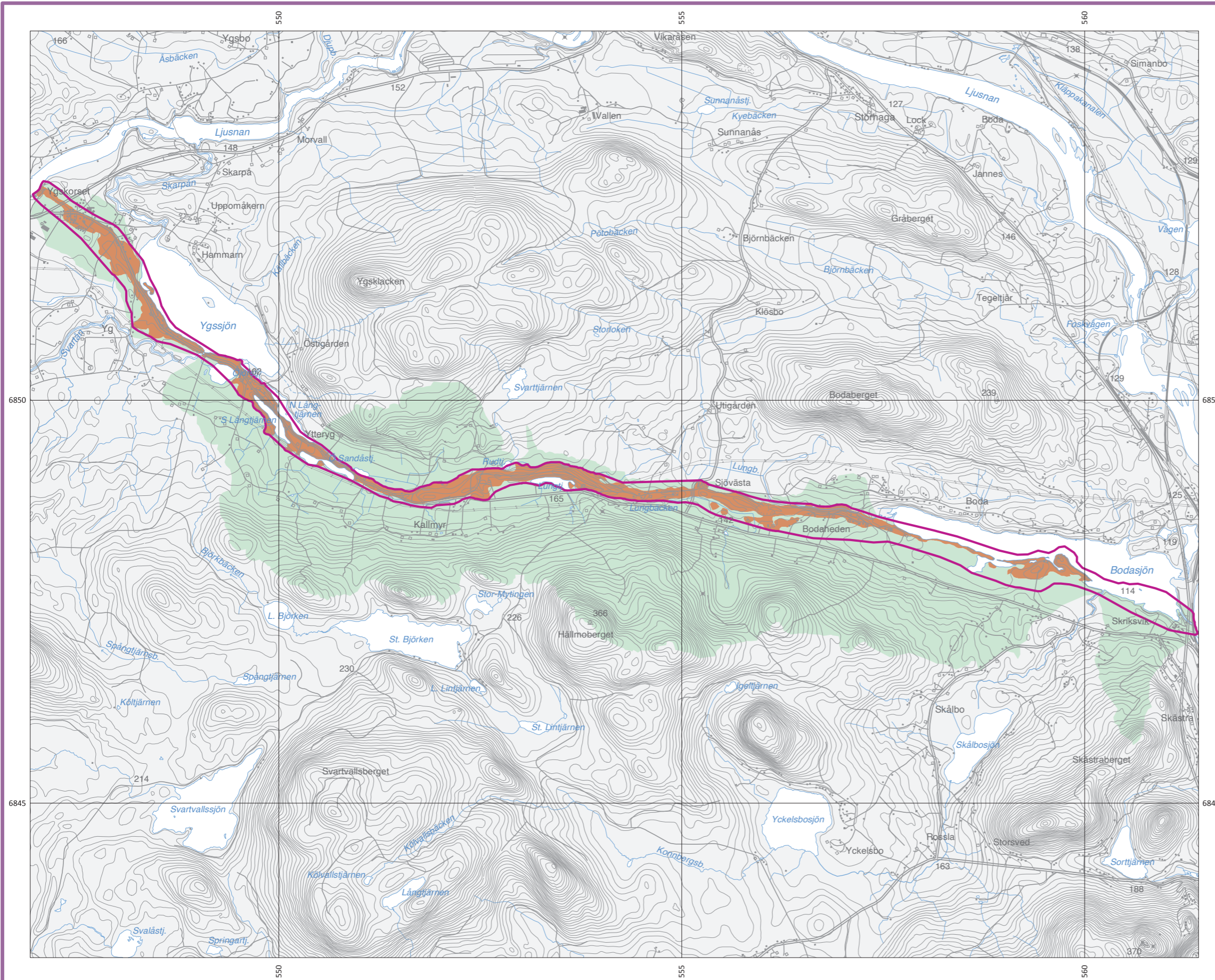
Kartans geologiska information finns digitalt lagrad vid SGU.
Topografiskt underlag: Ur Terrängkartan. © Lantmäteriet.



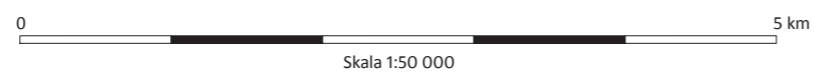
Huvudkontor/Head Office:
Box 670
Besök/Visit: Villavägen 18
SE-751 28 Uppsala
Sweden
Tel: +46(0) 18 17 90 00
E-post: sgu@sgu.se
www.sgu.se

-  Grundvattenmagasinet avgränsning
Delineation of groundwater reservoir
-  Primärt tillrinningsområde
Catchment area (primary)
-  Tertiärt tillrinningsområde
Catchment area (tertiary)

För förklaring av tillrinningsområden se bilaga 6.



Kartans geologiska information finns digitalt lagrad vid SGU.
Topografiskt underlag: Ur Terrängkartan. © Lantmäteriet.



Huvudkontor/Head Office:
Box 670
Besök/Visit: Villavägen 18
SE-751 28 Uppsala
Sweden
Tel: +46(0) 18 17 90 00
E-post: sgu@sgu.se
www.sgu.se

BILAGA 5

Exempel på lagerföljder

Koordinater i SWEREF 99TM, höjder anges i RH 2000 om inget annat anges.
Borrningarna redovisas från väster till öster.

Namn: Rör nr 2A

Utförare: Orrje & Co

Databas-id: KBN2020061208

Typ: Rördrivning

Koordinater: N 6 852 596, E 547 048

0–6,0 m sand

6,0–13,0 m hård lerig mjäla

13,0–15,5 m grusig sand (relativt god genomsläpplighet)

Avslut är inte bedömt.

Namn: Rör nr 1A

Utförare: Orrje & Co

Databas-id: KBN2020061207

Typ: Rördrivning

Koordinater: N 6 852 569, E 547 109

0–5,5 m sand

5,5–17,5 m lera

17,5–20,0 m sand

20,0–22,0 m grovt grus (god vattenföring)

Kan fortsätta.

Kommentar: Lagerföljd tolkad från skiss och text.

Namn: BMW181009

Utförare: SGU

Databas-id: CDT2018100303

Typ: Sondering/rördrivning

Koordinater: N 6 850 194, E 549 712

0–3,0 m grovsandig sand

3,0–5,0 m fingrusig sand

5,0–6,0 m grusig sand

6,0–10,0 m grusig grovsand

10,0–30,3 m stenigt grus

Avslut mot block eller berg.

Namn: 906095120

Utförare: Järvsö borr AB

Databas-id: 906095120

Typ: Energibrunn

Koordinater: N 6 849 670, E 550 125

0–54 m sand

Kan fortsätta.

Kommentar: Stabil grundvattennivå 7 m under markytan, 2006-03-29.

Vattenmängd 15 000–20 000 liter/timme, dvs. cirka 4–5,5 liter/sekund.

Namn: BMW181010

Utförare: SGU

Databas-id: CDT2018100304

Typ: Sondering/rördrivning

Koordinater: N 6 848 792, E 551 680

0–6,0 m grusig grovsand

6,0–19,3 m grovsand

Avslut sannolikt mot berg.

Namn: BMW181012

Utförare: SGU

Databas-id: HMI2018103103

Typ: Sondering

Koordinater: N 6 848 959, E 552 370

0–1,0 m grus

1,0–19,7 m morän

Avslut sannolikt mot berg.

Namn: BMW181004

Utförare: SGU

Databas-id: CDT2018100305

Typ: Sondering/rördrivning

Koordinater: N 6 849 035, E 553 931

0–1,0 m sandig grovsand

1,0–2,0 m grusig sand

2,0–22,3 m stenigt grus

Avslut sannolikt mot berg.

Namn: BMW181001

Utförare: SGU

Databas-id: CDT2018100306

Typ: Sondering/rördrivning

Koordinater: N 6 848 573, E 557 124

0–1,0 m sandig grovsand

1,0–4,0 m sand

4,0–10,0 m grusig sand

10,0–19,8 m stenigt grus

Avslut mot block eller berg.

Namn: BMW181002

Utförare: SGU

Databas-id: CDT2018100202

Typ: Sondering/rördrivning

Koordinater: N 6 848 005, E 559 261

0–1,0 m silt

1,0–2,0 m stenigt grus

2,0–16,0 m sandigt grus

16,0–40,6 m stenigt grus

Stopp mot berg.

Namn: BMW181007

Utförare: SGU

Databas-id: CDT2018100203

Typ: Sondering/rördrivning

Koordinater: N 6 847 363, E 560 918

0–2,0 m stenigt grus

2,0–5,5 m finsand

5,5–16,0 m siltig finsand

16,0–26,0 m finsandig sand

26,0–32,6 m sand-block (friktionsjord)

Avslut mot block eller berg.

Namn: BMW181006

Utförare: SGU

Databas-id: HMI2018103001

Typ: Sondering

Koordinater: N 6 846 756, E 561 388

0–6,7 m siltig finsand

6,7–8,6 m siltig finsand

8,6–16,0 m sandig grovsilt

16,0–18,3 m silt

18,3–23,5 m sand-block (friktionsjord,
ospecificerat)

Avslut sannolikt mot berg.

BILAGA 6

Primära, sekundära och tertiära tillrinningsområden

Tillrinningsområde

Tillrinningsområdet till ett grundvattenmagasin är det område eller de områden varifrån nederbörd eller annat vatten kan rinna mot och tillföras magasinet. Tillrinningsområdets yttre gräns är ofta även gräns för det avrinningsområde (eller de avrinningsområden) som magasinet ligger inom.

I de fall mindre sjöar eller vattendrag ansluter till grundvattenmagasinet, ingår normalt hela deras avrinningsområden i magasinets tillrinningsområde. Stora avrinningsområden till anslutande sjöar och vattendrag inkluderas inte.

Tillrinningsområdet kan delas upp i primära, sekundära och tertiära delar, bl.a. beroende på om hela eller endast en del av den potentiella grundvattenbildningen kan tillföras magasinet.

Primärt tillrinningsområde	Den del av tillrinningsområdet där grundvattenmagasinet (den grundvattenförande formationen) går i dagen och hela eller den helt dominerande delen av den potentiella grundvattenbildningen tillförs magasinet.
Sekundärt tillrinningsområde	De delar av tillrinningsområdet utanför grundvattenmagasinet varifrån merparten av den potentiella grundvattenbildningen tillförs magasinet och dränerande ytvattendrag saknas.
Tertiärt tillrinningsområde	Del eller de delar av tillrinningsområdet till ett grundvattenmagasin varifrån kontinuerlig ytvattendränning sker och där vanligen endast en mindre del av den potentiella grundvattenbildningen tillförs magasinet. Till det tertiära tillrinningsområdet räknas även markområden ovan eller vid sidan av grundvattenmagasinet, varifrån läckage av vatten till magasinet sker eller bedöms kunna ske under särskilda betingelser (avsänkning av grundvattennivån eller punktering av tätande lager genom markarbeten eller dylikt).

BILAGA 7

Övergripande förutsättningar avseende provpunkter och analyser

Grundläggande information avseende aktuella provpunkter

Provpunkt	Provtagningsplats	Översiktliga hydrogeologiska förhållanden	Markanvändning	Intagsdjup prov (m u.m.y.)	Omättade zonens mäktighet (m)
Rör nr 1A	Grundvattenrör	Grovt grus, slutna förhållanden, utströmningsområde	Okänt	22	10–15
Rör nr 2A	Grundvattenrör	Grusig sand, slutna förhållanden, utströmningsområde	Okänt	15,5	okänt
BMW181002	Grundvattenrör	Stenigt grus, öppna förhållanden, inströmningsområde	Skog	13,4	ca 6
Pb1901	Pumpbrunn	Sand/grus, öppna förhållanden, inströmningsområde	Skog	ca 10–15	ca 2,5

Grundläggande information avseende tillgängliga analyser per provpunkt

Provpunkt	Antal prov	Tidpunkt	Referens/databas	Anmärkning
Rör nr 1A	1	feb 1954	SGU:s databaser	Provtagning i samband med provpumpning
Rör nr 2A	1	feb 1954	SGU:s databaser	Provtagning i samband med provpumpning
BMW181002	1	okt 2018	SGU:s databaser	Provtaget av SGU
Pb1901	17	jan–aug 2020	Sweco 2021	Provtagning i samband med provpumpning

BILAGA 8

Allmän beskrivning av grundvattnets kemiska sammansättning

Variationen i olika ämnens halter kan vara stor både inom ett enskilt grundvattenmagasin och mellan närliggande grundvattenmagasin. Speciellt viktiga aspekter att beakta är magasinets och tillrinningsområdets geologiska uppbyggnad, markanvändning och geokemiska sammansättning, samt grundvattnets uppehållstid.

Grundvattnets kemiska sammansättning styrs av nederbördens egenskaper och de processer som vattnet har utsatts för, på sin väg genom marken ner till grundvattnet. Särskilt viktig är den biologiska omsättningen av olika ämnen. Jonkoncentrationen ökar genom avdunstningen i de övre marklagren. Förändringar i jonsammansättningen sker genom att joner i det ned-sipprande vattnet byts ut mot joner som är bundna till markpartiklar, s.k. jonbyte, och genom sönderdelning av mineral, s.k. vittring. Jonbytesprocessen är speciellt intensiv när vattnet är i kontakt med organiskt material och lerpartiklar som har stor kontaktyta. Intensiteten av vittringen är främst beroende av mineralens vittringsbenägenhet och kontaktytan mellan vatten och mineral. Vittringen ”drivs” under naturliga förutsättningar av humussyror och kolsyra som bildas genom nedbrytning av växtrester. Vätejoner förbrukas vid vittringen varvid pH ökar. Genom förbränning av fossila bränslen tillfördes nederbörden under andra halvan av 1900-talet svavelsyra, som bidrog till ökad sulfathalt och tillskott av vätejoner som bidrar till ökad vittring. Nedfallet av svavel är nu en bråkdel av tidigare nivåer men viss påverkan kvarstår i marklager och grundvatten. Även nedfallet av kväve från förbränning och djurhållning har varit betydande under denna period. Även detta har minskat men framför allt södra Sverige utsätts fortfarande för en betydande atmosfärisk kvävetillförsel. Detta kväve tas dock normalt upp av växtlighet och tillförs vanligen inte grundvattnet.

Kalcit är det mest lättvittrade mineralet. Kalkhaltiga jord- och bergarter har mycket stor betydelse för grundvattnets kemiska sammansättning i områden med kalkberggrund. I övriga områden kan andra relativt lättvittrade mineral, som i allmänhet innehåller stor andel kalcium och magnesium, i kombination med finkorniga jordarter och lång uppehållstid ge grundvattnet hög totalhårdhet, liksom hög elektrisk konduktivitet som är ett mått på den totala halten lösta salter. Vid normal kolsyrevittring bildas lika mycket kalcium och magnesium som vätekarbonat. Alkaliniteten, som är ett mått på grundvattnets förmåga att motstå försurning, utgörs inom de normala pH-intervallen av vätekarbonat.

Grundvattnets surhet, vätejonkoncentrationen, anges som pH. Låga pH-värden kan bero på effekter av den sura nederbörden, men kan också ha naturliga orsaker. Ett ytligt grundvatten som är naturligt surt p.g.a. hög halt humussyror eller högt koldioxidtryck kanske aldrig hinner neutraliseras under sin uppehållstid i det grundvattenförande lagret.

Sulfatjoner som tillförs grundvatten från nederbörden har både mänskligt och marint ursprung. Kraftigt förhöjda halter i grundvatten har dock i allmänhet geologiskt ursprung och är då ett resultat av oxidation av sulfider. I vissa delar av landet (exempelvis Mälardalen) kan höga sulfathalter kopplas till dränering av gyttejeleror.

Fluoridhalten i grundvatten är beroende av berggrundens geokemiska sammansättning. Bergberrade brunnar belägna i områden med pegmatiter och vissa yngre graniter har ofta relativt höga fluoridhalter i vattnet. Jordbrunnar har generellt sett låga halter.

Grundvattnets kloridhalt beror storskaligt på det geografiska läget. Nederbörden bidrar med högre kloridmängder i sydvästra Sverige än på andra håll i landet p.g.a. det marina inflytandet. I delar av Sverige som tidigare har varit täckta av hav kan salt vatten finnas kvar i både jordlager och berggrund och ge höga kloridhalter i grundvattnet. Detta gäller även bergarter

som bildats i hav. Inträngning från hav är en vanlig orsak till höga kloridhalter i strandnära brunnar. Mänskliga påverkanskällor är vägsalt, avloppsinfiltration, soptippar m.m.

Höga nitrathalter beror praktiskt taget enbart på mänsklig påverkan. Problem med höga halter i grundvatten förekommer i jordbruksområden med genomsläppliga jordar, särskilt i jordgrundvatten. Även avloppsinfiltration kan bidra till förhöjda nitrathalter.

Variationerna i järn- och manganhalter kan vara stora, både mellan mycket närbelägna platser och med djupet i ett och samma borrhål. Detta beror på varierande redoxpotential och syreförhållanden. Järn och mangan går i lösning under syrefria förhållanden. Metallerna kan sedan fällas ut i markpartier med högre syrehalt. Detta kan man se tydligt, t.ex. i många grustag där vissa mycket väl avgränsade lager kan vara starkt rostfärgade av järnutfällningar eller svartfärgade av manganutfällningar. Av denna anledning bör analysresultat gällande dessa parametrar tolkas med särskild försiktighet.