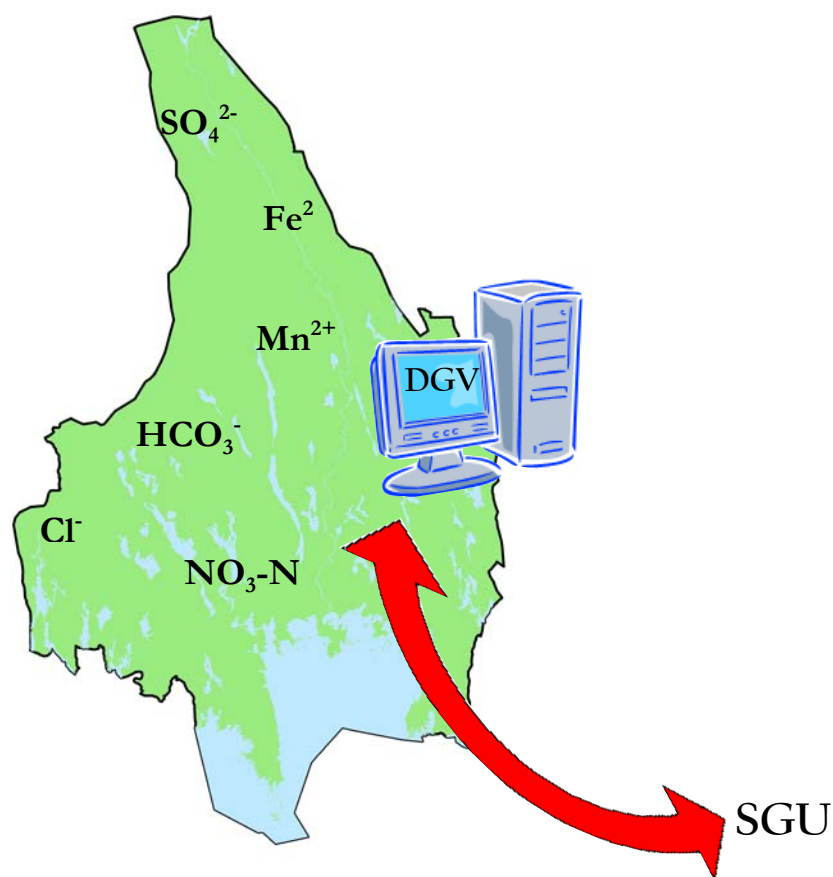


Vattenkvalitet i grundvattentäkter i tio värmländska kommuner

Utvärdering med utgångspunkt från SGU:s databas DGV



Titel: Vattenkvalitet i grundvattentäkter i tio värmäländska kommuner. Utvärdering med utgångspunkt från SGU:s databas DGV. Rapport 2007:4.

Omslagsbild: Bakgrundskarta copyright Lantmäteriverket 2007, dnr 106-2004/188.

Länsstyrelsens tryckeri, Karlstad 2007.

Vattenkvalitet i grundvattentäcker i tio varmländska kommuner

Utvärdering med utgångspunkt från SGU:s databas DGV

av

Annika Lindblad

Karlstad februari 2007

FÖRORD

Grundvatten av god kvalitet är ett av 16 nationella miljökvalitetsmål som Riksdagen har beslutat om och som ska vara uppfyllt till år 2020. Länsstyrelsen har regionaliserat de olika delmålen och verkar för att dessa ska nås i Värmlands län. Grundvattentillgången och grundvattenkvaliteten bedöms generellt vara god i länet, även om kunskapen behöver utökas för att ge en bättre helhetsbild. Undersökningar i allmänna grundvattentäkter är viktiga att följa upp eftersom de ofta representerar stora grundvattenakvifärer. Grundvattentäkter förekommer dessutom frekvent i länet vilket bidrar till en yttäckande bild.

Som miljömålsansvarig myndighet för Grundvatten av god kvalitet håller SGU på att ta fram en Databas för Grundvattenförekomster och Vattentäkter (DGV) där administrativa och vattenkemiska uppgifter från större allmänna vattentäkter samlas. Denna databas är ett viktigt kunskapsunderlag för det svenska miljömålsarbetet och arbetet med ramdirektivet för vatten. Under hösten 2006 genomfördes ett utvärderingsprojekt vid Länsstyrelsen i Värmlands län för att testa hur användbar databasen är för att ta fram både administrativa och vattenkemiska uppgifter och för att se vilken nytta länsstyrelser och kommuner kan ha av databasen. Som en del i denna utvärdering analyserades vattenkvaliteten i de värmländska grundvattentäkter som fanns inrapporterade i databasen hösten 2006.

Projektet har finansierats med projektmedel inom miljömålsuppföljningen. Databearbetning och rapportskrivning har utförts av Annika Lindblad. Flera av de värmländska kommunerna har bidragit med underlag och kompletteringar till informationen i databasen. SGU, främst genom Lars-Ove Lång, har varit behjälplig i utvärderingsarbetet. Alla ovan nämnda tackas för värdefulla insatser!

Lena Åkerblom
Projektledare

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	3
BAKGRUND	5
MILJÖMÅL OCH VATTENDIREKTIVET	5
DATABASEN DGV	5
VÄRMLANDS FÖRUTSÄTTNINGAR	5
Allmänna grundvattentäkter	5
Geologi	6
Jordarter	6
SYFTE	6
AVGRÄNSNINGAR	6
METOD	7
INDELNING I TYPOMRÅDEN OCH DJUP	7
Indelning i geografisk region	7
Indelning i grundvattenmiljö	8
Indelning efter djup	9
UTVÄRDERING AV VATTENKEMISKA PARAMETRAR	9
Alkalinitet	9
Utvärdering av nitratkvävehalt	10
Utvärdering av klorid	11
Utvärdering av redox-potential	11
Vägningsindex – avvikelsetest	11
VATTENKEMISKA RESULTAT	13
GRUNDVATTEN I KRISTALLIN BERGGRUND	13
Djupa brunnar under HK	13
Grunda brunnar under HK	14
Djupa brunnar över HK	14
GRUNDVATTEN I ISÄLVSAVLAGRING	16
Djupa brunnar under HK	16
Grunda brunnar under HK	17
GRUNDVATTEN I SLUTEN AKVIFÄR	19
Djupa brunnar	19
Grunda brunnar	19
SLUTSATSER	22
REFERENSER	23
BILAGA 1. UTVÄRDERING AV DGVS ANVÄNDBARHET	25
BILAGA 2. UNDERLAGSTABELLER FÖR RESULTATUTVÄRDERING	29
BILAGA 3. TILLSTÅNDSDIAGRAM	37
BILAGA 4. TILLSTÅNDSKARTOR	45

SAMMANFATTNING

Det nationella miljökvalitetsmålet Grundvatten av god kvalitet, syftar till att säkra tillgången på grundvatten av god kvalitet i tillräcklig mängd för samhällets behov. Inrättandet av vattenskyddsområden samt övervakning av vattenkvaliteten genom kemiska analyser är hjälpmedel som används för att nå de uppsatta målen.

Syftet med projektet är att utvärdera användbarheten av SGUs databas för grundvattenförekomster och vattentäkter, DGV, för länsstyrelser och kommuner. Ett annat syfte är att bedöma och analysera grundvattenkvaliteten i Värmlands läns kommunala grundvattentäkter med DGV som utgångspunkt.

Bedömningen av grundvattenkvaliteten utfördes så långt som möjligt i enlighet med Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för grundvatten. De kemiska parametrarna alkalinitet, nitratkväve, klorid och redox-potential bedömdes för grundvattenmiljöerna; kristallin berggrund, isälvsavlagring och slutna akvifär.

Brunnar belägna i kristallin berggrund bedömdes generellt hålla en god kvalitet med avseende på de analyserade parametrarna. Undantaget var redox-potentialen som i flera fall bedömdes vara låg.

Den vattenkemiska kvaliteten för brunnar belägna i isälvsavlagring var god med avseende på nitratkväve och klorid. Alkaliniteten var otillräcklig i majoriteten av brunnarna. En påtaglig till stark påverkan av försurningsbelastning mätt som sulfathalt identifierades. För brunnarna belägna i isälvsavlagring varierade redox-potentialen kraftigt. Cirka hälften av brunnarna fanns ha en hög redox-potential medan en stor del av de resterande brunnarna hade en mycket låg redox-potential eller var blandvatten, det vill säga vatten som inte befinner sig i kemisk jämvikt.

De få brunnar som återfanns i slutna akvifärer uppvisade generellt en måttligt god vattenkemisk kvalitet. Undantaget var redox-potentialen som var god. Majoriteten av brunnarna var påtagligt till starkt påverkade av försurningsbelastning mätt som sulfathalt.

BAKGRUND

Miljömål och vattendirektivet

Grundvatten av god kvalitet är ett av 16 nationella miljökvalitetsmål som Riksdagen har beslutat om och som ska vara uppfyllt till år 2020. Miljökvalitetsmålet syftar till att säkra tillgång på grundvatten av god kvalitet och i tillräcklig mängd för samhällets totala behov. Delmål tre handlar om att större grundvattentäkter för dricksvatten ska ha god dricksvattenkvalitet. För att säkra detta bör vattenskyddsområden inrättas vid dricksvattentäkter och vattnets kvalitet bör kontinuerligt följas genom vattenkemiska analyser.

Även EU:s ramdirektiv för vatten, som trädde i kraft år 2000 (2000/60/EG), syftar till att säkra såväl grundvatten som ytvatten av god status. I direktivet och den svenska förordningen om förvaltningen av kvaliteten på vattenmiljön (SFS 2004:660) sägs att större vattenförekomster som används för uttag av dricksvatten ska skyddas genom vattenskyddsområden eller annat skydd samt att vattenkvaliteten ska övervakas.

Databasen DGV

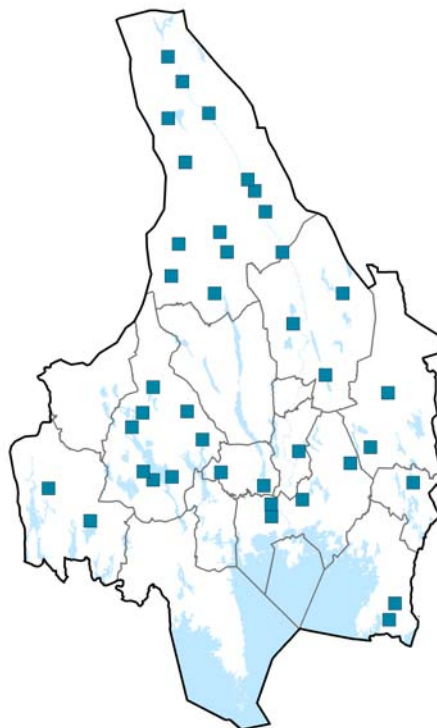
Sveriges Geologiska Undersökning, SGU, arbetar med att bygga upp en nationell databas för grundvattenförekomster och vattentäkter, DGV. Framtagandet av DGV syftar till att genom en enhetlig datalagring och hantering av vattenkemiska analyser underlätta vid uppföljning och utveckling av delmålen inom miljökvalitetsmålet Grundvatten av god kvalitet. DGV syftar även till att utgöra underlag till trendanalyser på en nationell, regional och lokal nivå. Informationen i DGV innefattar grundläggande information om allmänna och övriga vattentäkter som producerar mer än 10 m³/dygn eller försörjer fler än 50 personer, samt vattenkemiska analyser (SGU, 2006).

Värmlands förutsättningar

Allmänna grundvattentäkter

I Värmlands län finns för närvarande cirka 70 kommunala grundvattentäkter och 12 kommunala ytvattentäkter som uppfyller storlekskravet för att registreras i DGV. Sex av grundvattentäktarna har förstärkt grundvattenbildning genom infiltration. Totalt har 41 vattentäkter skyddsområde varav 27 avser grundvatten utan konstgjord infiltration. 16 vattenskyddsområden är fastställda år 1990 eller senare och av dem avser endast sex grundvattentäkter.

De grundvattentäkter som legat till grund för utvärderingen återfinns i figur 1.



Figur 1. Översikt av undersökta grundvattentäkter.
Copyright Lantmäteriverket 2007, dnr106-2004/188

Geologi

Huvuddelen av Värmlands berggrund utgörs av graniter och besläktade bergarter, som ofta är förgnejsade. Bergarterna är generellt svårnedbrytbara och känsliga mot försurning (Lundegårdh, 1995). Bergrunden i Värmland är indelad i tre zoner: västra, centrala och östra (Figur 2). De västra delarna utgörs till stora delar av granodioriter, tonaliter och kvartsdioriter (Lindh, 1998). De centrala delarna består av gnejsgranit och granodiorit. I östra delen är röd eller rödgrå granit de vanligaste bergarterna. (Lundegårdh, 1995)



Figur 2. Berggrundskarta över Värmlands län. Copyright SGU

Jordarter

I Värmland är morän den vanligast förekommande jordarten. Under högsta kustlinjen, HK, förekommer även en stor del lera. I västra Värmland återfinns mycket kalt berg eller berg med tunt jordtäckje. Längs klarälvdalen dominerar sand och grus. Stråk av isälvsavlagringar förekommer i hela länet (SGU 1958).

Syfte

Projektet syftar till att utvärdera SGUs databas DGVs användbarhet för länsstyrelser och kommuner. Projektet syftar även till att med hjälp av DGV analysera och bedöma den kemiska grundvattenkvaliteten i Värmlands läns kommunala grundvattentäkter. Projektet utgör en viktig kunskapsgrund i arbetet med både de nationella miljökvalitetsmålen samt ramdirektivet för vatten, eftersom projektet både ger en administrativ sammanställning av Värmlands läns grundvattentäkter i en uppdateringsbar databas och en vattenkemisk utvärdering av vattenkvaliteten i grundvattnet.

Avgränsningar

Endast grundvattentäkter, utan konstgjord grundvattenbildning genom infiltration, registrerade i DGV har legat till grund för utvärderingen. Kommunerna Hagfors och Storfors hade endast vattentäkter registrerade i DGV men Länsstyrelsen har i dessa fall erhållit vattenkemiska data direkt från kommunerna. Vid tidpunkten för datauttag ur DGV hade 10 av totalt 16 värmländska kommuner rapporterat in till DGV. Två kommuner, Munkfors och Hammarö, saknar egen kommunal vattenproduktion och köper in vatten från grannkommunerna Hagfors respektive Karlstad. Det gör att analys av grundvattnet i dessa kommuner inte faller inom ramen för projektet. Kommunerna Eda, Sunne, Grums och Säffle hade i november 2006 inte rapporterat in vattenkemiska data till DGV eller till länsstyrelsen. Dessa kommuner har därför inte kunnat vara med i bedömningen. Två av Karlstads kommunala vattentäkter administreras av Karlstads-Grums Vattenverksförbund och var inte inrapporterade i DGV. Totalt har 43 brunnar i 10 kommuner legat till grund för bedömningen.

METOD

Utvärderingen av DGVs användbarhet för länsstyrelser och kommuner gjordes inom två huvudområden. I det första området undersöktes möjligheten att få fram administrativa uppgifter såsom; vilka vattentäkter som har skyddsområde (och/eller vattendom) och vilka riskobjekt som finns i anslutning till de olika grundvattentäkterna. Det andra området som undersöktes var användbarheten av DGV för vattenkemiska analyser. Det gjordes utifrån ett antal frågeställningar bland annat vilken tillstånds- och avvikelseklass en grundvattentäkt hör. En utförlig redogörelse för utvärderingen återfinns i Bilaga 1.

Bedömningen av grundvattenkvaliteten i Värmlands län utfördes så långt som möjligt i enlighet med Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för grundvatten (Naturvårdsverket 1999). Parameterurval för utvärdering styrdes av tillgången på råvattendata för grundvattentäkter utan infiltration i DGV. De parametrar som bedömts är; alkalinitet, alkalinitet i förhållande till förurningsbelastningen mätt som sulfathalt, nitratkväve, klorid och redox-potential.

Indelning i typområden och djup

För att kunna utvärdera vattenkemiska data för grundvattentäkterna gjordes en indelning i typområden efter geografisk region och grundvattenmiljö i enlighet med Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för grundvatten (Naturvårdsverket 1999).

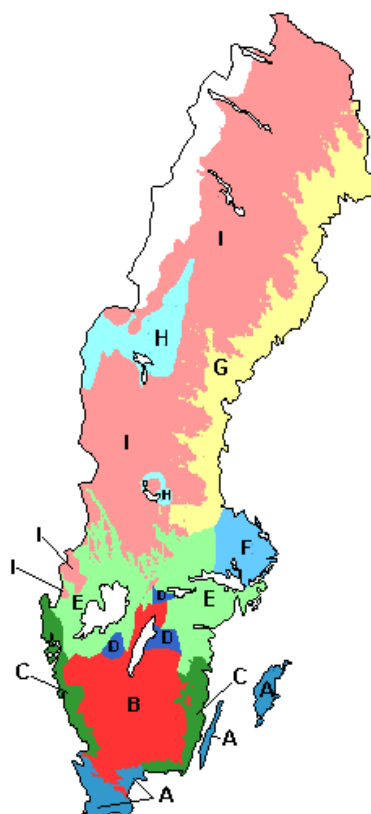
Indelning i geografisk region

Sverige är av SGU indelat i nio geografiska regioner med avseende på likartade storskaliga naturförutsättningar vad gäller berggrund, hydrologi samt om landet ligger över eller under högsta kustlinjen, HK (Figur 3, Naturvårdsverket 1999). I Värmland finns två av de geografiska regionerna representerade; Mellansvenska sänkan under HK, E,

och Urbergsområde inom Norrlandsterrängen ovanför HK, I (Naturvårdsverket 1999). Vilken geografisk region en grundvattentäkt tillhör bestämdes med hjälp av kartmaterial.

E - Mellansvenska sänkan

Mellansvenska sänkan utgörs av områden runt de stora mellansvenska sjöarna och ligger under HK. Området karakteriseras av svårvittrade berg- och jordarter. Läget under HK gör att även leror samt andra finkorniga jordarter förekommer, vilka kan öka motståndskraften mot förurning. Höga halter av klorid förekommer i kustnära områden samt från relict havsvatten i berggrund och jordlager (Naturvårdsverket 1999). Majoriteten av Värmlands kommunala grundvattentäkter ligger i den här geografiska regionen och kategoriseras som under HK.



Figur 3. Sveriges nio geografiska regioner (Källa Naturvårdsverket 2007).

I - Urbergsområden inom Norrlandsterrängen ovanför HK

Den geografiska regionen urbergsområde inom norrlandsterrängen ovanför HK, utmärks av relativt svårvittrade berg- och jordarter med låg motståndskraft mot förurning i kombination med låg deposition (Naturvårdsverket 1999). Få av Värmlands läns kommunala vattentäkter återfinns här och kategoriseras som över HK.

Indelning i grundvattenmiljö

Den kemiska sammansättningen hos ett grundvatten bestäms av nederbördens kemi, vattnets kontakttid med material i marken, organiskt såväl som oorganiskt, berg- och jordarternas geokemiska sammansättning samt olika typer av geologiska lagerföljder på platsen. Mot bakgrund av detta har fem grundvattenmiljöer vilka väntas leda till olika kemisk sammansättning hos grundvattnet tagits fram (Naturvårdsverket 1999). De olika grundvattenmiljöerna är;

- kristallin berggrund
- sedimentär berggrund
- morän och svallsediment
- isälvsavlagringar
- morän och isälvsmaterial under lera eller andra kohesionsjordar

De kommunala grundvattentäkterna i Värmland återfanns i tre av de ovan nämnda miljöerna. I vilken grundvattenmiljö en vattentäkt ligger avgjordes med hjälp av kartmaterial samt kommunikation med de berörda kommunerna i oklara fall. De grundvattentäkter som var belägna i både jord och berg undersöktes inte eftersom de har blandat vatten från två grundvattenmiljöer. De grundvattenmiljöer som fanns representerade i de värmländska grundvattentäkterna i DGV är:

1 – Kristallin berggrund

I grundvattenmiljön kristallin berggrund kan berget vara bart eller täckt av jord. Den kristallina berggrunden domineras av graniter och gnejser. Grundvattenbildningen sker i

sprickor i berget eller i de överliggande jordlagren. Omsättningen av grundvatten är långsam vid opåverkade förhållanden, med inflöde i höjdparter och utflöde i sänkor. Karaktäristiskt för grundvatten i denna miljö är en relativt hög alkalinitet och en låg järnhalt. Reducerande förhållanden på stora djup leder ofta till högre järnhalter. Även stora grundvattenuttag där grundvattenbildning från torvområden induceras kan leda till höga järnhalter (Naturvårdsverket 1999). Närmare hälften av de undersökta brunnarna var belägna i kristallin berggrund.

4 – Isälvsavlagringar

Med grundvattenmiljön isälvsavlagringar avses öppna akvifärer i isälvsavlagringar. Isälvsavlagringar består av sand och grus med varierande mäktighet. Till miljön räknas även issjösediment samt grunda älvsediment. Grundvattenytan kan ligga långt under markytan eftersom grovkorniga jordarter effektivt leder bort nybildat grundvatten. Trots att grundvattnet är relativt rörligt är uppehållstiden ofta lång. Kalcium- och magnesiumhalter beror på bergartsinnehållet och järnhalterna beror på om grundvattnet bildas i en reducerad miljö (Naturvårdsverket 1999). Brunnar i grovmo, sand och grus längs klarälvdalen ansågs tillhöra grundvattenmiljön isälvsavlagringar. Till grundvattenmiljön hör nästan hälften de undersökta brunnarna.

5 – Morän och isälvsmaterial under lera och andra kohesionsjordarter

Grundvattenmiljön morän och isälvsmaterial under lera och andra kohesionsjordar avser slutna akvifärer där den överlagrande lerans mäktighet kan variera. Miljön ligger i lågområden och dalgångar där grundvattenbildningen sker i omgivande höjdområden. I slutna akvifärer är uppehållstiden ofta lång. Den långa uppehållstiden i kombination med närvaro av finsediment, vilken ofta har en hög kalkhalt, leder ofta till välbuffrade vatten med en hög halt av baskatjoner. I slutna akvifärer råder ofta syrefria förhållanden vilket innebär höga halter av järn och mangan (Naturvårdsverket 1999). Endast ett

fåtal av de varmländska kommunala grundvattentäkterna hör till grundvattenmiljön.

Indelning efter djup

Den tid under vilken vatten är i kontakt med mineral, det vill säga den tid under vilken vattnet befinner sig i marken, har stor betydelse för det kemiska jonbytet mellan vatten och mineral och därmed vattnets kemiska sammansättning. I grunda akvifärer är koncentrationerna av lösta salter samt pH ofta lägre än i djupa akvifärer. De olika typområdena har, för att kunna representera kort respektive lång kontakttid mellan vatten och mineral, delats upp i ytterligare i två kategorier efter om de ansågs vara djupa, d, eller grunda, g se tabell 9-11 i bilaga 2 (Naturvårdsverket 1999).

Utifrån geografisk region, grundvattenmiljö och djup har de undersökta kommunala grundvattentäkterna typindelats enligt Tabell 1. I de fall en grundvattentäkt har haft fler än en brunn har ett medelbrunnsdjup beräknats. Även om djupet på brunnarna i en grundvattentäkt har varierat så har variationen i samtliga fall varit sådan att brunnarna tillhört samma kategori med avseende på djup.

Tabell 1. Översikt av typområden och djup samt antalet brunnar i de olika områdena som ingår i undersökningen

Typindelning	Antal vattentäkter
Kristallin berggrund under HK, djup brunn (E1d)	11
Kristallin berggrund under HK, grund brunn (E1g)	4
Kristallin berggrund över HK, djup brunn (I1d)	3
Isälvsavlagring under HK, djup brunn (E4d)	16
Isälvsavlagring under HK, grund brunn (E4g)	2
Sluten akvifär, djup brunn (E5d)	2
Sluten akvifär, grund brunn (E5g)	1

Utvärdering av vattenkemiska parametrar

Analysen av de kemiska parametrarna grundar sig på 3-årsmedelvärden från 2001-2003 för alla grundvattentäkter där kemiska analyser finns inrapporterade. Att dessa år valts beror på att flest grundvattentäkter har data för dessa år. Ett fåtal analyser är gjorda utifrån 3-årsmedelvärden från 2004-2006 eftersom vattenkemiska data saknades i DGV. I dessa fall erhöles data direkt från kommunen. De grundvattentäkter där data erhöles direkt från kommunerna är; Vargtorpet, Skoga, Sunnemo och Gustavsfors.

Alkalinitet

Grundvattnets buffertkapacitet mättes genom alkaliniteten som vätekarbonat, HCO_3^- . (Naturvårdsverket 1999).

Bedömning av tillstånd

Indelningen i tillståndsklasser för alkalinitet gjordes enligt Tabell 2.

Tabell 2. Effektrelaterad tillståndsklassning med avseende på alkalinitet (Naturvårdsverket 1999)

Klass	Benämning	Alkalinitet (mg HCO_3/l)	Beskrivning
1	Mycket hög halt	≥ 180	Tillräcklig alkalinitet för att även i framtiden kunna bibehålla acceptabel pH-nivå
2	Hög halt	60-180	Otillräcklig alkalinitet för att i framtiden kunna ge en stabil och acceptabel pH-nivå i områden med hög deposition
3	Måttlig halt	30-60	Otillräcklig alkalinitet för att ge en stabil och acceptabel pH-nivå
4	Låg halt	30-10	Alkaliniteten ger oacceptabelt låg pH-nivå
5	Mycket låg halt	< 10	

Bedömning av risk för försurning

Grundvattnets kapacitet att motstå försurning bedömdes i förhållande till försurningsbelastningen. Som mått på försurningsbelastningen användes koncentrationen av sulfat i brunnen efter samråd med en SGU (Lewin-Pihlblad muntligen). För att bedöma försurningspåverkan jämfördes brunnens alkalinitet med dess sulfathalt räknat i mekv/l. Försurningspåverkan klassades enligt Tabell 3.

Tabell 3. Grundvattnets alkalinitet i förhållande till dess sulfatkoncentration (Naturvårdsverket 1999)

Klass	Benämning	Alkalinitet/Sulfat (mekv/l)
1	Ingen eller obetydlig påverkan	≥10
2	Måttlig påverkan	10-5
3	Påtaglig påverkan	5-2
4	Stark påverkan	2-1
5	Mycket stark påverkan	<1

Utvärdering av nitratkvävehaltBedömning av tillstånd

Grundvattnets tillstånd med avseende på kväve redovisas som nitratkväve (Naturvårdsverket 1999). Tillståndsklassningen sker enligt indelning i Tabell 4 med modifikation. De analyser av nitratkväve som har använts har lägsta detektionsgräns 1 mg NO₃-N/l, vilket innebär att tillståndsklassning endast har kunnat utföras för halter över 1 mg NO₃-N/l. Halter under 1 mg NO₃-N/l har bedömts som mycket låga halter och klassats som tillståndsklass 1.

Tabell 4. Tillståndsklassning av grundvatten med avseende på nitratkvävehalt (Naturvårdsverket 1999)

Tillståndsklass	Benämning	NO ₃ -N (mg/l)
1	Mycket låg halt	≤0,5
2	Låg halt	0,5-1
3	Måttlig halt	1-5
4	Hög halt	5-10
5	Mycket hög halt	>10

Bedömning av avvikelse

Ett jämförvärde för på 0,5 mg NO₃-N/l för hela Sverige har valts av SGU. All naturlig variation av kvävehalt väntas ligga under jämförvärdet. Halter över jämförvärdet kan anses vara resultatet av någon form av antropogen påverkan (Naturvårdsverket 1999). Liksom för tillståndsbedömningen har bedömningen av avvikelse från jämförvärdet modifierats från Tabell 5. Då de analyser av nitratkväve som använts har haft detektionsgränsvärdet 1 mg NO₃-N/l har avvikelseklassning gjorts för värden som är mer än två gånger större än jämförvärdet.

Tabell 5. Klassning av avvikelse med avseende på nitratkväve (Naturvårdsverket 1999)

Avvikelseklass	Benämning	ggr
1	Ingen eller obetydlig avvikelse	≤1
2	Måttlig avvikelse	1-4
3	Påtaglig avvikelse	4-10
4	Stark avvikelse	10-20
5	Mycket stark avvikelse	>20

Påverkan från jordbruk, avlopp och deponier

Höga nitrathalter som återföls av förhöjda halter av fosfat och kalium (> 0,1 mg/l respektive >10 mg/l) kan i jordbruksområden indikera snabba flödesvägar mellan markytan och grundvattnet, eftersom dessa ämnen binds hårt i marken. Förhöjda nitratkvävehalter kan även härstamma från bland annat avlopp och deponier. De återföls då ofta av förhöjda halter av klorid. Höga nitratkvävehalter kan även förekomma naturligt (Naturvårdsverket 1999).

Utvärdering av klorid

Tillstånd

Det kemiska tillståndet för grundvatten med avseende på klorid bedömdes enligt Tabell 6.

Tabell 6 Tillståndsklassning för grundvatten med avseende på klorid (Naturvårdsverket 1999)

Tillståndsklass	Benämning	Cl (mg/l)
1	Låg halt	≤20
2	Måttlig halt	20-50
3	Relativt hög halt	50-100
4	Hög halt	100-300
5	Mycket hög halt	>300

Bedömning av avvikelse från jämförvärde

Den depositionsbetingade kloridhalten i grundvatten i Svealand och Norrland antas vara mindre än 5 mg Cl/l. Naturvårdsverket har därför antagit gränsvärdet 5 mg Cl/l för Svealand och Norrland. Kloridhalten i en enskild brunn kan variera med deposition och infiltrationsmönster. Avvikelsen borde i de flesta fall vara mindre än en faktor 2. Under HK kan det vara svårt att urskilja antropogen påverkan från naturlig variation som till exempel relik saltvatten eller närhet till hav, medan det ovanför HK är relativt lätt (Naturvårdsverket 1999). Avvikelse från jämförvärdet klassas enligt Tabell 7 nedan.

Tabell 7. Avvikelseklassning av grundvatten med avseende på klorid för Svealand och Norrland (Naturvårdsverket 1999)

Avvikelseklass	Benämning	ggr
1	Ingen eller obetydlig avvikelse	≤1
2	Måttlig avvikelse	1-10
3	Påtaglig avvikelse	10-20
4	Stark avvikelse	20-60
5	Mycket stark avvikelse	>60

Orsaker till förhöjd kloridhalt

En brunn som är påverkad av relik saltvatten har ofta en högre natriumhalt än kloridhalt räknat i ekvivalenter, kombinerat med en hög alkalinitet (>180 mg HCO₃/l). Vid vintervägsaltning kan man förvänta sig ett 1:1 förhållande mellan natrium och klorid, räknat i ekvivalenter. Om de höga kloridhalterna återföljs av höga nitrathalter kan det indikera påverkan från avlopp, deponier samt djurhållning (Naturvårdsverket 1999).

Utvärdering av redox-potential

Redox-potentialen visar på vattnets förmåga att oxidera och reducera ämnen. Den uppskattas genom förhållandet mellan vattnets järn-, mangan- och sulfathalter. Redox-tillståndet ger information om förväntade problem när vattnet pumpas upp ur brunnen. Grundvattnets tillstånd med avseende på redox-potential redovisas i Tabell 8, där de fyra första klasserna avser vatten i jämvikt. Klass 5 avser blandvatten, det vill säga ett vatten som inte är i kemisk jämvikt. Exempel på uppkomst av blandvatten är stratifierade akvifärer med varierande redox-förhållanden i lagerföljderna och grundvattentäkter där grundvatten från de olika redox-miljöerna blandas vid uppumpning. Antropogen påverkan som exempelvis grundvattenuttag och dränering kan också ge upphov till blandvatten (Naturvårdsverket 1999).

Vägningsindex – avvikelsestest

Avvikelsestestet i naturvårdsverkets bedömningsgrunder ger en möjlighet att jämföra erhållna mätvärden med värden från en av SGU sammanställd referenspopulation för motsvarande typområde vilket kan tjäna som ett stöd vid bedömningar. För att kunna avgöra om de egna proverna avviker signifikant från SGUs referenspopulation så jämförs de egna värdena med en standardavvikelsekurva för motsvarande typområde i referenspopulationen (Naturvårdsverket 1999).

Tabell 8. Effektrelaterad tillståndsklassning av grundvatten med avseende på redox-potential (Naturvårdsverket 1999)

Klass	Benämning	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	SO ₄ (mg/l) Södra Sverige*	SO ₄ (mg/l) Norra Sverige**	Beskrivning
1	Hög redox-potential/aeroba vatten	<0,1	<0,05	>5	>2	Oftast utmärkta grundvatten. Luftning kan ev. behövas
2	Måttligt hög redox-potential /aeroba vatten	<0,1	>0,05	>5	>2	Ibland är det nödvändigt att lufta och filtrera bort mangan
3	Låg redox-potential/anaeroba vatten	>0,1	>0,05	>5	>2	Vattnet kommer från stort djup eller har under lång tid påverkats av reducerande järnhaltiga mineral. Kräver alltid behandling för hög järnhalt.
4	Mycket låg redox-potential/anaeroba vatten	>0,1	>0,01	<5	<2	Mycket besvärligt grundvatten att behandla. Ofta för- enat med svavelvätelukt, metan etc. skall helst undvikas
5	Blandvatten typ 1	< 0,1	Alla värden	<5	<2	Vatten som leder till stora tekniska besvär. Ofta för- enat med järnutfällningar, igensättning, lukt samt problem med bakterier
	typ 2	>0,1	<0,05	Alla värden	Alla värden	

*Södra Sverige avser grundvattenmiljöer i region A, B, C, D, E och F.

** Norra Sverige avser grundvattenmiljöer i region G,H och I.

VATTENKEMISKA RESULTAT

Grundvatten i kristallin berggrund

För en grafisk översikt av koncentrationer och tillståndsklassindelning se Bilaga 3 Figur 22 -Figur 25. Tillståndskartor för analyserade parametrar återfinns i Bilaga 4 Figur 34 - Figur 38.

Djupa brunnar under HK

Alkaliniteten för djupa brunnar i kristallin berggrund under HK är signifikant lägre än alkaliniteten i den av SGU framtagna referenspopulationen (Bilaga 2 Tabell 14). 27 % av de undersökta brunnarna återfinns i tillståndsklass 1 och 55 % i tillståndsklass 2 (Figur 4) och har en mycket hög till hög alkalinitet. Halten anses tillräcklig för att i framtiden kunna bibehålla en acceptabel pH-nivå (Tabell 2). 18 % av brunnarna tillhör tillståndsklass 3 och har en otillräcklig alkalinitet i områden med hög deposition (Figur 4, Tabell 2). En undersökning av försurningsbelastningen genom jämförelse av brunnens alkalinitet med dess sulfathalt visar att 9 % av brunnarna är starkt påverkade av försurningsbelastningen, klass 4, och 27 % är påtagligt påverkade, klass 3. 63 % av de undersökta brunnarna är obetydligt till måttligt påverkade av försurningsbelastningen och tillhör tillståndsklass 1 till 2 (Figur 5, Tabell 3).

Avseende nitratkväve så återfinns över 80 % av brunnarna i tillståndsklass 1 och har en nitratkvävehalt under detektionsgränsen (Figur 8, Tabell 4). Cirka 18 % av brunnarna tillhör tillståndsklass 3 och har en måttligt hög halt nitratkväve. Vid analys av vad som orsakat förhöjda halter av nitratkväve analyserades endast brunnar där avvikelserna var större än två gånger jämförvärdet. 18 % uppvisade en påtaglig avvikelse från jämförvärdet och återfanns i klass 3 (Bilaga 2 Tabell 15). Bedömning av avvikelse mindre än två gånger från jämförvärdet 0,5 mg NO₃-N/l är inte möjlig eftersom detektionsgränsvärdet för nitratkväve för laboratorie-

analyserna var 1 mg NO₃-N. Ingen signifikant skillnad i kloridhalt jämfört med SGUs referenspopulation föreligger (Bilaga 2 Tabell 13). Över 70 % av brunnarna återfinns i tillståndsklass 1, det vill säga har en låg halt av klorid. 18 % av brunnarna har en måttligt hög halt av klorid och tillhör därmed tillståndsklass 2. En relativt hög halt av klorid finns i 9 % av brunnarna som tillhör klass 3 (Figur 6, Tabell 6).

Klassningen av avvikelse från jämförvärde visar att över 60 % av de djupa bergbörade brunnarna befinner sig i klass 2, det vill säga avviker måttligt från jämförvärdet, medan 9 % avviker påtagligt och återfinns i avvikelseklass 3. Ca 27 % har ingen eller obetydlig påverkan (Figur 7, Tabell 7). Kloridhalterna i brunnarna i avvikelseklass 2 och 3 kan inte anses vara en del av den naturliga variationen.

I kombination med förhöjda halter av klorid kan förhöjda nitratkväve halter indikera påverkan från avlopp, deponier samt djurhållning. I Överbyns VV förekommer förhöjda halter av både klorid och nitrat men riskbedömningen för vattentäkten visar att ingen bebyggelse, deponi eller jordbruk väntas påverka vattentäkten (Bilaga 2 Tabell 18). Inte heller till de förhöjda nitrathalterna i Krusmon kunde en förklaring hittas (Bilaga 2 Tabell 15).

Relikt saltvatten kan vara en orsak till förhöjda kloridhalter. För att undersöka om någon grundvattentäkt kan ha påverkats av relict saltvatten undersöktes förhållandet mellan natrium och klorid (Na/Cl>1) i kombination med en mycket hög alkalinitet (>2,88mekv/l). Analysen visar att de tre grundvattentäkterna Ulvsby, Glava och Årsnäs kan vara påverkade av relict saltvatten (Bilaga 2 Tabell 16). Inget 1:1 förhållande mellan natrium och klorid kunde hittas vilket inte gör påverkan från vintervägsaltning särskilt trolig (Bilaga 2 Tabell 17).

Enligt Figur 9 så tillhör ungefär 36 % av de djupa brunnarna under HK tillståndsklass 3 med avseende på redox-potential, vilket innebär en låg redox-potential med höga halter av järn (Tabell 8). Cirka 27 % tillhör tillståndsklass 1 och har en hög redox-potential. Grundvatten i tillståndsklass 1 kan i normala fall distribueras utan behandling. 18 % av de undersökta brunnarna återfinns i tillståndsklass 2 och har en måttlig redox-potential, vilket kan innebära att viss rening av mangan samt luftning kan behövas. 18 % av brunnarna återfinns i tillståndsklass 5 och är ett så kallat blandvatten. Blandvatten leder ofta till stora tekniska besvär som järnutfällningar, lukt, igensättning samt problem med bakterier (Figur 9, Tabell 8). Uppkomsten av blandvatten kan bero på att akvifären är stratifierad med olika redox-förhållande i lagerföljderna. När vattnet pumpas upp blandas vatten från de olika lagren. Blandvatten kan även vara resultatet av antropogen påverkan (Naturvårdsverket 1999).

Brunnarna med låg redox-potential, det vill säga de i tillståndsklass 3, är alla över 90 m och den höga järnhalten kan antagligen förklaras till stor del av det stora djupet vattnet kommer ifrån. Brunnarna i tillståndsklass 2 har en måttligt hög redoxpotential men är endast 70 m djupa vilket skulle kunna förklara den något lägre järnhalten. Brunnarna i tillståndsklass 1 har mycket varierande djup varför den låga järnhalten för dessa brunnar måste ha en annan förklaring (Bilaga 2 Tabell 12).

Grunda brunnar under HK

Ingen signifikant skillnad från den av SGU sammanställda referenspopulation med avseende på alkalinitet fanns för grunda brunnar i kristallin berggrund under HK (Bilaga 2 Tabell 14). Samtliga brunnar återfinns i tillståndsklass 1 eller 2 och har därmed en tillräcklig alkalinitet för att kunna bibehålla en acceptabel pH-nivå även i framtiden (Figur 4, Tabell 2). En undersökning av försurningsbelastningen mätt som brunnens alkalinitet i förhållande till dess sulfathalt visar att 25 procent av brunnarna är påtagligt på-

verkade av försurning medan 50 % är måttligt påverkade, resterande 25 % är obetydligt påverkade (Figur 5, Tabell 3).

Inte heller för klorid kunde någon signifikant skillnad från SGUs referenspopulation hittas (Bilaga 2 Tabell 13). Samtliga brunnar bedöms ligga i tillståndsklass 1, det vill säga bedöms ha en låg halt av klorid (Figur 6, Tabell 6). En bedömning av avvikelser från jämförelsevärden visar att hälften av brunnarna tillhör avvikelseklass 2 det vill säga avviker måttligt från jämförelsevärden och kan förväntas vara utsatta för en yttre påverkan (Figur 7, Tabell 7).

En analys där möjligheterna att kunna förklara den, från naturliga förhållanden, något avvikande kloridhalten med närvaro av reliktsaltvatten utfördes. Grundvattentäkterna Fors och Lerboda hade ett förhållande mellan natrium och klorid som var större än ett i kombination med en mycket hög alkalinitet vilket kan tyda på närvaro av reliktsaltvatten (Bilaga 2 Tabell 16).

Samtliga grunda brunnar under HK hade en nitrathalt som var lägre än detektionsgränsen och klassades därför som tillståndsklass 1 (Figur 8). Inga grunda brunnar under HK uppvisade en större avvikelse än 2 från jämförelsevärden (Bilaga 2 Tabell 15).

Hälften av de grunda brunnarna under HK har en måttligt hög redox-potential och tillhör tillståndsklass 2, vilket inte innebär några större kvalitetsproblem (Figur 9, Tabell 8). Den resterande hälften tillhör tillståndsklass 3 och har en låg redox-potential. Eftersom det rör sig om grunda brunnar med en hög alkalinitet är den troliga förklaringen till den låga redox-potentialen att vattnet under lång tid har påverkats av reducerande järnhaltiga mineral.

Djupa brunnar över HK

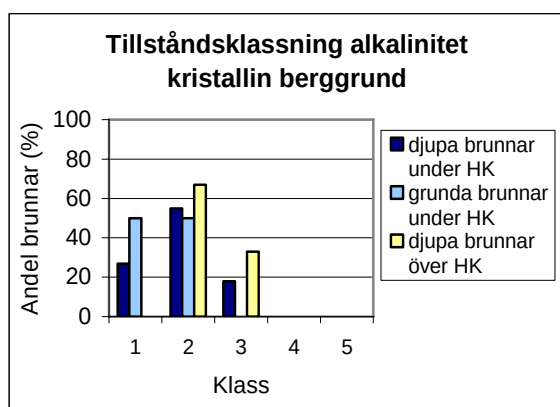
Alkaliniteten för de djupa brunnarna i kristallin berggrund över HK skiljer sig inte signifikant från SGUs referenspopulation (Bilaga 2 Tabell 14). Brunnarna återfinns i

tillståndsklass 2 och 3 vilket innebär att de har en hög till måttligt hög alkalinitet (Figur 4, Tabell 2). Försurning bedömt utifrån brunnens alkalinitet jämfört med dess sulfathalt en jämn fördelning mellan klass 1, 2 och 3, det vill säga en tredjedel av de undersökta brunnarna är påtagligt påverkade av sulfat, en tredjedel är måttligt påverkade och en tredjedel inte eller obetydligt påverkad (Figur 5, Tabell 3).

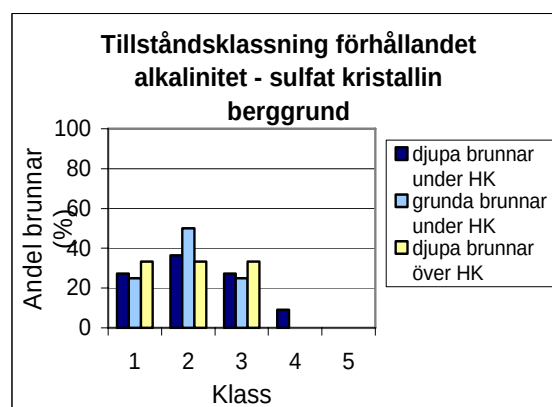
Inte heller kloridhalterna skiljer signifikant från kloridhalterna för SGUs referenspopulation för de djupa brunnarna över HK (Bilaga 2 Tabell 13). Alla undersökta brunnar återfinns i tillståndsklass 1, det vill säga har en låg halt av klorid (Figur 6, Tabell 6). Samtliga brunnar befinner sig även i avvikelsklass 1 och kan därmed inte anses vara utsatta för en yttre påverkan avseende klorid (Figur 7, Tabell 7).

Två tredjedelar av brunnarna har en nitratkvävehalt under detektionsgränsen och klassas som tillståndsklass 1. En tredjedel tillhör tillståndsklass 3 med en måttligt hög halt av nitratkväve (Figur 8, Tabell 4). En av grundvattentäkterna, Bogrängen, uppvisar en avvikelse större än 2 från jämförvärdet (Tabell 15, Bilaga 2). Orsaken till den förhöjda nitrathalten kan inte förklaras med påverkan från jordbruk, bebyggelse eller deponi då den inte innehöll förhöjda halter av klorid i kombination med de höga halterna av nitratkväve.

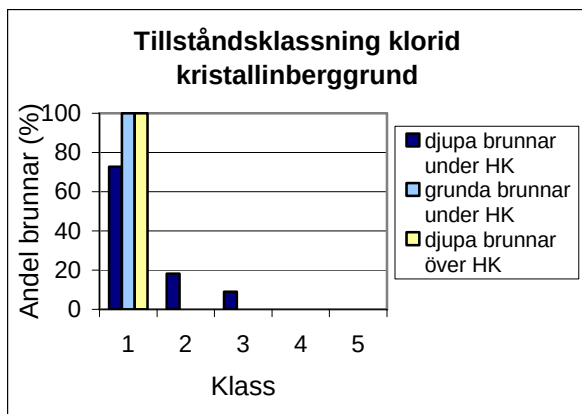
Redox-potentialen visar att en tredjedel av de undersökta brunnarna återfinns i tillståndsklass 2 med en måttligt hög redox-potential. Två tredjedelar befinner sig i tillståndsklass 3 med en låg redox-potential och hög järnhalt (Figur 9, Tabell 8). Den höga järnhalten beror troligen på det stora djupet som vattnet hämtas från då samtliga brunnar i tillståndsklass 3 är över 100 m djupa.



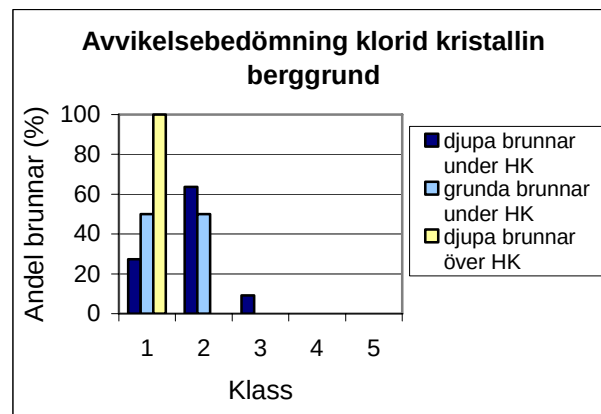
Figur 4. Tillståndsklassning med avseende på alkalinitet för brunnar belägna i kristallin berggrund.



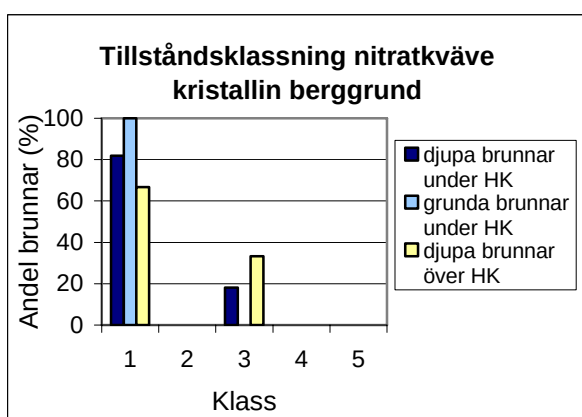
Figur 5. Tillståndsklassning för kvoten alkalinitet/sulfat för brunnar i kristallin berggrund.



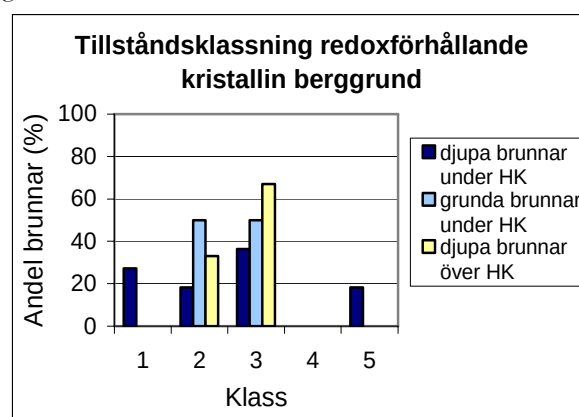
Figur 6. Tillståndsklassning med avseende på klorid för brunnar belägna i kristallin berggrund.



Figur 7. Klassning av avvikelse från jämförvärde med avseende på klorid för brunnar i kristallin berggrund.



Figur 8. Tillståndsklassning med avseende på nitratkväve för brunnar belägna i kristallin berggrund.



Figur 9. Tillståndsklassning av redox-potentialen för brunnar belägna i kristallin berggrund.

Grundvatten i isälvsavlagring

För en grafisk översikt av koncentrationer och tillståndsklassindelning se Bilaga 3 Figur 26-29. Tillståndskartor för analyserade parametrar återfinns i Bilaga 4 Figur 39 -Figur 43.

Djupa brunnar under HK

De undersökta djupa brunnarna i isälvsavlagring under HK har en signifikant lägre alkalinitet än SGUs referenspopulation (Bilaga 2 Tabell 14). Figur 10 och Tabell 2 visar att 6 % av brunnarna finns i tillståndsklass 2 och har en tillräckligt hög alkalinitet för att kunna upprätthålla en acceptabel pH-nivå i framtiden. 31 % av brunnarna återfinns i tillståndsklass 3 och har en måttligt hög alkalinitet. Till tillståndsklass 4 hör 43 % av de undersökta brunnarna. De har en låg alkalinitet och förväntas inte kunna ge en stabil

och acceptabel pH-nivå. Mycket låg alkalinitet uppmättes i 18 % av de undersökta brunnarna vilka tillhör tillståndsklass 5. I dessa brunnar leder alkaliniteten till en oacceptabelt låg pH-nivå. En undersökning av påverkan från försurningsbelastningen mätt som brunnens alkalinitet jämfört med dess sulfathalt visar att 63 % av de djupa brunnarna under HK är påtagligt påverkade av sulfat och 31 % är starkt påverkade (Figur 11, Tabell 3). Endast 6 % är måttligt påverkade.

Kloridhalterna i de djupa brunnarna under HK är signifikant lägre än halterna för SGUs referenspopulation (Bilaga 2 Tabell 13). Över 87 % brunnarna återfinns i tillståndsklass 1, det vill säga har en låg kloridhalt (Figur 12, Tabell 6). Resterande brunnar

återfinns i tillståndsklass 2 och har en måttligt hög kloridhalt. En undersökning av avvikelse från jämförvärdet visar att nästan 70% av brunnarna tillhör avvikelseklass 2 och har en måttlig avvikelse, de bör alltså anses vara utsatta för någon form av påverkan (Figur 13, Tabell 7).

Torsby VV uppvisade ett ungefärligt 1:1 förhållande för natrium och klorid (Tabell 17, Bilaga 2), vilket skulle kunna tyda på eventuell påverkan av vintervägsaltning från den väg som av kommunen bedömdes vara en riskfaktor.

Hälften av brunnarna har en nitratkvävehalt under detektionsgränsen och bedöms ha en mycket låg nitratkvävehalt och klassas som tillståndsklass 1. Den andra hälften har en måttligt hög halt nitratkväve och återfinns i klass 3 (Figur 14, Tabell 4). Åtta brunnar i kategorin uppvisar en avvikelse större än två gånger från jämförvärdet och tillhör avvikelseklass 2, det vill säga de avviker måttligt från jämförvärdet (Bilaga 2 Tabell 15).

Analys av avvikelse från jämförvärdet för nitrathalter i kombination med uppmätta kloridhalter visar att alla brunnar med större avvikelse än två gånger nitrathalten även uppvisar avvikelse i kloridhalt, vilket kan indikera påverkan från avlopp, deponi eller djurhållning. En jämförelse med kommunernas riskobjektanalys i Tabell 18 i Bilaga 2 visar att för de fem grundvattentäkterna Bäckhammar, Nybble, Torsby VV, Stöllet och Höljes VV finns jordbruk och bebyggelse angivet som en riskfaktor. För Asped och Kärrbackstrand VV är riskobjektet bedömt som övrigt och för Sunnemo är det bedömt som väg (Tabell 18, Bilaga 2). För att kunna utreda trolig källa till de förhöjda halterna av nitrat och klorid för samtliga brunnar, måste en närmare undersökning göras. Inga förhöjda halter av gödningsämnen fosfat och kalium kunde hittas för någon av brunnarna vilket tyder på att inga snabba flödesvägar mellan markytan och grundvattnet förekommer i de fall där grundvattentäkten är belägen nära jordbruksmark (Naturvårdsverket 1999).

50 % av brunnarna i kategorin tillhör tillståndsklass 1 med avseende på redox-potential, vilket innebär aeroba vatten med en hög redox-potential (Figur 15, Tabell 8). 25 % tillhör tillståndsklass 5, blandvatten. Blandvatten leder ofta till stora tekniska besvär ofta förenat med järnutfällningar, igen-sättning, lukt och problem med bakterier. Uppkomsten av blandvatten skulle kunna förklaras med att grundvattnet i isälvsavlagringen blandas med grundvatten från omgivande jordar med en annan redox-potential till exempel vid grundvattenrörelser som en effekt av pumpning. 12,5 % av brunnarna tillhör tillståndsklass 4 och har en mycket låg redox-potential, vilket innebär att vattnet är mycket besvärligt att behandla och ofta är förenat med svavellukt, metan etc. Denna typ av grundvatten bör, enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder, helst undvikas. Drygt 6 % av brunnarna återfinns i klass 3 och har en låg redox-potential. De höga järnhalterna i klasserna 3 och 4 beror antagligen på att grundvattenbildningen har skett i en reducerande miljö till exempel i närliggande torvområden. De resterande 6 % av de undersökta brunnarna tillhör tillståndsklass 2 och har måttligt hög redox-potential. För grundvattentäkterna Sysslebäck, Stöllet, Månäs, Lekvattnet, och Gustavsfors, det vill säga för 30 % av grundvattentäkterna i kategorin, återförls höga halter av järn av en låg alkalinitet, vilket i det sura vattnet kan bidra till att lösa järn i mineral i akvifären såväl som brunnrör och ledningar (Figur 15, Bilaga 3 Figur 26).

Grunda brunnar under HK

De två grunda brunnarna i isälvsavlagring under HK skiljer sig inte signifikant från SGUs referenspopulation med avseende på alkalinitet (Bilaga 2 Tabell 14). Brunnarna återfinns i tillståndsklass 4 med avseende på alkalinitet, vilket innebär att de har en otillräcklig alkalinitet för att ge en stabil och acceptabel pH-nivå (Figur 10, Tabell 2). En undersökning av påverkan från försurningsbelastningen som brunnens sulfathalt visar att en av brunnarna är påtagligt påverkad av

försurningsbelastningen och att den andra brunnen är starkt påverkad (Figur 11, Tabell 3).

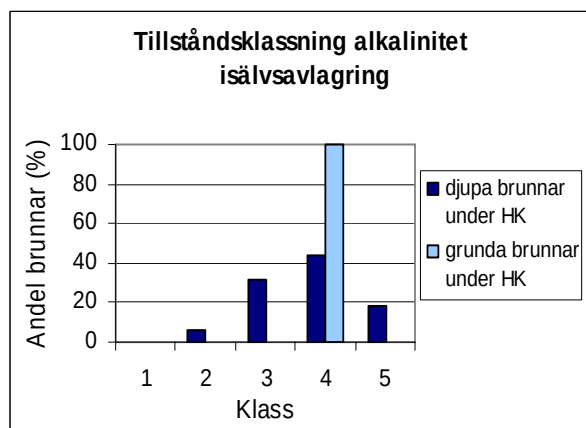
Brunnarna i kategorin visar ingen signifikant skillnad mot SGUs referenspopulation med avseende på kloridhalt (Figur 26 Tabell 13). En av de undersökta brunnarna återfinns i tillståndsklass 1 och har en låg kloridhalt (Figur 12, Tabell 6). Den andra tillhör klass 2 och har en måttligt hög kloridhalt. Båda undersökta brunnar i kategorin avviker måttligt från jämförvärdet (Figur 13, Tabell 7). De något förhöjda kloridhalterna bör därför inte antas vara en del av den naturliga variationen (Naturvårdsverket 1999). Vintervägsaltning som möjlig förklaring till de förhöjda halterna av klorid i Sandtorp undersöktes. Inget 1:1 förhållande mellan natrium och klorid kunde hittas som påvisar en sådan påverkan.

En av brunnarna har en nitratkvävehalt som är lägre än detektionsgränsen. Den bedöms

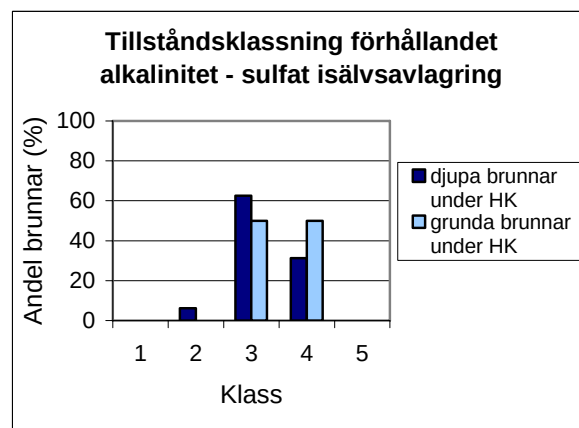
ha en mycket låg nitratkvävehalt och klassas som tillståndsklass 1. Den andra brunnen tillhör tillståndsklass 2 och har en måttligt hög halt av nitratkväve (Figur 14, Tabell 4). En av brunnarna har en avvikelse från jämförvärdet som är större än två och kan bedömas vara ett resultat av någon form av påverkan (Naturvårdsverket 1999, Figur 26 Tabell 15).

Den något förhöjda kvävehalten för Brattfors återföls av en något förhöjd kloridhalt vilket kan indikera påverkan från avlopp, deponi eller djurhållning. En jämförelse med kommunens bedömning av riskobjekt indikerar att jordbruk är den troligaste orsaken till påverkan (Figur 26 Tabell 18).

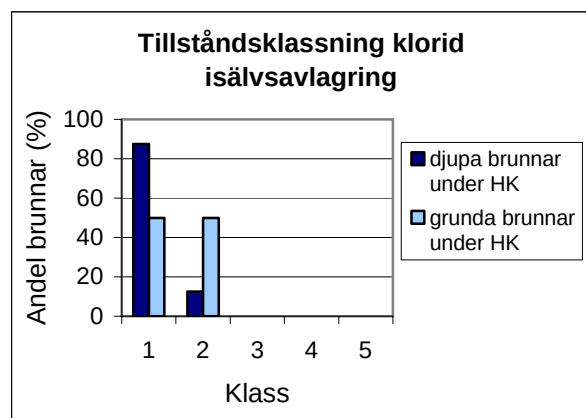
Båda brunnar i kategorin har en hög redoxpotential och återfinns i tillståndsklass 1, vilket tyder på ett syrerikt vatten (Figur 15, Tabell 8).



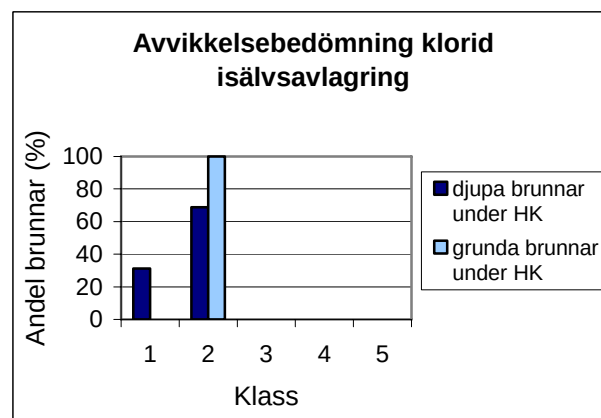
Figur 10. Tillståndsklassning med avseende på alkalinitet för brunnar belägna i isälvslavlagring.



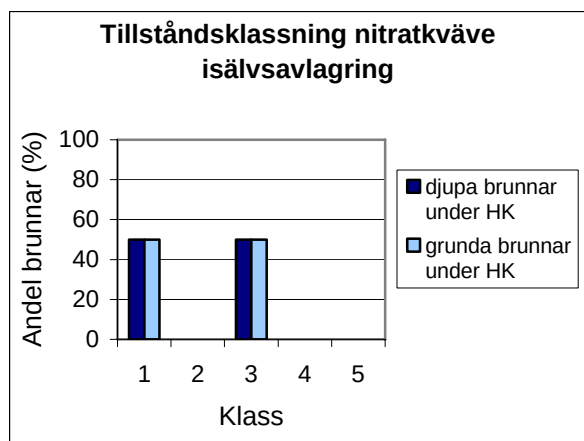
Figur 11. Tillståndsklassning för kvoten alkalinitet/sulfat för brunnar i isälvslavlagring.



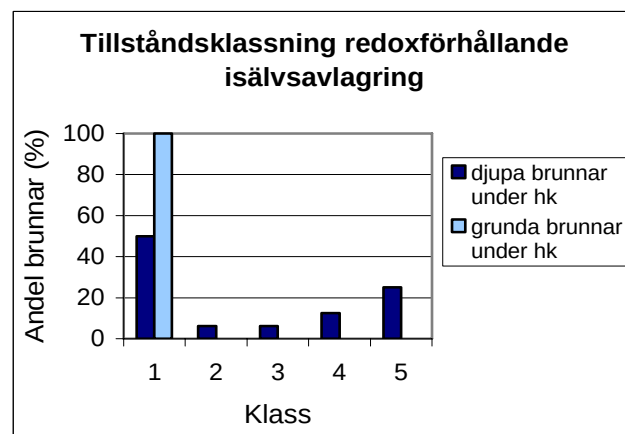
Figur 12. Tillståndsklassning med avseende på klorid för brunnar belägna i isälvslavlagring.



Figur 13. Klassning av avvikelse från jämförvärde med avseende på klorid för brunnar i isälvslavlagring.



Figur 14. Tillståndsklassning med avseende på nitratkväve för brunnar belägna i isälvsavlagring.



Figur 15. Tillståndsklassning av redox-potentialen för brunnar belägna i isälvsavlagring.

Grundvatten i slutna akvifär

För en grafisk översikt av koncentrationer och tillståndsklassindelning se Bilaga 3 Figur 30-33. Tillståndskartor för analyserade parametrar återfinns i Bilaga 4 Figur 44 - Figur 48.

Djupa brunnar

Gruppen djupa brunnar i slutna akvifär utgörs endast av två brunnar. De undersökta brunnarna skiljer sig inte signifikant från SGUs referenspopulation med avseende på alkalinitet (Bilaga 2 Tabell 14). Båda djupa brunnar har en måttligt hög alkalinitet och återfinns i tillståndsklass 1 (Figur 16, Tabell 2). Vid jämförelse av förhållandet av alkalinitet och sulfathalt fanns att en av brunnarna inte uppvisade någon påverkan från försurningsbelastning i form av sulfat och återfanns i tillståndsklass 1. Den andra brunnen är påtagligt påverkad av försurningsbelastningen och återfinns i tillståndsklass 3 (Figur 17, Tabell 3).

Halterna av klorid i brunnarna i kategorin skiljer sig inte signifikant från SGUs referenspopulation (Bilaga 2 Tabell 13). En av brunnarna återfinns i tillståndsklass 1 och har en låg halt av klorid (Figur 18, Tabell 6). Den andra brunnen tillhör tillståndsklass 2 och har en måttligt hög halt av klorid. En undersökning av avvikelse från jämförvärdet visar att båda brunnar avviker måttligt och återfinns i klass 2 (Figur 19, Tabell 7). Halterna av magnesium och kalcium var inte

förhöjda, varför de förhöjda kloridhalterna inte kan antas bero på urlakning från grundvattentäktens överliggande lerlager.

En av de undersökta brunnarna har en måttligt hög halt av nitratkväve och återfinns i tillståndsklass 3. Den andra brunnen har en mycket låg nitratkvävehalt och återfinns i tillståndsklass 1 (Figur 20, Tabell 4). Den ena grundvattentäkten, Hynboholm, uppvisar en avvikelse större än två från jämförvärdet med avseende på nitratkväve (Bilaga 2 Tabell 15).

Om den förhöjda nitratkvävehalten återförljs av förhöjd halt av klorid kan påverkan av avlopp, deponi eller djurhållning förekomma. Detta kan vara fallet vid grundvattentäkten Hynboholm, som enligt kommunens riskbedömning anges ha bland annat jordbruk som riskobjekt (Bilaga 2 Tabell 18).

Redox-potentialen för båda brunnar belägna i slutna akvifärer tillhör tillståndsklass 1 och de har därmed en hög redox-potential (Figur 21, Tabell 8).

Grunda brunnar

Endast en av de undersökta brunnarna är grund och belägen i en slutna akvifär. Den skiljer sig inte signifikant från SGUs referensbrunnar med avseende på alkalinitet (Bilaga 2 Tabell 14). Brunnen tillhör tillståndsklass 3 och har en måttligt hög alkalinitet (Figur 16, Tabell 2). Brunnen är även

starkt påverkad av försurningsbelastningen m tt som brunnens sulfathalt och tillhör tillst ndsklassen 4 (Figur 17, Tabell 3).

Brunnen har en signifikant högre kloridhalt  n SGUs referenspopulation (Bilaga 2 Tabell 13). Kloridhalten f r brunnen är relativt hög och klassas som tillståndsklass 3 (Figur 18, Tabell 6). En undersökning av avvikelse från j mf r rdet visar på en påtaglig avvikelse från j mf r rdet och brunnen tillhör avvikelseklass 3 (Figur 19, Tabell 7). En förklaring till de höga kloridhalterna skulle kunna vara en urlakning av salter från det överliggande lerlagret. En undersökning av halterna av magnesium och kalcium visar att halterna överstiger l nets medelvärden framför allt magnesiumhalterna  r cirka tre gånger högre.

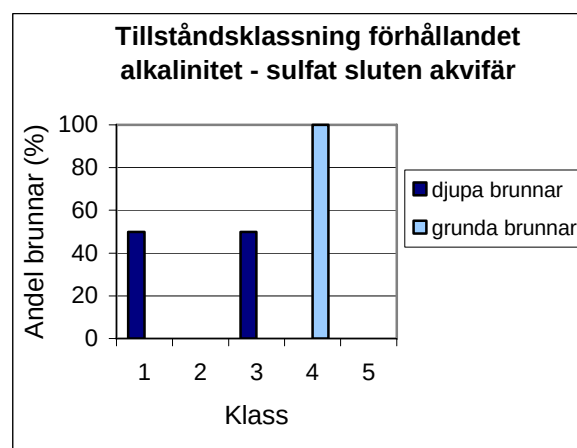
Den undersökta brunnen har en måttligt hög halt av nitratkväve, tillståndsklass 3 (Figur 20, Tabell 4). Avvikelsen från j mf r rdet  r större än två, vilket tyder på någon form av påverkan (Bilaga 2 Tabell 15).

Kombinationen av förhöjda nitratkvävehalter i kombination med förhöjda halter av klorid kan tyda på påverkan från avlopp, deponi och djurhållning. Inga av dessa p verkandefaktorer har bed mats vara ett riskobjekt f r Holmedal enligt kommunen (Bilaga 2 Tabell 18).

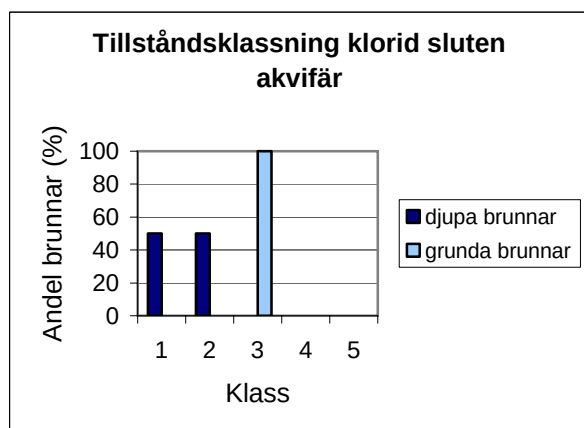
Redox-potentialen för Holmedal  r hög och brunnen tillhör tillståndsklass 1 (Figur 21, Tabell 8).



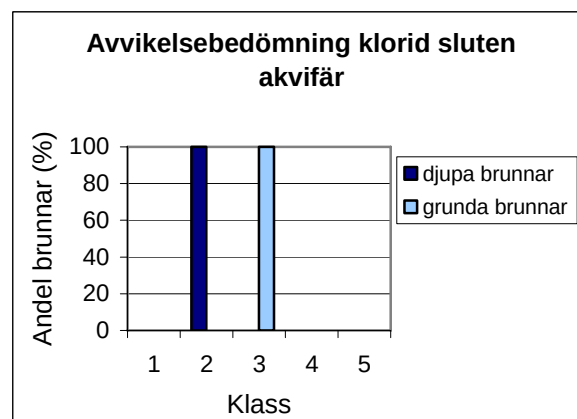
Figur 16. Tillståndsklassning med avseende på alkalinitet f r brunnar belägna i slutna akvifär.



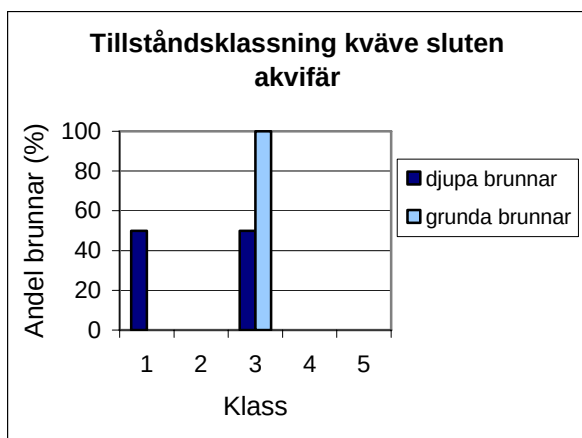
Figur 17. Tillståndsklassning för kvoten alkalinitet/sulfat för brunnar i slutna akvifär.



Figur 18. Tillståndsklassning med avseende på klorid f r brunnar belägna i slutna akvifär.



Figur 19. Klassning av avvikelse från j mf r r rdet med avseende på klorid f r brunnar i slutna akvifär.



Figur 20. Tillståndsklassning med avseende på nitratkväve för brunnar belägna i sluten akvifär.



Figur 21. Tillståndsklassning av redox-potentialen för brunnar belägna i sluten akvifär.

SLUTSATSER

Det vattenkemiska tillståndet för de undersökta brunnarna i grundvattenmiljön kristallin berggrund är generellt bra för de flesta analyserade parametrarna. Med ett fåtal undantag tillhör majoriteten tillståndsklass 1 eller 2. Tillståndet med avseende på redox-potential skiljer sig något och de flesta brunnarna återfinns i tillståndsklass 3. Några enskilda blandvatten, det vill säga vatten som inte är i kemisk jämvikt, förekommer. Avvikelse från den naturliga variationen av klorid förekommer och skulle i några fall kunna förklaras med närvaro av relik saltvatten.

Det vattenkemiska tillståndet för brunnar belägna i isälvsavlagring kan sägas vara bra med avseende på kväve och klorid, samtliga analyserade brunnar återfinns i tillståndsklass 1 och 2. Majoriteten av brunnarna i isälvsavlagringar har en låg till mycket låg alkalinitet, vilket innebär en otillräcklig alkalinitet. En påtaglig till stark påverkan från försurningsbelastning med avseende på närvaro av sulfat förekommer i grundvattenmiljön. Cirka hälften av de undersökta brunnarna har en hög redox-potential och återfinns i tillståndsklass 1. Av den resterande hälften återfinns de flesta i klass 4 och 5 och har en

mycket låg redox-potential eller är blandvatten. Avvikelse från den naturliga variationen av klorid och nitrat förekommer. I nio fall 18 uppvisas en måttlig avvikelse från jämförvärdet för klorid återföljt av en måttlig avvikelse av nitrat, vilket skulle kunna tyda på påverkan från närliggande jordbruk, bebyggelse eller deponier.

Endast ett fåtal undersökta brunnar återfinns i slutna akvifärer. För de flesta parametrar ligger majoriteten av brunnarna i tillståndsklasserna 2 och 3. Undantaget är tillståndet med avseende på försurningsbelastning mätt som närvaro av sulfat, där en brunn återfinns i tillståndsklass 4 och är starkt påverkad. Samtliga brunnar har aeroba vatten med en hög redoxpotential. Avvikelsen från jämförvärdet för klorid återföljdes i ett fall av en måttlig avvikelse av nitratkväve, något som skulle kunna indikera påverkan från bebyggelse, jordbruk eller deponi. I ett annat fall återföljdes den påtagliga avvikelsen från jämförvärdet för klorid av måttligt förhöjda halter av kalcium och magnesium vilket skulle kunna indikera urlakning från det överliggande lerlagret.

REFERENSER

Naturvårdsverket. 1999. Bedömningsgrunder för miljökalitet. Grundvatten. Rapport 4915.

Naturvårdsverkets hemsida. 1 feb kl 15.30

<http://www.naturvardsverket.se/index.php3?main=/dokument/lagar/bedgrund/grv/grv.html>

Lindh, A. et al., 1998. Västra Värmlands berggrund. Sveriges Geologiska Undersökning Ba 45:2.

Lundegårdh, P.H., 1995. Östra och mellersta Värmlands berggrund. Fyndigheter av nyttosten och malm i Värmlands län. Sveriges Geologiska Undersökning, Ba 45:2.

SGU 1958. Jordartskarta över Värmlands län. Digital version.

Lewin-Pihlblad, L., SGU. Muntligen 2006-12-01 kl 10.38. Samtal om modifierade bedömningsgrunder.

Thorsbrink, M., Ahlström, L., Lång, L.-O. & Mellqvist, E., 2006. Råvattenanalyser i databasen för grundvattenförekomster och vattentäkter (DGV), lägesredovisning maj 2006. SGU-Rapport 2006:11.

BILAGA 1

Utvärdering av DGVs användbarhet

UTVÄRDERING AV DGVs ANVÄNDBARHET

SGUs databas för grundvattenförekomster och vattentäkter, DGV, utvärderades utifrån användbarheten för länsstyrelser och kommuner. Möjligheten att få fram administrativa uppgifter såsom; vilka vattentäkter som har skyddsområde (och/eller vattendom) och vilka riskobjekt som finns i anslutning till de olika grundvattentäkterna utvärderades. Aktuella frågeställningarna att besvara för den vattenkemiska analysen var:

- vilken tillståndsklass ett grundvatten tillhör för olika kemiska parametrar (nitratkväve, klorid, alkalinitet, alkalinitet i förhållande till sulfat samt redox-potential) baserat på 3-årsmedelvärden
- vilken avvikelseklass ett grundvatten tillhör där avvikelse räknas från ett av Naturvårdsverkets satt jämförvärde för olika parametrar
- vad finns för eventuella orsaker till avvikelser
- avviker grundvattentäkterna i länet från SGUs referenpopulation

Det är också möjligt att utföra analyser av trender men det har inte omfattats av det här projektet.

Utvärdering av administrativa uppgifter

Databasen ger möjlighet att få svar på ett antal administrativa uppgifter. De uppgifter som Länsstyrelsen i Värmlands län ville ha svar på var; vilka vattentäkter som har skyddsområden, vilka riskobjekt som finns för de olika vattentäkterna samt vilka vattentäkter som påverkas av induktion av ytvatten. Andra tänkbara frågeställningar skulle till exempel kunna vara vilka distributionsområden, samt medel-, max- och minuttag en vattentäkt har. DGV kan även ge svar på frågor som vilken kommun en vattentäkt

tillhör samt kontaktperson för olika vattentäkter.

Vattenskyddsområde

Frågor som besvarar om en vattentäkt har vattenskyddsområde eller inte ställdes i ja och nej form. I Access formulerades villkor som gör det möjligt att välja om grundvattentäkter med eller utan vattenskyddsområde ska undersökas. En komplettering gjordes till DGV i form av en tabell där vattenskyddsområde ja eller nej angavs för varje vattentäkt. Frågan konstruerades så att vilket lagrum som gäller för de vattentäkter som har vattenskyddsområde anges.

Riskanalys

Vid undersökning av vilka risker de olika vattentäkterna utsätts för konstruerades frågor som svarade på vilka riskobjekt som finns för de olika vattentäkterna samt om de har skyddsområde och om de bedöms påverkas av induktion.

Vattenkemisk utvärdering

Vid utvärdering av kemiska parametrar enligt bedömningsgrunderna för grundvatten (Naturvårdsverket 1999) upptäcktes att vissa uppgifter saknades. Vid indelning i typområden för grundvattentäkterna saknades uppgifter om till vilken geografisk region (A till I) en vattentäkt tillhör. Databasen kompletterades med dessa uppgifter som erhöles med hjälp av kartmaterial. Indelning i grundvattenmiljöer fanns delvis att tillgå, men indelningen var inte densamma som i Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för grundvatten. Uppgifterna fick därför göras om och läggas till. Även här gjordes huvuddelen av indelningen med hjälp av kartmaterial, vid oklara fall tillfrågades de berörda kommunerna. Information om brunnarnas djup saknades helt och hållet i DGV och komplettering med dessa data gjordes efter dialog med kommunerna.

Vid analyser upptäcktes att det fanns problem med befintliga kemiska data. För att kunna beräkna 3-årsmedelvärden gjordes en reviderad version av den vattenkemiska tabellen i DGV, då originalet innehåller negativa koncentrationer vilket ger felaktiga beräkningar. Minustecknet symboliserar ett < - tecken (koncentrationerna är alltså under detektionsgränsen för den utförda analysen), vilka är ogiltiga tecken för tal i Access. Vid beräkningarna ersattes alla negativa värden med värdet för detektionsgränsen istället för värdet noll, vilket ger beräkningar för worst case scenario. Ytterligare kompletteringar i form av en tabell med vattenkemiska data som erhållits direkt från kommunerna gjordes. Komplettringen hade för avsikt att utvidga antalet grundvattentäkter i utvärderingen, eftersom vattenkemiska data för alla registrerade vattentäkter ännu ej fanns i DGV.

Tillstånd

Utöver de saknade uppgifterna ovan saknades en tabell för tillståndsklassning. För varje parameter skapades frågor där klassgränserna för koncentrationer enligt bedömningsgrunderna sattes som villkor. Dessutom sattes villkor för vilken typ av vattentäkt som avsågs så att endast grundvattentäkter utan infiltration utvärderades. DGV innehåller uppgifter från ytvattentäkter, grundvattentäkter med konstgjord infiltration och grundvattentäkter utan konstgjord infiltration. För analysen av alkalinitet i förhållande till försurningsbelastningen i form av sulfat krävdes koncentrationer i mekv/l. DGV kompletterades därför med en omräkningstabell från mg/l till mekv/l för alkalinitet och sulfat.

Vägningsindex

Analysen av om egna typområden avviker från motsvarande typområden i SGUs refe-

renspopulation krävde komplettering i databasen i form av tabeller ur bilaga 2 ur Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för grundvatten (1999). Frågor skapades där villkor sattes för val av geografisk region, grundvattenmiljö och brunnsdjup.

Avvikelseklassning

Frågor som beräknade avvikelse från ett av Naturvårdsverket satt gränsvärde beräknades. Villkor sattes för antal gånger större än jämförvärdet det ehållna värdet var samt för klassindelning för de olika intervallen enligt tabell Tabell 5 och Tabell 7. Ett annat villkor var för typ av vattentäkt så att endast grundvattentäkter utan infiltration utvärderades.

Eventuella orsaker till avvikelse

För att kunna påvisa eventuella orsaker till avvikande värden krävdes en omräkning till mekv/l av parametrarna klorid, alkalinitet och sulfat. Databasen kompletterades därför med en omräkningstabell för dessa parametrar och en fråga som utförde själva omräkningarna skapades. Vid analys av påverkan från olika antropogena och naturliga källor skapades en fråga per frågeställning. Villkor för parametrarna sattes i enlighet med Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (1999). Ytterligare ett villkor för typ av vattentäkt sattes.

Slutsatser/Kommentarer

Som helhet är DGV ett användbart verktyg för länsstyrelser och kommuner där användaren på ett enkelt sätt kan få svar på ett antal olika frågeställningar. Vid utvärdering av vattenkemiska analyser enligt Naturvårdsverket bedömningsgrunder för grundvatten behöver DGV dock kompletteras med ett antal uppgifter som framgår ovan.

BILAGA 2

Underlagstabeller för resultatutvärdering

UNDERLAGSTABELLER FÖR RESULTATUTVÄRDERING

Tabell 9. Utvärderade grundvattentäkter belägna i grundvattenmiljön kristallin berggrund.

Grundvattenmiljö Kristallin berggrund		
<u>Djupa brunnar under HK</u> (>65 m)	<u>Grunda brunnar under HK</u> (<65 m)	<u>Djupa brunnar över HK</u> (>65 m)
Tenvik	Brättne	Lämbacken
Ulvby	Fors	Bograngens VV
Glava	Mangskog	Bjurbergets VV
Klässbol	Lerboda	
Ottebol		
Ärnäs		
Mölnbacka		
Krusmon		
Överbyns VV		
Fastnäs VV		
Skoga		

Tabell 10. Utvärderade grundvattentäkter belägna i grundvattenmiljön isälvsavlagringar.

Grundvattenmiljö Isälvsavlagring	
<u>Djupa brunnar under HK</u> (>4 m)	<u>Grunda brunnar under HK</u> (<4 m)
Nybble	Brattfors
Bäckhammar	Sandtorp
Härtsöga	
Frykstavattentäkten	
Torsby VV	
Kärrbäcksstrand VV	
Nordmark	
Asped	
Stöllets VV	
Månäs VV	
Lekvattnets VV	
Sunnemo	
Gustavfors	
Gunnarskog	
Sysslebäcks VV	
Höljes VV	

Tabell 11. Utvärderade grundvattentäkter belägna i sluten akvifär.

Grundvattenmiljö sluten akvifär	
<u>Djupa brunnar</u> (>4 m)	<u>Grunda brunnar</u> (<4 m)
Vargtorpet	Holmedal
Hynboholm	

Tabell 12. Djup, redox-klass för samtliga undersökta brunnar belägna i kristallin berggrund.

Djup och redoxklass för brunnar i kristallin berggrund		
<u>Djupa brunnar under HK</u>	<u>Djup</u>	<u>Redoxklass</u>
Tenvik	70	2
Ulsby	124	3
Glava	115	1
Klässbol	95	3
Ottebol	70	1
Årnäs	100	3
Mölnbacka	70	2
Krusmon	100	5
Överbyns VV	92	1
Fastnäs VV	81	5
Skoga	121	3
<u>Grunda brunnar under HK</u>		
Brättne	50	3
Fors	50	2
Mangskog	63	2
Lerboda	55	3
<u>Djupa brunnar över HK</u>		
Lämbacken	94	2
Bogrängens VV	112	3
Bjurbergets VV	102	3

Tabell 13. Vagningsindex anger om mätta värden skiljer sig statistiskt signifikant avseende klorid från SGUs referens population för motsvarande typområde och djup.

Vagningsindex klorid			
<u>Typindelning</u>	<u>Vagningsindex</u>	<u>Antal</u>	<u>Signifikans</u>
Kristallin berggrund under HK, djup brunn	2,55	11	ej signifikans
Kristallin berggrund under HK, grund brunn	2,25	4	ej signifikans
Kristallinberggrund över HK, djup brunn	2,3	3	ej signifikans
Isälvsavlagring under HK, djup brunn	2,125	16	ja, 1% nivå
Isälvsavlagring under HK, grund brunn	3,5	2	ej signifikans
Sluten akvifär, djup brunn	2,5	2	ej signifikans
Sluten akvifär, grund brunn	5	1	ja, 5% nivå

Tabell 14. Vagningsindex anger om mätta värden skiljer sig statistiskt signifikant avseende alkalinitet från SGUs referens population för motsvarande typområde och djup.

Vagningsindex Alkalinitet			
<u>Typindelning</u>	<u>Vagningsindex</u>	<u>Antal</u>	<u>Signifikans</u>
kristallin berggrund under HK, djup brunn	2,45	11	ja på 5%
kristallinberggrund under HK, grund brunn	3	4	ej signifikans
kristallinberggrund över HK, djup brunn	2,67	3	ej signifikans
Isälvsavlagring under HK, djup brunn	2,31	16	ja, 1% nivå
Isälvsavlagring under HK, grund brunn	2,5	2	ej signifikans
Sluten akvifär, djup brunn	2	2	ej signifikans
Sluten akvifär, grund brunn	3	1	ej signifikans

Tabell 15. Grundvattentäkter där avvikelsen från jämförvärdet 0,5 mg NO₃-N/l är > 2ggr. Avvikelse för lägre koncentrationer har ej kunnat avgöras eftersom lägsta detektionsgräns för de utförda analyserna var 1 mg NO₃-N/l.

Avvikelse från jämförvärde nitratkväve	
Typområde	Avvikelse från jämförvärde (ggr)
<u>Kristallin berggrund under HK, djup brunn</u>	
Krusmon	2,2
Överbyns VV	2,1
<u>Kristallin berggrund över HK, djup brunn</u>	
Bograngens VV	2,1
<u>Isälvsavlagring under HK, djup brunn</u>	
Bäckhammar	2,7
Nybble	5,9
Asped	3,1
Torsby VV	2,2
Stöllets VV	3,1
Kärrbacksstrand VV	2,4
Höljes VV	6,4
Sunnemo	
<u>Isälvsavlagring under HK, grund brunn</u>	
Brattfors	2,3
<u>Sluten akvifär, djup brunn</u>	
Hynboholm	2,1
<u>Sluten akvifär, grund brunn</u>	
Holmedal	2,4

Tabell 16. Grundvattentäkter där villkoren (>5 mg Cl/l, Na/Cl>1 och >180 mg HCO₃/l) för påverkan från relik saltvatten uppfylls.

Eventuell påverkan från relik saltvatten			
Grundvattentäkt	Förhållande Na-Cl (mekv/l)	Alkanitet (mekv/l)	Kategori
Ulvsby	1,4	3,9	E1d
Fors	3,6	3,1	E1g
Glava	3,8	3,0	E1d
Årnäs	4,0	3,5	E1d
Lerboda	3,3	2,9	E1g

Tabell 17. Grundvattentäkter där villkoren för vintervägsaltning (>5 mg Cl/l och Na/Cl=1) uppfylls ± 10 %.

Eventuell påverkan av vintervägsaltning		
Grundvattentäkt	Förhållande Na-Cl (mekv/l)	Avvikelseklass klorid
Torsby VV	1,09	2

Tabell 18. Grundvattentäkter som uppfyller villkoren för påverkan från avlopp, hushållsdeponi och djurhållning (Avvikelse >1 från jämförvärdet 5 mg Cl/l för klorid och avvikelse >2 från jämförvärde 0,5 mg NO₃-N för nitratkväve) samt kommunernas riskbedömning för dessa grundvattentäkter.

Eventuell påverkan från avlopp hushållsdeponi och djurhållning			
Typindelning	Avvikelse klorid (ggr)	Avvikelse nitrat (ggr)	Riskbedömning
<u>Kristallin berggrund under HK, djup brunn</u>			
Överbyns VV	2,1	2,1	Väg, radon
<u>Isälvsavlagring under HK, djup brunn</u>			
Bäckhammar	1,7	2,7	Jordbruk, industri, bebyggelse
Nybble	1,8	5,9	Jordbruk, bebyggelse
Asped	2,6	3,1	Övrigt
Torsby VV	2,7	2,2	Väg, bebyggelse
Stöllets VV	4,7	3,1	Väg, bebyggelse
Kärbackstrand VV	1,3	2,4	övrigt
Höljes VV	1,5	6,4	Bebyggelse, ytvatten, bekämpningsmedel
Sunnemo	7,3	7,9	väg
<u>Isälvsavlagring under HK, grund brunn</u>			
Brattfors	4,6	2,3	Jordbruk, skogsbruk, väg
<u>Sluten akvifär, djup brunn</u>			
Hynboholm	4,4	2,1	Jordbruk, väg, täkt
<u>Sluten akvifär, grund brunn</u>			
Holmedal	12,9	2,4	Väg

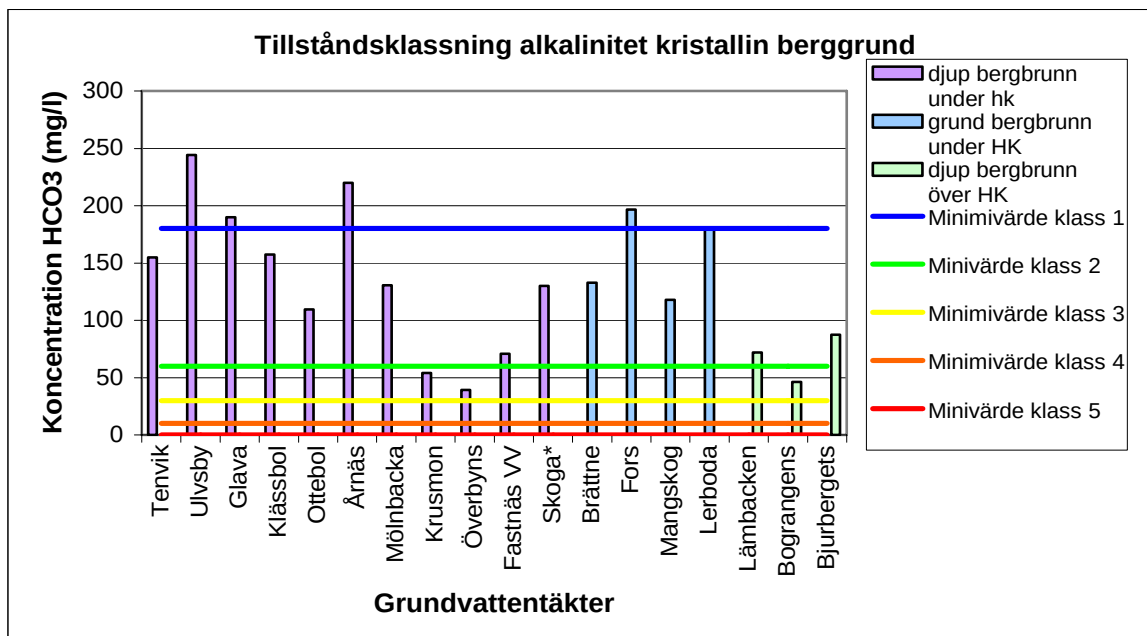
BILAGA 3

Tillståndsdiagram

Tillståndsdiagram

Grundvatten i kristallin berggrund

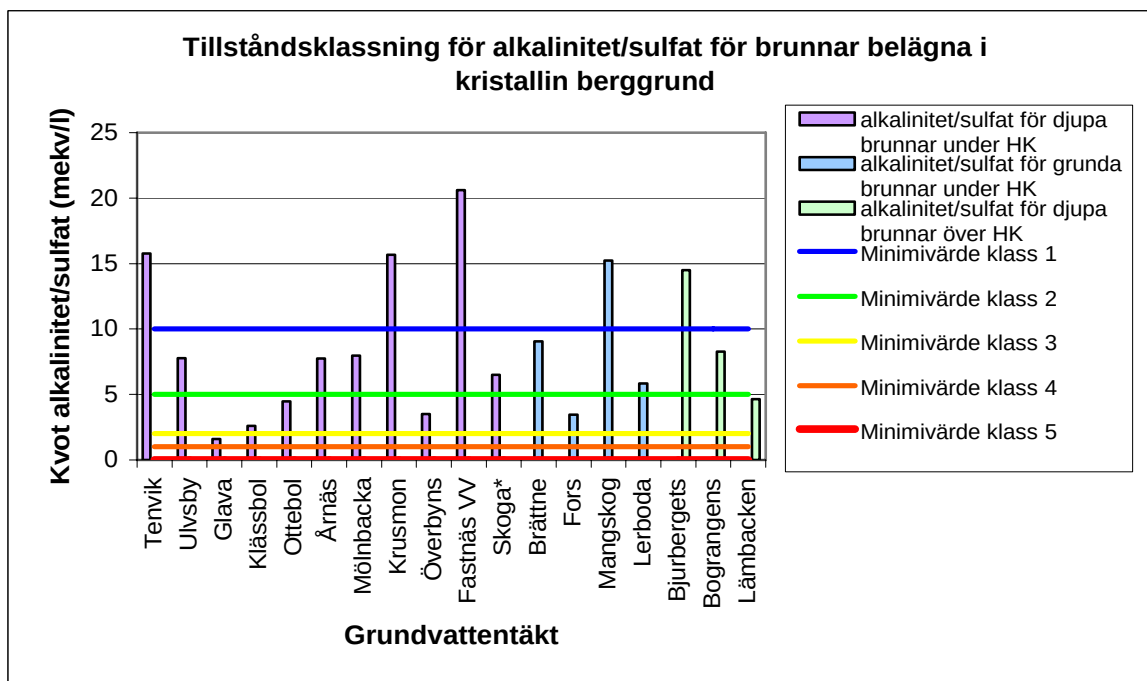
Alkalinitet



Figur 22. Tillståndsklassindelning med avseende på alkalinitet, där lägsta värdet för varje klass har markerats med en linje.

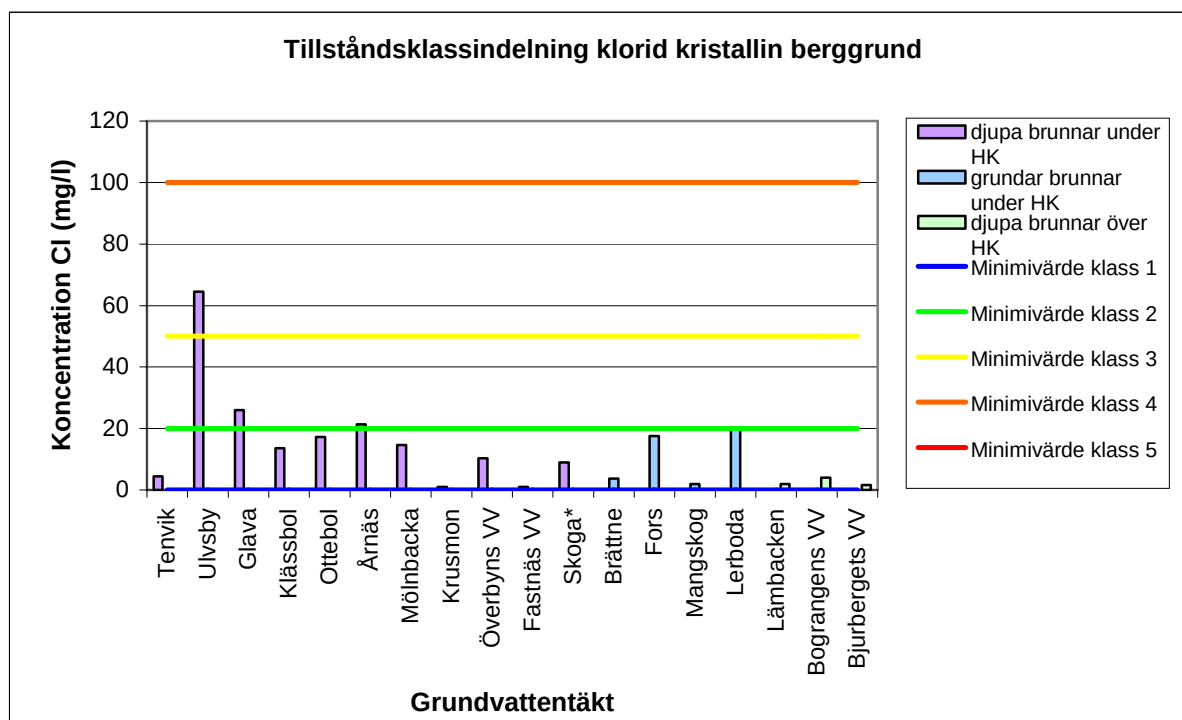
* 3-årsmedelvärden från 2004-2006.

Försurningsbelastning

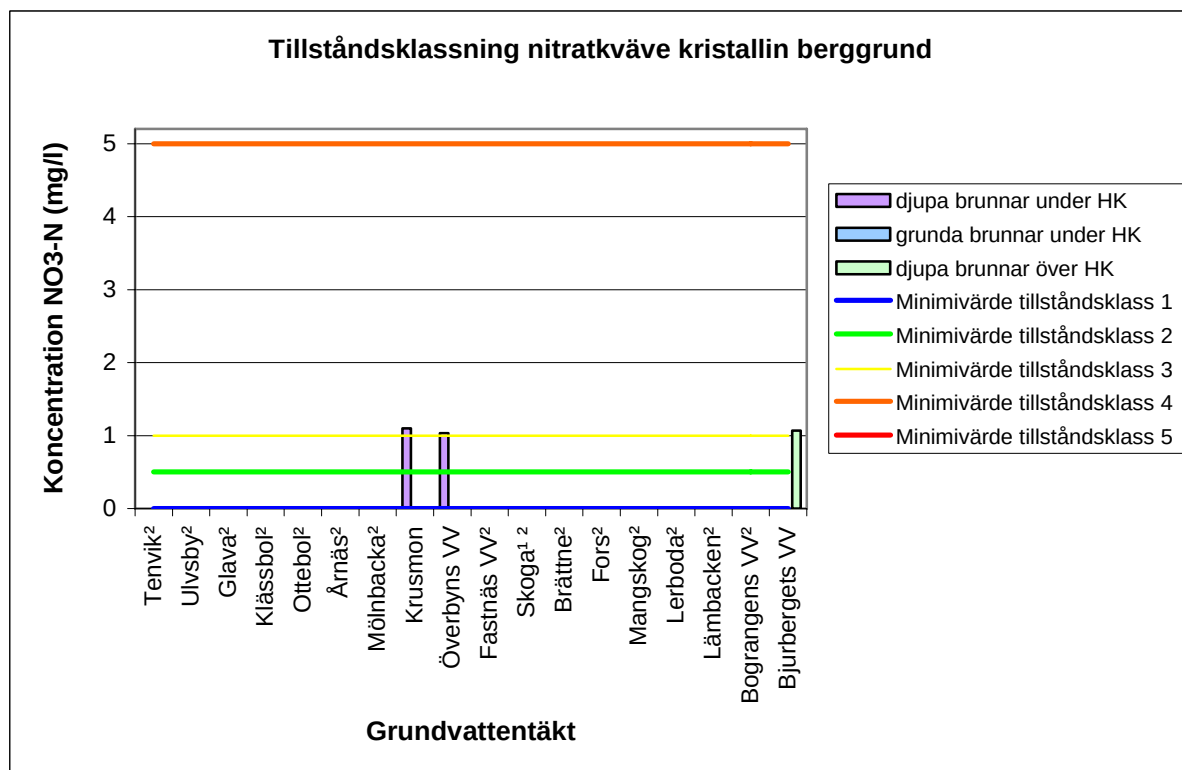


Figur 23. Tillståndsklassning med avseende på kvoten alkalinitet/sulfat räknat i meqv/l där lägsta värdet för varje klass har markerats med en linje.

* 3-årsmedelvärden från 2004-2006.

Klorid

Figur 24. Tillståndsklassning med avseende på klorid där lägsta värdet för varje klass har markerats med en linje.
* 3-årsmedelvärden från 2004-2006.

Nitratkväve

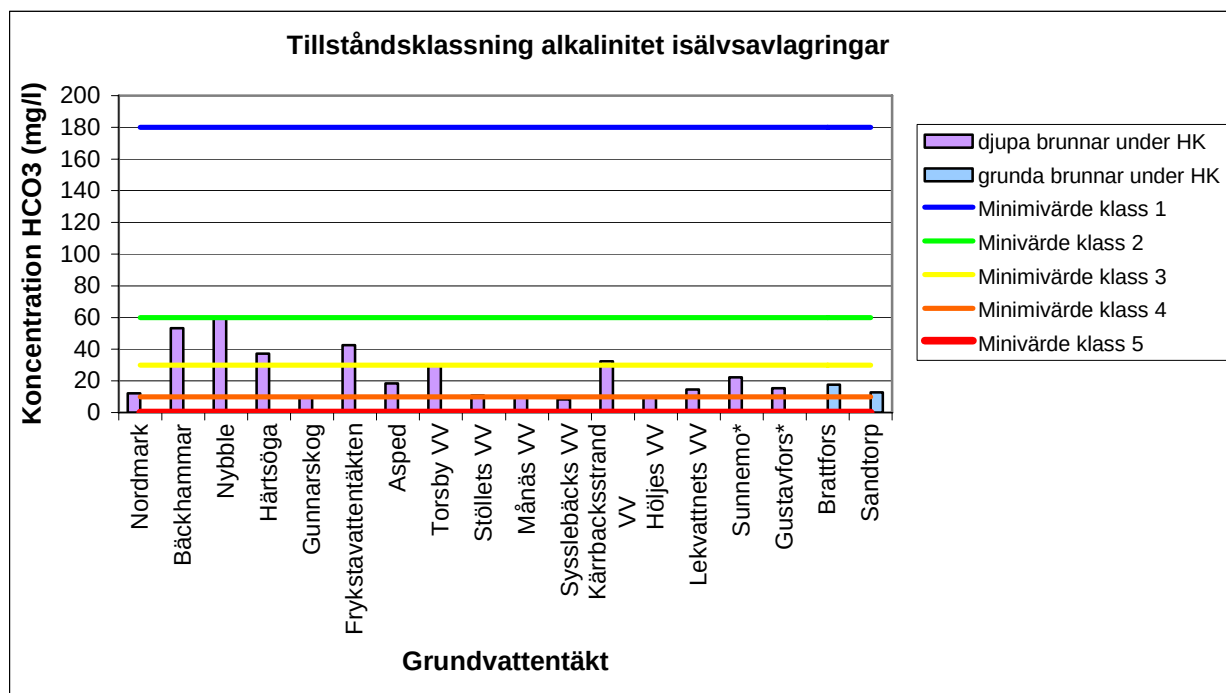
Figur 25. Tillståndsklassning med avseende på nitratkväve där lägsta värdet för varje klass har markerats med en linje.

1: 3-årsmedelvärden från 2004-2006,

2: koncentrationer <1 mg NO₃-N/l

Grundvatten i isälvsavlagring

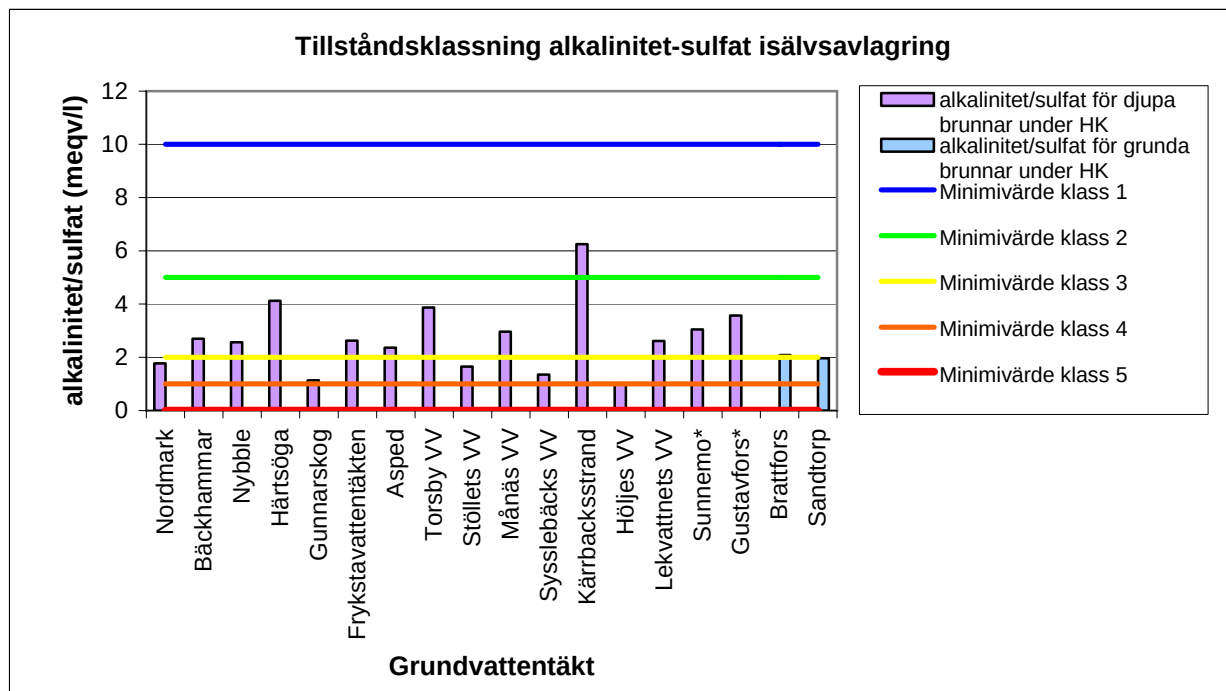
Alkalinitet



Figur 26. Tillståndsklassning med avseende på alkalinitet, där lägsta värdet för varje klass har markerats med en linje.

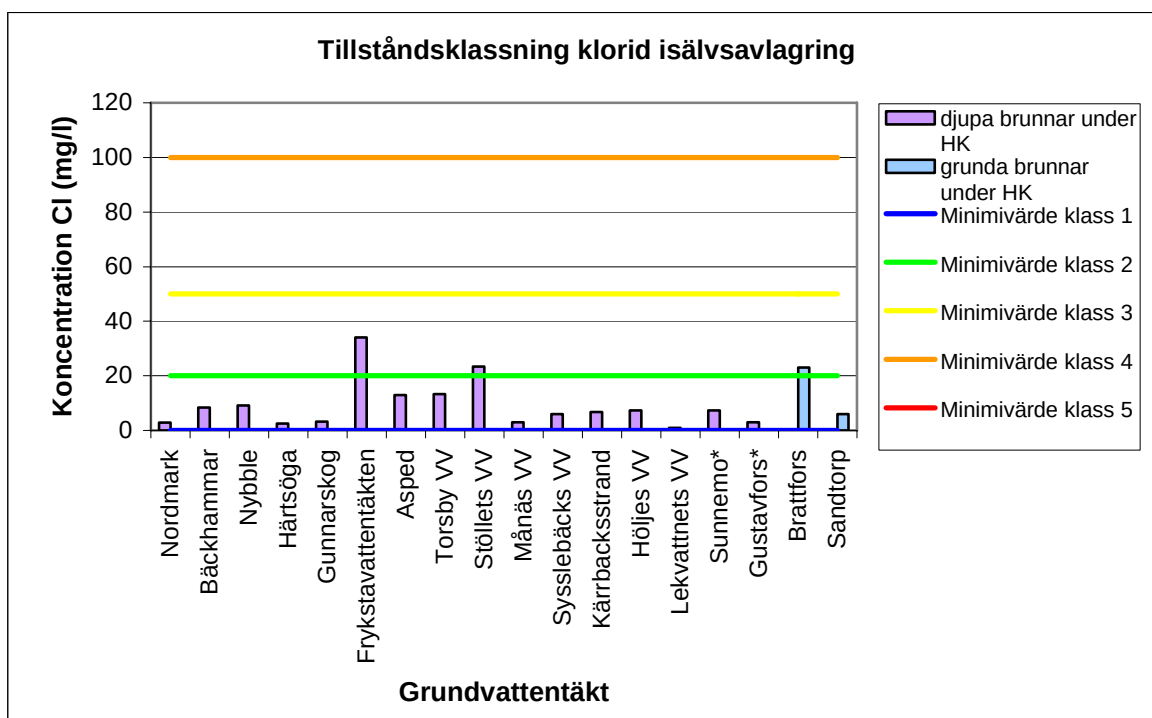
* 3-årsmedelvärden från 2004-2006.

Försurningsbelastning



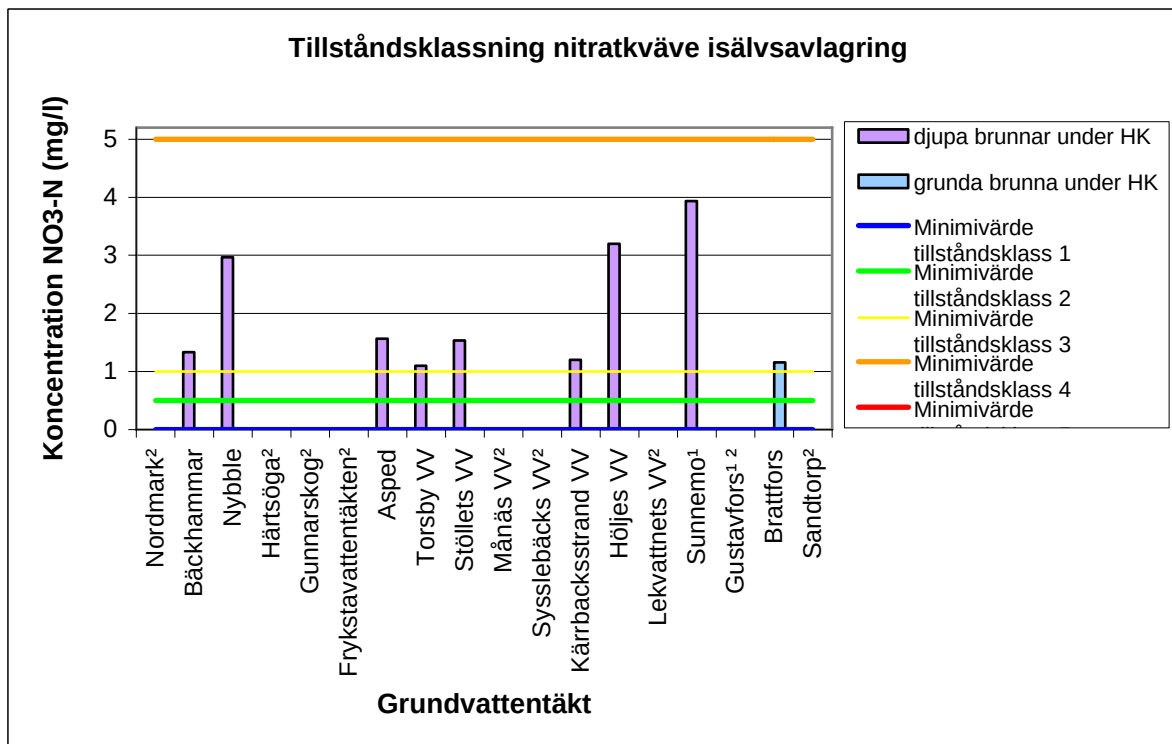
Figur 27 Tillståndsklassning med avseende på kvoten alkalinitet/sulfat räknat i meq/l, där lägsta värdet för varje klass har markerats med en linje

* 3-årsmedelvärden från 04-06.

Klorid

Figur 28. Tillståndsklassning med avseende på klorid, där lägsta värdet för varje klass har markerats med en linje.

* 3-årsmedelvärden från 2004-2006.

Nitratkväve

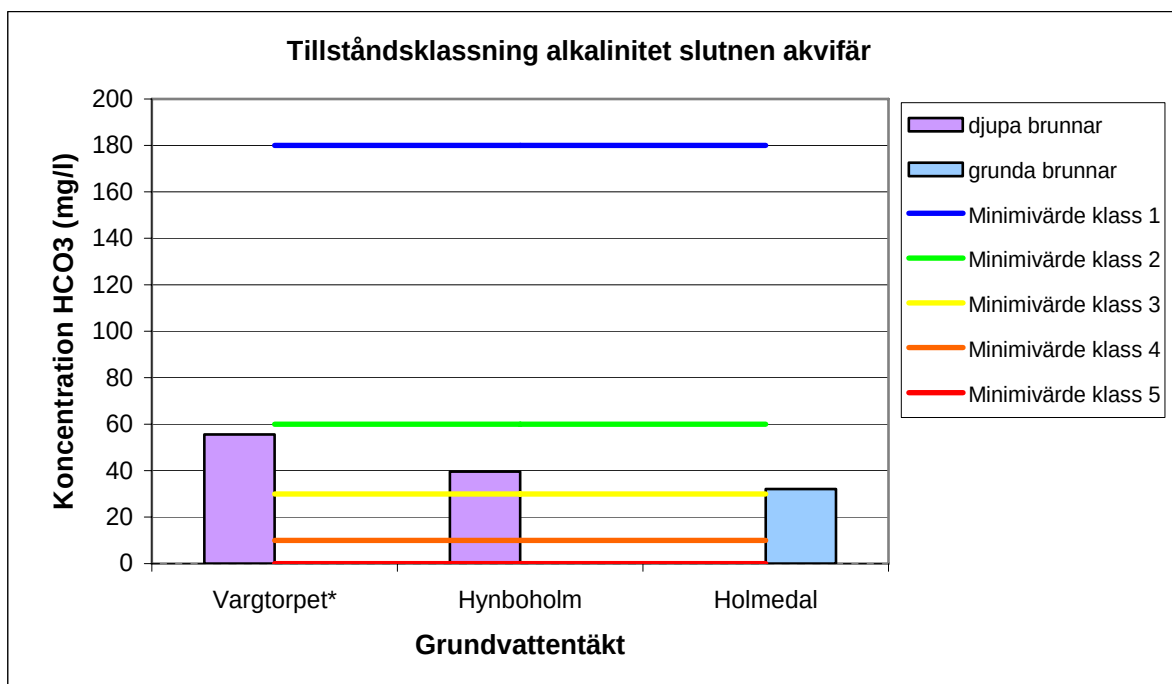
Figur 29. . Tillståndsklassning med avseende på nitratkväve, där lägsta värdet för varje klass har markerats med en linje.

1: 3-årsmedelvärden från 04-06,

2: koncentrationer <1 mg NO₃-N/l

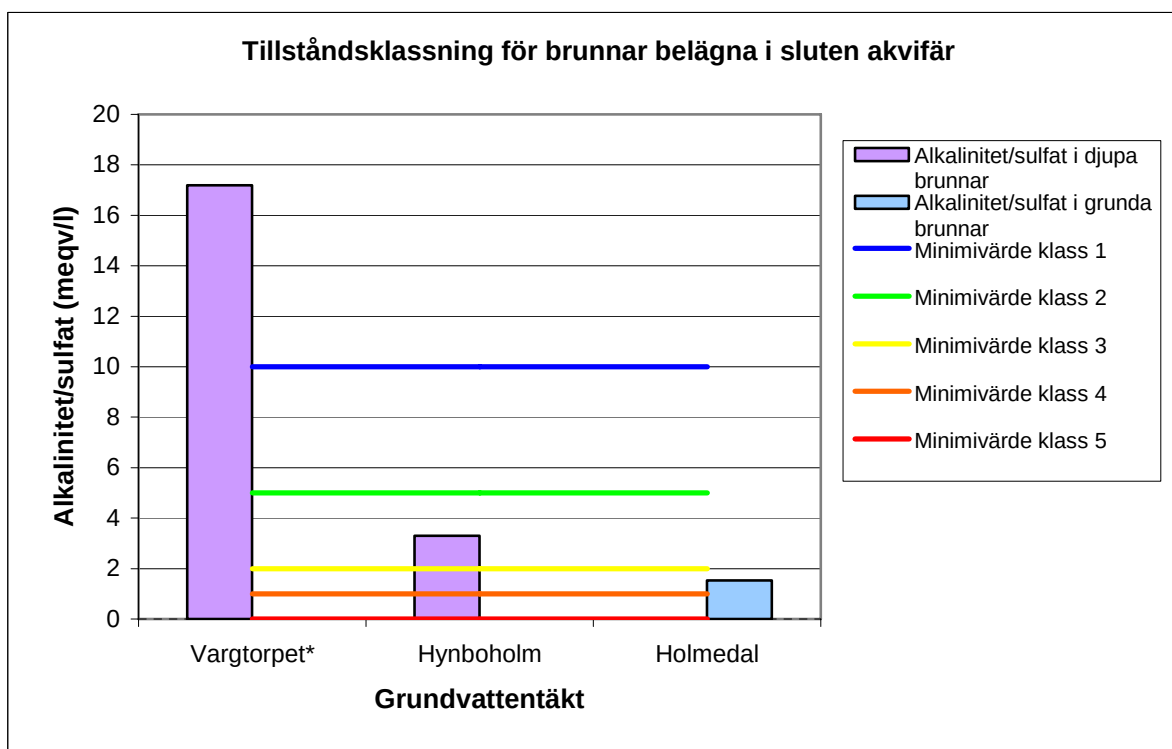
Grundvatten i slutna akvifär

Alkalinitet



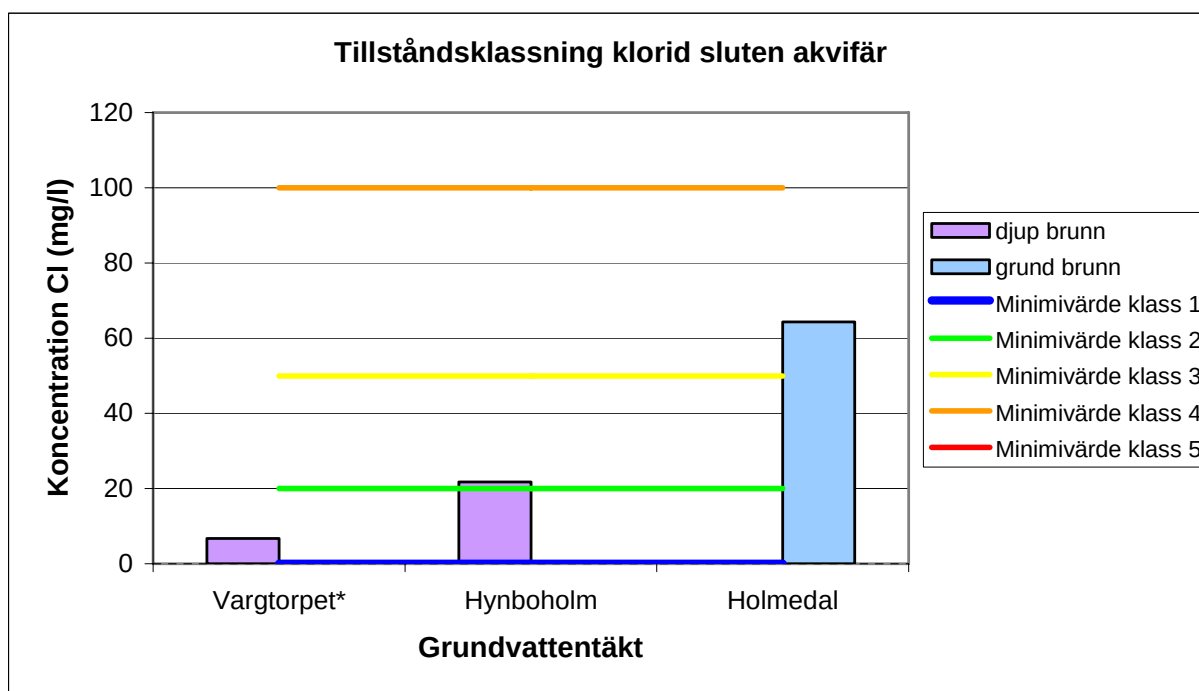
Figur 30. Tillståndsklassning med avseende på alkalinitet, lägsta värdet för varje klass har markerats med en linje.
* 3-årsmedelvärden från 2004-2006.

Försurningsbelastning

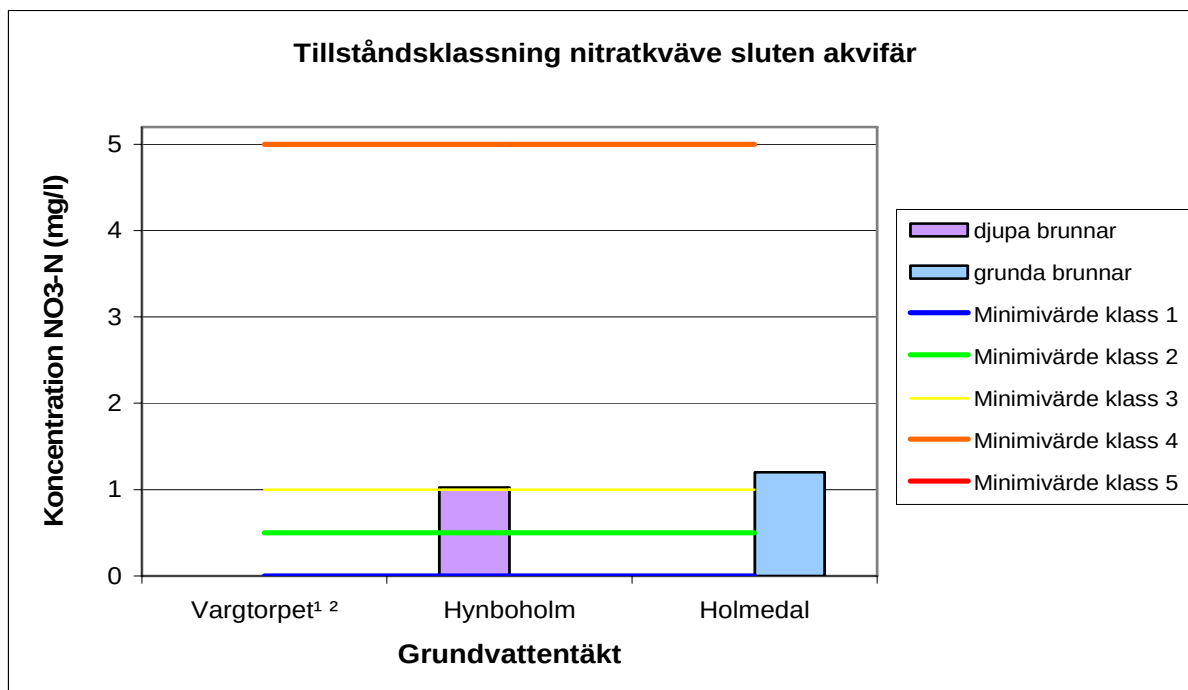


Figur 31. Tillståndsklassning med avseende på kvoten alkalinitet/sulfat räknat i meq/l där lägsta värdet för varje klass har markerats med en linje.

* 3-årsmedelvärden från 2004-2006.

Klorid

Figur 32. Tillståndsklassning med avseende på klorid, där lägsta värdet för varje klass har markerats med en linje.
* 3-årsmedelvärden från 2004-2006.

Nitratkväve

Figur 33. Tillståndsklassning med avseende på nitratkväve, där lägsta värdet för varje klass har markerats med en linje.

1: 3-årsmedelvärden från 04-06,

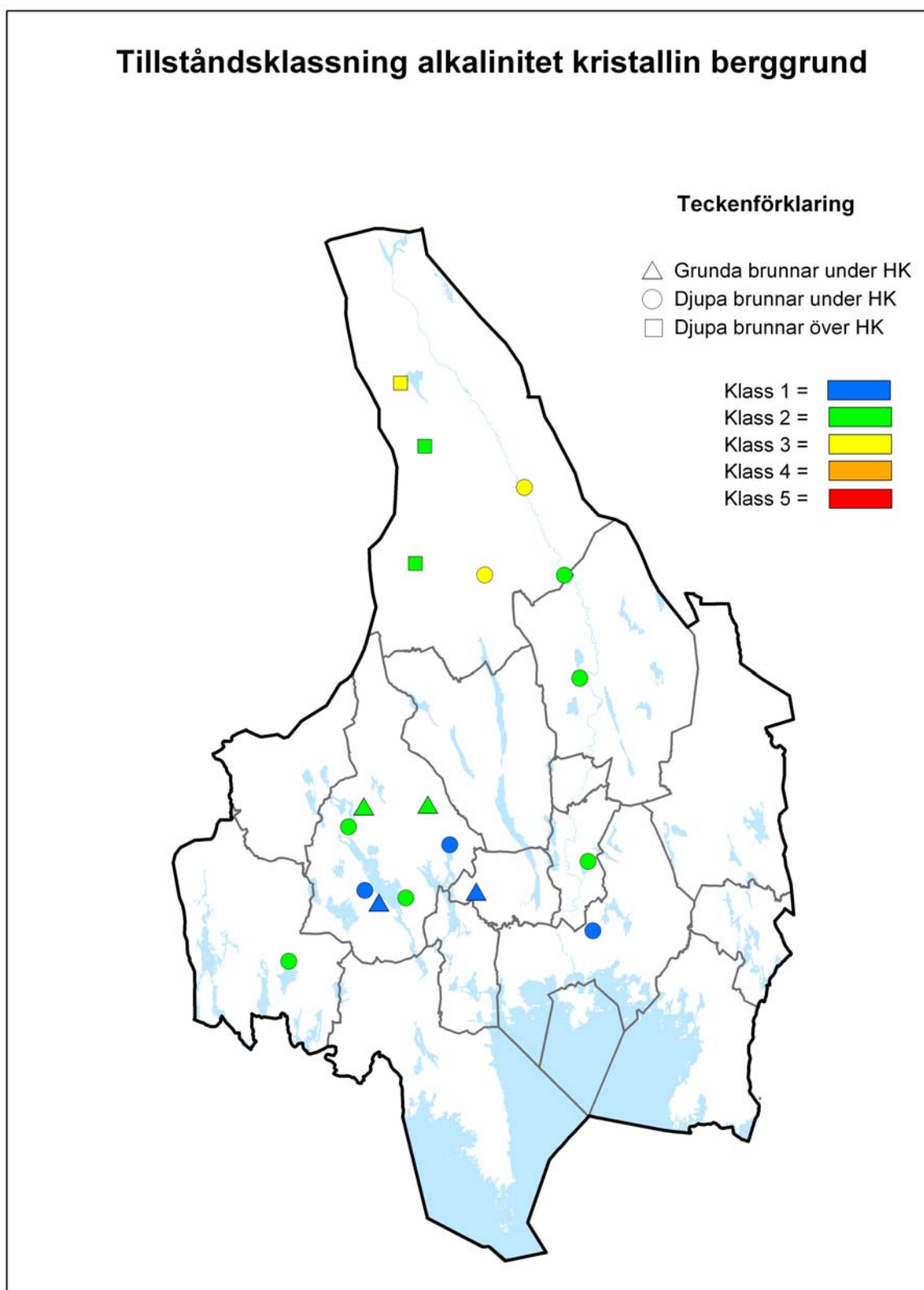
2: koncentrationer <1 mg NO₃-N/l

BILAGA 4

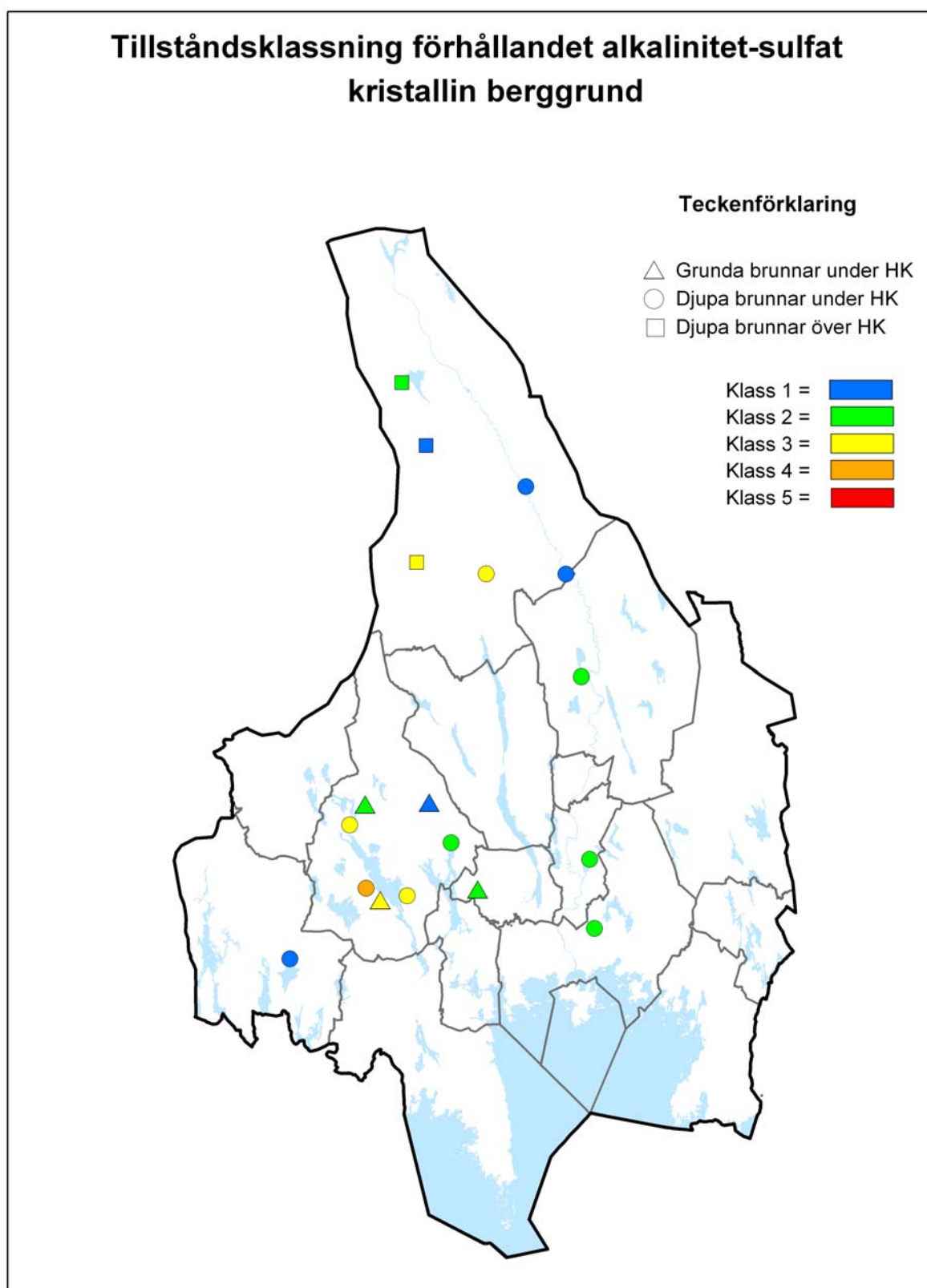
Tillståndskartor

Tillståndskartor

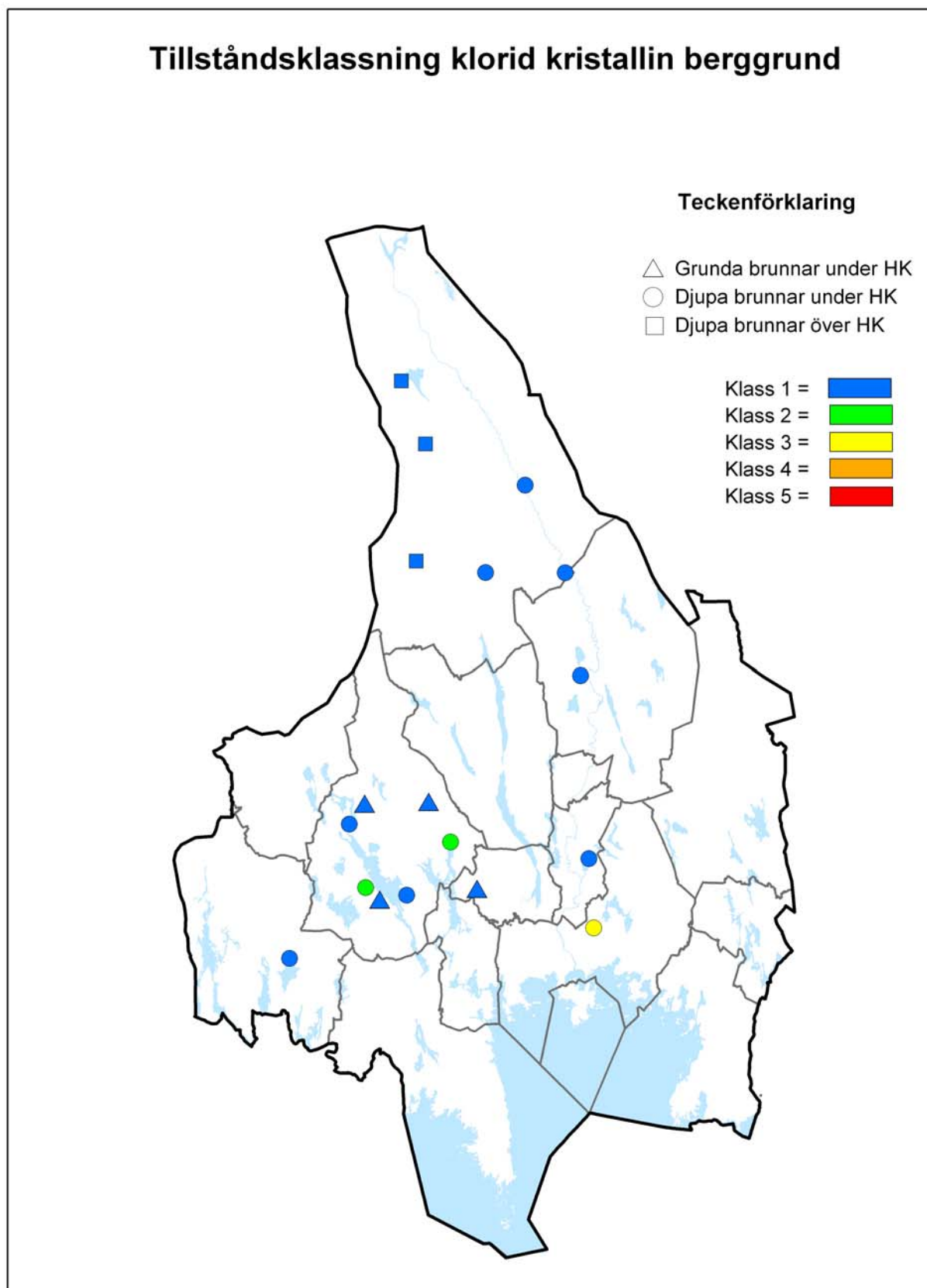
Grundvatten i kristallin berggrund



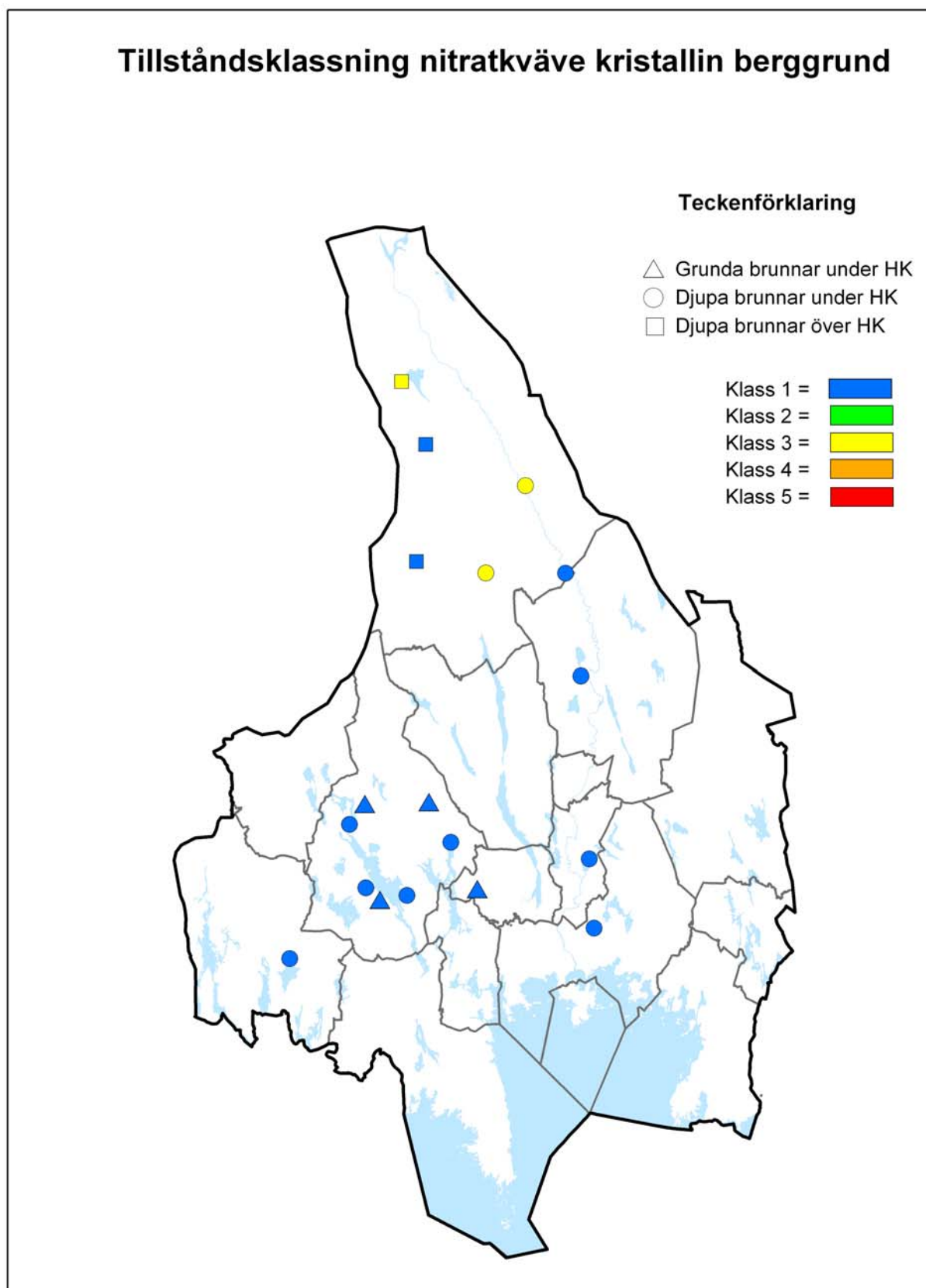
Figur 34. Grafisk översikt över tillståndsklassning med avseende på alkalinitet för brunnar belägna i kristallin berggrund. Copyright Lantmäteriverket 2007, dnr106-2004/188



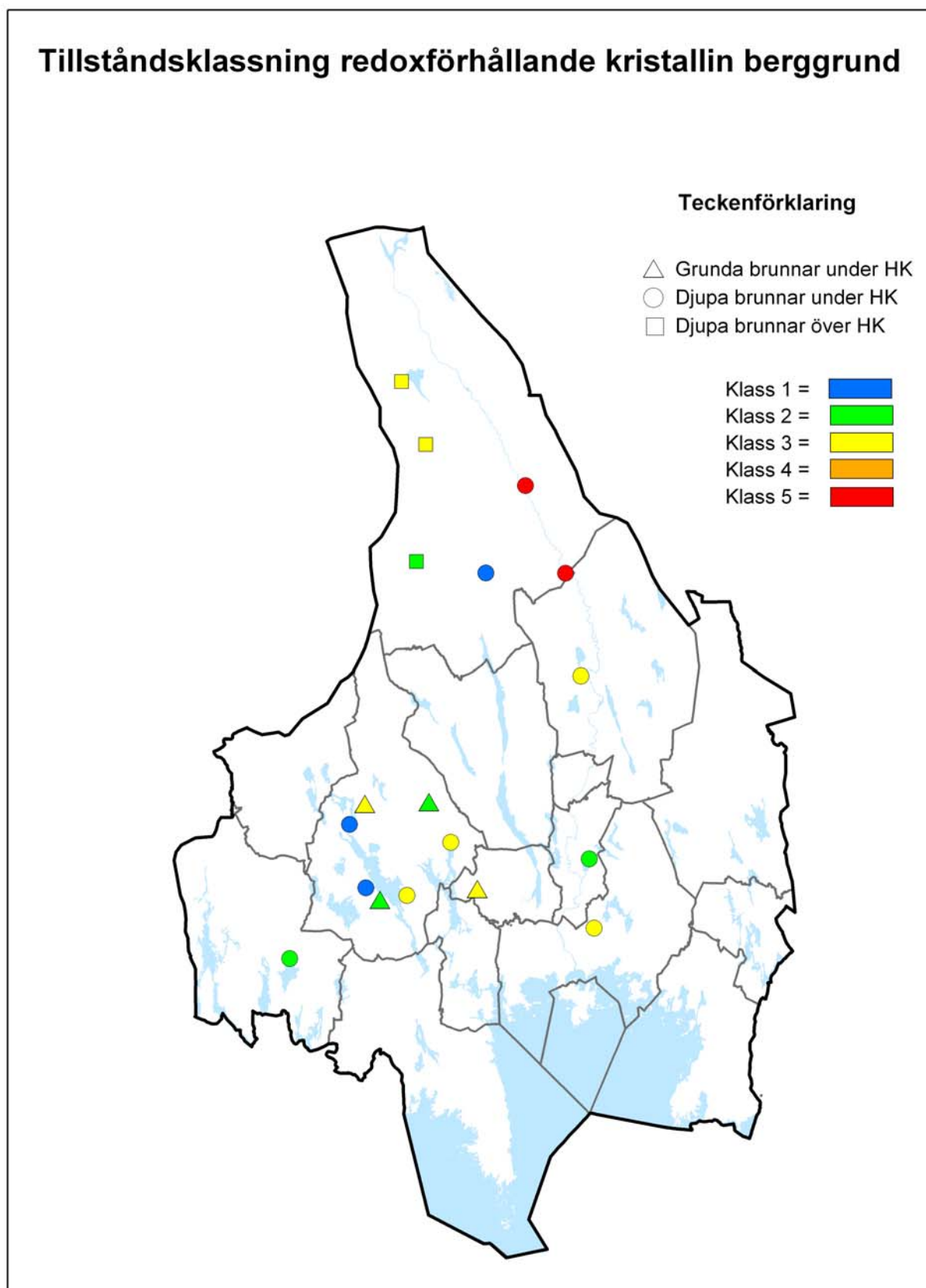
Figur 35. Grafisk översikt över tillståndsklassning med avseende på försurningsbelastningen mätt som kvoten alkalinitet/sulfat för brunnar belägna i kristallin berggrund. Copyright Lantmäteriverket 2007, dnr106-2004/188



Figur 36. Grafisk översikt över tillståndsklassning med avseende på klorid för brunnar belägna i kristallin berggrund.
Copyright Lantmäteriverket 2007, dnr106-2004/188

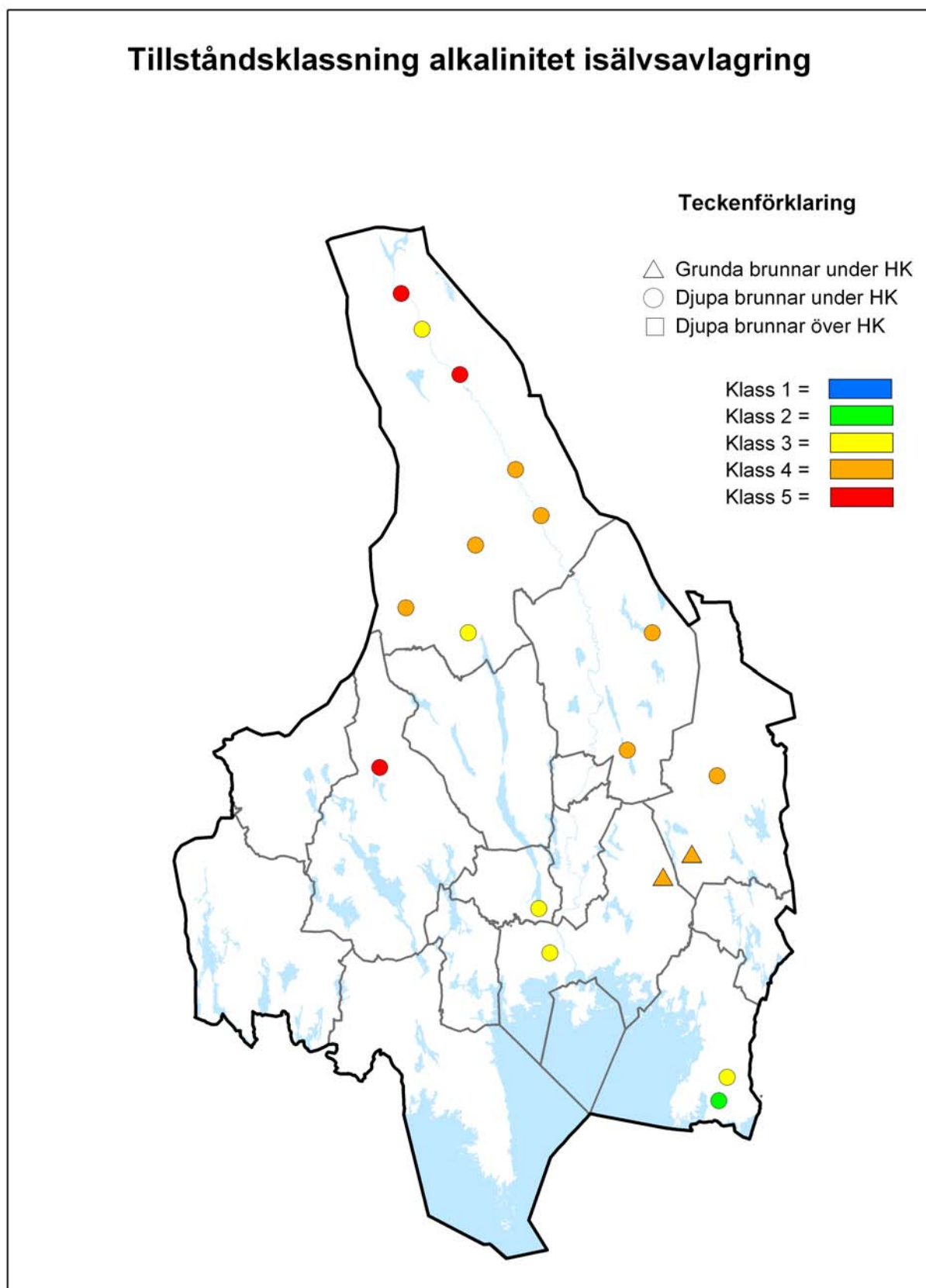


Figur 37. Grafisk översikt över tillståndsklassning med avseende på nitratkväve för brunnar belägna i kristallin berggrund. Alla brunnar med en nitratkvävehalt under detektionsgränsen $<1 \text{ mg NO}_3\text{-N/l}$ har bedömts tillhöra tillståndsklass 1. Copyright Lantmäteriverket 2007, dnr106-2004/188

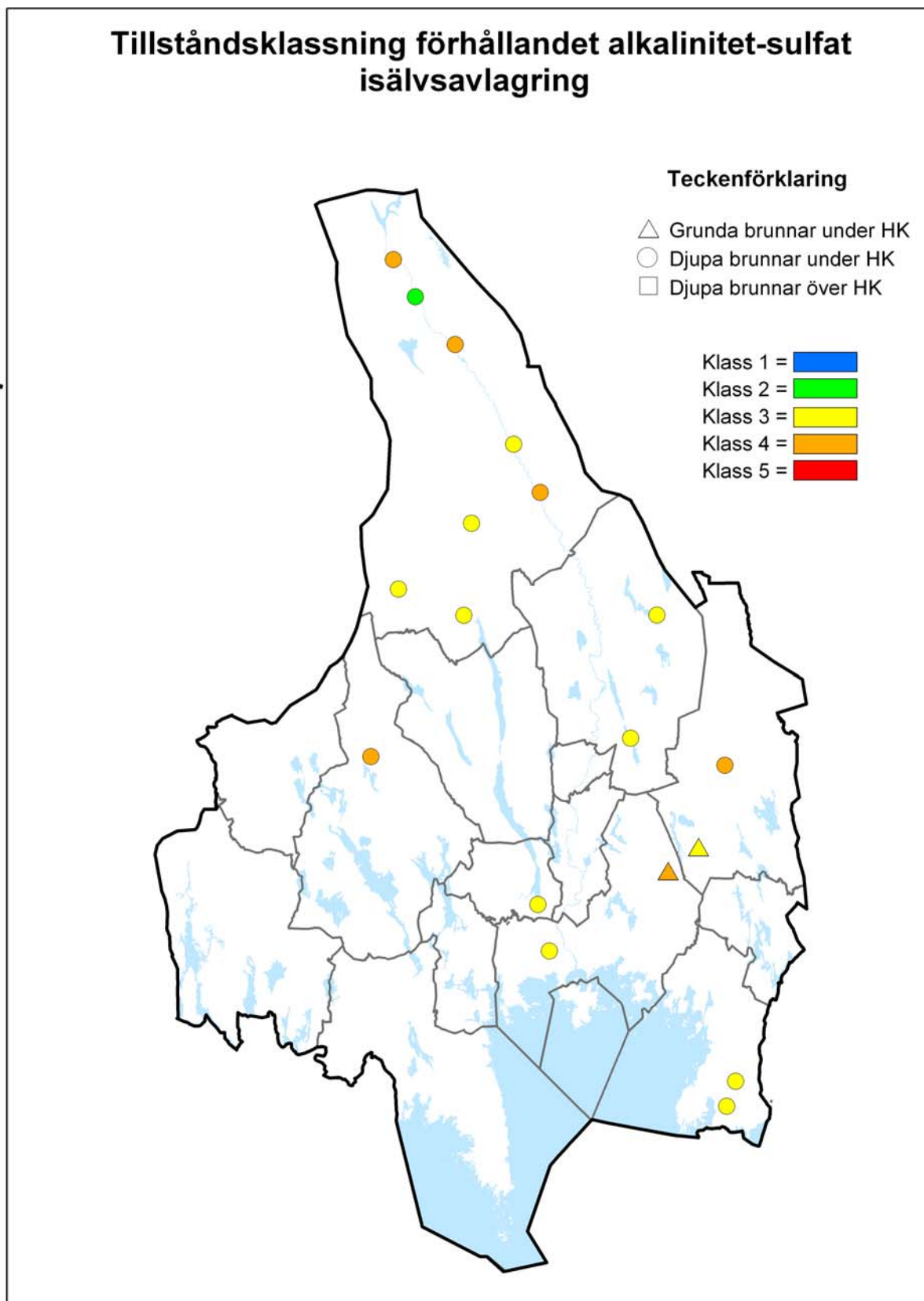


Figur 38. Grafisk översikt över tillståndsklassning med avseende på redox-förhållande för brunnar belägna i kristallin berggrund. Copyright Lantmäteriverket 2007, dnr106-2004/188

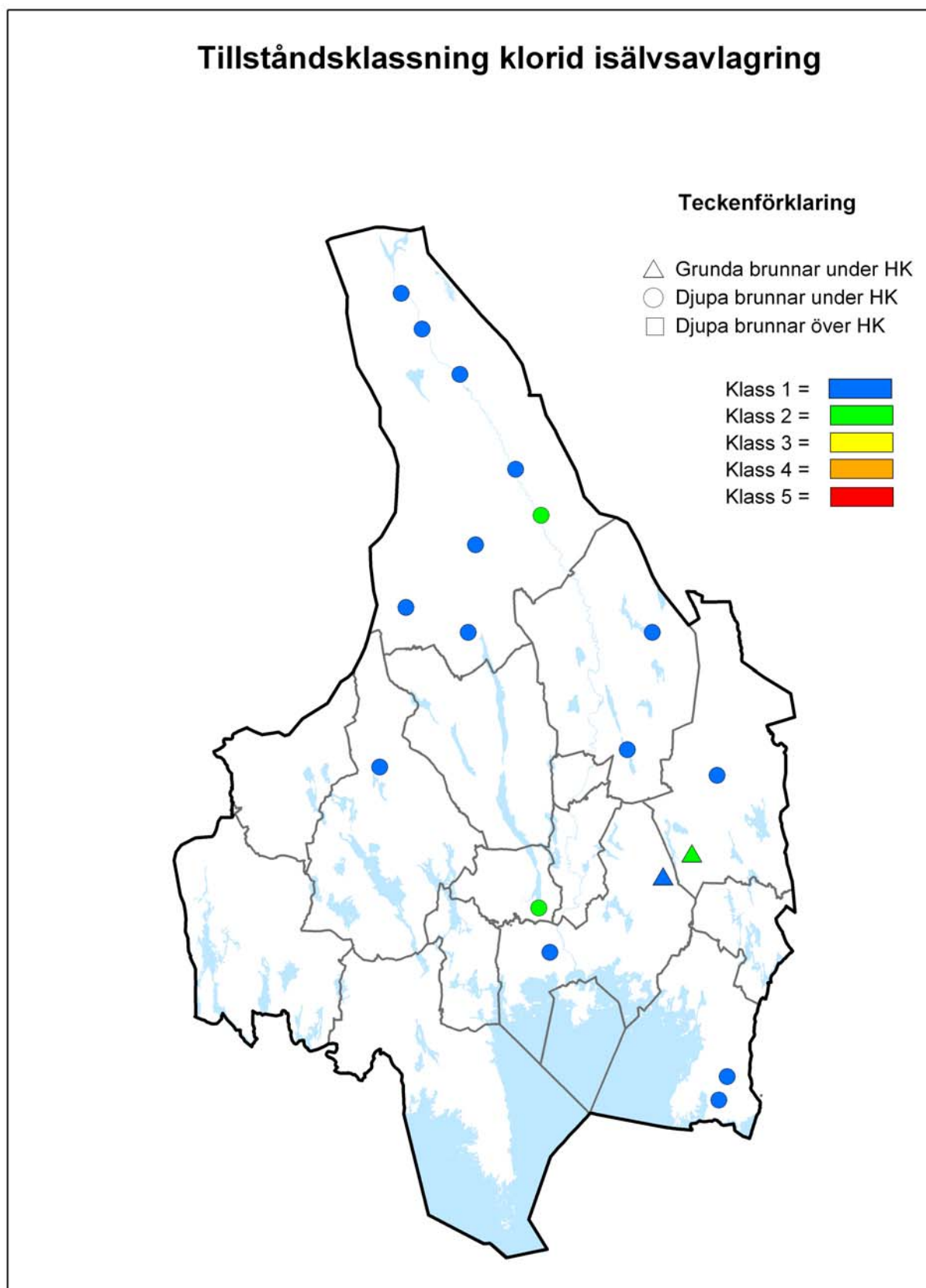
Grundvatten i isälvsavlagring



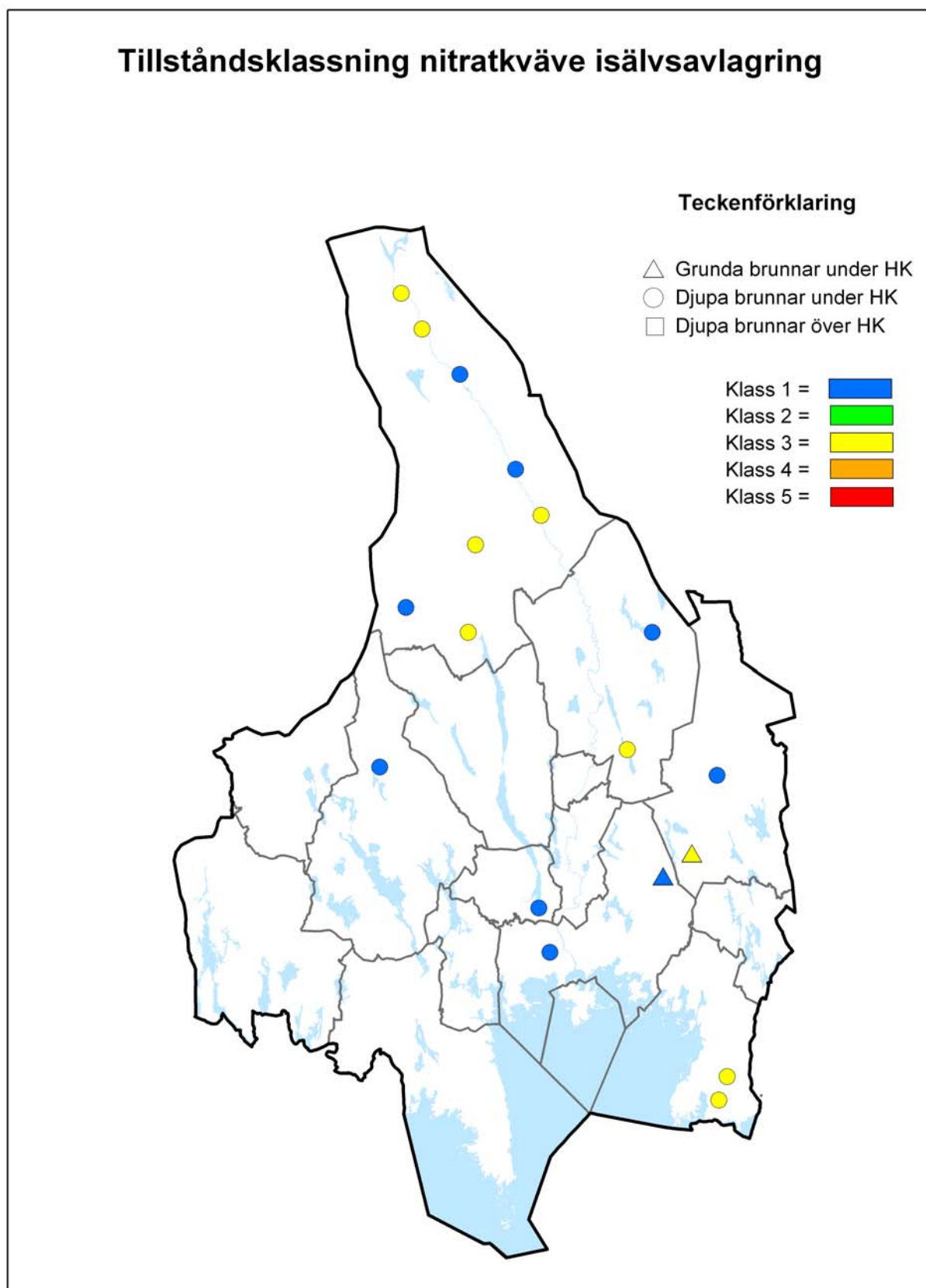
Figur 39. Grafisk översikt över tillståndsklassning med avseende på alkalinitet för brunnar belägna i isälvsavlagring. Copyright Lantmäterverket 2007, dnr106-2004/188



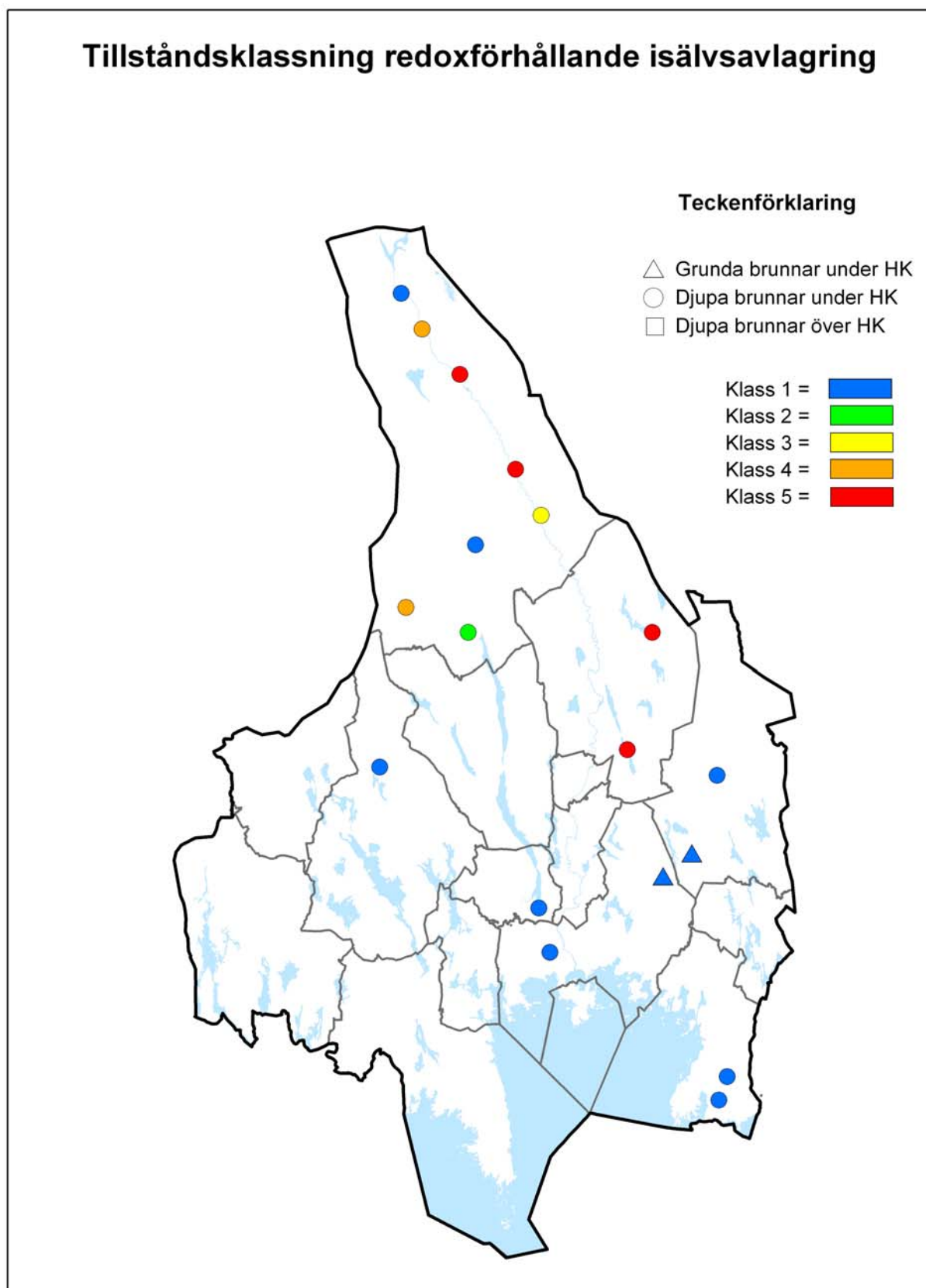
Figur 40. Grafisk översikt över tillståndsklassning med avseende på försurningsbelastningen mätt som kvoten alkalinitet/sulfat för brunnar belägna i isälvavlagring. Copyright Lantmäteriverket 2007, dnr106-2004/188



Figur 41. Grafisk översikt över tillståndsklassning med avseende på klorid för brunnar belägna i isälvsavlagring.

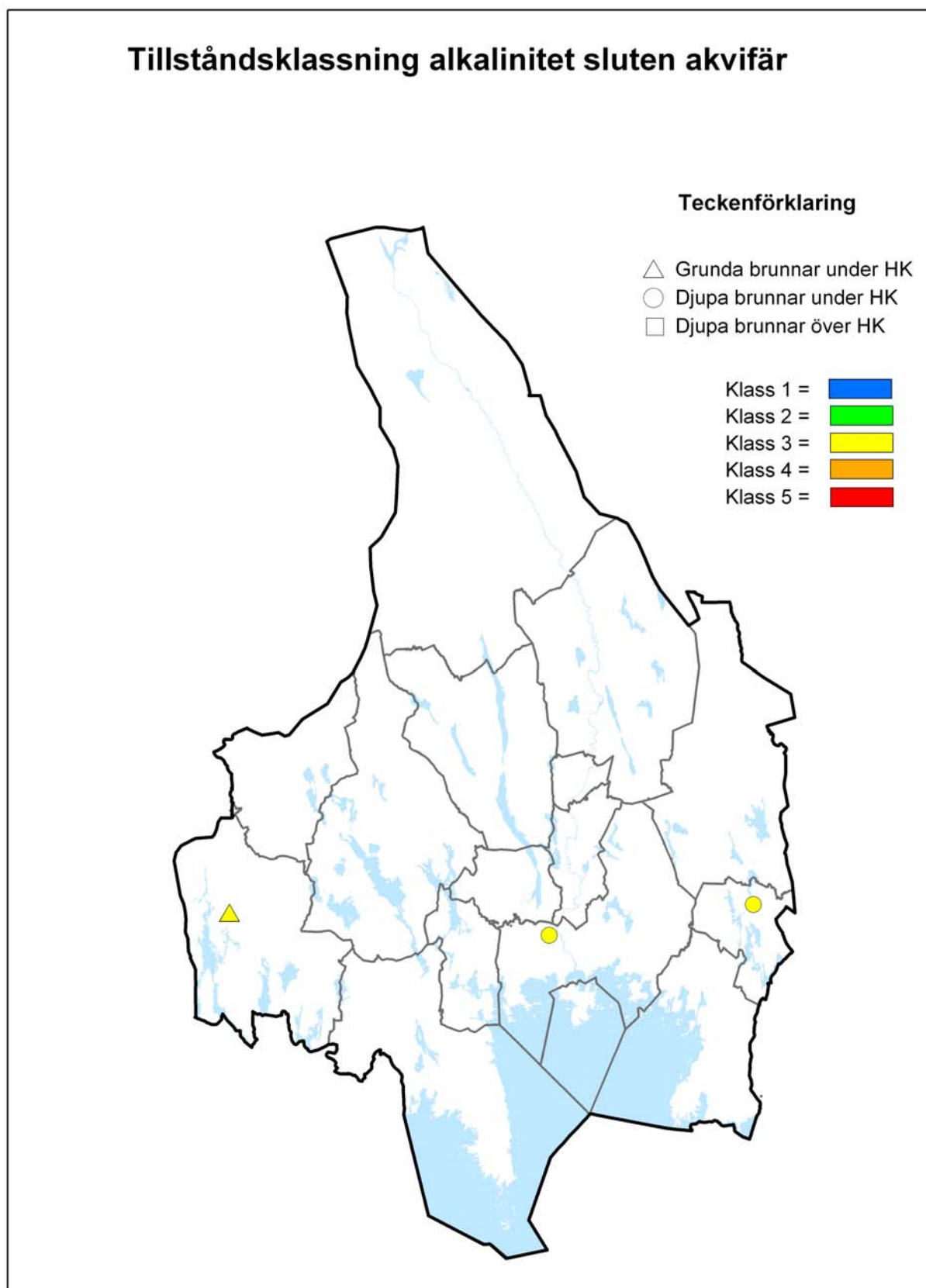


Figur 42. Grafisk översikt över tillståndsklassning med avseende på nitratkväve för brunnar belägna i isälvavlagring. Alla brunnar med en nitratkvävehalt under detektionsgränsen $<1 \text{ mg NO}_3\text{-N/l}$ har bedömts tillhöra tillståndsklass 1. Copyright Lantmäteriverket 2007, dnr106-2004/188

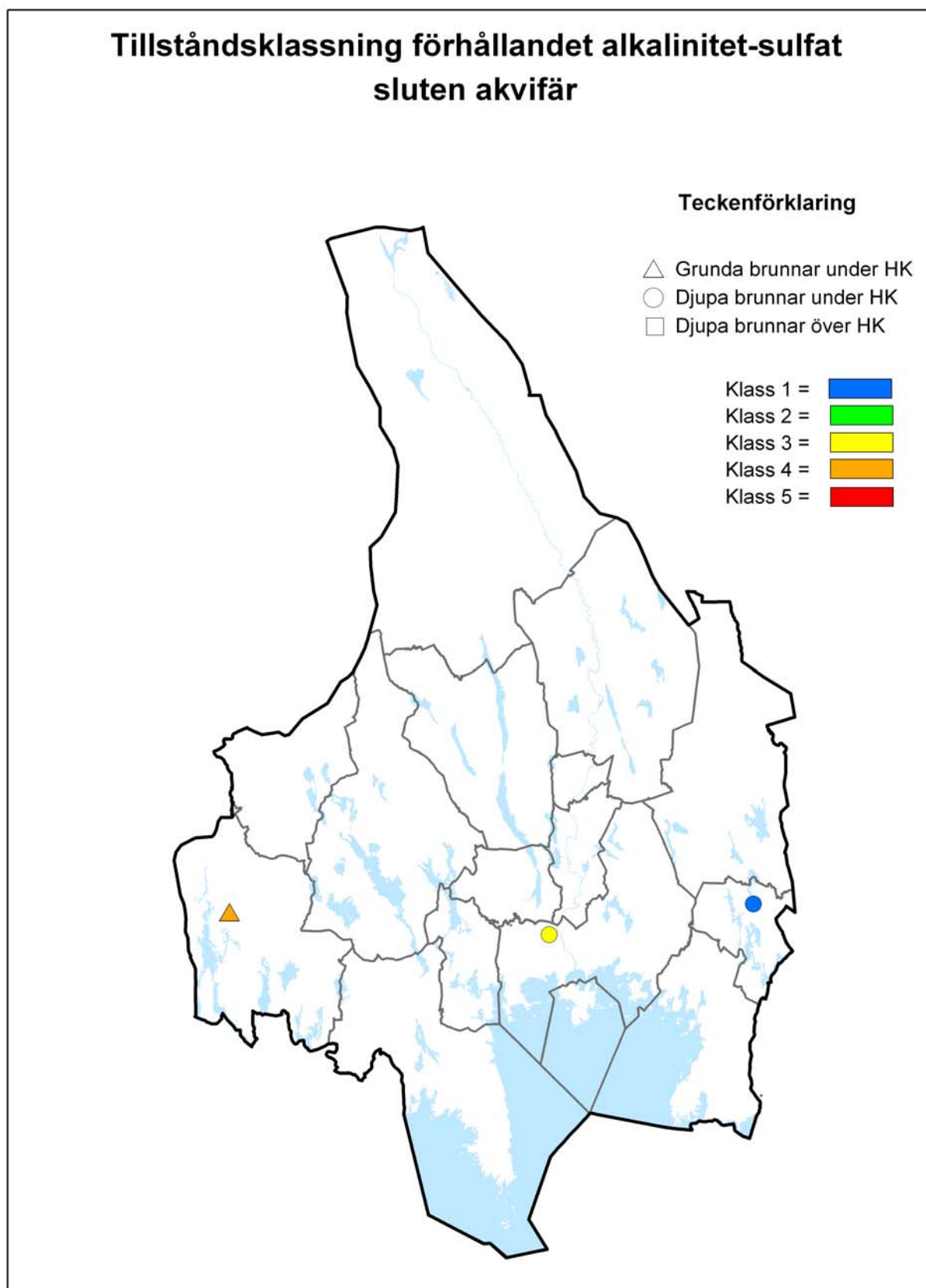


Figur 43. Grafisk översikt över tillståndsklassning med avseende på redox-förhållande för brunnar belägna i isälvsavlagring. Copyright Lantmäterverket 2007, dnr106-2004/188

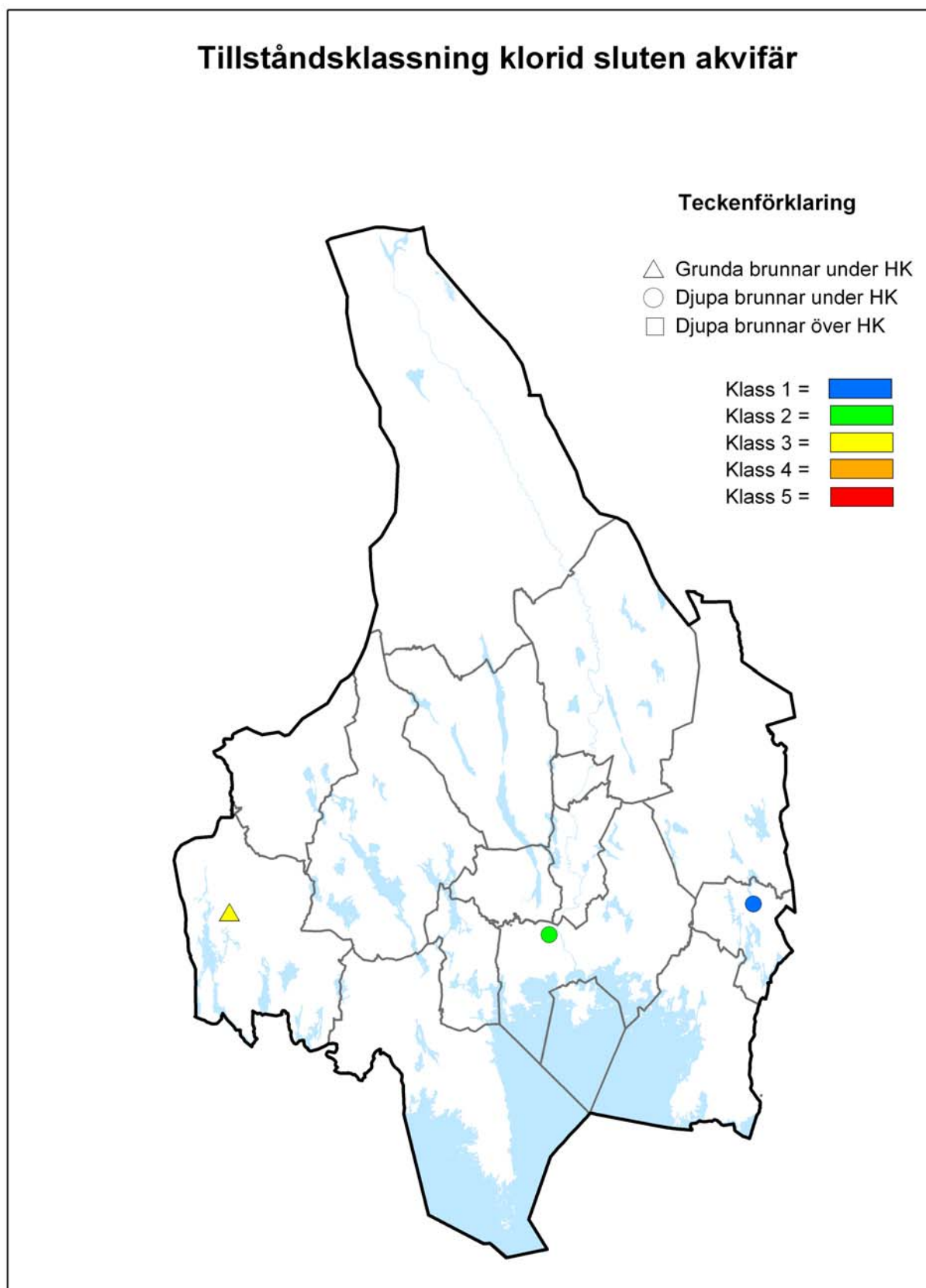
Grundvatten i sluten akvifär



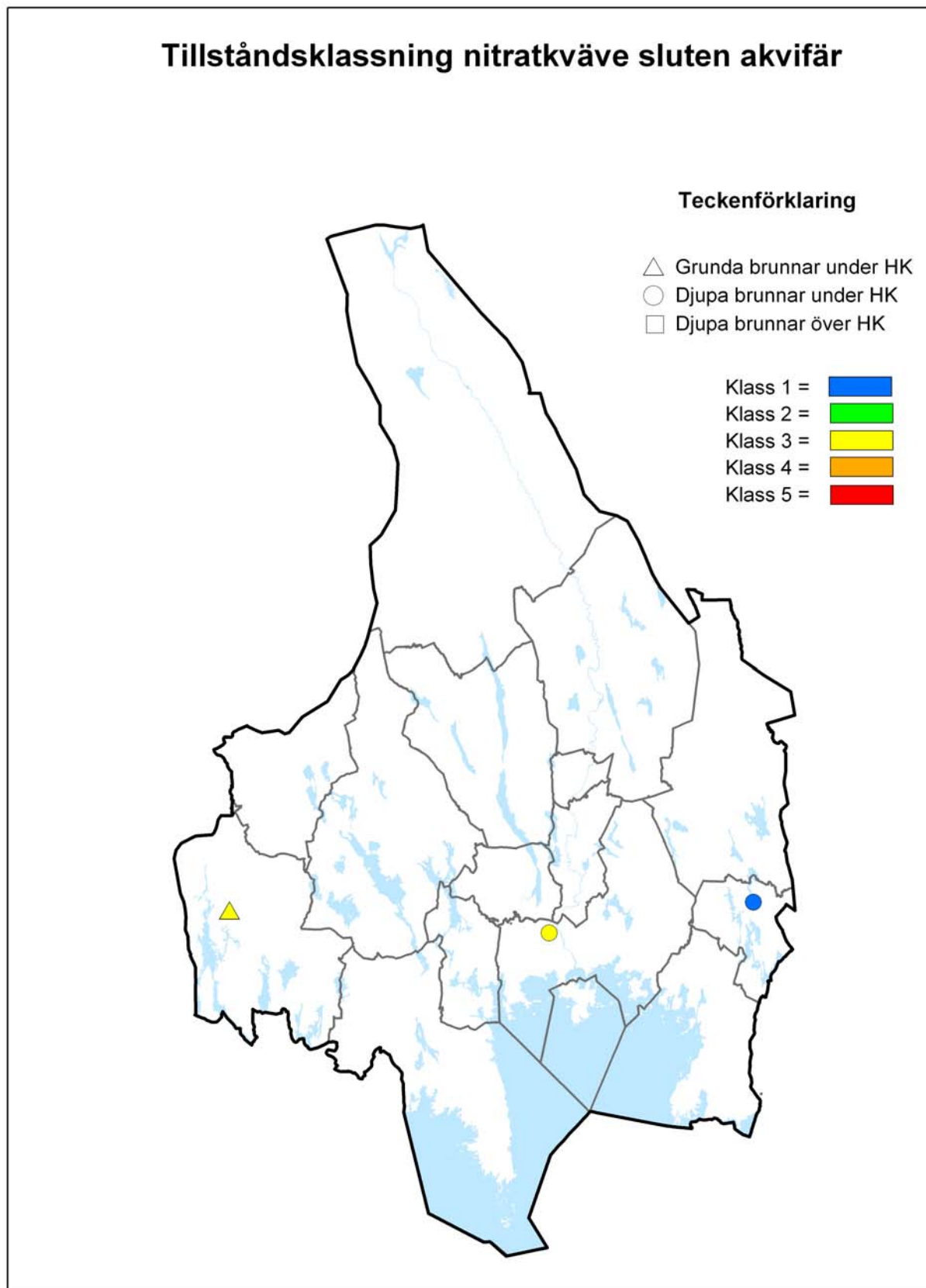
Figur 44. Grafisk översikt över tillståndsklassning med avseende på alkalinitet för brunnar belägna i isälvsavlagring. Copyright Lantmäterverket 2007, dnr106-2004/188



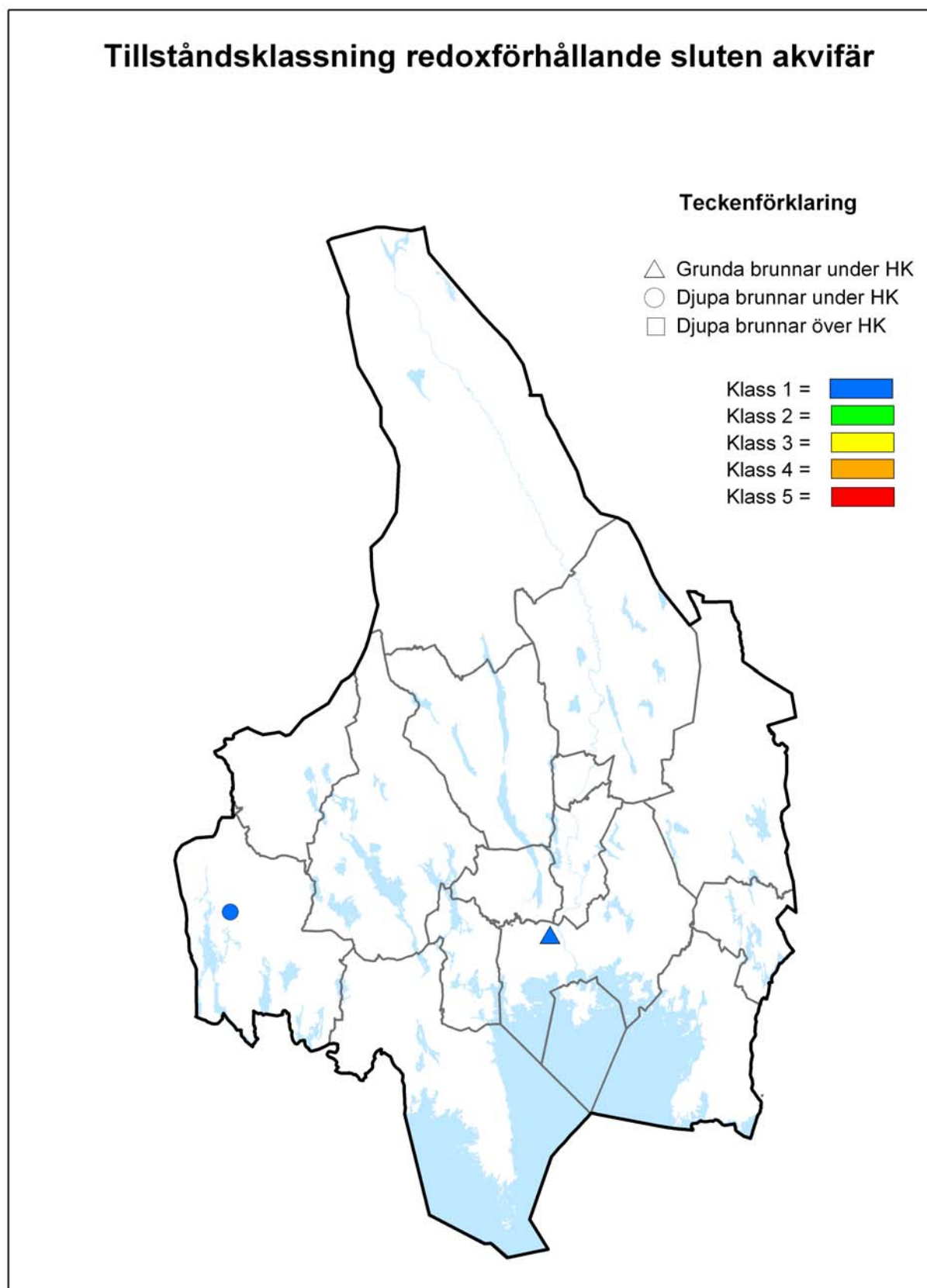
Figur 45. Grafisk översikt över tillståndsklassning med avseende på försurningsbelastningen mätt som kvoten alkalinitet/sulfat för brunnar belägna i sluten akvifär. Copyright Lantmäterverket 2007, dnr106-2004/188



Figur 46. Grafisk översikt över tillståndsklassning med avseende på klorid för brunnar belägna i sluten akvifär. Copyright Lantmäteriverket 2007, dnr106-2004/188



Figur 47. Grafisk översikt över tillståndsklassning med avseende på nitratkväve för brunnar belägna i sluten akvifär. Alla brunnar med en nitratkvävehalt under detektionsgränsen <1 mg NO₃-N/l har bedömts tillhöra tillståndsklass 1. Copyright Lantmäteriverket 2007, dnr106-2004/188



Figur 48. Grafisk översikt över tillståndsklassning med avseende på redox-förhållande för brunnar belägna i sluten akvifär. Copyright Lantmäterverket 2007, dnr106-2004/188