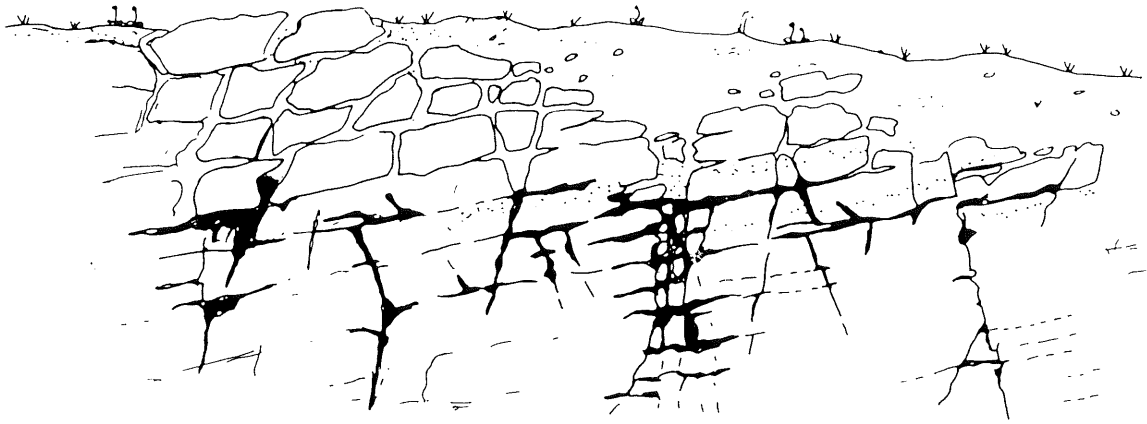
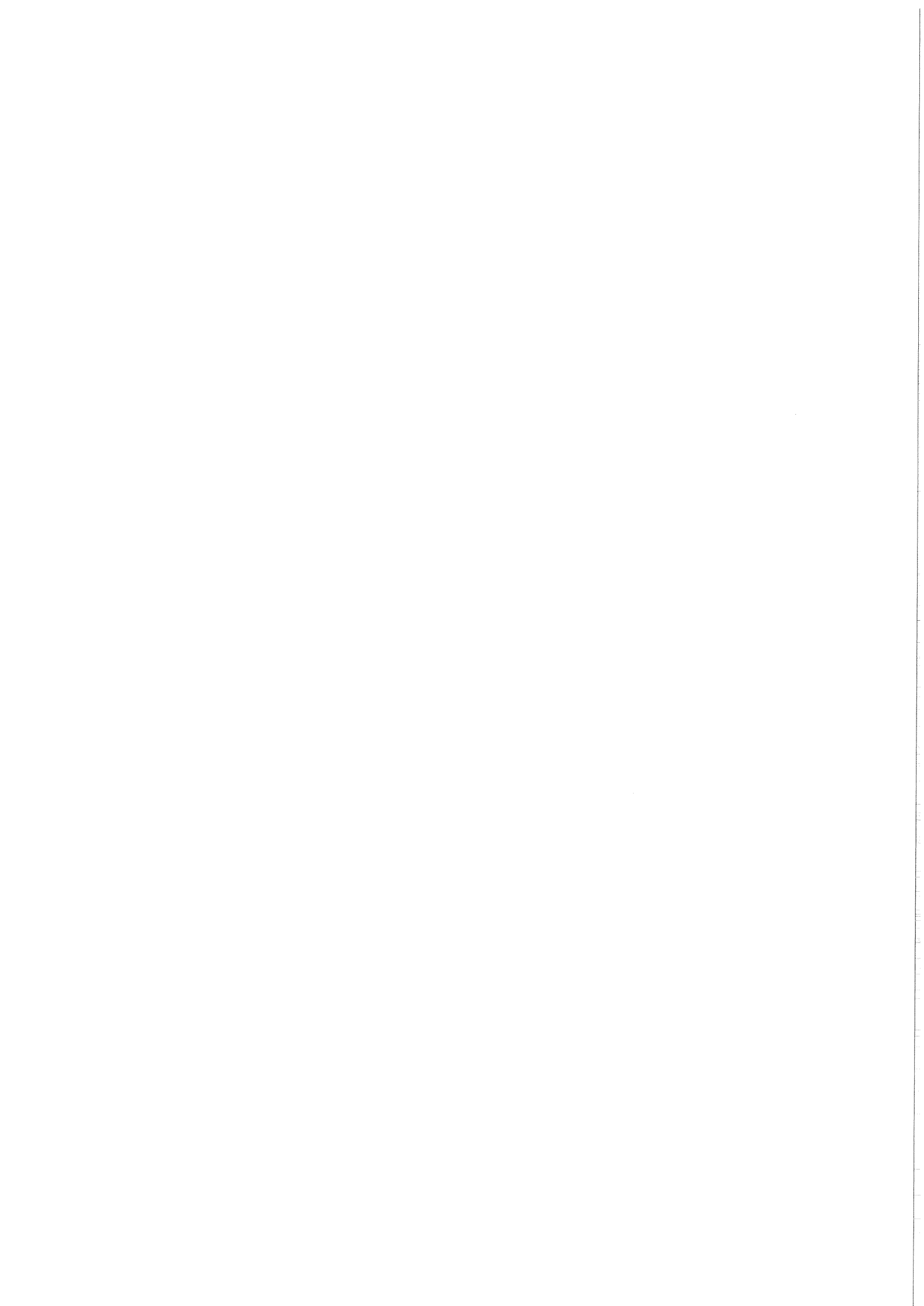


Länsstyrelsen i Gotlands län

LIVSMILJÖENHETEN – RAPPORT NR 4 1997



Åldersbestämning av grundvatten



Åldersbestämning av grundvatten

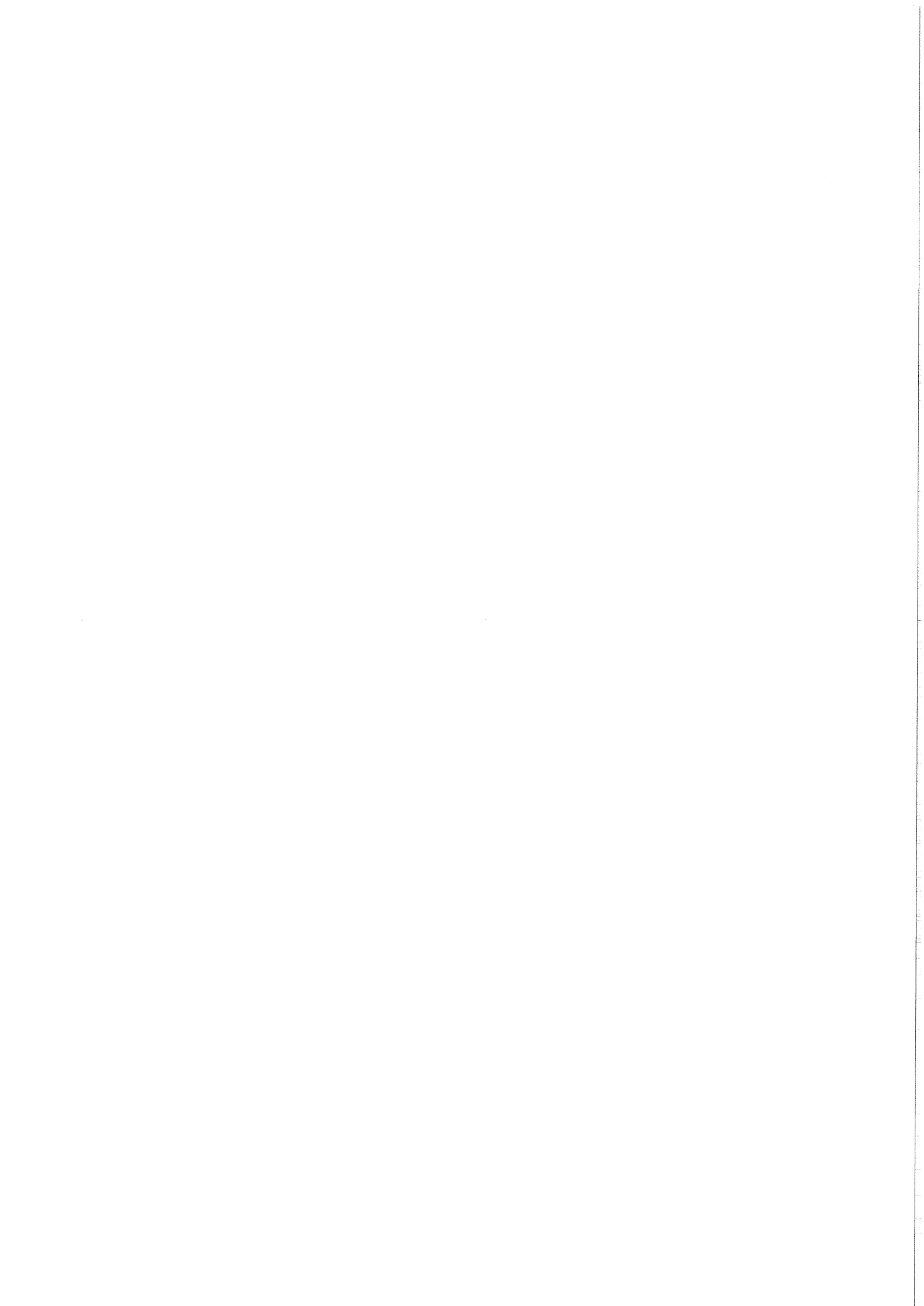
Ett specialprojekt inom den regionala miljöövervakningen 1995/96

LENA KULANDER

Projektet har bedrivits i samarbete med FD Allan Rodhe, Hydrologiska programmet, Institutionen för Geovetenskap, Uppsala universitet.

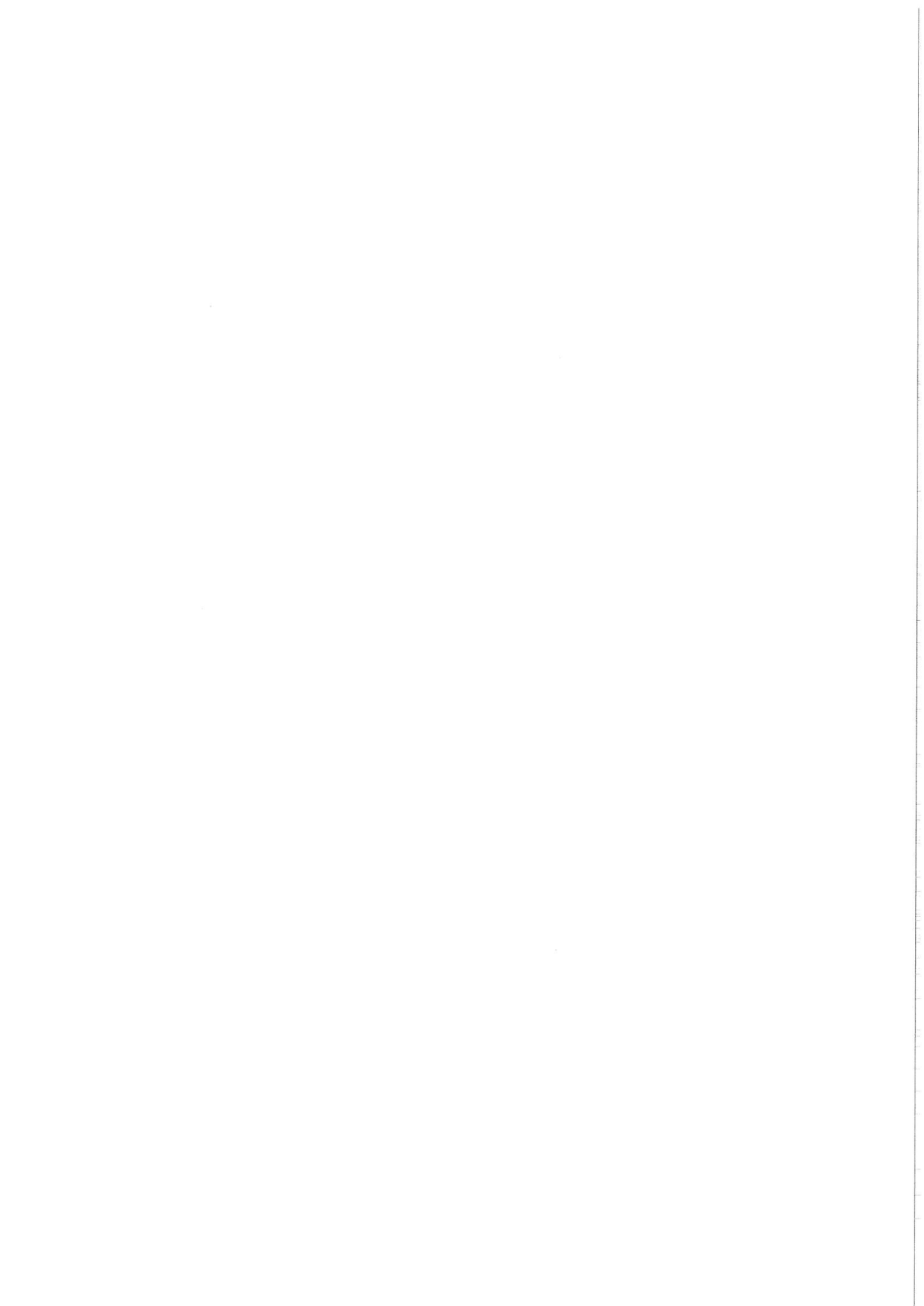
LÄNSSTYRELSEN I GOTLANDS LÄN – VISBY 1997

(Andra utgåvan med något reviderad kapitelindelning och text.)



INNEHÅLL:

1	Projektets syfte	3
2	Grundvatten på Gotland	3
3	Åldersbestämning av grundvatten med hjälp av isotoper	4
	3.1 Tritium (^3H)	4
	3.2 Syre-18 (^{18}O)	5
4	Projektet	5
5	Provtagningsplatser	6
6	Bakgrundsdata	8
	6.1 Bakteriologisk påverkan	8
	6.2 Vattenkemisk sammansättning (analysresultat i bilaga)	9
	6.3 Slutsats om provtagningsförhållandena	10
7	Resultat av isotop-analyser	11
	7.1 Grundvattnets ^3H - och ^{18}O -halter december 1996	11
	7.2 Tolkning av ^3H -halter i grundvattnet december 1996	11
	7.3 Tolkning av ^{18}O -halter i grundvattnet december 1996	11
8	Slutsatser	13



Frågor vi vill ha svar på med detta Gotländska projekt är i grunden:

- 1. "Vilket grundvatten är det vi provtar?"**
- 2. "Går det att åldersbestämma vårt grundvatten?"**

Sammanfattning

Syftet med detta projekt är att i någon mån kartlägga och tillämpa dateringsmetoder för grundvatten för att nå förbättrad beskrivning och förståelse för de geohydrologiska förhållandena vid provtagningsplatser som utnyttjas av långsiktig miljöövervakning.

Motivet till vårt försök att åldersbestämma grundvatten är att vi skall kunna bedöma vilken vattenkvalitet vi egentligen övervakar med våra provtagningsprogram. Har effekterna av dagens potentiella miljöpåverkan haft möjlighet att nå det grundvatten vi provtar? Speglar provtagningarna förhållanden som existerade för åtskilliga decennier sedan? När kan dagens eventuella miljöpåverkan eller åtgärdsarbete väntas uppvisa effekter på grundvattnet man övervakar? Frågeställningen rör alltså de slutsatser man kan dra om miljöpåverkan och dess effekter - hur man ska utvärdera provtagningsprogrammets resultat.

Årstidsvariationen hos fysikaliska parametrar som temperatur, konduktivitet och färg samt förekomsten av organiskt material och bakterier kan indikera huruvida grundvattnet har kontakt med ytliga processer, om det är nybildat eller i någon mån ytvattenpåverkat. Förutom sådan tidsserieanalys av parametrar som vanligtvis ingår standardmässigt i provtagningsprogram - kan det alltså vara motiverat att utföra speciella analyser med dateringsmetoder som ger uppfattning om grundvattnets absoluta ålder eller ursprung.

Både den radioaktiva ^3H och den stabila ^{18}O är isotoper av atomer som ingår i vattenmolekylen. Vattenmolekyler med dessa isotoper rör sig med grundvattnet på samma sätt som de vanliga vattenmolekylerna, vilket gör isotoperna till utmärkta spårämnen. Under vissa förutsättningar kan isotoperna användas för bestämning grundvattens ursprung, blandningsförhållanden, ålder och uppehållstid i grundvattenmagasin.

Pilotstudien exemplifierar kortfattat motiv och metoder för att åldersbestämma grundvatten.

Resultaten understödjer betraktelsesättet att Gotland har "ungt grundvatten" d v s att en stor andel består av nyligen infiltrerad nederbörd som via sprickor, tunnlar och permeabla skikt snabbt når även djupt belägna "akviferer". Vid merparten av de undersökta platserna tyder tritiumanalyserna på att vattnet är uppblandat med stor andel nyinfiltrerat nederbördsvatten. Resultaten omöjliggjorde där absolut åldersbestämning (men motsvarar teoretiskt en medelålder av 10-15 år). Vid 2 provtagningsplatser bedömdes vattnets medelålder däremot uppgå *till minst 45 år*, vilket får anses anmärkningsvärt. Dessa två platser representerar således ett helt annat typ av grundvattenakviferer!

Vi har genom projektet vunnit kunskap om våra provtagningsplatser som får återverkning på dessas användning inom miljöövervakningsprogrammet. Undersökningen visar att provtagningsplatserna inte representerar "samma grundvatten". Detta är kunskap som måste tas i beaktande då vattnets kvalitet jämförs mellan olika provtagningsplatser och relateras till omgivande markanvändning och föroreningsrisker.

Projektet har bekostats med Naturvårdsverkets anslag för specialprojekt för regional miljöövervakning 1995/96, och har använts till att bekosta arbetstid, provtagning och analyser av vattenkemi, tritium och ^{18}O -halter.

Analyserna har utförts vid Hydrologiska programmet, Institutionen för Geovetenskap, Uppsala universitet. Vi tackar FD Allan Rodhe som bidragit med metodbeskrivningarna och tolkning av resultaten i denna rapport!

1 Projektets syfte

Provtagningsprogram av grundvattnets kvalitet (bakteriehalt, vattenkemi och tungmetaller) pågår i form av provtagningsprogram av olika omfattning vid fasta stationer för miljöövervakning och recipientkontroll. Slutsatser om huruvida förhållanden vid markytan påverkar grundvattnet måste ofta dras utan att man närmare har möjlighet att beakta de hydrologiska processerna.

För att kunna bedöma vilken vattenkvalitet man egentligen övervakar kan det vara motiverat att skaffa sig en bättre uppfattning om dessa processer eller om karaktären hos olika "akviferer", t ex speglar av det provtagna grundvattnets ålder. Har effekterna av dagens potentiella miljöpåverkan haft möjlighet att nå det grundvatten man provtar? Spegelar provtagningarna förhållanden som existerade för åtskilliga decennier sedan? När kan dagens eventuella miljöpåverkan eller åtgärdsarbete väntas uppvisa effekter på grundvattnet man övervakar? Frågeställningen rör alltså de slutsatser man kan dra om miljöpåverkan och dess effekter - hur man ska utvärdera provtagningsprogrammets resultat.

Syftet med detta projekt är att i någon mån kartlägga och tillämpa dateringsmetoder för grundvatten för att nå förbättrad beskrivning och förståelse av de geohydrologiska förhållandena vid provtagningsplatser som utnyttjas av långsiktig miljöövervakning.

2 Grundvatten på Gotland

Nästan allt det konsumerade vattnet på Gotland utgörs av grundvatten (85%). Av länets befolkning är cirka två tredjedelar anslutna till det kommunala vattenledningsnätet medan resterande (ca 19 200 invånare) har egna vattentäkter.

Berggrundens och det täckande jordlagrets egenskaper har betydelse för bildning och magasinering av grundvatten, för dess naturliga kvalitativa egenskaper och även för föroreningars spridningsmönster och spridningshastigheter. Gotland har sedimentär berggrund som främst utgörs av lagrad kalksten eller mägersten. Berggrundsakviferererna är av sprick- och karsttyp. De olika berggrundslagren på Gotland lutar i princip mot sydost och har olika egenskaper, lutning och form som påverkar grundvattnets rörelser. Karstfenomen (tunnlar och grottor bildade genom kemisk vittring) och spricksystem ger i vissa områden upphov till stora fluktuationer i grundvattennivå. Grundvattenrörelser, uttagsmöjligheter och föroreningars spridningsmönster kan under dessa förhållanden vara svårbedömda.

Rent dricksvatten är 1 av 5 **prioriterade miljöområden** i Gotlands läns "Miljöstrategi inför 2000-talet". Regionala miljömål har upprättats, åtgärder föreslagits och med regionala **miljöövervakningsprogram** (provtagningsprogram) för grundvatten skall miljötillståndet hos grundvattnet långsiktigt följas och uppfyllelsen av miljömålen bevakas.

Övervakningsprogrammet utgörs bl a av ett delprogram med målsättningen att skapa **tidsserier** i små och stora vattentäkter med speciell tyngdvikt på jordbrukets påverkan (provtagning 2 ggr/år). Antalet provtagningsplatser (stationer) är begränsat och ger i princip endast information om vattenkvaliteten vid dessa platser (unika förhållanden

vid varje station). Resultaten måste sedan i viss mån kunna generaliseras till att beskriva miljöläget för större områden i länet.

De problem som uppkommer vid utvärdering av delprogrammet rör alltså **stationernas representativitet**, speciellt ur två aspekter: svårigheten att bedöma olika omgivningsfaktorerers påverkan (geologi, jordart, jorddjup, markanvändning, brunnsdjup, vattenuttag) samt osäkerheten i stationernas hydrologi (grundvattenbildning, akviferer, påverkansområdets area). Det finns alltså ett behov av att veta vilket grundvatten man egentligen analyserar vid provtagningsplatserna.

3 Åldersbestämning av grundvatten med hjälp av isotoper

Både den radioaktiva ^3H och den stabila ^{18}O är isotoper av atomer som ingår i vattenmolekylen. Vattenmolekyler med dessa isotoper rör sig med grundvattnet på samma sätt som de vanliga vattenmolekylerna, vilket gör isotoperna till utmärkta spårämnen. Under vissa förutsättningar kan isotoperna användas för bestämning grundvattens ursprung, blandningsförhållanden, ålder och uppehållstid (d v s ålder vid utflödet) i grundvattenmagasin.

Med grundvattnets ålder menar man tiden från vattnets infiltration i jorden fram till provtagningsstillfället, dvs den tid vattnet befunnit sig i markvattenzonen och grundvattenzonen. Ett nederbördsprov består således av vattenmolekyler med åldern 0.

3.1 Tritium (^3H)

För åldersbestämning med ^3H utnyttjar man dels sönderfallshastigheten (halveringstid 12,26 år), dels variationen i årsmedelvärdet av nederbördens ^3H -halt. Före 1954 var nederbördens ^3H -halt i Sverige omkring 10 TU. [TU; "tritium units"; en tritiumenhet = 1 ^3H -atom på 10^{18} H-atomer, motsvarande 0,12 Bq/l]. Genom vätebombssprängningarna i atmosfären ökade ^3H -halten 1954 för att kulminera kring 2100 TU år 1963, då provstoppsavtalet undertecknades. Därefter har nederbördens ^3H -halt avtagit för att i början av 1980 bli i stort sett konstant kring 30 TU.

Om det vore så att grundvatten som bildats vid en viss tidpunkt inte blandades med annat vatten under sin strömning genom jorden vore det förhållandevis lätt att ange vattnets ålder. Med kännedom om nederbördens ^3H -halt och sönderfallshastigheten kan man räkna ut ^3H -halten idag hos grundvatten som bildades de olika åren från 1954 till idag (och även tidigare, men dessa halter är knappast mätbara idag). Genom att jämföra ett vattenprovs halt med dessa beräknade värden får vi en ålder. Höga halter ger säker datering (vatten från tiden kring bombtoppen 1963), men vid halter kring 20-40 TU blir dateringen osäker och den blir osäkrare alltmer tiden går efter 1963. Låga halter (<5 TU) tyder på att grundvattnet bildades före 1954.

Denna "icke-blandningsmodell" kan användas för den vertikala strömningen i markvattenzonen, där man fortfarande i vissa mäktiga avlagringar med djup grundvattenyta kan hitta bombtoppen från 1963. I grundvattenzonen kan man möjligen anta liten blandning om man tar prov ur ett observationsrör med intag på en viss nivå, där man

normalt sett inte tar ut vatten. I brunnar som pumpas och i källor blandas däremot vatten från olika nivåer jorden, och därmed sannolikt vatten av olika ålder, vilket gör att ett vattenprov består av vattenmolekyler med olika ålder. Här får man göra vissa antaganden om blandning, och frånsett vid mycket höga (>100 TU) eller mycket låga (<5 TU) halter krävs tidsserier och modellerande för åldersuppskattning.

3.2 Syre-18 (¹⁸O)

Vid åldersbestämning av markvatten och grundvatten med hjälp av ¹⁸O utnyttjar man årstidsvariationen i nederbördens ¹⁸O-halt. Medelvärdet av nederbördens ¹⁸O-halt är i stort sett konstant från år till år.

Fortplantningen av nederbördens årstidsvariationer i markvatten och grundvatten ger information om blandningsförhållanden och magasinsförhållanden och i vissa fall även ålder. Detta kräver dock prover från olika årstider, så att man kan se en eventuell årstidsvariation hos ¹⁸O-halten i det vatten man studerar.

Årstidsvariationen hos nederbördens ¹⁸O-halt Gotland är känd på ett ungefär, amplituden i månadsvärdena bör vara ca 5 ‰ δ -enheter. På Gotland räcker det därför att provta grundvattnet vid försök till åldersbestämning.

4 Projektet

Försöket till åldersbestämning av grundvatten beslöts ske i ett urval de provtagningsplatser som ingår i det pågående regionala miljöövervakningsprogrammet för grundvatten. Urvalet skulle ske så att stationerna representerade några olika typer av vattentäkter/akviferer och därmed vara relativt väldefinierade och sinsemellan olikartade med avseende på geologi, jordarter, markanvändning, brunnsdjup och vattenuttag.

Stationerna ingår i det regionala programmet "*Tidsserier på jordbruksmark*" där fysikalisk/kemisk och bakteriologiska analyser skett sedan 1989. Dessa resultat har tidigare sammanställts (Kulander, Andersson & Nyberg 1995). Programmet innefattar 30 stationer, bestående av kommunala och enskilda vattentäkter och naturliga källor. Stationerna återfinns i huvudsak på jordbruksmark, med ett antal *s k referensstationer* på skogsmark.

För åldersbestämningen provtogs 12 stationer: 5 kommunala vattentäkter, 6 enskilda vattentäkter och 1 naturlig källa (kortfattat beskrivning återfinns nedan).

Stationerna provtogs vid ett tillfälle (december 1996). Vattenproven analyserades med avseende på ³H och ¹⁸O, med intresset främst riktat mot tritium-innehåll.

Varje vattenprov analyserades även med avseende på vattenkemi och heterotrofa bakterier (20grad) för att göra det möjligt att konstatera om vattnet vid provtagningstillfället på något avgörande sätt avvek från "normala förhållanden", dvs i jämförelse med tidigare provtagningsresultat. Den "jämförande tidsserien" härrörde från perioden 1989-1994 under vilken färg, COD, konduktivitet, NO₃, NO₂ och PO₄ analyserades vid 22

provtagningstillfällena, och ytterligare fysikaliska/kemiska parameterer analyserades på ett vinterprov årligen (5 tillfällen).

Projektet har bekostats med Naturvårdsverkets anslag för specialprojekt för regional miljöövervakning 1995/96, och har använts till att bekosta arbetstid, provtagning och analyser av vattenkemi, tritium och ¹⁸O-halter.

Analyserna har utförts vid Hydrologiska programmet, Institutionen för Geovetenskap, Uppsala universitet. FD Allan Rodhe har bidragit med metodbeskrivningarna i denna rapport samt tolkning av resultaten.

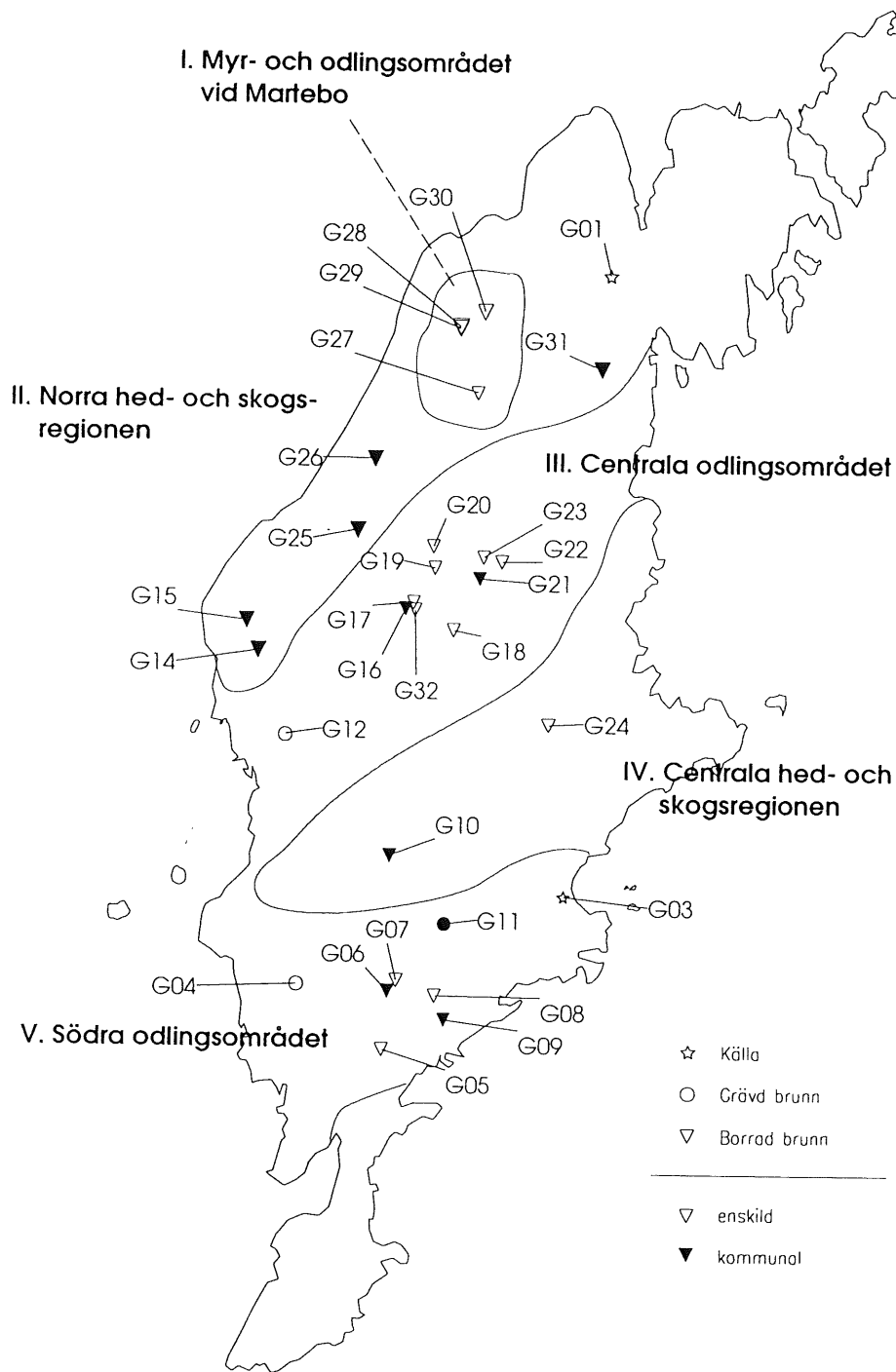
5 Provtagningsplatser

Provtagningsplatserna och deras "påverkansområden":

Region m a p geologi/jordart *)	Stn-kod	Typ	Djup (**) (m)	Vatten- uttags- klass	Mark- användning
I Organogena jordar och moränlera över kalksten	G28	enskild	13	ett hushåll	jordbruk
	G30	enskild	40	ett hushåll	skog
II Kalksten, inget eller tunt sandigt jordtäckte (hällmark)	G15	kommunal	21	liten	skog
	G25	kommunal	61	stor	skog
	G31	kommunal	56	medel	skog
III Djup moränlera över mägersten	G16	kommunal	40	medel	jordbruk
	G17	enskild	32	ett hushåll	jordbruk
	G32	enskild	32	ett hushåll	jordbruk
	G20	enskild	30	ett hushåll	jordbruk
V (a) Sandig morän på mägersten	G09	kommunal	21	medel	jordbruk
	G07	enskild	31	ett hushåll	jordbruk
V(b) Kalksten överlagrat mägerstenen (källhorisont)	G03	källa	0	medel	skog

*) Förenklad regionindelning enligt tidigare datasammanställning (Kulander et al., 1995).

**) Det är svårt att veta vilket djup den provtagna vattenmängden kommer från, det var ganska mycket vatten "i markerna" vid provtagningstillfället. De kommunala pumparna gick kontinuerligt. Vid de enskilda brunnarna hade brunnsägarna uppmanats till "riklig vattenanvändning" på provtagningsdagens morgon. Pumparna fick gå ca 15 min före prov togs ur tappkran i direkt anslutning till brunnarna.



Provtagningsplatsernas läge. (Karta från Kulander, Andersson & Nyberg (1995): Kvaliteten hos grundvattnet i 30 gotländska vattentäkter 1989-1994.)

6 Bakgrundsdata

6.1 Bakteriologisk påverkan

Stationskod	Bakteriehalt *) december-96 (antal 20grad/ml)	"Normal" bakterie- påverkan vid stationen 1989-1994 **)	Djup (m)	Mark- användning
G28 (ensk vt)	2	Ovanlig	13	jordbruk
G30 (ensk vt)	2	Aldrig	40	skog
G15 (kom vt)	1	Förekommer	21	skog
G25 (kom vt)	1	Aldrig	61	skog
G31 (kom vt)	1	Aldrig	56	skog
G16 (kom vt)	0	Ovanlig	40	jordbruk
G17 (ensk vt)	3	Förekommer	32	jordbruk
G32 (ensk vt)	30	Vanlig	32	jordbruk
G20 (ensk vt)	2	Aldrig	30	jordbruk
G09 (kom vt)	0	Ovanlig	21	jordbruk
G07 (ensk vt)	0	Ovanlig	31	jordbruk
G03 (källa)	10	Vanlig	0	skog

*) Heterotrofa bakterier (jordbakterier); Anmärkning med avseende på dess tjänlighet som dricksvatten ges om >1000/ml enl. SLV

***) Med påverkan menas att vattnet bedömts med anm. eller som otjänligt enl. SLV

Vattenprov från de 12 stationerna var antingen helt bakteriefria eller hade mycket låga bakteriehalter. Resultaten var dessutom helt i samklang med resultat från perioden 1989-1994 (22 prov).

⇒ **Analyserna indikerar förekomst av ytligt, d v s ungt, vatten vid 2 stationer: G32 (enskild vattentäkt 32 m djup) och G03 (källa).**

6.2 Vattenkemisk sammansättning (analysresultat i bilaga)

Färg, COD, närsalter och konduktivitet:

Stationskod	Bedömning av avvikelser december 1996 i jämförelse med perioden 1989-1994	Djup (m)	Mark-användning	Nitrathalter NO ₃ -N 1989-1994 (mg/l)	
				Medel	Max
G28 (ensk vt)	"Normal" (ngt lägre konduktivitet).	13	jordbruk	6,55	14,80
G30 (ensk vt)	"Normal".	40	skog	0,02	0,10
G15 (kom vt)	"Normal" (ngt högre färgtal).	21	skog	0,39	1,00
G25 (kom vt)	"Normal" (ngt högre färgtal men COD=0).	61	skog	0,01	0,04
G31 (kom vt)	"Normal" (ngt högre färgtal & COD, ngt lägre konduktivitet).	56	skog	0,13	0,31
G16 (kom vt)	"Normal" men högre NO ₃ -N: 3,82 mg/l *)	40	jordbruk	0,84	2,20
G17 (ensk vt)	"Normal" (ngt högre färgtal).	32	jordbruk	0,05	0,17
G32 (ensk vt)	"Normal" (ngt högre färgtal).	32	jordbruk	6,54	8,42
G20 (ensk vt)	Högre färgtal (20). Lägre NO ₃ -N: 1,39 mg/l **).	30	jordbruk	4,36	9,80
G09 (kom vt)	"Normal".	21	jordbruk	0,16	0,55
G07 (ensk vt)	Högre färgtal (15).	31	jordbruk	0,03	0,09
G03 (källa)	Högre färgtal (15).	0	skog	0,26	0,59

*) Detta kan bedömas som "normalt" (förväntat) då vattentäkten visade klart ökande trend i nitrathalter under perioden 1989-1994.

**) Detta kan bedömas som "normalt" (förväntat) då vattentäkten visade klart och kraftigt avtagande trend i nitrathalter under perioden 1989-1994.

Avvikelserna av kemiska/fysiska karakteristika jämfört med perioden 1989-1994 var små:

- Vid 9 stationer låga alla parametrar utom nitrathalter (se not) ungefär inom medelvärdets standardavvikelse och förhållandena bedöms som "normala". 2 av dessa hade något lägre konduktivitet än under jfr-perioden
- 3 stationer hade (låga men) högre färgtal än under jfr-perioden

⇒ **Analyserna avspeglar möjligen ovanligt stor ytvattenpåverkan/utspädning vid station G31 (djup, kommunal vattentäkt) vid provtagningstillfället.**

Övriga parametrar (avser parametrar med mindre jämförelseunderlag):

Kod	Bedömning av avvikelser december 1996 i jämförelse med perioden 1989-1994	Djup (m)	Mark-användning
G28 (ensk vt)	Lägre alkalinitet och Ca.	13	jordbruk
G30 (ensk vt)	Högre alkalinitet. Lägre NH ₄ .	40	skog
G15 (kom vt)	Lägre NH ₄ och Ca.	21	skog
G25 (kom vt)	Lägre Fe.	61	skog
G31 (kom vt)	Högre pH och Fe. Lägre Ca och Cl.	56	skog
G16 (kom vt)	Lägre Fe och Ca. Högre SO ₄ och Mg.	40	jordbruk
G17 (ensk vt)	Högre alkalinitet. Lägre NH ₄ .	32	jordbruk
G32 (ensk vt)	Lägre pH och Ca. Högre alkalinitet.	32	jordbruk
G20 (ensk vt)	Högre alkalinitet och SO ₄ . Lägre NH ₄ , Fe och Cl.	30	jordbruk
G09 (kom vt)	Lägre Fe och Ca.	21	jordbruk
G07 (ensk vt)	Högre Mg.	31	jordbruk
G03 (källa)	Lägre pH, Ca och SO ₄ .	0	skog

Avvikelserna av ovanstående kemiska/fysiska karakteristika jämfört med perioden 1989-1994 var små och olikartade vid olika stationer.

- 1 station hade något lägre pH och 1 station hade högre pH (än under jfr-perioden)
- 4 stationer hade något lägre alkalinitet och 1 station något högre
- 4 stationer hade något lägre ammoniumhalt
- 4 stationer hade något lägre järnhalt och 1 något högre
- 7 stationer hade något lägre kalciuminnehåll
- 1 station hade något lägre sulfatinnehåll och 2 stationer högre
- 2 stationer hade något lägre kloridinnehåll

⇒ **Värdena tyder på en viss "utspädning" generellt vid provtagningstillfället.**

6.3 Slutsats om provtagningsförhållandena

De vattenkemiska och bakteriologiska bakgrundsanalyserna påvisar att "normala förhållanden" rådde vid provtagningstillfället. Möjligen kan en viss generell utspädning skönjas och det var också ganska mycket vatten "i markerna" vid provtagningstillfället.

Någon klar eller stark ytvattenpåverkan indikeras inte vid någon provtagningsplats varför proverna får anses representera det grundvatten vi strävar efter att "miljöövervaka".

7 Resultat av isotop-analyser

7.1 Grundvattnets ³H- och ¹⁸O-halter december 1996

Region m a p geologi/jordart *)	Stn-kod	Typ	Djup (m)	Vatten-uttags-klass	³ H- halt (TU) ±2	¹⁸ O- halt (promille) ±0,10
I Organogena jordar och moränlera över kalksten	G28	ensk	13	ett hh	22	-12,00
	G30	ensk	40	ett hh	5	-10,85
II Kalksten, inget eller tunt sandigt jordtäckte (hällmark)	G15	kom	21	liten	17	-11,44
	G25	kom	61	stor	18	-11,87
	G31	kom	56	medel	18	-11,50
III Djup moränlera över märgelsten	G16	kom	40	medel	18	-11,32
	G17	ensk	32	ett hh	19	-11,64
	G32	ensk	32	ett hh	16	-11,74
	G20	ensk	30	ett hh	13	-11,37
V (a) Sandig morän på märgelsten	G09	kom	21	medel	17	-11,66
	G07	ensk	31	ett hh	-1	-11,82
V(b) Kalksten överlagrat märgelstenen (källhorisont)	G03	källa	0	medel	20	-10,47

*) Förenklad regionindelning enligt tidigare datasammanställning (Kulander et al., 1995).

7.2 Tolkning av ³H-halter i grundvattnet december 1996

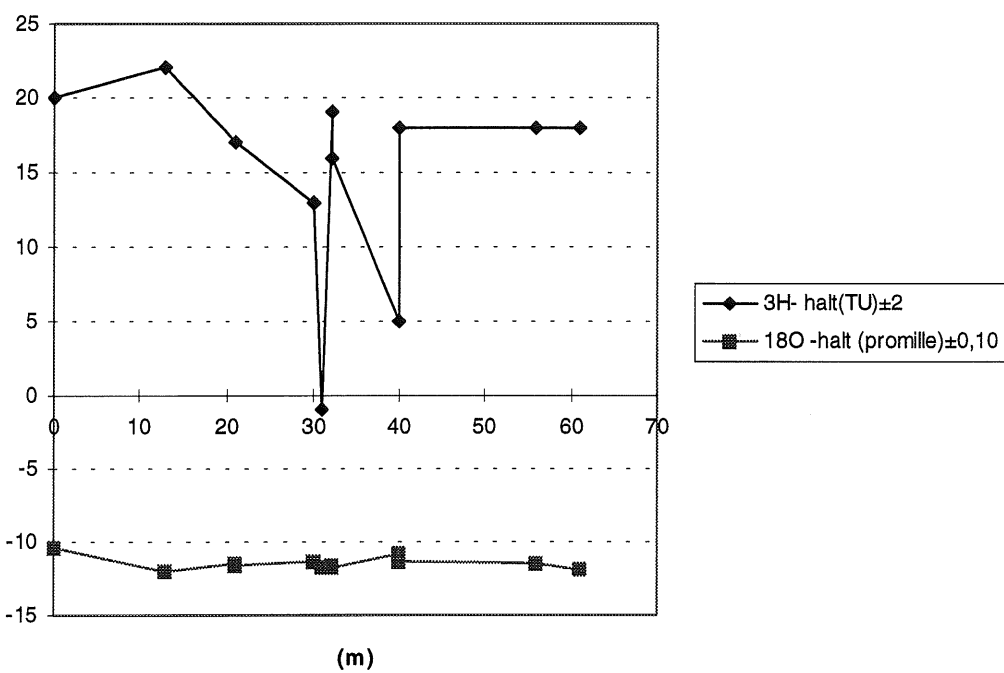
De flesta prov har ³H-halter kring 15-20 TU. Eftersom vi inte känner graden av blandning är det svårt att ge någon ålder för dessa. De skulle t.ex. kunna bestå av gammalt vatten (före 1954) med en viss liten inblandning av vatten från 1960-talet. Men de skulle lika gärna kunna bestå av vatten från de senaste åren med viss inblandning av gammalt vatten (före 1954). Om man, orealistiskt, antar icke-blandning och bara räknar på radioaktivt sönderfall av nederbördsvatten skulle dessa vatten vara ca 10-15 år gamla.

De två proverna med låga halter, G30 (5 TU) och G07 (-1 TU) ger bättre information. De måste domineras av mer än ca 45-årigt vatten, eftersom inget nederbördsvatten efter 1954 har hunnit avklinga till så låga halter. Hög ålder på dessa vatten tycks, enligt en hastig granskning, också stämma ganska väl överens med deras kemiska sammansättning jämfört med övriga prover.

7.3 Tolkning av ¹⁸O-halter i grundvattnet december 1996

¹⁸O-halterna ger, som nämnts, inte mycket information när de bara är från en tidpunkt. Möjligen tyder det höga värdet för G03 på att årstidsvariationen där är större än hos övriga. Lite förvånande är att G30, med sin höga ålder enligt ³H, också har en avvikande och hög ¹⁸O-halt. Höga ¹⁸O-halter kan dock även tyda på anrikning av ¹⁸O på grund av avdunstning från vattnet före grundvattenbildningen, t.ex. att en del av vattnet varit ytvatten i en sjö eller myr.

Isotopsammansättning och brunnsdjup



8 Slutsatser

Projektet redovisar inte någon fullständig genomgång av dateringsmetoder för vatten, men visar våra erfarenheter av två metoder som på ett tidigt stadium i diskussioner med expertis föreföll tillämpbara. Projektet har tillåtit oss att spekulera över de regionala provtagningsprogrammets och provtagningsplatsernas representativitet och de praktiska möjligheter som står till buds för att nå förbättrad insikt i hydrologiska förhållanden.

Resultaten understödjer teorier om att "Gotland har ungt grundvatten", d v s en stor andel av det består av nyligen infiltrerad nederbörd som via sprickor, tunnlar och permeabla skikt snabbt når även djupt belägna "akviferer". Analyserna tyder på att vattnets ålder vid 10 av de 12 undersökta platserna verkligen var "av nybildad karaktär", d v s uppblandat med stor andel nyinfiltrerat nederbördsvatten. Resultaten omöjliggjorde där absolut åldersbestämning, men kunde sägas indikera en teoretisk medelålder av 10-15 år. Vid 2 av de provtagna platserna bedöms däremot vattnets ålder kunna uppgå till mer än 45 år och detta får anses anmärkningsvärt. Dessa två platser representerar således ett helt annat typ av grundvattenakviferer! (Har vi lyckats finna grundvatten på Gotland!?!)

Vi har genom projektet vunnit kunskap om våra provtagningsplatser som får återverknings på dessas användning inom miljöövervakningsprogrammet. Undersökningen slår fast att provtagningsplatserna inte representerar "samma grundvatten". Detta är kunskap som måste tas i beaktande då vattnets kvalitet jämförs mellan olika provtagningsplatser och relateras till omgivande markanvändning och föroreningsrisker.

Slutligen är vår bedömning att isotopanalyser av grundvatten bör kunna vara värdefulla komplement till andra sätt att beskriva undersökningsområdets geohydrologi. Vedertagna metoder och bedömningsgrunder finns tillgängliga. Även om resultaten inte alltid är entydiga eller ger information om absolut ålder, kan metoderna påvisa relativa skillnader mellan olika provtagningsplatser. ¹⁸O-metoden kräver upprepad provtagning och även datering med tritium kan troligen behöva bekräftas genom upprepad provtagning eftersom grundvattnets blandningsförhållanden kan variera med tiden.

Efterskrift

Länsstyrelsen planerar att komplettera denna pilotstudie för att dels bekräfta resultatens giltighet, dels få motsvarande information från andra provtagningsplatser som utnyttjas för tidsserieanalys inom det regionala miljöövervakningsprogrammet.

Vi planerar även att slutföra undersökningen med avseende på ¹⁸O genom att återupprepa provtagningen vid åtminstone ett ytterligare tillfälle (under sommartid). Viktigast är då att provta station G30, G07, G03 och G28, samt minst ett par av de övriga som referens.

Referenser

- Eriksson E. et al (1996): *Markens och det ytliga grundvattnets försurningskänslighet i Kopparbergs län*. Miljövårdsenheten 1996:3, Länsstyrelsen i Dalarna.
- Kulander L., Andersson S. & Nyberg K. (1995): *Kvaliteten hos grundvattnet i 30 gotländska vattentäkter 1989-1994*. Miljöskydds-enheten, Länsstyrelsen i Gotlands län.
- Länsstyrelsen i Gotlands län (1997): *Miljöstrategi för 2000-talet*.
- Rodhe A.: *Dateringsmetoder och bedömning av analysresultat*. Rapport till projektet.

Bilaga: Vattenkemiska och bakteriologiska analysresultat från 1996, med statistik för perioden 1989-1994.

Station G28: enskild vt, 13 m

Fysikaliska/kemiska analyser	Statistik 1989-1994					Analys 1996	
	Medel	Std	Min	Max	Antal	Värde	"avvikelse"
Färg (mg Pt/l)	8	4	0	20	22	10	"normal"
COD-Mn (mg/l)	3	2	1	10	22	0	"normal"/låg
Konduktivitet (mS/m)	84,7	6,1	76,3	97,6	21	73,5	ngt lägre
NO3-N (mg/l)	6,55	3,36	2,88	14,80	22	7,39	"normal"
NO2-N (mg/l)	0,001	0,004	0,000	0,021	22	0,000	"normal"
PO4-P (mg/l)	0,029	0,012	0,004	0,052	22	0,017	"normal"
pH	7,5	0,2	7,3	7,7	5	7,5	"normal"
Turbiditet (FNU)	0,62	0,50	0,30	1,50	5	-	-
Alkalinitet (mmol/l)	5,39	0,50	4,89	6,11	5	4,64	lägre
NH4-N (mg/l)	0,005	0,006	0,000	0,016	5	0,000	"normal"
Fe (mg/l)	0,030	0,025	0,000	0,060	5	0,000	"normal"
Ca (mg/l)	146	25	122	180	4	106	lägre
Na (mg/l)	13	3	11	18	5	-	-
K (mg/l)	8,0	12,3	2,0	30,0	5	-	-
F (mg/l)	0,25	0,20	0,14	0,60	5	0,16	"normal"
Cl (mg/l)	46	13	33	66	5	53	"normal"
SO4 (mg/l)	67	14	52	88	5	76	"normal"
Mg (mg/l)	19	2	17	22	4	23	ngt högre
Beräknad totalhårdhet (mg Ca/l)	173	24	154	208	5	144	lägre
Bakteriologiska analyser	Otjänl.	Anm.	Tjänl.	Antal		H **)	Bedömning
Total bakteriologisk bedömning *):	0%	5%	95%	22		2	Tjänligt
Påverkan 1989-1994:	Ovanlig					SLV ger anm. vid H>1000/ml	

mv-std	mv+std
4	12
1	5
78,6	90,7
3,19	9,91
-0,003	0,005
0,017	0,041
7,3	7,7
-	-
4,89	5,88
-0,001	0,011
0,005	0,055
121	171
-	-
-	-
0,06	0,45
33	58
53	80
17	21
149	197

*) Analys av 22 prov m a p Heterotrofa, Koliforma resp. E.Coli-bakterier

**) Heterotrofa bakterier: (Antal/ml)

Station G30: enskild vt, 40 m

Fysikaliska/kemiska analyser	Statistik 1989-1994					Analys 1996	
	Medel	Std	Min	Max	Antal	Värde	"avvikelse"
Färg (mg Pt/l)	6	3	0	10	22	10	"normal"
COD-Mn (mg/l)	0	0	0	1	22	0	"normal"
Konduktivitet (mS/m)	50,3	4,6	31,5	56,6	21	51,5	"normal"
NO3-N (mg/l)	0,02	0,03	0,00	0,10	22	0,04	"normal"
NO2-N (mg/l)	0,001	0,001	0,000	0,003	22	0,000	"normal"
PO4-P (mg/l)	0,003	0,002	0,000	0,009	22	0,004	"normal"
pH	7,8	0,2	7,6	8,0	5	7,7	"normal"
Turbiditet (FNU)	2,78	2,97	0,60	8,00	5	-	-
Alkalinitet (mmol/l)	4,42	0,06	4,36	4,51	5	4,89	högre
NH4-N (mg/l)	0,093	0,018	0,072	0,120	5	0,050	lägre
Fe (mg/l)	0,166	0,114	0,012	0,310	5	0,050	"normal"
Ca (mg/l)	66	3	62	68	4	64	"normal"
Na (mg/l)	14	4	10	20	5	-	-
K (mg/l)	3,3	0,4	3,0	4,0	5	-	-
F (mg/l)	0,44	0,04	0,37	0,48	5	0,41	"normal"
Cl (mg/l)	18	2	15	21	5	16	"normal"
SO4 (mg/l)	24	2	20	26	5	23	"normal"
Mg (mg/l)	21	2	18	22	4	23	"normal"
Beräknad totalhårdhet (mg Ca/l)	99	3	97	104	5	102	"normal"
Bakteriologiska analyser	Otjänl.	Anm.	Tjänl.	Antal		H **)	Bedömning
Total bakteriologisk bedömning *):	0%	0%	100%	22		2	Tjänligt
Påverkan 1989-1994:	Aldrig					SLV ger anm. vid H>1000/ml	

mv-std	mv+std
2	9
0	0
45,7	55,0
-0,01	0,06
0,000	0,002
0,001	0,005
7,6	7,9
-	-
4,36	4,47
0,075	0,111
0,052	0,280
63	68
-	-
-	-
0,40	0,48
16	20
21	26
19	22
96	102

*) Analys av 22 prov m a p Heterotrofa, Koliforma resp. E.Coli-bakterier

**) Heterotrofa bakterier: (Antal/ml)

Station G15: kom vt, 21 m

Fysikaliska/kemiska analyser	Statistik 1989-1994					Analys 1996	
	Medel	Std	Min	Max	Antal	Värde	"avvikelse"
Färg (mg Pt/l)	6	3	0	10	22	15	ngt högre
COD-Mn (mg/l)	2	0	2	4	22	4	"normal"
Konduktivitet (mS/m)	64,7	2,1	59,2	69,2	21	65,6	"normal"
NO3-N (mg/l)	0,39	0,21	0,05	1,00	22	0,34	"normal"
NO2-N (mg/l)	0,000	0,001	0,000	0,002	22	0,000	"normal"
PO4-P (mg/l)	0,002	0,002	0,000	0,007	22	0,000	"normal"
pH	7,5	0,2	7,3	7,7	5	7,5	"normal"
Turbiditet (FNU)	0,31	0,17	0,15	0,60	5	-	-
Alkalinitet (mmol/l)	5,83	0,19	5,56	5,98	5	5,75	"normal"
NH4-N (mg/l)	0,035	0,005	0,028	0,042	5	0,012	lägre
Fe (mg/l)	0,020	0,012	0,000	0,032	5	0,000	ngt lägre
Ca (mg/l)	109	10	100	118	4	65	lägre
Na (mg/l)	15	3	11	19	5	-	-
K (mg/l)	2,1	0,2	1,9	2,4	5	-	-
F (mg/l)	0,26	0,12	0,16	0,46	5	0,13	ngt lägre
Cl (mg/l)	20	3	17	23	5	14	ngt lägre
SO4 (mg/l)	33	6	29	44	5	26	ngt lägre
Mg (mg/l)	17	1	15	18	4	16	"normal"
Beräknad totalhårdhet (mg Ca/l)	135	10	126	146	5	91	lägre
Bakteriologiska analyser	Otjänl.	Anm.	Tjänl.	Antal	H **)		Bedömning
Total bakteriologisk bedömning *):	5%	9%	86%	22	1		Tjänligt
Påverkan 1989-1994:	Förekom				SLV ger anm. vid H>1000/ml		

mv-std	mv+std
3	9
2	3
62,6	66,9
0,18	0,60
-0,001	0,001
0,000	0,004
7,3	7,6
-	-
5,64	6,02
0,029	0,040
0,008	0,033
99	118
-	-
-	-
0,14	0,37
17	22
27	39
15	18
125	144

*) Analys av 22 prov m a p Heterotrofa, Koliforma resp. E.Coli-bakterier

**) Heterotrofa bakterier: (Antal/ml)

Station G25: kom vt, 61 m

Fysikaliska/kemiska analyser	Statistik 1989-1994					Analys 1996	
	Medel	Std	Min	Max	Antal	Värde	"avvikelse"
Färg (mg Pt/l)	6	4	0	15	22	15	ngt högre
COD-Mn (mg/l)	2	0	1	2	22	0	ngt lägre
Konduktivitet (mS/m)	67,3	7,0	40,5	81,5	21	68,4	"normal"
NO3-N (mg/l)	0,01	0,01	0,00	0,04	22	0,00	"normal"
NO2-N (mg/l)	0,003	0,009	0,000	0,042	22	0,000	"normal"
PO4-P (mg/l)	0,005	0,006	0,000	0,026	22	0,003	"normal"
pH	7,7	0,1	7,6	7,9	6	7,7	"normal"
Turbiditet (FNU)	0,98	1,25	0,20	3,50	6	-	-
Alkalinitet (mmol/l)	4,84	0,10	4,70	4,98	6	5,00	ngt högre
NH4-N (mg/l)	0,158	0,040	0,110	0,220	6	0,180	"normal"
Fe (mg/l)	0,080	0,015	0,060	0,100	6	0,000	lägre
Ca (mg/l)	54	2	52	55	4	54	"normal"
Na (mg/l)	46	10	39	63	5	-	-
K (mg/l)	3,6	0,4	3,0	4,0	5	-	-
F (mg/l)	0,73	0,08	0,61	0,83	5	0,64	"normal"
Cl (mg/l)	61	16	45	92	6	50	"normal"
SO4 (mg/l)	30	4	25	37	6	29	"normal"
Mg (mg/l)	30	4	25	37	6	29	"normal"
Beräknad totalhårdhet (mg Ca/l)	99	2	96	101	5	101	"normal"
Bakteriologiska analyser	Otjänl.	Anm.	Tjänl.	Antal	H **)		Bedömning
Total bakteriologisk bedömning *):	0%	0%	100%	23	1		Tjänligt
Påverkan 1989-1994:	Aldrig				SLV ger anm. vid H>1000/ml		

mv-std	mv+std
3	10
1	2
60,3	74,4
0,00	0,02
-0,006	0,012
-0,001	0,011
7,6	7,8
-	-
4,73	4,94
0,118	0,199
0,065	0,095
52	55
-	-
-	-
0,65	0,81
45	77
26	34
26	34
97	101

*) Analys av 22 prov m a p Heterotrofa, Koliforma resp. E.Coli-bakterier

**) Heterotrofa bakterier: (Antal/ml)

Station G31: kom vt, 56 m

Fysikaliska/kemiska analyser	Statistik 1989-1994					Analys 1996	
	Medel	Std	Min	Max	Antal	Värde	"avvikelse"
Färg (mg Pt/l)	7	3	0	15	19	15	ngt högre
COD-Mn (mg/l)	2	1	2	5	19	4	ngt högre
Konduktivitet (mS/m)	59,7	9,1	49,4	84,3	19	47,7	ngt lägre
NO3-N (mg/l)	0,13	0,07	0,05	0,31	19	0,11	"normal"
NO2-N (mg/l)	0,000	0,001	0,000	0,002	19	0,000	"normal"
PO4-P (mg/l)	0,003	0,005	0,000	0,016	19	0,003	"normal"
pH	7,6	0,2	7,4	7,8	5	8,1	högre
Turbiditet (FNU)	0,90	1,18	0,30	3,00	5	-	-
Alkalinitet (mmol/l)	4,38	0,24	4,11	4,77	5	4,62	"normal"
NH4-N (mg/l)	0,010	0,006	0,005	0,020	5	0,014	"normal"
Fe (mg/l)	0,017	0,018	0,000	0,037	5	0,110	högre
Ca (mg/l)	89	11	77	100	4	83	"normal"
Na (mg/l)	19	4	14	23	5	-	-
K (mg/l)	1,3	0,3	1,0	1,8	5	-	-
F (mg/l)	0,18	0,03	0,15	0,22	5	0,11	lägre
Cl (mg/l)	28	9	21	42	5	9	lägre
SO4 (mg/l)	17	6	10	25	5	14	"normal"
Mg (mg/l)	10	2	8	12	4	10	"normal"
Beräknad totalhårdhet (mg Ca/l)	102	13	90	120	5	102	"normal"
Bakteriologiska analyser	Otjänl.	Anm.	Tjänl.	Antal	H **)		Bedömning
Total bakteriologisk bedömning *):	0%	0%	100%	23	1		Tjänligt
Påverkan 1989-1994:	Aldrig				SLV ger anm. vid H>1000/ml		

mv-std	mv+std
3	10
2	3
50,6	68,7
0,06	0,20
-0,001	0,001
-0,002	0,007
7,4	7,8
-	-
4,14	4,62
0,004	0,016
-0,001	0,035
78	99
-	-
-	-
0,15	0,21
19	37
12	23
8	12
89	115

*) Analys av 22 prov m a p Heterotrofa, Kolliforma resp. E.Coli-bakterier

**) Heterotrofa bakterier: (Antal/ml)

Station G16: ensk vt, 40 m

Fysikaliska/kemiska analyser	Statistik 1989-1994					Analys 1996	
	Medel	Std	Min	Max	Antal	Värde	"avvikelse"
Färg (mg Pt/l)	6	5	0	20	22	10	"normal"
COD-Mn (mg/l)	2	1	0	5	22	0	lägre
Konduktivitet (mS/m)	72,5	6,5	60,6	87,9	21	76,3	"normal"
NO3-N (mg/l)	0,84	0,65	0,05	2,20	22	3,82	högre
NO2-N (mg/l)	0,002	0,002	0,000	0,008	22	0,001	"normal"
PO4-P (mg/l)	0,003	0,004	0,000	0,020	22	0,003	"normal"
pH	7,5	0,2	7,4	7,8	5	7,4	"normal"
Turbiditet (FNU)	0,47	0,29	0,10	0,80	5	-	-
Alkalinitet (mmol/l)	5,07	0,26	4,75	5,38	5	5,34	"normal"
NH4-N (mg/l)	0,009	0,005	0,002	0,014	5	0,005	"normal"
Fe (mg/l)	0,022	0,019	0,000	0,050	5	0,000	lägre
Ca (mg/l)	101	13	89	115	4	66	lägre
Na (mg/l)	11	4	9	18	5	-	-
K (mg/l)	2,0	0,6	1,5	3,0	5	-	-
F (mg/l)	0,25	0,03	0,21	0,28	5	0,26	"normal"
Cl (mg/l)	21	4	17	28	5	25	"normal"
SO4 (mg/l)	63	6	58	72	5	85	högre
Mg (mg/l)	24	3	20	28	4	31	högre
Beräknad totalhårdhet (mg Ca/l)	137	15	124	156	5	117	lägre
Bakteriologiska analyser	Otjänl.	Anm.	Tjänl.	Antal	H **)		Bedömning
Total bakteriologisk bedömning *):	0%	5%	95%	21	0		Tjänligt
Påverkan 1989-1994:	Ovanlig				SLV ger anm. vid H>1000/ml		

mv-std	mv+std
1	11
1	3
66,0	79,0
0,19	1,50
0,000	0,004
-0,001	0,008
7,4	7,7
-	-
4,81	5,33
0,004	0,014
0,003	0,041
88	114
-	-
-	-
0,22	0,28
17	25
57	68
20	27
122	151

*) Analys av 22 prov m a p Heterotrofa, Kolliforma resp. E.Coli-bakterier

**) Heterotrofa bakterier: (Antal/ml)

Station G17: ensk vt, 32 m

Fysikaliska/kemiska analyser	Statistik 1989-1994					Analys 1996	
	Medel	Std	Min	Max	Antal	Värde	"avvikelse"
Färg (mg Pt/l)	7	4	0	15	17	15	ngt högre
COD-Mn (mg/l)	0	0	0	1	17	0	"normal"
Konduktivitet (mS/m)	71,9	4,8	56,2	77,5	17	70,9	"normal"
NO3-N (mg/l)	0,05	0,06	0,00	0,17	17	0,00	"normal"
NO2-N (mg/l)	0,001	0,001	0,000	0,004	17	0,000	"normal"
PO4-P (mg/l)	0,005	0,005	0,000	0,017	17	0,002	"normal"
pH	7,8	0,0	7,7	7,8	5	7,6	ngt lägre
Turbiditet (FNU)	1,90	0,74	1,00	3,00	5	-	-
Alkalinitet (mmol/l)	5,35	0,06	5,28	5,43	5	5,75	högre
NH4-N (mg/l)	0,140	0,023	0,120	0,170	5	0,060	lägre
Fe (mg/l)	0,299	0,195	0,160	0,640	5	0,300	"normal"
Ca (mg/l)	60	4	55	65	4	56	-
Na (mg/l)	32	1	31	34	5	-	-
K (mg/l)	4,9	0,1	4,8	5,0	5	-	-
F (mg/l)	0,57	0,05	0,52	0,65	5	0,47	ngt lägre
Cl (mg/l)	24	2	21	27	5	22	"normal"
SO4 (mg/l)	84	2	82	87	5	84	"normal"
Mg (mg/l)	38	1	37	40	4	39	"normal"
Beräknad totalhårdhet (mg Ca/l)	123	4	118	128	5	120	"normal"
Bakteriologiska analyser							
	Otjänl.	Anm.	Tjänl.	Antal	H **)		Bedömning
Total bakteriologisk bedömning *):	0%	12%	88%	17	3		Tjänligt
Påverkan 1989-1994:	Förekom				SLV ger anm. vid H>1000/ml		

mv-std	mv+std
3	11
0	1
67,1	76,7
-0,01	0,11
0,000	0,002
0,000	0,010
7,7	7,8
-	-
5,29	5,41
0,117	0,163
0,104	0,494
56	64
-	-
-	-
0,52	0,63
22	27
82	86
37	40
119	127

*) Analys av 22 prov m a p Heterotrofa, Kolliforma resp. E.Coli-bakterier

**) Heterotrofa bakterier: (Antal/ml)

Station G32: ensk vt, 32 m

Fysikaliska/kemiska analyser	Statistik 1989-1994					Analys 1996	
	Medel	Std	Min	Max	Antal	Värde	"avvikelse"
Färg (mg Pt/l)	3	3	0	10	17	10	ngt högre
COD-Mn (mg/l)	0	0	0	0	17	0	"normal"
Konduktivitet (mS/m)	69,5	2,4	64,4	73,1	17	69,9	"normal"
NO3-N (mg/l)	6,54	2,06	2,05	8,42	17	6,19	"normal"
NO2-N (mg/l)	0,001	0,001	0,000	0,003	17	0,000	"normal"
PO4-P (mg/l)	0,005	0,003	0,000	0,010	17	0,004	"normal"
pH	7,6	0,2	7,4	7,8	4	7,3	lägre
Turbiditet (FNU)	1,46	1,20	0,35	2,50	4	-	-
Alkalinitet (mmol/l)	5,32	0,14	5,16	5,47	4	5,95	högre
NH4-N (mg/l)	0,009	0,009	0,000	0,020	4	0,000	"normal"
Fe (mg/l)	0,130	0,188	0,016	0,410	4	0,000	"normal"
Ca (mg/l)	107	10	100	118	3	90	lägre
Na (mg/l)	9	1	8	11	4	-	-
K (mg/l)	1,2	0,1	1,0	1,3	4	-	-
F (mg/l)	0,13	0,01	0,13	0,14	4	0,14	"normal"
Cl (mg/l)	21	3	18	25	4	17	ngt lägre
SO4 (mg/l)	57	10	50	71	4	46	ngt lägre
Mg (mg/l)	23	1	22	24	3	24	"normal"
Beräknad totalhårdhet (mg Ca/l)	143	9	138	156	4	130	lägre
Bakteriologiska analyser							
	Otjänl.	Anm.	Tjänl.	Antal	H **)		Bedömning
Total bakteriologisk bedömning *):	18%	18%	64%	17	30		Tjänligt
Påverkan 1989-1994:	Vanlig				SLV ger anm. vid H>1000/ml		

mv-std	mv+std
0	6
0	0
67,1	71,8
4,49	8,60
0,000	0,002
0,002	0,008
7,5	7,8
-	-
5,18	5,46
0,000	0,018
-0,058	0,318
97	117
-	-
-	-
0,13	0,14
18	25
48	67
22	24
135	152

*) Analys av 22 prov m a p Heterotrofa, Kolliforma resp. E.Coli-bakterier

**) Heterotrofa bakterier: (Antal/ml)

Station G20: ensk vt, 30 m

Fysikaliska/kemiska analyser	Statistik 1989-1994					Analys 1996		mv-std	mv+std	
	Medel	Std	Min	Max	Antal	Värde	"avvikelse"			
Färg (mg Pt/l)	8	4	0	15	22	20	högre	4	12	
COD-Mn (mg/l)	2	1	1	3	22	3	"normal"	2	3	
Konduktivitet (mS/m)	67,1	4,4	59,7	73,8	21	66,1	"normal"	62,7	71,5	
NO3-N (mg/l)	4,36	2,45	0,90	9,80	22	1,39	lägre	1,91	6,81	
NO2-N (mg/l)	0,029	0,051	0,000	0,208	22	0,024	"normal"	-0,022	0,080	
PO4-P (mg/l)	0,053	0,033	0,006	0,190	22	0,031	"normal"	0,020	0,086	
pH	7,6	0,1	7,5	7,7	5	7,5	"normal"	7,5	7,6	
Turbiditet (FNU)	1,34	2,05	0,25	5,00	5	-	-	-	-	
Alkalinitet (mmol/l)	4,96	0,24	4,56	5,19	5	5,95	högre	4,72	5,20	
NH4-N (mg/l)	0,030	0,025	0,007	0,065	5	0,004	lägre	0,006	0,055	
Fe (mg/l)	0,320	0,551	0,031	1,300	5	0,000	lägre	-0,231	0,871	
Ca (mg/l)	102	10	91	115	4	108	"normal"	92	111	
Na (mg/l)	12	4	7	17	5	-	-	-	-	
K (mg/l)	3,3	1,0	2,6	5,0	5	-	-	-	-	
F (mg/l)	0,23	0,09	0,15	0,33	5	0,14	"normal"	0,14	0,32	
Cl (mg/l)	20	4	15	27	5	13	lägre	16	24	
SO4 (mg/l)	43	3	40	47	5	55	högre	40	45	
Mg (mg/l)	18	3	15	21	4	20	"normal"	15	20	
Beräknad totalhårdhet (mg Ca/l)	129	9	117	140	5	141	ngt högre	119	138	
Bakteriologiska analyser					Otjänl.	Anm.	Tjänl.	Antal	H **)	Bedömning
Total bakteriologisk bedömning *):					0%	0%	100%	17	2	Tjänligt
Påverkan 1989-1994:					Aldrig			SLV ger anm. vid H>1000/ml		

*) Analys av 22 prov m a p Heterotrofa, Koliforma resp. E.Coli-bakterier

**) Heterotrofa bakterier: (Antal/ml)

Station G09: kom vt, 21 m

Fysikaliska/kemiska analyser	Statistik 1989-1994					Analys 1996		mv-std	mv+std	
	Medel	Std	Min	Max	Antal	Värde	"avvikelse"			
Färg (mg Pt/l)	3	3	0	10	22	5	"normal"	0	5	
COD-Mn (mg/l)	0	1	0	2	22	0	"normal"	0	1	
Konduktivitet (mS/m)	100,5	4,9	91,1	109,0	21	99,9	"normal"	95,6	105,4	
NO3-N (mg/l)	0,16	0,19	0,00	0,55	22	0,04	"normal"	-0,03	0,35	
NO2-N (mg/l)	0,007	0,010	0,001	0,052	22	0,006	"normal"	-0,003	0,017	
PO4-P (mg/l)	0,003	0,002	0,000	0,009	22	0,009	ngt högre	0,001	0,006	
pH	7,7	0,2	7,6	8,0	5	7,7	"normal"	7,6	7,9	
Turbiditet (FNU)	0,33	0,10	0,15	0,40	5	-	-	-	-	
Alkalinitet (mmol/l)	5,33	0,35	4,82	5,69	5	5,23	"normal"	4,98	5,68	
NH4-N (mg/l)	0,318	0,100	0,200	0,450	5	0,390	"normal"	0,218	0,418	
Fe (mg/l)	0,072	0,054	0,020	0,150	5	0,000	lägre	0,018	0,126	
Ca (mg/l)	70	19	50	93	4	43	lägre	51	89	
Na (mg/l)	89	30	60	120	5	-	-	-	-	
K (mg/l)	5,2	0,4	5,0	6,0	5	-	-	-	-	
F (mg/l)	0,58	0,15	0,44	0,80	5	0,69	"normal"	0,43	0,73	
Cl (mg/l)	60	11	51	73	5	73	ngt högre	49	71	
SO4 (mg/l)	163	18	142	190	5	161	"normal"	146	181	
Mg (mg/l)	40	8	29	47	4	35	"normal"	31	48	
Beräknad totalhårdhet (mg Ca/l)	130	31	98	167	5	102	"normal"	99	160	
Bakteriologiska analyser					Otjänl.	Anm.	Tjänl.	Antal	H **)	Bedömning
Total bakteriologisk bedömning *):					0%	5%	95%	22	0	Tjänligt
Påverkan 1989-1994:					Ovanlig			SLV ger anm. vid H>1000/ml		

*) Analys av 22 prov m a p Heterotrofa, Koliforma resp. E.Coli-bakterier

**) Heterotrofa bakterier: (Antal/ml)

Station G07: ensk vt, 31 m

Fysikaliska/kemiska analyser	Statistik 1989-1994					Analys 1996		
	Medel	Std	Min	Max	Antal	Värde	"avvikelse"	
Färg (mg Pt/l)	5	3	0	10	22	15	högre	
COD-Mn (mg/l)	0	1	0	2	22	0	"normal"	
Konduktivitet (mS/m)	102,2	6,3	90,2	115,0	21	99,9	"normal"	
NO3-N (mg/l)	0,03	0,03	0,00	0,09	22	0,00	"normal"	
NO2-N (mg/l)	0,002	0,002	0,000	0,005	22	0,000	"normal"	
PO4-P (mg/l)	0,003	0,004	0,000	0,017	22	0,003	"normal"	
pH	8,1	0,1	8,0	8,2	6	8,0	"normal"	
Turbiditet (FNU)	0,86	0,35	0,55	1,40	5	-	-	
Alkalinitet (mmol/l)	3,82	0,07	3,75	3,90	6	3,84	"normal"	
NH4-N (mg/l)	0,337	0,088	0,180	0,420	6	0,390	"normal"	
Fe (mg/l)	0,106	0,030	0,058	0,140	6	0,080	"normal"	
Ca (mg/l)	25	13	17	48	5	11	"normal"	
Na (mg/l)	152	21	120	179	5	-	-	
K (mg/l)	4,4	0,4	4,0	5,0	5	-	-	
F (mg/l)	1,04	0,11	0,90	1,20	6	1,10	"normal"	
Cl (mg/l)	90	17	65	114	6	110	ngt högre	
SO4 (mg/l)	168	21	148	206	6	148	"normal"	
Mg (mg/l)	16	2	14	17	4	21	högre	
Beräknad totalhårdhet (mg Ca/l)	47	5	40	52	5	46	"normal"	
Bakteriologiska analyser							H **)	Bedömning
Total bakteriologisk bedömning *):	Otjänl.	Anm.	Tjänl.	Antal				
Påverkan 1989-1994:	0%	0%	100%	22				
					0	Tjänligt		
					SLV ger anm. vid H>1000/ml			

mv-std	mv+std
1	8
0	1
95,8	108,5
0,00	0,05
0,000	0,004
0,000	0,007
8,0	8,1
-	-
3,75	3,88
0,249	0,425
0,075	0,136
12	38
-	-
-	-
0,93	1,15
73	107
146	189
15	18
43	52

*) Analys av 22 prov m a p Heterotrofa, Kolliforma resp. E.Coli-bakterier

**) Heterotrofa bakterier: (Antal/ml)

Station G03: Naturlig källa

Fysikaliska/kemiska analyser	Statistik 1989-1994					Analys 1996		
	Medel	Std	Min	Max	Antal	Värde	"avvikelse"	
Färg (mg Pt/l)	4	3	0	10	23	15	högre	
COD-Mn (mg/l)	0	1	0	3	23	0	"normal"	
Konduktivitet (mS/m)	52,1	3,8	44,5	59,4	22	47,1	"normal"	
NO3-N (mg/l)	0,26	0,14	0,03	0,59	23	0,27	"normal"	
NO2-N (mg/l)	0,000	0,000	0,000	0,001	23	0,000	"normal"	
PO4-P (mg/l)	0,002	0,002	0,000	0,007	23	0,002	"normal"	
pH	7,8	0,1	7,7	8,0	5	7,2	lägre	
Turbiditet (FNU)	0,26	0,16	0,10	0,50	5	-	-	
Alkalinitet (mmol/l)	4,39	0,24	4,15	4,77	5	4,75	ngt högre	
NH4-N (mg/l)	0,003	0,003	0,000	0,008	5	0,000	"normal"	
Fe (mg/l)	0,007	0,011	0,000	0,025	5	0,000	"normal"	
Ca (mg/l)	89	9	80	100	4	64	lägre	
Na (mg/l)	3	0	3	3	5	-	-	
K (mg/l)	0,2	0,2	0,0	0,4	5	-	-	
F (mg/l)	0,00	0,00	0,00	0,00	5	0,00	"normal"	
Cl (mg/l)	4	6	0	11	5	8	"normal"	
SO4 (mg/l)	24	4	20	29	5	14	lägre	
Mg (mg/l)	12	1	11	14	4	13	"normal"	
Beräknad totalhårdhet (mg Ca/l)	106	12	94	123	5	85	lägre	
Bakteriologiska analyser							H **)	Bedömning
Total bakteriologisk bedömning *):	Otjänl.	Anm.	Tjänl.	Antal				
Påverkan 1989-1994:	13%	13%	74%	23				
					10	Tjänligt		
					SLV ger anm. vid H>1000/ml			

mv-std	mv+std
1	7
0	1
48,3	56,0
0,13	0,40
0,000	0,000
0,000	0,004
7,7	8,0
-	-
4,15	4,62
0,000	0,006
-0,004	0,018
79	98
-	-
-	-
0,00	0,00
-2	10
20	28
11	13
94	117

*) Analys av 22 prov m a p Heterotrofa, Kolliforma resp. E.Coli-bakterier

**) Heterotrofa bakterier: (Antal/ml)