

Uorganiske sporstoffer

Uorganiske sporstoffer forekommer naturligt i grundvand i relativt små mængder, typisk i størrelsesordenen mikrogram pr. liter. De overvåges regelmæssigt i permanente målepunkter i grundvandsovervågningsprogrammet. De samme stoffer måles også af vandværkerne i deres vandforsyningsboringer, den såkaldte boringskontrol, men langt mindre hyppigt og uregelmæssigt. Omfanget af dette måleprogram afhænger af den udpumpede vandmængde. Endelig overvåges et mindre antal uorganiske sporstoffer i landovervågningsprogrammets grundvandsdel.

Stofgruppen uorganiske sporstoffer omfatter grundstoffer af vidt forskellig karakter, bl.a. tungmetaller men også andre grundstoffer som f.eks. arsen. Inden for gruppen medtages også cyanid, der består af kulstof og kvælstof, som dannes ved forbrænding ved høje temperaturer, typisk i f.eks. traditionelle gasværker. For en lang række sporstoffer må det anses for sandsynligt, at de målte indhold ud over den naturligt forekommende baggrundsværdi også rummer bidrag fra samfundsmæssig aktivitet. En kvantificering af denne fordeling kræver dog et udredningsarbejde, der ligger udenfor rammerne af denne rapport.

I miljømæssig henseende kan de uorganiske sporstoffer opdeles i 3 grupper: 1) de toksiske der har sundheds- og miljømæssigt skadelige effekter (humantoksiske og økotoksiske) selv ved små koncentrationer; 2) de såkaldt essentielle, der omfatter stoffer som er nødvendige for den menneskelige organisme i små mængder, men som er sundhedsskadelige og økotoksiske i større koncentrationer; 3) en tredje gruppe af stoffer, som normalt ikke optræder i så høje koncentrationer, at de udgør et problem, men hvis baggrundskoncentrationer har relevans, og som i rette mængde og form kan have både humantoksikologiske og økotoksikologiske effekter.

Til de toksiske stoffer hører bl.a. antimon, arsen, bly, cadmium, kviksølv samt cyanid. Arsen er yderst giftigt for mennesker, og visse uorganiske arsenforbindelser kan forårsage kræft hos mennesker (Miljøstyrelsen, 1995a). Til de essentielle hører bl.a. chrom, kobber, nikkel, zink og selen. For selen er forskellen mellem nødvendigt indtagelse og giftvirkning relativt lille. De forskellige grænseværdier er sammenstillet i tabel 3.1.

Grundvandets kemiske sammensætning benævnes ofte grundvandskvaliteten, fordi grundvands indholdsstoffer har en afgørende indflydelse på anvendelsen af vandet f.eks. til drikkevandsforsyning. For drikkevand er der fastsat grænseværdier bl.a. for indholdet af uorganiske sporstoffer. Med baggrund i vandforsyningsstrukturen er grænseværdierne opdelt i én kravværdi ved afgang fra vandværk og en anden (højere) værdi ved forbrugers taphane (Miljø- og Energiministeriet, 2001).

Grundvandskvaliteten har derudover indflydelse på flora og fauna i vandløbene, hvis vandføring især i sommerhalvåret i høj grad eller overvejende består af grundvand. Grundvand dannet forholdsvis nær et vandløb, bevæger sig relativt tæt under jordoverfladen og kommer frem i vandløbet nær bredden, mens grundvand dannet langt fra vandløbet bevæger sig i dybere strømningsbaner og kommer frem i vandløbet gennem dets bund. Grundvandets indhold af uorganiske sporstoffer, som bl.a. er bestemt af strømningsbanernes dybde og dermed af kontaktbjergarter og redoxzoner, er medbestemmende for hvilke flora og fauna, der kan leve i vandløbet. Terrænnært strømmende grundvand vil være præget af sporstoffer, som er tilført fra overfladen og som afhænger af arealanvendelsen, mens dybere strømmende grundvand er præget af andre sporstoffer. Med det formål at sikre en maksimal biodiversitet er der for et antal stoffer fastsat økotoksikologisk betingede kvalitetskriterier som et mål for det maksimale indhold af stoffet, der kan tolereres af vandløbets flora og fauna (Miljøstyrelsen, 1994; Miljø- og Energiministeriet, 1996).

Endelig er der i forbindelse med oprydning af forurenede lokaliteter fastsat kvalitetskriterier for grundvand for en række uorganiske sporstoffer (Miljøstyrelsen, 1998). Kvalitetskriterier for grundvand er fastsat således, at grænseværdierne for drikkevand (Miljø- og Energiministeriet, 2001) kan forventes at være opfyldt, når vandet tappes hos forbrugeren. Se tabel 3.1.

Uorganiske sporstoffer	Grundvandskvalitetskriterier (MST 1998)	Grænseværdi for drikkevand ¹⁾ (MEM 2001)	Udledningskriterier (MEM 1996)	Økotoxikologisk grænseværdi (MST 1994)
	g/l	g/l	g/l	g/l
Aluminium	-	100	-	2,6 ³⁾
Antimon	-	2	-	-
Arsen	8	5	4	4
Barium	-	700	-	-
Bly	1	5	3,2 ²⁾	-
Bor	300	1.000 / 300 ⁴⁾	-	-
Cadmium	0,5	2	5	1
Chrom, total	25	20	10 ²⁾	-
Chrom VI	1	-	-	-
Cyanid, total	50	50	-	-
Kobber	100	100	12 ²⁾	-
Kviksølv	-	1 / 0,1 ⁴⁾	1	1
Molybdæn	20	-	-	-
Nikkel	10	20	160 ²⁾	-
Zink	100	100	110 ²⁾	-
Selen	-	10	-	-
Sølv	-	10	-	-
Tin	-	10	-	-

1) Ved indgang til ejendom

2) Forslag til kvalitetskrav hvor datagrundlaget ikke er endeligt kvalitetsvurderet

3) Hultberg, H., 1988.

4) Krav / Anbefaling

Tabel 3.1 Grundvandskvalitetskriterier og grænseværdier for uorganiske sporstoffer.

Indhold af uorganiske sporstoffer i grundvandet over grænseværdierne for drikkevand kan medføre, at den del af grundvandsressourcen, der kan anvendes til drikkevand til mennesker, husdyr og til levnedsmiddelfremstilling, reduceres. Grundvand med et indhold af uorganiske sporstoffer over grænseværdien for drikkevand kan ikke umiddelbart anvendes til drikkevand, f.eks. i forbindelse med enkeltforsyning og små vandforsyninger uden vandbehandling.

Selv om grundvandets kemiske sammensætning kan ændres henholdsvis ved vandbehandlingen i vandværket og under transporten og opholdet i vandrørene eller ved grundvandets passage gennem vandløbets bundsedimenter, er det formålstjenligt at relatere grundvandets indhold af uorganiske sporstoffer til disse ovennævnte kvalitetsangivelser, også kaldet grænseværdier.

Måleprogrammer

Grundvandsovervågning

Ved udgangen af 2002 var der 998 aktive indtag, som var egnede til prøvetagning og analyse for uorganiske sporstoffer. I perioden 1993 til 2002 er et flertal af disse indtag analyseret seks til otte gange for over halvdelen af stofferne. Der begynder således at være etableret egentlige tidsserier for en række af de uorganiske sporstoffer. Af bilag 3.1 fremgår hovedtal for de uorganiske sporstoffer, som indgår i grundvandsovervågningen og i Jupiter databasen hos GEUS.

Der er fundet ét eller flere uorganiske sporstoffer i alle overvågningsindtag egnet til sporstof-analyser, og der er fundet koncentrationer, der overskrider grænseværdien for drikkevand (Miljø- og Energiministeriet 2001) for ét eller flere uorganiske sporstoffer i 350 indtag, svarende til 35% af overvågningsprogrammets samlede antal egnede indtag.

Da de uorganiske sporstoffer, med undtagelse af cyanid, forekommer naturligt i grundvandet og dermed i princippet er tilstede i alle prøver, er genfindingsprocenten et udtryk for, hvorvidt det med de fastsatte (og analytisk gennemførlige) detektionsgrænser er muligt positivt at be-stemme indholdet af stofferne i grundvandet.

Landovervågningens grundvandsindtag

I landovervågningsoplandene er der etableret grundvandsindtag af samme type som anvendes i grundvandsovervågningsprogrammet (montejus), men på grund af den terrænnære position kan de være tørlagte under lav grundvandsstand. Grundvandet herfra er analyseret for de uor-ganiske sporstoffer, som formodes at blive tilført det nydannede grundvand fra overfladen, nemlig aluminium, arsen, barium, bly, cadmium, chrom, nikkel, kobber, selen og zink.

Detektionsgrænserne er de samme som for grundvandsovervågningen. Alle stoffer er fundet, selen dog kun i et mindre antal indtag. Analyserne stammer overvejende fra de dybeste indtag i landovervågningsoplandene, dvs. 5 meter under terræn, med undtagelse af analyserne fra Sønderjyllands Amt, der stammer fra indtag i 2,2 meters dybde. Et enkelt indtag fra Sønder-jyllands Amt er ekskluderet fra det samlede datasæt på grund af stærkt afvigende stofindhold.

For 2002 er der indberettet 46 analyser for uorganiske sporstoffer fra landovervågningspro-grammets grundvandsdel.

Status for grundvandets indhold af uorganiske sporstoffer i landovervågningsprogrammets grundvandsdel fremgår af bilag 3.2. I tabel 3.2 er de markante forskelle mellem de forskellige landovervågningsområder fremhævet.

Landovervågning	Storstrøm g/l	Fyn g/l	Sønderjylland g/l	Vejele g/l	Nordjylland g/l
Arsen	0,5	0,2	0,1	0,3	0,4
Bly	0,3	0,2	0,7	0,7	0,5
Cadmium	0,01	0,01	0,5	0,11	0,11
Selen	0,2	0,6	0,3	0,3	0,1
Nikkel	1,7	2,3	12	20	6
Zink	4,2	5,2	66	68	27
Kobber	0,7	0,5	3,6	2,9	2,9
Chrom	0,1	0,15	0,2	0,1	0,6
Aluminium	2,2	8,3	730	1,3	60
Barium	80	43	92	42	41

Tabel 3.2 Uorganiske sporstoffer (medianværdier) i landovervågnings grundvandsborin-ger 1998-2002. Analyser under detektionsgrænsen er medregnet med dennes værdi.

Samlet leder resultaterne til den antagelse, at uorganiske sporstoffer i større mængder kan ud-vaskes fra rodzonen og eventuelt tilbageholdes i den øverste del af den mættede zone - når der sammenlignes med terrænnære indtag i grundvandsovervågningen. Bilag 3.2 angiver generelle hovedtal for belastningen af det allerøverste grundvand i landovervågningsoplandene med uor-ganiske sporstoffer, men der ses som illustreret i tabel 3.2 store forskelle landovervågnings-oplandene imellem.

Vandværksboringer

Udover analyserne i de ca. 90 vandindvindingsboringer, der indgår i grundvandsovervågningen (volumenmoniterende boringer), er der med indberetningerne for året 2002 i alt indkommet analyseresultater for uorganiske sporstoffer fra 7.002 boringer, der var underlagt tilsyn jf. bekendtgørelse nr. 871 (Miljø- og Energiministeriet, 2001). Ifølge bekendtgørelsen er det fra 1. januar 2002 obligatorisk at udføre boringskontrol for nikkel, aluminium (ved pH < 6), arsen, barium og bor. Hyppigheden afhænger af den distribuerede eller producerede vandmængde. Vandforsyningsanlæg under 3.000 m³ kontrolleres ikke, boringer til anlæg mellem 3.000 og 35.000 m³ kontrolleres hvert 5. år, for anlæg mellem 35.000 og 1.500.00 kontrolleres boringerne hvert fjerde år, og for anlæg der er større, kontrolleres boringerne hvert 3 år.

Der er fundet uorganiske sporstoffer i 3.970 boringer. Procentuelt udgør boringer med fund ca. 57% af de undersøgte boringer. I de øvrige boringer er analyseresultaterne under detektionsgrænsen. Af bilag 3.2 fremgår hovedtal for de uorganiske sporstoffer som er indberettet til GEUS's database Jupiter.

Det skal fremhæves, at boringskontrol - i modsætning til grundvandsovervågningen der gennemføres i et fast net af boringer - over tid vil blive udført i et skiftende antal boringer, idet vandforsyningsboringer af forskellige årsager, så som tekniske problemer, forureninger m.v., udgår af vandindvindingen, som typisk flyttes til andre nyere eller uforurenede boringer.

Der anvendes generelt højere og forskellige detektionsgrænser i vandværkernes boringskontrol sammenlignet med land- og grundvandsovervågningen. Ofte anvendes en detektionsgrænse, som er lig med eller det halve af den højst tilladelige værdi for drikkevand. For at få en pålidelig bedømmelse af om grænseværdien er overtrådt, bør der anvendes en detektionsgrænse på en tiendedel af grænseværdien for drikkevand.

Der er fundet overskridelser af grænseværdien for drikkevand (Miljø- og Energiministeriet, 2001) i 502 boringer. Langt de største antal overskridelser vedrører nikkel og arsen. Procentuelt udgør overskridelserne godt 7% af de undersøgte boringer.

Grundvandets tilstand

Overskridelser af grænseværdier for drikkevand

Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr. 871 af 21. september 2001 indeholder bestemmelser, der gennemfører dele af Drikkevandsdirektivet (EU, 1998). I bekendtgørelsen fastsættes der to grænseværdier for vand fra vandforsyningsanlæg, som forsyner mennesker med vand til husholdningsbrug; henholdsvis én værdi ved indgang til ejendom og én værdi ved forbrugers taphane. For en række tungmetaller og uorganiske sporstoffer er værdien ved indgang til ejendom nu lavere end den førhen gældende grænseværdi.

Den endelige grænseværdi for nikkel ved indgang til ejendom henholdsvis ved forbrugers taphane er endnu ikke fastsat, hvorfor den førhen gældende værdi på 20 µg/l ved fraløb fra pumpe eller vandværk fortsat finder anvendelse både ved afgang fra vandværk og ved forbrugers taphane.

Det kan konstateres (tabel 3.3), at der samlet set forekommer overskridelse af grænseværdierne for drikkevand for alle undersøgte uorganiske sporstoffer med undtagelse af tin og sølv i et eller flere af de eksisterende måleprogrammer. Blandt måleprogrammerne skiller landovervågningens grundvand sig klart ud som det mest belastede. Dette grundvand befinder sig terrænnært i områder med intensiv landbrugsdrift op der ses procentuelle overskridelser i størrelsesordenen fra 3% for cadmium til 51% for nikkel. Grundvandsovervågningen giver på grund

af de permanente målesteder et mere dækkende billede af den generelle tilstand i dansk grundvand. Her ses der overskridelser for de fleste stoffer, dog ikke for tin, sølv og chrom. For de fleste stoffer er de procentuelle overskridelser beskedne, men aluminium, arsen og nikkel skiller sig ud som de mest belastende. I boringskontrollen ses der betydelige procentuelle overskridelser for aluminium og arsen, mens nikkel, zink og bor kun viser mere beskedne procentuelle overskridelser.

Uorganiske sporstoffer	GRUMO			LOOP		Boringskontrol	
	Grænseværdi drikkevand	Mindst en analyse over	Alle analyser over	Mindst en analyse over	Alle analyser over	Mindst en analyse over	Alle analyser over
	g/l	%	%	%	%	%	%
Aluminium	100	15	3	49	9	11	2
Antimon	2	<1	<1	i.m.	i.m.	0	0
Arsen	5	16	6	9	0	16	2
Barium	700	<1	0	i.m.	i.m.	0	0
Bly	5	1	<1	31	0	1	0
Bor	1.000/300 ¹⁾	<1/3 ²⁾	<1/1 ²⁾	i.m.	i.m.	5	0
Cadmium	2	<1	1	3	0	0	0
Chrom, total	20	0	0	0	0	1	0
Cyanid, total	50	<1	0	i.m.	i.m.	0	0
Kobber	100	<1	0	0	0	0	0
Kviksølv	1/0,1 ¹⁾	0/1 ²⁾	0/0 ²⁾	i.m.	i.m.	1	0
Molybdæn	-	-	-	i.m.	i.m.	-	-
Nikkel	20	6	1	51	3	3	2
Selen	10	<1	0	0	0	0	0
Sølv	10	0	0	i.m.	i.m.	0	0
Tin	10	0	0	i.m.	i.m.	0	0
Zink	100	6	<1	40	6	2	0

1) Drikkevandkvalitetskrav / anbefalet indhold

2) Overskridelse af hhv. drikkevandkvalitetskrav / anbefalet indhold
i.m. : ikke målt

Tabel 3.3 Overskridelse af grænseværdier for drikkevand i forskellige måleprogrammer for perioden 1993-2002 (LOOP dog kun 1998-2002). Procentuel overskridelse af drikkevandskvalitetskravene i forhold til analyserede indtag. For antal overskridelser se bilag 3.4

Overskridelser af økotoxikologisk betingede kvalitetskrav

Sammenlignes grundvandets tilstand med de kvalitetskrav, som er fastsat som maksimumindhold for vand, som tilføres vandløb, søer eller havet ses, et tilsvarende mønster, men mere markant, da udlederkravene, der grundlæggende er baseret på økotoxikologiske undersøgelser, generelt er koncentrationsmæssigt lavere end grænseværdierne for drikkevand (se tabel 3.1). Det forekommer bekymrende – at de økotoxikologiske grænseværdier overskrides i op til 83% af de undersøgte indtag i landovervågningsoplandene, se tabel 3.4. Det må nemlig antages, at det terrænnære grundvand i disse områder bliver tilført de vandløb, som gennemstrømmer områderne. Der findes ingen undersøgelser af de uorganiske sporstoffers indvirkning på flora og fauna i disse vandløb. Dette forudsætter en nøjere undersøgelse af sporstoffers skæbne fra rodzone til vandløb. Også grundvandsovervågningsprogrammet og boringskontrollen viser markante overskridelser af de økotoxikologiske grænseværdier for især aluminium og arsen og i mindre grad for zink.

Uorganiske sporstoffer	GRUMO		LOOP		Boringskontrol		
	Kvalitetskrav Øko-tox. g/l	En analyse over %	Alle analyser over %	En analyse over %	Alle analyser over %	En analyse over %	Alle analyser over %
Aluminium	2,6 ¹⁾	73	19	83	28	41	12
Antimon	-	-	-	-	-	-	-
Arsen	4	19	8	11	0	19	3
Barium	-	-	-	-	-	-	-
Bly	3,2 ²⁾	2	0	34	0	2	<1
Bor	-	-	-	-	-	-	-
Cadmium	5/1 ³⁾	<1/2 ⁴⁾	<1/<1 ⁴⁾	3/9 ⁴⁾	0	<1	0
Chrom, total	10 ²⁾	0	0	0	0	1	0
Cyanid, total	-	-	-	-	-	-	-
Kobber	12 ²⁾	3	<1	37	3	<1	0
Kviksølv	1,0	0	0	-	-	<1	0
Molybdæn	-	-	-	-	-	-	-
Nikkel	160 ²⁾	<1	<1	11	0	<1	0
Selen	-	-	-	-	-	-	-
Sølv	-	-	-	-	-	-	-
Tin	-	-	-	-	-	-	-
Zink	110 ²⁾	6	1	40	3	2	0

1) Hultberg, H., 1988.

2) Forslag til kvalitetskrav, hvor datagrundlaget ikke er endeligt kvalitetsvurderet

3) Udledningskriterie / Økotoksikologisk grænseværdi

Overskridelse af hhv. udledningskriterie / økotoksikologisk grænseværdi

Tabel 3.4 Overskridelse af økotoksikologisk betingede kvalitetskrav (se tabel 3.1) i forskellige måleprogrammer. Procentuel overskridelse i forhold til analyserede indtag. For antal overskridelser se bilag 3.5

Enkeltstoffer

Arsen

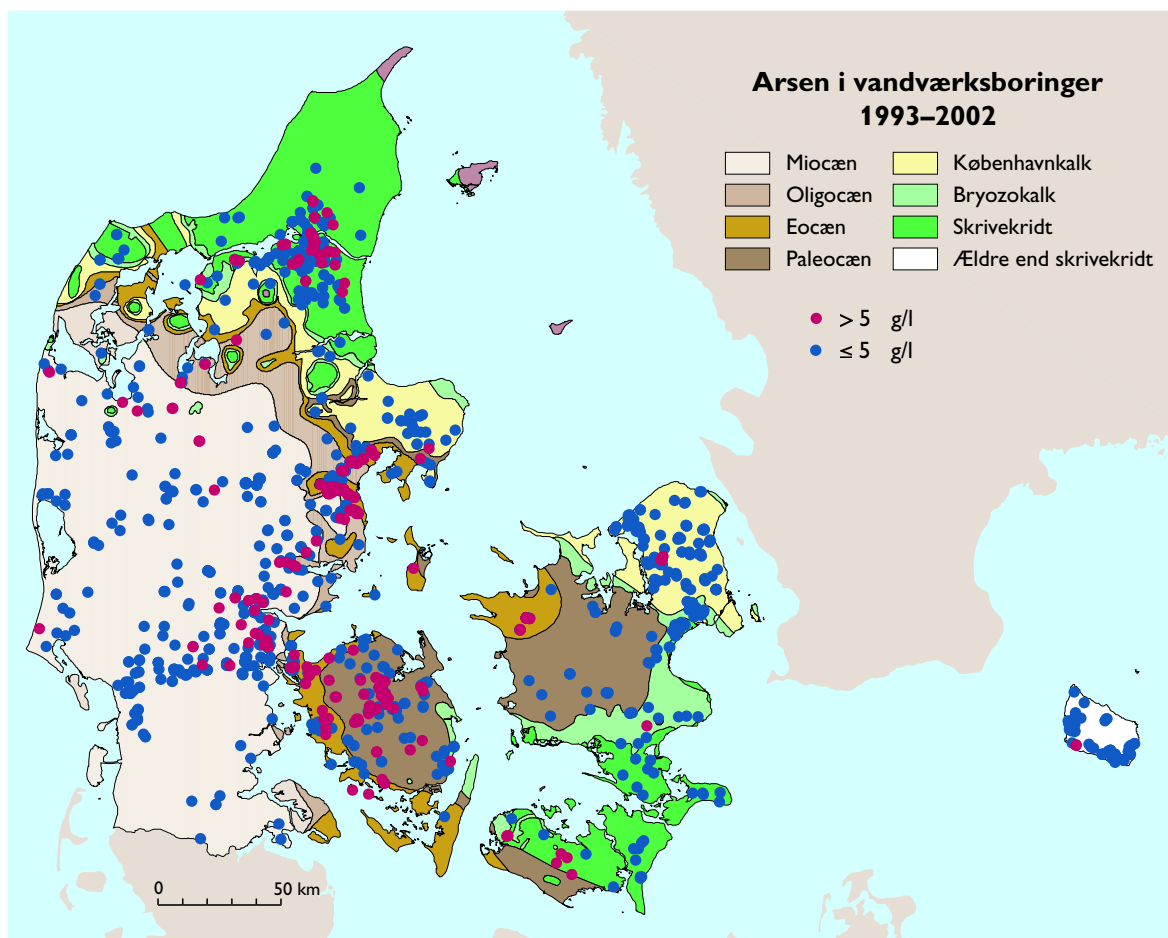
Arsen er giftigt og kræftfremkaldende, og der er international erkendelse af arsens sundhedsskadelige egenskaber. Således er grænseværdien for drikkevand sænket fra 50 µg/l til 5 µg/l med den nye drikkevandsbekendtgørelse (Miljø- og Energiministeriet, 2001) og samtidig er stoffet gjort obligatorisk i boringskontrollen.

Indholdet af arsen i grundvandet bestemmes – ud over kildestyrken - blandt andet af redoxforholdene, idet arsenindholdet under reducerende betingelser er ca. 10 gang højere end under iltholdige betingelser. Ud over en regional geologisk oprindelse, er der bl.a. mulighed for diffus arsenforurening fra handelsgødning (fosfat), arsenholdige pesticider og afbrænding af kul og mere lokalt fra træimprægneringsvirksomheder, spredning af slagge (og flyveaske) som jordforbedringsmiddel og udbringning af slam fra produktion af genbrugspapir. I tilknytning hertil kan det bemærkes, at fortids lokale kulfyrede industrier som fx papirfabrikker, sukkerfabrikker og mange andre kan være en undervurderet kilde til grundvandsforurening.

Som forventeligt øges antallet af analyser i boringskontrollen som følge af analysekravet i Bekendtgørelse 871. Antallet af undersøgte borer er steget fra 758 i 2001 til 1518 i 2002. I tabel 3.5 er angivet en oversigt over fordelingen på amtsbasis. Det fremgår af oversigten over maksimumindhold, at problemerne omkring overskridelse af drikkevandskravet er størst i Storstrøms, Århus, Fyns og Vejle amter.

Amt	Analysér	Minimum	Gennemsnit	Maksimum
ikke angivet	10	0,3	3,1	7,8
Kbh. og Frederiksberg	0			
København	45	0,2	1,5	3,6
Frederiksborg	126	0,03	0,9	7
Roskilde	36	0,4	1,7	4,2
Vestsjælland	51	0,1	3,5	8
Storstrøm	129	0,2	5,4	42
Bornholm	80	0,02	0,6	5,7
Fyn	230	0	5,1	39
Sønderjylland	16	0,03	1,8	5,5
Ribe	98	0,05	0,8	6,4
Vejlé	255	0,03	2,5	28
Ringkjøbing	100	0,03	1,2	12
Århus	313	0,05	4,5	41
Viborg	47	0,3	3,3	20
Nordjylland	274	0,05	2,6	20
Samlet	1.810	0	3,0	42

Tabel 3.5 Oversigt over antal analyser og indhold af arsen i $\mu\text{g/l}$ i drikkevandsboringer. Opgjort på enkeltanalyser fra 1993 til og med 2002 og fordelt på amter



Figur 3.1. Regional fordeling af arsenindhold i vandværksboringer 1993–2002 vist i forhold til aflejringer ældre end istiderne.

Såvel tabel 3.5 som figur 3.1 understøtter den antagelse, at arsenindholdet i grundvandet primært er af geologisk oprindelse, idet der forekommer tertiære marine lerbjergarter med høje indhold af arsen i undergrunden under disse amter. De tertiære bjergarter kan under istidens gletcherfremstød være indarbejdet i istidsaflejringerne, primært i moræneler. Dog kan yngre marine aflejringer også udgøre kilder til arsen.

I større vandværker med vandbehandling tilbageholdes en del af uorganiske sporstoffer i nogen grad i okkerslammet i vandværkernes sandfiltre (Miljøstyrelsen, 1999). Således fjernes gennemsnitligt op mod halvdelen af grundvandets arsenindhold. Den nye, lavere grænseværdi for arsen vil antageligvis visse steder sætte en ny nedre grænse for, hvor dybt der kan indvindes grundvand til drikkevand – afhængigt af vandværkernes muligheder for at fjerne stoffet ved okkerudfældningen.

Nikkel

Nikkelbelastningen hidrører primært fra iltning af sulfidminerale (f.eks. bravoit og pyrit) enten i forbindelse med sænkning af grundvandsspejlet i vandindvindingsoplandene eller ved udskiftning af luften i den umættede zone under tætte lerlag via åbne borer, den såkaldte barometerånding (Jensen et al., 2002). En eventuel senere retablering af grundvandsspejlet kan yderligere øge frigivelsen af nikkel til grundvandet i en periode. Sulfidoxidation kan også forekomme med nitrat som oxidationsmiddel.

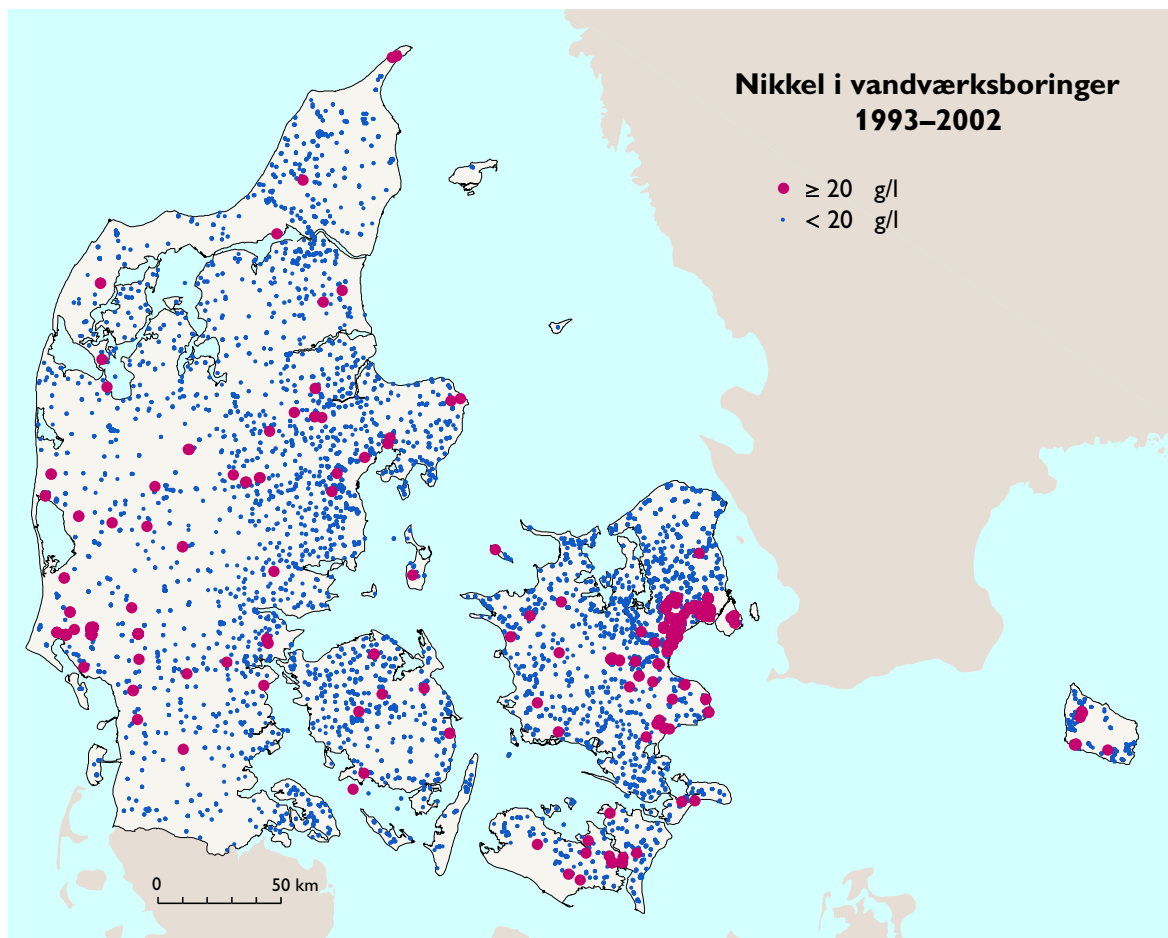
Tabel 3.6 viser en oversigt over fordelingen på amtsbasis af nikkelanalyser over grænseværdien på 20 µg/l. Det fremgår af oversigten, at der findes grundvand som overskrider kravværdien i alle amter. Problemerne er størst i Roskilde, Vestsjællands og Viborg amter samt i Bornholms Regionskommune.

Amt	Analyser over grænseværdi	Gennemsnit	Maksimum
ikke angivet	1	25	25
Kbh. og Frederiksberg	5	28	34
København	468	45	160
Frederiksborg	1	36	36
Roskilde	93	70	590
Vestsjælland	17	136	460
Storstrøm	34	38	59
Bornholm	9	68	310
Fyn	8	39	64
Sønderjylland	2	27	32
Ribe	89	40	120
Vejle	6	29	45
Ringkjøbing	16	41	81
Århus	13	31	55
Viborg	5	62	160
Nordjylland	5	34	54
Samlet	772	49	590

Tabel 3.6 Antal analyser over grænseværdien og maksimumindhold af nikkel i µg/l i drikkevandsboringer. Opgjort på enkeltanalyser fra 1993 til og med 2002 og fordelt på amter.

Den regionale fordeling af nikkelindholdet i aktive vandindvindingsboringer er vist i figur 3.2. I de hårdest ramte områder må borer lukkes, da det bliver stadig mere svært at finde ubelastet grundvand til at fortynde det belastede grundvand med. Generelt ses en stigning i antallet af vandværksboringer med et nikkelindhold, hvor grænseværdien for drikkevand er overskredet.

det i samtlige analyser fra 121 i 2001 til 142 i 2002. Det problem, som forhøjede nikkelindhold udgør for vandværkerne, ser derfor ud til at være voksende.



Figur 3.2: Nikkel i vandværksboringer 1993-2002.

Københavns Amt konkluderer i sin rapport, at stor sænkning af grundvandsspejlet med forhøjelse af bl.a. nikkelindholdet til følge har medført en uacceptabel forringelse af drikkevandskvaliteten visse steder i amtet. Antallet af drikkevandsboringer, hvori drikkevandskvalitetskravet på 20 $\mu\text{g/l}$ er overskredet, er steget fra 16-19% de forudgående år til 23% i 2001 og 31% i 2002. Vestsjællands Amt bemærker, at kun halvdelen af indvindingsboringerne er undersøgt for nikkel i perioden 1989 til 2002. Storstrøms Amt præsenterer tidsserier for iltning af sulfid med nitrat. Derudover ses en svagt stigende antal boringer med forhøjet nikkelindhold i det vestlige Jylland på grund af øget indvinding i visse områder og dermed iltning af tertiære pyritholdige sedimente. Ribe Amt anfører, at den ved oxidationen dannede syre fremmer en lav pH og dermed desorption af nikkel.

Sammenfatning om uorganiske sporstoffer

Generelt ses der overskridelser af grænseværdierne for drikkevand i alle måleprogrammer, dvs. i både grundvandsovervågningen, landovervågningen og vandværkernes boringskontrol. I grundvandsovervågningen er der således fundet overskridelser af grænseværdierne for et eller flere uorganiske sporstoffer i 35% af indtagene i perioden 1993-2002.

Resultaterne fra landovervågning skiller sig klart ud. Her overvåges terrænnært grundvand i områder med intensiv landbrugsdrift. Der ses overskridelser af grænseværdien i forhold til antal analyserede indtag på eksempelvis 9% for arsen, 31% for bly, 40% for zink og 51% for nikkel. De tilsvarende tal fra grundvandsovervågningen er 16%, 1%, 6% og 6%; for boringskontrollen 16%, 1%, 2% og 3%.

Sammenlignes der med de økotoxikologisk betingede kvalitetskrav, der er fastsat af hensyn til kvaliteten af det vand, der tilføres vandløb, søer eller havet, ses endnu større overskridelser – eksempelvis overskrides disse værdier i op til 83% af de undersøgte indtag i landovervågningsoplandene, og i op til hhv. 73% og 41% af de undersøgte indtag/boringer i hhv. grundvandsovervågningsprogrammet og boringskontrollen. Her er det især stofferne aluminium, bly, kobber og arsen, der overskrider kravværdierne.

Som forventet stiger antallet af analyser for arsen i boringskontrollen som følge af analysekravet indført i 2001. Analyserne er dog stadig ujævnt spredt udover landet, men der ses en tendens til overskridelser primært i områder med tertiært marint ler i undergrunden eller oparbejdet i morænedækket. Dog kan yngre marine aflejringer også udgøre arsenkilder.

I større vandværker med vandbehandling og velfungerende sandfiltre, tilbageholdes uorganiske sporstoffer i nogen grad, hvorfor overskridelser af grænseværdierne i grundvandet ikke nødvendigvis medfører en problematisk drikkevandskvalitet. For enkeltforsyninger og små fælles vandforsyninger uden vandbehandling kan sporstofferne derimod udgøre et kvalitetsproblem.