

Pesticider og nedbrydningsprodukter

Pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen

Der er i grundvandsovervågningen i perioden 1990-2001 gennemført 7851 analyser af grundvandsprøver udtaget fra 1.166 indtag i overvågningsboringer, tabel 5.1 og 5.2.

Grundvandsovervågning 1990-2001	Analyser	Middeldybde til top af indtag	Middeldybde til bund af indtag	Middellængde af indtag
	antal	meter	meter	meter
Københavns og Frederiksberg kommuner	182	17,7	20,9	3,2
Københavns Amt	438	33,4	35,5	2,2
Frederiksborg Amt	553	24,7	27,1	2,4
Roskilde Amt	465	21,4	26,6	5,2
Vestsjællands Amt	504	17,4	19,6	2,2
Storstrøms Amt	510	23,3	25,4	2,1
Bornholms Amt	153	15,9	29,8	13,9
Fyns Amt	882	28,9	30,4	1,5
Sønderjyllands Amt	660	24,9	26,6	1,7
Ribe Amt	417	29,8	31,3	1,5
Vejle Amt	451	24,1	26,2	2,1
Ringkøbing Amt	430	26,3	27,8	1,5
Århus Amt	787	23,8	27,5	3,7
Viborg Amt	627	24,2	27,2	3,0
Nordjyllands Amt	792	24,3	30,5	6,3
Alle amter	7.851	24,0	27,5	3,5

Tabel 5.1 Analyserede vandprøver og indtag med pesticidanalyse og gennemsnitlige dybde til top og bund af indtaget samt gennemsnitlig indtagslængde i grundvandsovervågningen 1990-2001 baseret på oplysninger indsendt af amterne til GEUS's database Jupiter.

Den gennemsnitlige dybde til toppen af indtaget i de enkelte amter viser, at dybden til indtagene i Københavns Amt, Fyns Amt, Ribe Amt og Ringkøbing Amt er over 30 meter i gennemsnit. De i gennemsnit højest placerede indtag findes i Vestsjællands Amt, Bornholms Amt og Københavns og Frederiksberg kommuner. Af tabellen fremgår også, hvilken middellængde indtagene i de enkelte amter har. De enkelte oplande er ofte etableret omkring en indvindingsboring med et langt indtag. Beregnes medianlængden for indtagene, vil denne derfor være noget mindre end middellængden.

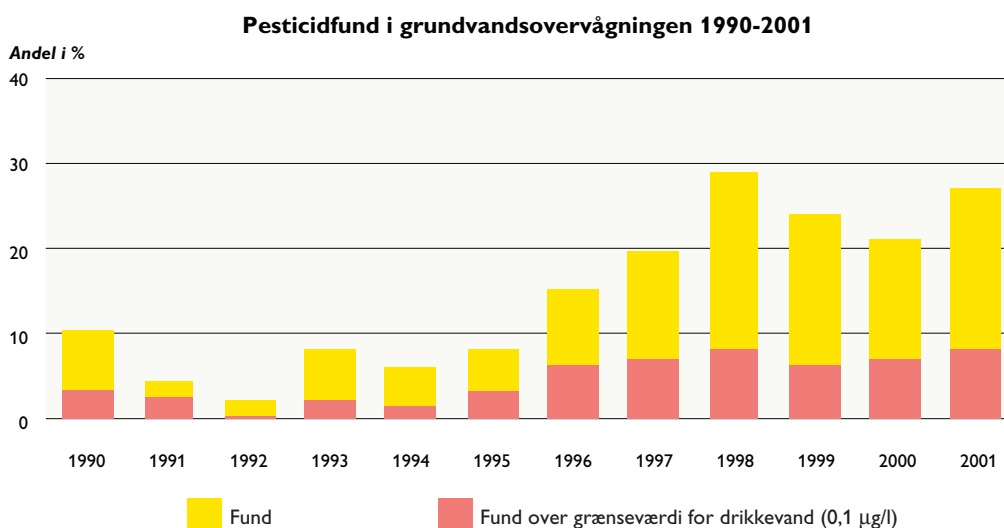
Der er fundet 52 pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen, hvoraf ca. 20 er nedbrydningsprodukter, se bilag 5.1. Derudover er der fundet en række phenolforbindelser, som kan stamme fra nedbrydning af phenoxysyrer, fra andre pesticider eller fra organisk stof. Disse stoffer er ikke medtaget i bilag 5.1, men i bilag 4.1 som omfatter organiske mikroforurenende stoffer.

I perioden 1990-2001 er der en eller flere gange fundet et eller flere stoffer i 478 indtag ud af 1.166 undersøgte svarende til 41%. Grænseværdien for indhold af et pesticid i drikkevand på

0,1 µg/l, er overskredet en eller flere gange i 14% af de undersøgte indtag (tabel 5.2). Andelen på 41% af indtag svarer til det antal indtag, som gennem hele perioden har været i berøring med pesticidholdigt grundvand. De 41% kan således ses som den andel af indtag, der er placeret i grundvand, som er sårbart overfor nedvaskning af pesticider.

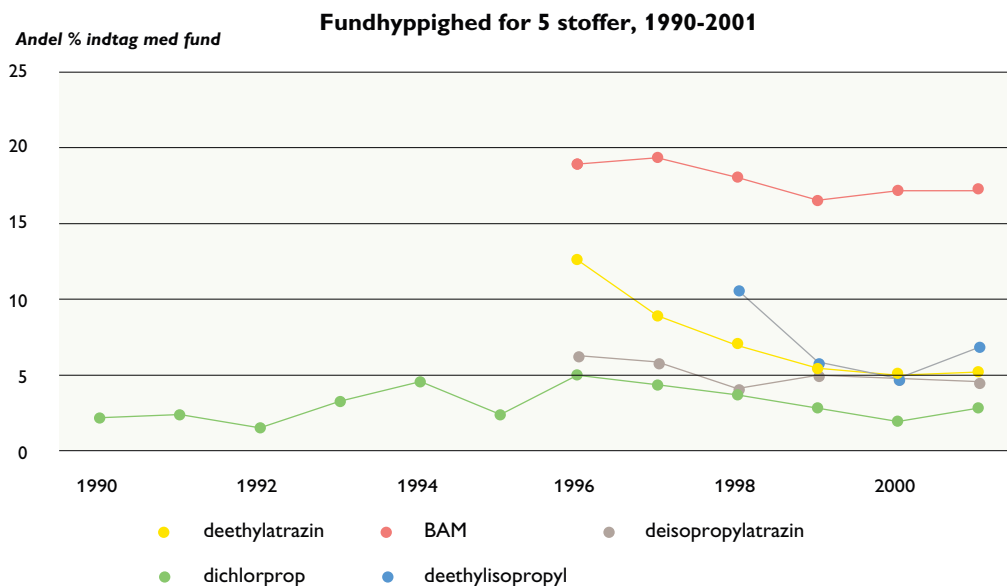
Grundvandsovervågning 1990-2001	Analyser antal	Indtag med analyse		Indtag med fund		Indtag med fund $\geq 0,1\mu\text{g/l}$	
		antal	%	antal	%	antal	%
Alle pesticider 1990-2001	7.851	1.166	41	478	41	168	14,4
Alle pesticider 2001	784	740	27,2	201	27,2	63	8,5

Tabel 5.2 Oversigt over gennemførte analyser for pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen 1990-2001. "Alle pesticider, 1990-2001" omfatter alle analyser for pesticider og nedbrydningsprodukter incl. Phenolforbindelser, som kan stamme fra nedbrydning af f.eks. hormonmidler. "Alle pesticider, 2001" omfatter kun analysedata fra 2001, rapporteret til GEUS i 2002. (Se også figur 5.1)

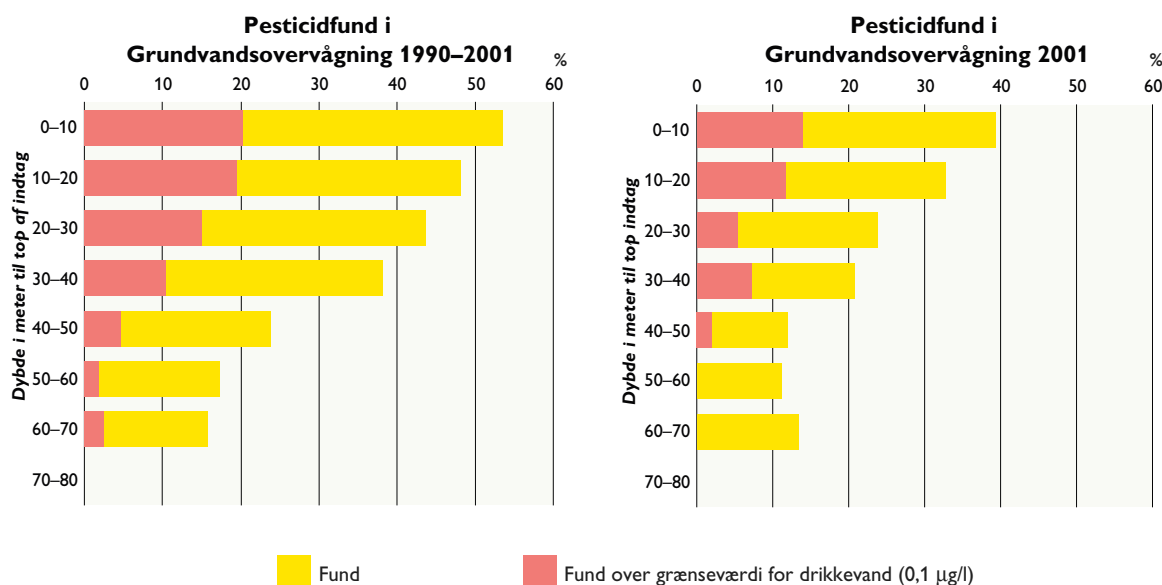


Figur 5.1 Indtag med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen 1990-2001

Der blev i 2001 fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i 27% af de undersøgte indtag, og grænseværdien var overskredet i 8,5%. Det fremgår af figur 5.1, at antallet af indtag med fund i perioden 1993-1995 ligger lidt under 10% pr. år, men stiger til næsten 30% i 1998. I 2000 falder andelen til ca. 21%, men stiger igen til 27% i 2001. Det stigende antal fund af pesticider i grundvandsovervågningen i perioden frem til 1998 afspejler, at grundvandet i denne periode er blevet analyseret for stadig flere pesticider og nedbrydningsprodukter. Antallet af indtag med overskridelse af grænseværdien har været næsten konstant i perioden 1996-2001. Faldet i antallet af indtag med pesticider i 1998 til 2000 skyldes at de oftest fundne stoffer findes mindre hyppigt, mens stigningen i 2001 skyldes at mange stoffer findes lidt hyppigere, f.eks. 2,6-dichlorbenzamid (BAM), dichlorprop og 3 triazin nedbrydningsprodukter, figur 5.2. Desuden er forekomsten af glyphosat og dette stofs nedbrydningsprodukt AMPA stigende.



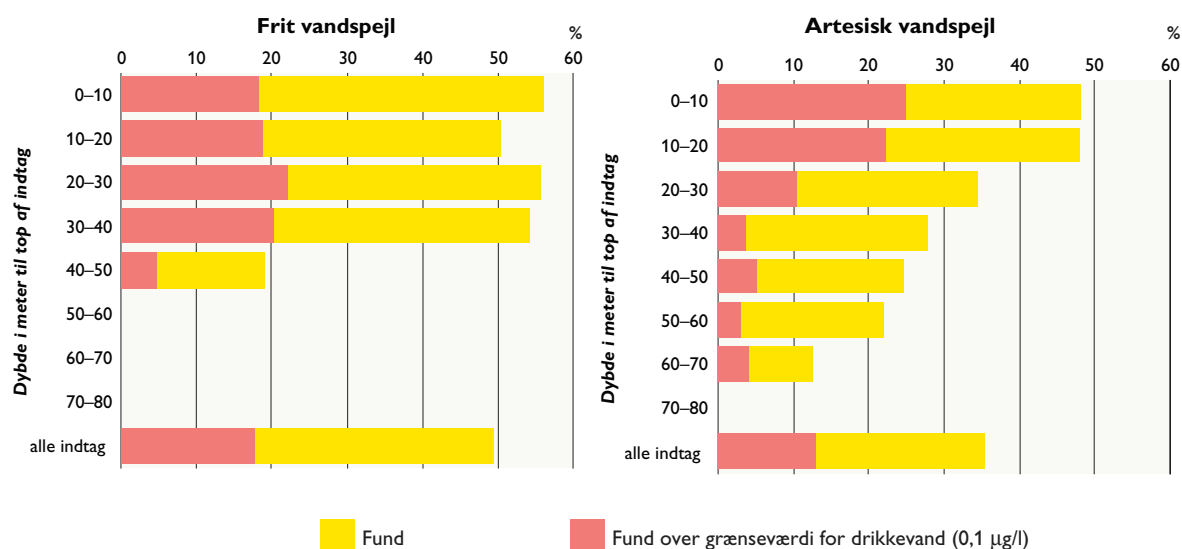
Figur 5.2 Forekomst af 5 udvalgte pesticider og nedbrydningsprodukter: BAM (2,6-dichlorbenzamid), dichlorprop og de tre triazin nedbrydningsprodukter deisopropylatrazin, deethylatrazin og deethylisopropylatrazin i indtag 0 til 30 meter under terræn.



Figur 5.3 Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen fra forskellige dybdeintervaller for perioden 1990 – 2001 og for 2001. Det yngste vand findes primært i intervallet 0-10 meter under terræn, hvor antallet af indtag med fund er mere end 50% for perioden 1990-2001. Der forekommer også fund af pesticider og nedbrydningsprodukter under 80 meters dybde, men da der kun er analyseret få indtag, er disse udeladt.

Den dybdemæssige fordeling af pesticidfund (figur 5.3) viser at der i perioden 1990-2001 er fundet pesticider i ca. 50% af indtagene i dybdeintervallet 0-10 meter under terræn, og at grænseværdien var overskredet i ca. 20% af disse indtag. Fundhyppigheden aftager med dybden til ca. 15% i intervallet 60-70 meter under terræn, men der er også fundet pesticider i

større dybder. Disse er ikke medtaget i figur 5.2, da der kun er undersøgt få indtag i større dybder end 80 meter. De hyppige fund i det højtliggende grundvand skyldes især forekomsten af BAM og nedbrydningsprodukter fra triaziner og phenoxysyrer. Opgøres antal indtag med fund for året 2001 alene ses samme tendens, men dog med en noget mindre fundhyppighed. F.eks. er der i 2001 fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i ca. 40% af de indtag, der har toppen af indtaget liggende i intervallet 0-10 meter under terræn. Figur 5.3 giver et klart indtryk af, at det sårbare grundvand særligt ligger tæt ved terræn, men også at der findes en meget høj grad af forurening selv i mere end 30 meters dybde.



Figur 5.4 Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen fra forskellige dybdeintervaller for perioden 1990 – 2001 i grundvandsmagasiner med frit vandspejl og i grundvandsmagasiner med artesiske (f.eks. under lerdække) vandspejl. Der forekommer også fund af pesticider og nedbrydningsprodukter under 80 meters dybde, men kun intervaller med mere end 20 analyserede indtag er medtaget i figuren.

Opgøres fundhyppigheden i grundvandsmagasiner med frit vandspejl og med artesiske vandspejl, figur 5.4, ses en markant forskel på de to magasintyper. I magasiner med frit vandspejl findes pesticider eller nedbrydningsprodukter i mere end 50% af de analyserede indtag til en dybde af 40 meter, hvorefter påvirkningsgraden hurtigt klinger ud. I de artesiske grundvandsmagasiner findes pesticider og nedbrydningsprodukter i langt større dybder men med faldende påvirkningsgrad, hvilket formodentlig skyldes at tykke dæklag giver en vis beskyttelse overfor pesticidpåvirkning. Figuren viser også, at pesticider kan transporteres til stor dybde gennem sprækker og andre porer i dæklagene over grundvandsmagasinerne. Den lille påvirkningsgrad i de dybere dele af grundvandsmagasinerne med frit vandspejl (sand- og kalkmagasiner) skyldes formodentlig snarere, at grundvandet i 50 meters dybde er gammelt grundvand dannet før pesticider blev taget i brug end at de nedvaskede stoffer omsættes. Desuden falder antallet af indtag i dybder større end 50 meter under terræn.

Nedbrydningsprodukterne deethyldeisopropyl -, deethyl -, deisopropyl - og hydroxyatrazin fra triaziner er fundet hyppigt i grundvandet (tabel 5.3). De mange fund af deethylisopropylatrazin på henholdsvis 7,3% og heraf 2,6% over grænseværdien for drikkevand er repræsentative, da der er analyseret vandprøver fra mere end 800 indtag. Det fremgår af tabellen, at nedbrydningsprodukterne fra triaziner er fundet hyppigere end moderstofferne.

Nedbrydningsproduktet BAM er fundet hyppigst i grundvandsovervågningen med 19,3%; heraf 7,3% over grænseværdien. BAM er et nedbrydningsprodukt, som stammer fra nedbrydning af herbiciderne dichlobenil (Prefix og Casoron G) og chlorthiamid (Casoron). Chlorthiamid nedbrydes i jord til dichlobenil, som igen ved mikrobiel aktivitet nedbrydes til BAM (2,6-dichlorbenzamid) og til 2,6-dichlorbenzoesyre, som er fundet i 3 ud af 66 undersøgte indtag svarende til 4,5%. Chlorthiamids opløselighed i vand er ca. 950 mg/l, mens dichlobenils opløselighed er 14,6 mg/l. Den langt større opløselighed og en halveringstid i jord på 14-35 døgn betyder, at der formodentlig har været en risiko for udvaskning af høje koncentrationer af moderstoffet, som nedbrydes til bl.a. dichlobenil og BAM. Dichlobenil har været anvendt som granulat ved bekæmpelse af ukrudt på udyrkede arealer, især i bymæssig bebyggelse, på gårdspladser, i plantager og under prydræer og prydbuske i doseringer op til 400 kg/ha med 6,75% aktivstof svarende til 27 kg aktivstof/ha. Dichlobenil blev solgt sidste gang i Danmark i 1997, hvor Miljøstyrelsen forbød anvendelse af stoffet

Grundvandsovervågning 1993-2001	Analyser antal	Indtag med analyse antal	Indtag med fund		Indtag med fund ≥ 0,1µg/l	
			antal	%	antal	%
2,6-Dichlorbenzamid (BAM)	4.329	1.029	199	19,3	75	7,3
Atrazin, deethylisopropyl-	2.368	891	65	7,3	23	2,6
Atrazin, deisopropyl-	4.141	1.019	65	6,4	13	1,3
Atrazin, deethyl-	4.166	1.019	62	6,1	13	1,3
Atrazin	6.475	1.101	56	5,1	13	1,2
4-Nitrophenol	2.288	885	43	4,9	1	0,1
Bentazon	4.169	1.020	40	3,9	10	1
Dichlorprop	6.477	1.101	42	3,8	10	0,9
Mechlorprop	6.474	1.101	35	3,2	7	0,6
AMPA	2.555	899	21	2,3	4	0,4
Atrazin, hydroxy-	3.460	959	21	2,2	2	0,2
Simazin	6.468	1.101	23	2,1	5	0,5
Hexazinon	4.126	1.016	19	1,9	5	0,5
Terbutylazin	4.086	1.016	17	1,7	0	
Pendimethalin	3.820	988	15	1,5	1	0,1

Tabel 5.3 De 15 hyppigst fundne stoffer i grundvandsovervågningen fra 1993-2001. Der er kun medtaget stoffer, som er analyseret i mere end 200 indtag. Se også bilag 5.1 for oversigt over alle analyserede stoffer i perioden 1993-2001, hvor også bl.a. mediankoncentrationer er beregnet.

Bentazon er fundet i 3,9% af de undersøgte indtag, hvoraf 1% var over grænseværdien for drikkevand. Der er analyseret for glyphosat i 900 indtag med fund af stoffet i 11 indtag, mens der er fundet AMPA i 21 indtag ud af 899 analyserede svarende til 2,3%. Se tabel 5.3 og bilag 5.1.

Opgøres fordelingen af triaziner og triazinernes nedbrydningsprodukter i redoxgrupper, ses en klar overrepræsentation i de iltrige miljøer. Dette skyldes formodentlig, at disse stoffer kun nedbrydes langsomt i iltrigt grundvand og derfor dominerer i de højtliggende grundvands-

magasiner, hvor en række andre pesticider som phenoxysyrerne tilsyneladende omsættes. Desuden forekommer triaziner i grundvand med endog meget høje nitratkoncentrationer. Triazinerne forekommer også i iltfattigt grundvand, hvor stofferne tilsyneladende også nedbrydes dårligt.

Sammenholdes forekomsten af de to phenoxysyrer dichlorprop og mechlorprop med forekomsten af BAM og atrazin i grundvand findes, at phenoxysyrerne forekommer i nitratfrit grundvand, mens atrazin og BAM også forekommer i nitratholdigt iltet vand. Dette stemmer godt overens med fordelingen af stofferne på landsplan, hvor phenoxysyrer særligt forekommer i magasiner under lerede sedimenter i ”Østdanske” oplande. BAM og atrazin forekommer også i de sandede iltede grundvandsmagasiner med frit vandspejl i ”Vestdanske” oplande. I de iltede og sandede magasiner når phenoxysyrerne formodentligt sjældent grundvandet, før de omsættes i den umættede zone. Hvis phenoxysyrerne når iltrigt grundvand, omsættes disse hurtigt i grundvandsmagasinerne, mens de fleste phenoxysyrer ved transport til iltfrie grundvandsmagasiner gennem f.eks. sprækker og andre makroporer tilsyneladende kun nedbrydes langsomt.

Mange af de kendte mobile og grundvandstruende pesticider er blevet forbudt eller reguleret af Miljøstyrelsen i løbet af 1990’erne.

Undersøgelse af pesticidforurening i små vandforsyningsanlæg.

Den markante højere påvirkningsgrad af det højtliggende og unge grundvand er også vist i et projekt, der undersøger pesticidforurening i små vandforsyningsanlæg i Sønderjyllands Amt, Viborg Amt, Storstrøms Amt og Københavns Amt, hvor formålet er at kortlægge forureningssituationen for private borer og brønde samt for små vandværker i Danmark (Brüsch 2002). Omfanget af forureningen med bekæmpelsesmidler i små vandforsyninger er hidtil kun kendt fra få undersøgelser gennemført af enkelte amter, hvor der er fundet pesticider i op til ca. 50% af de undersøgte brønde og borer.

I projektet undersøges ca. 625 vandforsyningsanlæg for udvalgte pesticider, en række andre stoffer og bakterielle parametre. Ejere af vandforsyningsanlæggene deltager også i et interview, hvor oplysninger om anlæggene og pesticidanvendelse indsamles.

Der findes i Danmark 80-90.000 private indvindingsboringer og gravede vandforsyningsbrønde. Disse borer og brønde er ofte uheldigt placeret i forhold til mulige forurenende kilder og borer og brønde kan være placeret i bunden af gamle gravede brønde på gårdspladser eller i nærheden af landejendomme. De private borer og brønde er sårbare overfor pesticidforurening pga. placering, men også fordi der herfra ofte indvindes vand fra terrænnære grundvandsmagasiner.

Der er p.t. analyseret vandprøver fra 568 små vandforsyningsanlæg. Der foreligger resultater fra 1. analyserunde for tre amter, mens begge prøveudtagningsrunder er gennemført i Sønderjyllands Amt. Vandprøverne er udtaget fra eksisterende taphaner i f.eks. køkken, udhus eller stald, og vandet stammer fra en enkelt indvindingsboring eller fra en gravet brønd. Vandprøverne kan være udtaget efter hydrofor og eventuel iltning af drikkevandet. Der er således tale om drikkevandsprøver.

I de 568 anlæg er der fundet pesticider i 300, og grænseværdien for drikkevand var overskredet i 182 svarende til henholdsvis 52,8% og 32%, tabel 5.4. I de 4 amter er andelen af pesticidfund i borer og brønde i samme størrelsesorden, men der er forskel på, hvilke pesticider der findes i de enkelte amter.

Det er endnu for tidligt at drage konklusioner om de private drikkevandsanlægs sårbarhed i relation til beliggenhed, geologi, teknisk stand og pesticidanvendelse på de omkringliggende arealerne. Men det må anses for sikkert, at mere end halvdelen af de undersøgte drikkevandsboringer og brønde indeholder pesticider, og at grænseværdien for pesticidindhold i drikkevand (0,1 µg/l) er overskredet i hver tredje boring eller brønd. Ud over de nævnte overskridelser viser en foreløbige opgørelse af målinger af coliforme bakterier, at der er en ret stor andel boringer og brønde, op til ca. 40%, med overskridelser af grænseværdierne. Dette viser en mulig direkte forureningskilde af vandforsyningsanlæggene via nedsivning af overfladevand og afløbsvand. Der er også målt overskridelser af kimtallet i 16 til 26 % af de undersøgte boringer og brønde i Sønderjylland.

Pesticidundersøgelse af private drikkevandsboringer	Boringer med analyse	Boringer med fund		Boringer med fund $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$	
	antal	antal	%	antal	%
Københavns Amt	30	14	46,7	9	30
Sønderjyllands Amt	196	103	52,6	65	33,2
Storstrøms Amt	198	112	56,6	68	34,3
Viborg Amt	144	71	49,3	40	27,8
I alt	568	300	52,8	182	32

Tabel 5.4 Pesticidundersøgelser fra 4 amter.

Følgende generelle delkonklusioner kan drages:

- 1) - BAM er det hyppigst fundne enkeltstof. BAM er fundet med en hyppighed, der varierer mellem 34% og 38% af de undersøgte boringer og brønde i de 4 amter.
- 2) - Triaziner og disses nedbrydningsprodukter er den gruppe pesticider, der er fundet hyppigst. Det er særligt deisopropylatrazin som findes i 14 til 26% af de analyserede drikkevandsanlæg, hvilket formodentlig skyldes, at både atrazin og terbutylazin nedbrydes til deisopropylatrazin. Atrazin anvendes ikke i Danmark, mens terbutylazin er godkendt til anvendelse.
- 3) - De "gamle" pesticider som phenoxysyrerne dichlorprop, mechlorprop, 2,4-D og MCPA er kun fundet i få boringer eller brønde. Disse stoffer er i dag enten forbudt eller med reguleret anvendelse. Miljøstyrelsens regulering afspejles måske i den lille forekomst af disse stoffer i det yngste grundvand. Phenoxysyrerne er dog også kendt for hurtigt at nedbrydes i iltholdigt grundvand, som netop dominerer de undersøgte anlægstyper. Til gengæld viser den foreløbige opgørelse også, at de stoffer, som anvendes i store mængder i dag, findes hyppigt i de undersøgte boringer og brønde. Dette kan måske antyde, at pesticidindholdet i de sårbare magasiner reagerer hurtigt på regulering af pesticidforbruget, når man ser bort fra triaziner og BAM, som tilsyneladende ligger som en pulje i de øverste jordlag, hvorfra stofferne langsomt udvaskes.
- 4) - Glyphosat og AMPA er fundet i drikkevand udtaget i alle 4 amter. Det er dog særligt i Storstrøms Amt, de to stoffer er fundet hyppigt - i henholdsvis 12,1% og 18,7% af de undersøgte boringer og brønde. Det er særligt AMPA, som er fundet i høje koncentrationer - grænseværdien for drikkevand var overskredet i 8,1% af de undersøgte anlæg i Storstrøms Amt. I de andre tre amter er glyphosat og AMPA fundet i fra 1 til 10 % af de undersøgte vandprøver.
- 5) - Der findes ofte mange pesticider og nedbrydningsprodukter i samme boring eller brønd. I Storstrøms og Sønderjyllands amter er der fundet op til 12 forskellige pesticider og nedbryd-

ningsprodukter i nogle anlæg. I Sønderjylland var den højeste samlede sumkoncentration for de målte pesticider og nedbrydningsprodukter ca. 14,3 µg/l, mens den højeste sumkoncentration i Storstrøms Amt var 8,5 µg/l.

6) - Nitrat er fundet i koncentrationer over grænseværdien på 50 mg/l i henholdsvis 3%, 18% og 27% i Københavns Amt, Sønderjyllands Amt og Viborg Amt. Da projektet omfatter sårbare drikkevandsanlæg, som fortrinsvis indvinder grundvand fra højtliggende grundvandsmagasin, er andelen af boringer og brønde med overskridelser af grænseværdien for nitrat relativ lille. Dette skyldes formodentlig, at de private drikkevandsanlæg rutinemæssigt analyseres for nitrat. Det er derfor muligt, at anlæg med væsentlige overskridelser af drikkevandskravet for nitrat allerede er taget ud af drift. Desuden opbevares husdyrgødning i dag i gyllebeholdere, hvilket givet betyder en mindre nedsivning af kvælstof nær nogle af de undersøgte boringer.

Projektet planlægges afsluttet i 2003.

Pesticider og nedbrydningsprodukter i landovervågningen

Amterne har i 2001 kun udtaget vandprøver til analyse for pesticider fra 21 indtag, tabel 5.5, hvoraf langt de fleste er udtaget i Sønderjyllands Amt. De få udtagne prøver skyldes, at amterne i 2001 har renoveret grundvandsrederne i LOOP. De få analyseresultater betyder, at LOOP datasættet ikke i år beskrives nærmere, men at der henvises til sidste års afsnit i Grundvandsovervågning 2001 (GEUS 2001) samt til bilag 5.2 i dette års rapport.

Landovervågning 1993-2001	Analyser	Indtag med analyse	Indtag med fund ≥ 0,1 mg/l	
	antal	antal	antal	%
1993	44	38	4	11
1994	129	57	24	42
1995	131	63	34	54
1996	93	48	16	33
1997	96	58	12	21
1998	194	48	19	40
1999	188	52	29	56
2000	98	40	17	43
2001	45	21	6	29

Tabel 5.5 Antal analyser pr år, undersøgte indtag og indtag med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i pr. år landovervågningen 1993-2001.

I 2001 blev der udtaget 45 vandprøver fra 21 grundvandsindtag. I 6 af disse indtag blev der fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter svarende til 29%. Grænseværdien var ikke overskredet i nogle af de undersøgte indtag.

Vandværksboringer

Vandværkerne har gennemført 11.835 analyser i perioden 1992-2001 i boringer, hvorfra der i de sidste tre år før prøvetagningen i 2001 er indvundet grundvand til drikkevandsformål (tabel 5.6). De analyserede vandprøver er udtaget fra 5.261 boringer, hvilket er ca. 900 færre boringer i forhold til opgørelsen i 2001, tabel 5.7. Det mindre antal boringer skyldes formodentlig, at der kun medtages boringer i opgørelsen, hvorfra der med sikkerhed vides at

være indvundet grundvand, og de 900 borerer må derfor formodes enten at være taget ud af drift eller at være nedlagt. De nedlagte borerer rapporteres i afsnittet om ”Andre borerer”.

Vandværkernes boringskontrol 1992 - 2001	Analysér	Middeldybde til top af indtag	Middeldybde til bund af indtag	Middellængde af indtag
	antal	meter	meter	meter
Uden oplysninger om amt	62	38,6	50,4	11,8
Københavns og Frederiksberg kommuner	4	25,9	28,7	2,8
Københavns Amt	605	26,1	50,8	24,7
Frederiksborg Amt	557	42,4	61,9	19,5
Roskilde Amt	778	24,5	46,7	22,2
Vestsjællands Amt	785	32,9	44,8	11,9
Storstrøms Amt	933	32,8	50,0	17,2
Bornholms Amt	187	18,9	51,8	32,9
Fyns Amt	1.092	30,9	39,6	8,7
Sønderjyllands Amt	859	40,9	49,2	8,3
Ribe Amt	532	52,3	66,3	14,0
Vejle Amt	553	38,3	47,4	9,1
Ringkjøbing Amt	466	62,8	75,3	12,5
Århus Amt	2.776	40,0	53,6	13,6
Viborg Amt	491	37,3	47,8	10,5
Nordjyllands Amt	1.155	33,6	52,0	18,4
Alle amter	11.835	36,2	51,0	14,9

Tabel 5.6 Pesticid- og nedbrydningsprodukt analyser fra vandværksboringer 1992-2001. Tabellen er baseret på data indsendt til GEUS i 2002 og omfatter kun borerer, hvorfra der er indvundet grundvand. I tabellen er vist middellængde af de indtag, hvorfra der indvindes grundvand og middeldybde til top og bund af indtagene .

Der er fundet 44 pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværksboringer. Der er også fundet andre stoffer, bl.a. phenolforbindelser, som kan stamme fra nedbrydning af bl.a. phenoxy-syrerne, men som også kan stamme fra nedbrydning af naturligt organisk materiale eller fra forurenede grunde. Disse er ikke medtaget i bilag 5.3 men i bilag 4.3 om organiske mikroforurenende stoffer.

Vandværksboringer	Analysér	Indtag med analyse		Indtag med fund ≥ 0,1 µg/l		
	antal	antal	antal	%	antal	%
Alle pesticider 1992-2001	11.835	5.261	1.350	25,7	420	8,0
Alle pesticider 2001	2.097	1.713	531	31,0	128	7,5
Alle pesticider 2000	2.496	1.846	644	34,8	192	10,4

Tabel 5.7 Samlet antal analyser, analyserede borerer, borerer med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter, borerer med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter over grænseværdien på 0,1 µg/l og fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværksboringer fra perioden 1992-2001.

I vandværksboringer er der i 1992-2001 en eller flere gange fundet pesticider i 1.350 boringer ud af de 5.261 undersøgte. Det svarer til 25,7% af de undersøgte boringer (tabel 5.7 og 5.8 og bilag 5.3). Grænseværdien for drikkevand på 0,1µg/l er overskredet i 420 boringer svarende til 8 % af de undersøgte boringer.

I 2001 blev der fundet et eller flere pesticider i 31 % af de undersøgte vandværksboringer, mens grænseværdien var overskredet i 7,5% af de undersøgte boringer (tabel 5.7). Af skemaet fremgår, at andelen af boringer med fund er faldet fra 34,8 % i 2000 til 31 % i 2001. Dette fald kan skyldes, at vandværkerne nedlægger de boringer, der findes pesticider i.

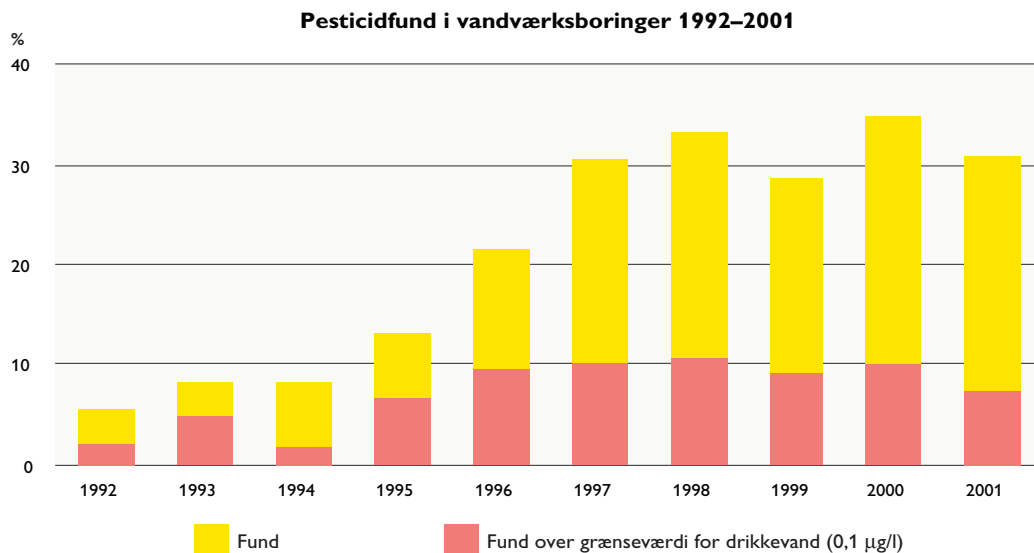
Vandværksboringer 1992-2001	Analysér	Boringer	Boringer med		Boringer med	
	antal	analyseret	fund	%	fund ≥ 0,1µg/l	%
BAM (2,6-Dichlorbenzamid)	9.105	4.771	1.049	22,0	344	7,2
Atrazin	9.352	4.975	145	2,9	14	0,3
Atrazin, desethyl-	6.701	4.523	122	2,7	12	0,3
Mechlorprop	9.555	5.053	107	2,1	12	0,2
Atrazin, desisopropyl	6.549	4.461	99	2,2	3	0,1
Dichlorprop	9.591	5.053	90	1,8	13	0,3
Bentazon	6.659	4.516	80	1,8	16	0,4
Hexazinon	6.865	4.571	75	1,6	10	0,2
Simazin	9.418	5.038	75	1,5	5	0,1
Atrazin, hydroxy-	5.108	3.667	27	0,7	2	0,1
Pendimethalin	6.353	4.452	26	0,6	1	0,0
MCPA	9.415	5.046	25	0,5	6	0,1
4CCP	1.286	816	23	2,8	2	0,2
Isoproturon	6.485	4.480	19	0,4	1	0,0
Dichlobenil	5.547	3.807	17	0,4	2	0,1

Tabel 5.8 De 15 hyppigst fundne stoffer i vandværksboringer, 1993-2001. Sorteret efter faldende antal fund.

Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværksboringer er steget gennem perioden 1992-1997 til et niveau på ca. 30%, figur 5.5. Stigningen gennem perioden kan skyldes, at indvindingsboringerne gennem perioden er blevet undersøgt for et stigende antal stoffer kombineret med en stigende forureningsgrad.

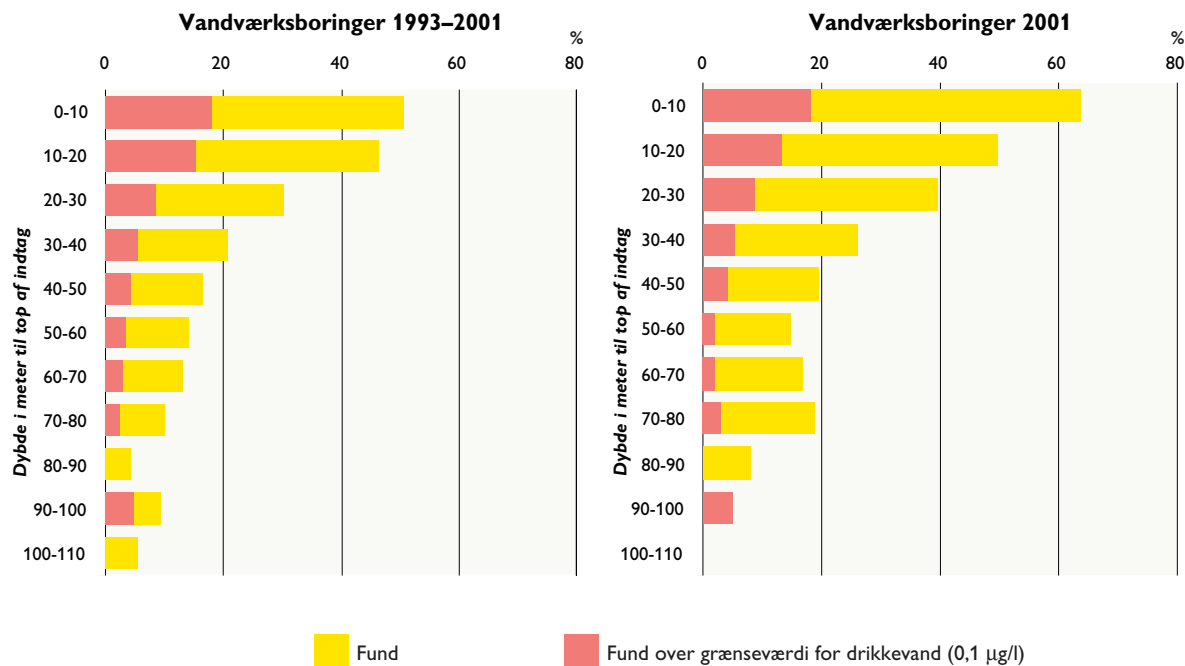
Fordelingen af pesticidfund i forhold til dybde (figur 5.6) viser, at ca. 50% af de undersøgte boringer i intervallet 0-20 meter under terræn indeholdt et eller flere pesticider eller nedbrydningsprodukter i perioden 1992-2001. Grænseværdien var overskredet i 15-20% af boringerne i intervallet 0-20 meter under terræn, figur 5.6. Antallet af fund falder med dybden, men selv i boringer, som indvinder grundvand i intervallet 60-70 meter under terræn, er der fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i ca. 10% af de undersøgte boringer. Opgørelse

fra hele perioden viser, i hvilket omfang de undersøgte vandværksboringer er sårbare overfor pesticidforurening. Opgørelsen fra 2001 viser et øjeblikbillede, og det ses hvordan påvirkningen af vandværksboringer er større i 2001 end i hele perioden. Antallet af overskridelser af grænseværdien for drikkevand på 0,1 µg/l er dog ikke steget i 2001.



Figur 5.5 Fund af pesticider i vandværkernes indvindingsboringer i perioden 1992-2001.

BAM er fundet hyppigst i vandværksboringer. Stoffet er fundet i ca. 22% af de undersøgte boringer og i ca. 7 % af boringerne med mindst én overskridelse af grænseværdien for drikkevand.



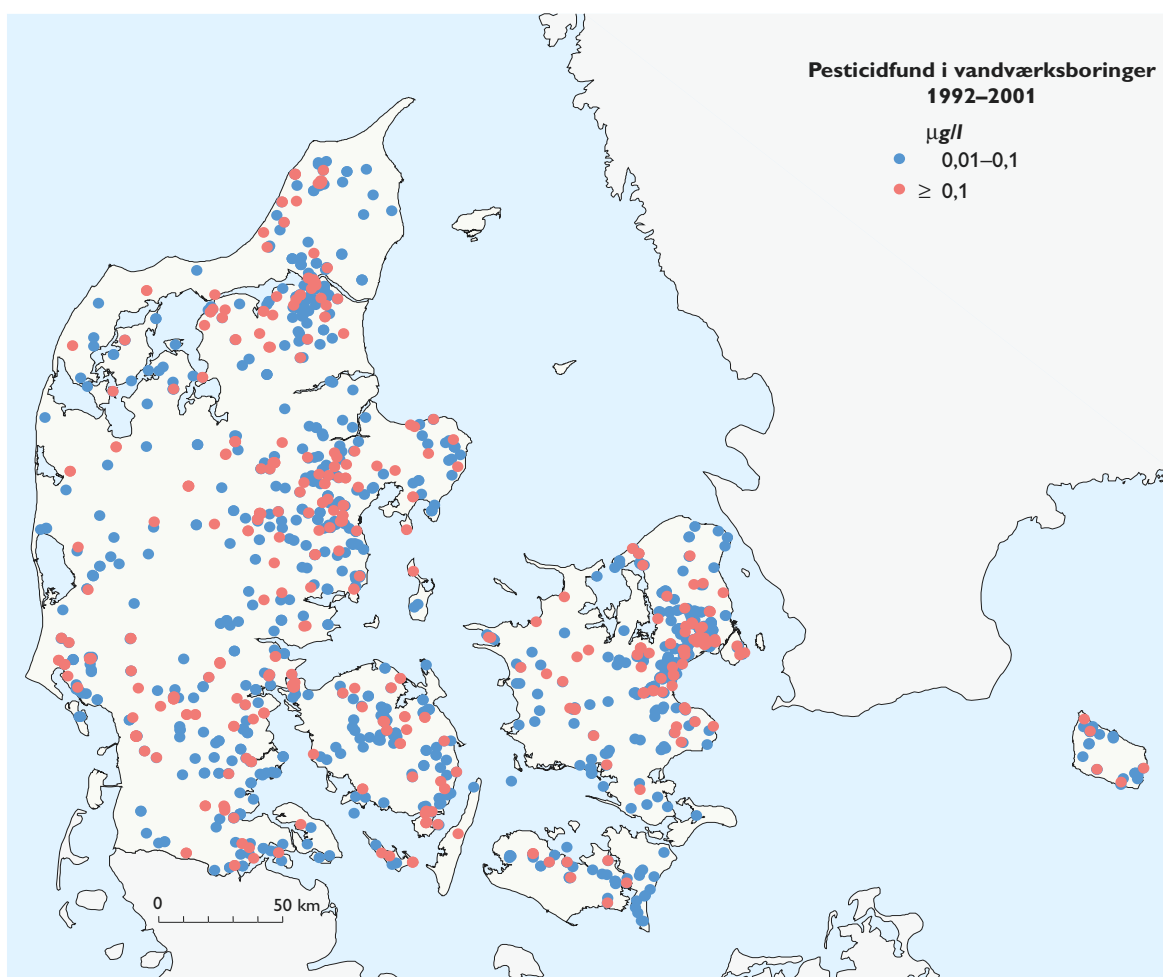
Figur 5.6 Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværksboringer i perioden 1993-2001 og i 2001. Der forekommer også enkelte fund af pesticider og nedbrydningsprodukter under 90 meters dybde, som er udeladt af figuren.

Blandt de "gamle" pesticider er det især atrazin og deethylatrazin, der forekommer hyppigt (2,9% og 2,7%), mens to af phenoxysyrerne dichlorprop og mechlorprop er fundet omtrent lige hyppigt (1,8 og 2,1%). Overskridelser af grænseværdien ligger for alle stoffer på nær BAM under én procent (tabel 5.8 og bilag 5.3).

Der foreligger nu analyser for fem nedbrydningsprodukter, som kan stamme fra nedbrydning af triaziner som f.eks. atrazin, terbuthylazin og simazin. Stofferne deethylisopropyl-, deethyl-, deisopropyl-, hydroxyatrazin og hydroxyterbuthylazin forekommer i op til ca. 3% af de undersøgte boringer.

Den relative forekomst af forskellige pesticider og disses nedbrydningsprodukter viser, at gruppen "BAM og moderstoffer" forekommer hyppigst, mens gruppen "triaziner og nedbrydningsprodukter" og gruppen "phenoxysyrer og nedbrydningsprodukter" forekommer i omtrent lige stor mængde. Vurderes på samme måde fund $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$ ses, at "BAM og moderstoffer" er den stofgruppe, som udgør langt de fleste fund.

Vurderes fund af pesticider og nedbrydningsprodukter efter anvendelsesformål, kan det konstateres, at det i overvejende grad er herbicider, som dominerer fundmønstret i vandværksboringer, men at der også findes både fungicider, insekticider samt stoffer, som kan stamme fra træbeskyttelse. Medtages kun fund $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$ indtager herbiciderne en helt dominerende rolle, men de andre typer er også repræsenterede.



Figur 5.7 Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværksboringer i 1993-2001. Der er kun medtaget koordinatsatte boringer med fund.

På kortet figur 5.7 ses, hvor de undersøgte boringer er placeret, og hvor der er fund af pesticider og nedbrydningsprodukter. Der foreligger dog ikke oplysninger om koordinater for alle boringer. Af figuren fremgår, at der især er fundet mange pesticider og nedbrydningsprodukter ved de større byer, og at der tilsyneladende er en overrepræsentation af fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i lerede områder. F.eks. er der kun fundet få pesticider og nedbrydningsprodukter på de sandede jyske hedesletter og på de marine sletter i Nordjylland.

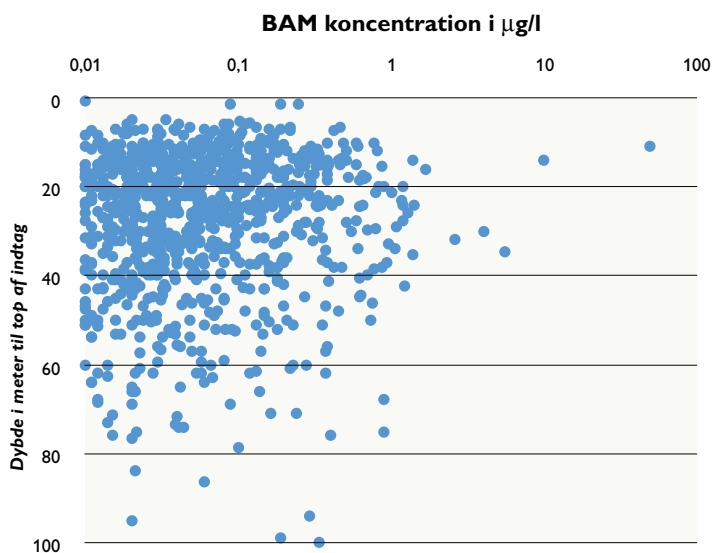
Dette stemmer godt overens med, at en række pesticider og nedbrydningsprodukter tilsyneladende er stabile i iltfattige grundvandsmiljøer, og at pesticider og nedbrydningsprodukter hurtigt kan transporteres til disse grundvandsmiljøer ved præferentiel strømning gennem f.eks. sprækker. Desuden viser amternes analyser af vandløbsprøver også, at der netop i de lerede og drænedede oplande findes mange pesticider og nedbrydningsprodukter.

I modsætning hertil er de sandede oplande, hvor der oftest kun findes triaziner og nedbrydningsprodukter heraf samt BAM i vandløbsvandet. Hertil kommer, at nedbørsmængden og dermed fortyndingsgraden i Midt- og Vestjylland er langt større end i Østdanmark, der har en mindre nedbør og en betydelig mindre grundvandsdannelse.

BAM – 2,6-dichlorbenzamid

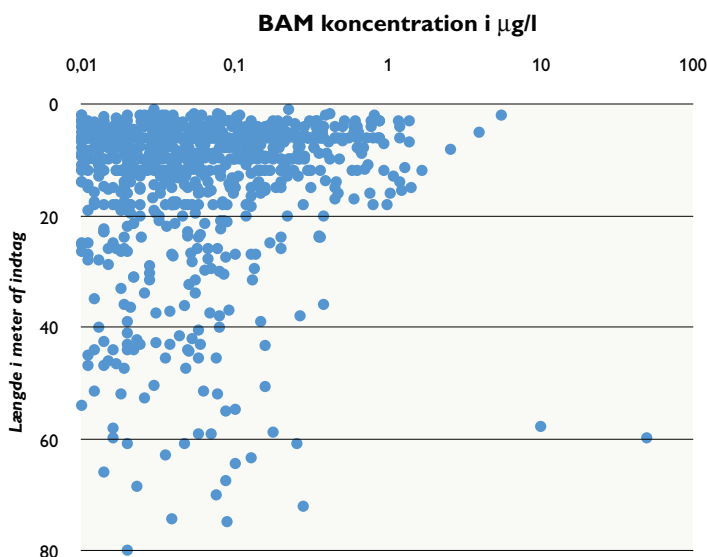
I GEUS's database Jupiter er der oplysninger om 9.105 vandprøver med analyse for BAM udtaget fra 4.771 vandværksboringer. Der er fundet BAM i vandprøver fra 1.049 boringer svarende til 22% af de undersøgte boringer. Grænseværdien for drikkevand er overskredet i 344 boringer svarende til 7,2% (tabel 5.8 og bilag 5.3).

Forekomsten af indtag med BAM fund (figur 5.8) viser, at hovedparten af BAM fundene fra perioden 1995-2001 med høje koncentrationer stammer fra grundvand i intervallet 0-40 meter under terræn, men også at der kan findes BAM i dybtliggende grundvandsmagasiner. En række af de rapporterede fund kan skyldes anvendelse af moderstoffet nær de påvirkede boringer.



Figur 5.8 Vandværksboringer med fund af BAM i 1995-2001 mod dybden til top af indtag. De første analyser af BAM i vandværksvand blev gennemført i 1995. Figuren er baseret på analyser fra 926 boringer med fund af BAM, hvor der er oplysninger om dybden til indtag.

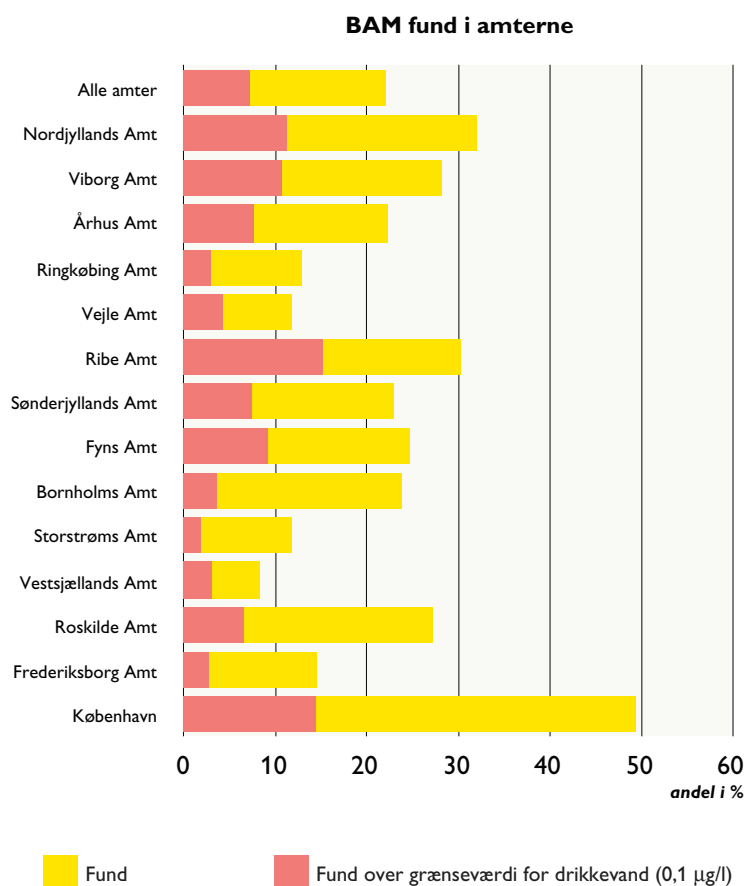
Da der er tale om indvindingsboringer, vil der også være tale om opblanding af gammelt og yngre grundvand i indvindingsboringernes indtag. Længden af det indtag, hvorfra drikkevandet indvindes, spiller også en rolle for hvilke BAM koncentrationer, der findes i vandet. Ved længere indtag falder BAM koncentrationerne, hvilket viser, at der sker en opblanding af højtliggende ungt og dybereliggende ældre grundvand, figur 5.9.



Figur 5.9 BAM koncentration mod længden af indtaget i vandværksboringer med fund i perioden 1995-2001. Figuren er baseret på 917 boringer med fund af BAM, hvor der er oplysninger om længden af grundvandsindtaget.

Sammenholdes BAM koncentrationer i vandprøver med prøvetagningstidspunkt, ses en tendens til faldende BAM koncentrationer gennem perioden 1996-2001. Denne tendens kan skyldes, at vandværkerne lukker boringer med høje BAM koncentrationer, og at boringerne ikke prøvetages derefter. Der er således kun en lille del af de analyserede boringer, som er analyseret hvert år.

Vurderes fordelingen af BAM på landsplan, ses at BAM i vandværksboringer forekommer med forskellig hyppighed i amterne, figur 5.10. I amter præget af byområder som Københavns Amt og Københavns og Frederiksberg kommuner er der fundet mange boringer med BAM. En lav fundhyppighed i amter som Ringkøbing Amt kan formodentlig forklares ved, at amtet er domineret af landbrugsarealer, og fordi vandværkerne i de sandede områder indvinder gammelt grundvand fra større dybder for at undgå nitratforurening.



Figur 5.10 Andel af vandværksboringer med fund af BAM i amterne. Boringerne er fordelt på to grupper: en med fund i koncentrationsintervallet 0,01 til 0,1 µg/l og en med fundkoncentrationer som er ≥ 0,1 µg/l BAM svarende til grænseværdien for drikkevand. København = Københavns Amt + Københavns og Frederiksberg kommuner.

Andre boringer

Gruppen ”Andre boringer” omfatter markvandingsboringer, vandværkernes overvågningsboringer, nedlagte vandværksboringer og boringer gennemført i forbindelse med forureningsundersøgelser etc.

Andre boringer	Analyser		Boringer med fund		Boringer med fund ≥ 0,1µg/l	
	antal	antal analyse	antal	%	antal	%
Alle pesticider 1992-2001	3.167	2.074	687	33,1	353	17,0

Tabel 5.9 Andre boringer. Samlet antal analyser, analyserede boringer, boringer med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter, boringer med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter over grænseværdien på 0,1 µg/l og fund af pesticider og nedbrydningsprodukter fra perioden 1991-2001.

Når vandværkerne nedlægger boringer som følge af fund af f.eks. pesticider eller nedbrydningsprodukter, overføres boringerne til gruppen ”Andre boringer”. Gruppen omfatter p.t. 3.167 analyser af vandprøver udtaget fra 2.074 boringer, se tabel 5.9. Der er fundet pesticider og nedbrydningsprodukter i ca. 33% af boringerne, mens grænseværdien for drikkevand var overskredet en eller flere gange i 17% af de analyserede boringer. Gruppen ”Andre boringer” domineres af nedbrydningsproduktet BAM samt triaziner og triazinnedbrydningsprodukter, tabel 5.10 og bilag 5.4.

Andre boringer 1992-2001	Analyser	Boringer analyseret	Boringer med fund		Boringer med fund $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$	
	antal	antal	antal	%	antal	%
2,6-Dichlorbenzamid (BAM)	1.956	1.377	435	31,6	254	18,4
Atrazin	2.840	2.017	200	9,9	48	2,4
Simazin	2.819	2.009	136	6,8	14	0,7
Atrazin, deethyl-	1.548	1.181	109	9,2	25	2,1
Atrazin, deisopropyl-	1.496	1.150	100	8,7	22	1,9
Dichlorprop	2.816	2.010	91	4,5	32	1,6
Mechlorprop	2.810	2.009	97	4,8	23	1,1
Bentazon	1.534	1.182	38	3,2	11	0,9
MCPA	2.800	2.010	51	2,5	3	0,1
Dinoseb	2.786	2.001	40	2,0	2	0,1
Hexazinon	1.577	1.218	25	2,1	8	0,7
Dichlobenil	1.562	1.218	32	2,6	3	0,2
DNOC	2.781	1.997	35	1,8	0	
Terbutylazin, deethyl-	527	311	14	4,5	4	1,3
Terbutylazin	1.492	1.156	18	1,6	3	0,3

Tabel 5.10 Andre boringer. De 15 hyppigst fundne stoffer. Sorteret efter faldende antal fund.

VAP – Varslingsystem for tidlig udvaskning af pesticider.

I 1998 blev der iværksat et program til overvågning af en eventuel udvaskning af pesticider fra dansk landbrug, Kjær et al., 2002. Programmet har til formål at undersøge, om godkendte pesticider ved regelret brug udvaskes til grundvandet. Overvågningen sker på 6 forsøgsmarker, som drives som almindelige landbrug med anvendelse af pesticider. På hver forsøgsmark er der etableret boringer og sugeceller, på de lerede også drænvandsudtagning.

Der udtages løbende prøver af jordvand og af nydannet grundvand for at følge en evt. udvaskning af pesticider. 13 af 21 analyserede stoffer blev ikke udvasket i overvågningsperioden, tabel 5.11. En del af de 13 stoffer har kun været inkluderet i overvågningsprogrammet i en udvaskningssæson, og det er endnu for tidligt at konkludere, at stofferne ikke udvaskes. Seks af de udbragte pesticider blev udvasket fra rodzonen. På nuværende tidspunkt er der ikke tale om en udvaskning, der som årsmiddel overstiger $0,1 \mu\text{g/l}$. De 6 stoffer blev alle udvasket fra lerlokaliteterne.

Jordtype	Tylstrup	Jynde vad	Silstrup	Estrup	Fårdrup	Slæggerup
	Leret sand	Sand	Sandet ler	Sandet ler	Sandet ler	Sandet ler
Metribuzin+metabolitter	++	++ ¹⁾				
Glyphosat+metabolit		--		+	--	
Ethofumesat			+			
Metamitron			+			
Flamprop-M-isopropyl				+		+
Pirimicarb	-		+		-	
Propiconazole	-	-		+	-	-
Fenpropimorph	-	-		-	-	+
Dimethoat				-		-
Metsulfuron-methyl				-		-
Triazinamin-methyl (tribenuron methyl)	-	--		-		-
Pendimethalin	-		-			
Fluazifop-P			-			
Desmedipham			-			
Phenmedipham			-			
Bromoxynil					--	
Fluroxypyr loxynil					-	
ETU (Mancozeb)	--				--	
Linuron	--					
Triasulfuron	-					

¹⁾ Stammer fra tidligere anvendelse

++ Pesticid eller nedbrydningsprodukter udvasket fra rodzone til 1 meter under terræn i koncentrationer som gennemsnitlig overskrider 0,1 µg/l

+

- Pesticid ikke målt eller kun målt i få vandprøver i koncentrationer under 0,1 µg/l

Tabel 5.11. Pesticidudvaskning på 6 forsøgsmarker. Antallet af + eller - viser antallet af udvaskningssæsoner stofferne har været analyseret og om stoffet er udvasket eller ikke fundet.

To af de udbragte stoffer gav anledning til en uacceptabel udvaskning:

Udvaskningen af **metribuzin** blev undersøgt på en sandjordslokalitet (JB2) Tylstrup i Nordjylland i forbindelse med kartoffeldyrkning. To nedbrydningsprodukter fra metribuzin (diketo-metribuzin og diketo-desamino-metribuzin) blev udvasket fra rodzonen i gennemsnitskoncentrationer, der oversteg 0.1 µg/l. Nedbrydningsprodukterne er relativt stabile og udvaskes mange år efter anvendelse. Tidligere behandling med metribuzin har således givet anledning til en vis grundvandsforurening på de undersøgte marker. Specielt diketo-metribuzin blev fundet i 90% af de analyserede indtag i høje koncentrationer på op til 0,55 µg/l.

Udvaskningen af glyphosat blev undersøgt på 3 forsøgsmarker. De tre marker repræsenterer henholdsvis to lerede jorde samt en sandet jord. På to af forsøgsmarkerne, Fårdrup på Sjælland og Jynde vad i Sønderjylland, er der efter 2 år endnu ikke set udvaskning af glyphosat eller AMPA. På den tredje forsøgsmark, Estrup nær Vejen i Jylland, har en efterårsudbringning af glyphosat givet anledning til en markant udvaskning fra rodzonen. Glyphosat blev anvendt på marken i midten af oktober 2000 efter høst som led i den normale dyrkningspraksis. I slutningen af oktober blev der fundet **glyphosat og AMPA** i drænvandet fra marken og tilstedeværelsen af stofferne kunne måles i alle prøver frem til maj 2001, hvor vandet holdt op med at løbe i drænene. Den højeste koncentration af glyphosat var 2,0 µg/l, og gennemsnitskoncentrationerne for glyphosat og AMPA var henholdsvis 0,54 µg/l og 0,17 µg/l.

Sammenfatning om pesticider og nedbrydningsprodukter

Andelen af indtag med fund af pesticider i grundvandsovervågningen er steget fra 21,4% i 2000 til 27,2% i 2001. Andelen af indtag med fund over grænseværdien er steget fra 6,8% til 8,5%. Stigningen skyldes, at mange stoffer findes lidt hyppigere. I perioden 1990-2001 er der nu fundet pesticider i ca. 40% af de undersøgte indtag, og andelen af indtag i grundvandsovervågningen, som i samme periode har været påvirket af pesticider, er stigende.

Der er særligt fundet BAM, triaziner og triazinnedbrydningsprodukter. I de nye GRUMO-data fra amterne er der også rapporteret om et stigende antal fund af glyphosat og særligt dette stofs nedbrydningsprodukt, AMPA.

Grundvandsmagasiner med frit vandspejl er i særlig grad sårbare overfor nedvaskning af pesticider, da der i 1990-2001 en eller flere gange er fundet pesticider i mere end 50% af de indtag, der ligger i intervallet 0-40 meter under terræn. Under denne dybde findes kun få indtag med pesticidfund. I de artesiske magasiner er der fund i næsten 50% af indtagene i intervallet 0-20 meter under terræn og antallet af fund aftager langsomt med stigende dybde, således at der selv i dybder på 60-70 meter under terræn er fundet pesticider i mere end 10% af de undersøgte indtag.

Vandværkernes boringer er stadig kraftigt påvirket af pesticider, men andelen af boringer med fund er faldet fra 34,8% i 2000 til 31% i 2001. Faldet kan skyldes, at vandværkerne har lukket boringer med fund af pesticider, samt at GEUS ikke har modtaget alle oplysninger om boringer med vandindvinding. I opgørelsen medtages kun vandværksboringer, hvorfra der er indvundet grundvand i en periode på tre år før 2001.

Det er stadig BAM, atrazin og triazinnedbrydningsprodukter samt mechlorprop og dichlorprop, som findes hyppigst. I 2001 blev der fundet pesticider i ca. 50% af det højtliggende grundvand i intervallet 0-20 meter under terræn, og antallet af fund bliver som i grundvandsovervågningen mindre med tiltagende dybde.

Der er kun udtaget få vandprøver i LOOP-områderne pga. reovering af boringerne.

En undersøgelse af pesticider i små vandforsyningsanlæg (boringer/brønde til forsyning af enkelthusstande) viser, at der er fundet pesticider i mere end 50% af de udtagne drikkevandsprøver, og at grænseværdien var overskredet i ca. hver tredje boring.