

Indholdsfortegnelse

	Side:	Ansvarlig:
1. Forord	2	Alle
2. Problemformulering	3	Alle
3. Metode		
3.1 Materiale	4	Alle
3.2 Kvalitetsvurdering	5	Alle
4. Resultater		
4.1 Præsentation af Roundup	5	Bryan, Simon
4.2 Fund i vandmiljøet		
4.2.1 Fordeling i jord og vand samt nedbrydning	7	Maj, Frank
4.2.2 Fund af glyphosat og AMPA i grundvandet	8	Frank, Maj
4.2.3 Fund ved Lillebæk	9	Frank, Maj
4.2.4 Fund ved Estrup	13	Maj, Frank
4.3 Sundhedsvurdering		
4.3.1 Dyreforsøg med Roundup	17	Simon, Jakob
4.3.2 Ulykkestilfælde hos mennesker	18	Simon, Jakob
4.3.3 Dyreforsøg med glyphosat	18	Simon, Jakob
4.3.4 Dyreforsøg med AMPA	22	Simon, Jakob
5. Diskussion		
5.1 Fund	24	Maj, Frank
5.2 Sundhedsrisici		
5.2.1 Ekstrapolering af dyreforsøg	26	Simon, Jakob
5.2.2 Kort- og langtidsvirkninger	29	Simon, Jakob
5.2.3 Risikoberegning	31	Simon, Jakob
5.3 Alternativer	32	Bryan, Frank
6. Fremtiden	35	Bryan, Maj
7. Konklusion	35	Alle
8. Resumé	36	Alle
9. Referencer	37	Alle

1. Forord

Gruppens medlemmer:

Maj Grandelag	19960921 jesper.maj@privat.dk
Bryan Brunshøj Mortensen Sørensen	19990719 bbms@studmed.au.dk
Simon Thomsen	19992620 st@studmed.au.dk
Frank Holden Christensen	19993545 frankbarsmark@hotmail.com
Jakob Espesen	19990629 je@studmed.au.dk

Vejleder:

Lektor, dr. med. Lars Mølhav, Institut for Miljø- og Arbejdsmedicin, Aarhus
Universitet

Vi har ønsket emnet ”Roundup i drikkevandet”, fordi vi mener at godkendelsen af Roundup til salg i Danmark er en aktuel problemstilling på grund af de nye fund i grundvandet.

Vi retter en varm tak til:

- Seniorrådgiver Walter Brusch, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS)
- Poul Henning Petersen, Landbrugets rådgivningscenter
- Agronom Per Hansen
- Seniorforsker Carsten Suhr Jacobsen, GEUS
- Vandforsyningen i Århus

Disse har bidraget med en stor hjælp til udarbejdelsen af rapporten.

2. Problemformulering

Formålet med dette projekt er, at afdække de mulige sundhedsproblemer ved, at Roundup og dets nedbrydningsprodukter nu findes i nogle grundvandsboringer i Danmark. Indtil nu har man ikke troet det muligt, at disse stoffer kunne sive ned i grundvandsmagasinerne. Spørgsmålet er, om disse fund giver anledning til, at man bør genoverveje godkendelsen af Roundup til salg i Danmark.

Vi vil kort præsentere Roundup, dets aktive stof glyphosat, samt hovednedbrydningsproduktet aminomethylphosphonsyre (AMPA). Her vil vi få indsigt i det aktive stofs virkningsmekanisme og forbrugsmængde. Ud fra fund af disse stoffer i grundvand, samt kendskab til forbrug, nedsivning og halveringstid vil vi vurdere forureningens omfang i grundvand.

Påvirkningen af befolkningens sundhed ved denne eksponering, søges belyst ved hjælp af data fra dyreforsøg. Dette indbefatter en overvejning af, om fundene fra disse dyreforsøg kan overføres til mennesker.

Om vi behøver Roundup i ukrudtbekæmpelsen besvares med en udlægning af nogle alternativer hertil, og endeligt vil vi berøre fremtidsudsigterne. Vil vi se mere glyphosat og AMPA i vores drikkevand i fremtiden, og hvis ja, om vi forventer, det vil have betydning for sundheden?

Vil vi endeligt prøve at vurdere om salgsgodkendelse af Roundup bør tilbagetrækkes i forhold til en sundhedsmæssig vurdering. Her vil vi ikke vurdere andre pesticiders, da en sådan vurdering ligger uden for denne rapports omfang. Rapporten begrænsning ligger ved drikkevandet. Vi medtager ikke eksponering via Roundup rester i fødevarer, eksponering fra arbejdsmiljøet eller konsekvenser for naturens dyre- og planteliv.

3. Metode

3.1 Materiale

Vores primære søgning foregik via internettet. Her søgte vi på søgeordene glyphosat, Roundup og AMPA i:

- Google
- Pubmed
- Statsbibliotekets online katalog
- Miljøstyrelsens hjemmeside
- Danmarks & Grønlands Geologiske Undersøgelse
- Toxline
- Biosite

Vores hovedkilder er:

- Miljøstyrelsens godkendelses rapport af Roundup udleveret af vejleder
Lars Mølhave
- Undersøgelses rapporter fra Estrup & Lillebæk
- Bichel rapporten (resume)

Desuden har vi personligt kontaktet:

- Walter Brüsich (GEUS)
- Poul Henning Petersen (Landbrugets rådgivningscenter)
- Agronom Per Hansen
- Århus Kommunale værker

Under søgningen fandt vi nomenklaturen upræcis med hensyn til brugen af pesticider og herbicider. Roundup er et herbicid, men omtales ofte i litteraturen som et pesticid. Dette var en af problemerne i søgningen, da vi fik mange fund, der ikke var relevante for emnet.

3.2. Kvalitetsvurdering

Vi har accepteret materialet fra Miljøstyrelsen som værende objektivt, fyldestgørende og udmærket kvalitet. Vi har ikke selv fremskaffet artiklerne fra Miljøstyrelsen, da vi er overbeviste om, at Miljøstyrelsen har fundet mere, end vi ville have mulighed for at finde på den korte tid. Vi anser det ikke for et problem, at det er Monsanto (producenten af Roundup), der har indsendt en betydelig del af materialet, da Miljøstyrelsen også selv har indhentet andet materiale. Monsanto kan dog have udeladt at indsende materiale, der taler mod godkendelse. Miljøstyrelsen vurderer kvaliteten af undersøgelserne ved hjælp af guidelines for udførelse af undersøgelserne opstillet af blandt andet OECD.

Materialer fra miljøgruppers hjemmesider virker ofte farvet og er ikke anvendt i rapporten, da der ofte er refereret til sensationslignende udsagn uden kildekritik eller nuancering.

Bichelrapporten er udarbejdet af et udvalg nedsat af Miljø- og Energiministeren Svend Auken i 1997. Rapporten blev færdig halvandet år senere i marts 1999. Det har været kvalificerede folk der har udarbejdet rapporten, så det må være rimelig at antage at deres vurdering er objektiv og kvalificeret.

Undersøgelses rapporter fra Estrup og Lillebæk vurderes at være af god kvalitet. Vores personlige kontakter er eksperter på deres respektive områder og oplysninger indhentet fra dem må siges at være pålidelige.

4. Resultater

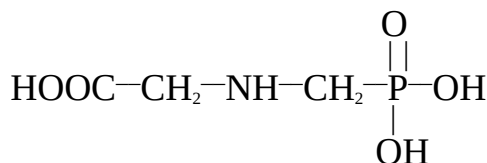
4.1. Præsentation af Roundup

Roundup er et herbicid, som hovedsageligt bruges til ukrudtsbekæmpelse i landbruget (5/6), men produktet bruges også af private (1/6). Produktet blev markedsført i 1974, og er i dag det mest benyttede herbicid i verden¹.

Roundup anvendes hovedsageligt til bekæmpelse af kvikgræs. Kvikgræs har et omfattende rodnet, som optager plads og næring fra de omgivende afgrøder. Når afgrøderne er høstet i efteråret, sprøjtes stubmarken med Roundup, og her virker det som et totalafrydningsmiddel, det vil sige alle planter med grønne blade slås ihjel. Produktet benyttes også om foråret i forbindelse med såning, før afgrøderne begynder at spire. Pløjningen vil ofte ikke være tilstrækkeligt til at dræbe ukrudt som for eksempel

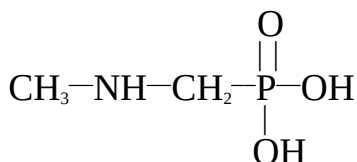
kvikgræs, idet kvikgræssets rødder, som omtalt, stikker dybere end plovskæret kommer, og kvikgræsset vil komme hurtigt igen efter pløjning².

Det aktive stof i Roundup er glyphosat (N-phosphonomethylglycin), og dette udgør hovedparten af produktet. Glyphosat findes som syre (se figur 1.) og som forskellige salte (isopropylamin, natrium og ammonium salt).



Figur. 1: Glyphosat syre

Glyphosats nedbrydning vil blive beskrevet senere, men hovedmetabolitten er aminomethylphosphosyre (AMPA) (se figur 2).



Figur. 2: AMPA

I sidste ende vil kulstofatomerne i glyphosat og AMPA nedbrydes til CO₂. De øvrige atomer vil indgå i vand og mineralsalte i forbindelse med nedbrydning³.

Glyphosat virker ved at hæmme syntesen af tre aminosyrer phenylalanin, tyrosin og tryptophan. I plantecellen bindes glyphosat til enzymet 5-enolpyruvylshikamat-3-phosphat synthase ved kompetitiv inhibition. Herved hæmmes kondensationen af phosphoenolpyruvat (PEP) og shikamat-3-phosphat (S3P) til 5-enolpyruvylshikamat-3-phosphat. Dette vil bremse proteinsyntesen for de tre ovennævnte aminosyrer. Hos mennesket er disse tre byggesten essentielle og skal tilføres med kosten, og glyphosat antages derfor, at være ugiftigt for mennesker ved denne virkningsmekanisme⁴.

Salget af aktivstof i Danmark er vist i tabel 1. Der tages udgangspunkt i, at salget afspejler forbruget, dog var der et øget lagerkøb i 1995 på grund af afgiftsstigninger i 1996.

Periode	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Tons	606	732	718	803	822	693	878

Tabel 1: Forbrug af glyphosat fra 1994-2000⁵

4.2. Fund i vandmiljøet

4.2.1. Fordeling i jord og vand samt nedbrydning⁶

Hydrolyse

Der er lavet tre undersøgelser om hydrolyse af glyphosat. Disse konkluderer, at hydrolyse ikke har nogen betydning for nedbrydningsraten af glyphosat. Det er således hydrolysestabil i pH-intervallet 4 til 9, og man finder halveringstider ved hydrolyse, som er større end et år.

Fotolyse i vand

Glyphosat kan omsættes fotolytisk i vand, hovedmetabolitten er AMPA.

Nedbrydningstiden antages at være 2-5 måneder. Forsøget var under sterile forhold med naturligt sollys. Omsætningshastigheden er afhængig af pH, hurtigst i surt miljø.

Tilstedeværelsen af CaCl_2 øger omsætningshastigheden. CaCl_2 kan betragtes som et naturligt forekommende fotosensibiliserende stof for glyphosats omsætningshastighed, og uden denne acceleration ville fotolyse kun give et beskedent bidrag til omsætningen.

Fotolyse på jorden

Med hensyn til fotolyse på jord er undersøgelserne, som miljøstyrelsen refererer til af noget svingene kvalitet, fordi der er problemer med de forhold, undersøgelserne er udført under, såsom temperatur, varighed og lyskildens bølgelængde (Brightwell, B.B. 1978). Der er dog også undersøgelser, der er acceptabelt udført, og som viser, at fotolyse på jord bidrager meget lidt til den samlede omsætning. Halveringstiderne ligger under danske forhold på flere måneder ved optimalt sollys.

Mikrobiel nedbrydning

Nedbrydningen af glyphosat er hovedsagelig mikrobiel, og en stor andel af jordens mikroorganismer er i stand til at nedbryde glyphosat. Forsinkelse i nedbrydningen ses, hvis glyphosat eller AMPA bindes til jordpartikler, og derfor bliver mindre tilgængelige for jordens mikroorganismer. Nedbrydningen fortsætter, når AMPA eller glyphosat ikke længere er bundet til jordpartiklerne. I feltundersøgelserne nedbrydes AMPA med moderat til lav hastighed, med typiske halveringstider på 3–6 måneder. Nedbrydningen kan ske af mikroorganismer under både aerobe og anaerobe forhold.

Ved mikrobiel nedbrydning kan alle tre kulstofatomer i glyphosat mineraliseres uden forskel på hastigheden. Der er som omtalt tale om en omsætning til vand, CO₂ og mineralsalt. Vigtigste mellemprodukt er AMPA.

Bindingen til jord af glyphosat og AMPA karakteriseres som hård til særdeles hård. Specielt jordens indhold af jern- og aluminiumsoxider kan øge adsorptionen af glyphosat. Disse findes særligt i lerjord, hvorfor glyphosat bindes bedst til denne jordtype. Der er ikke nogle undersøgelser, der viser, hvilken betydning den organiske fraktion i jorden har for adsorptionen.

Mobiliteten i jord beskrives som meget lav (Burgener, A. 1992). Under rodzonen finder man udvaskede mængder på 0,12-1,45 % af tilsat mængde glyphosat, hvoraf en del er andre polære forbindelser end glyphosat.

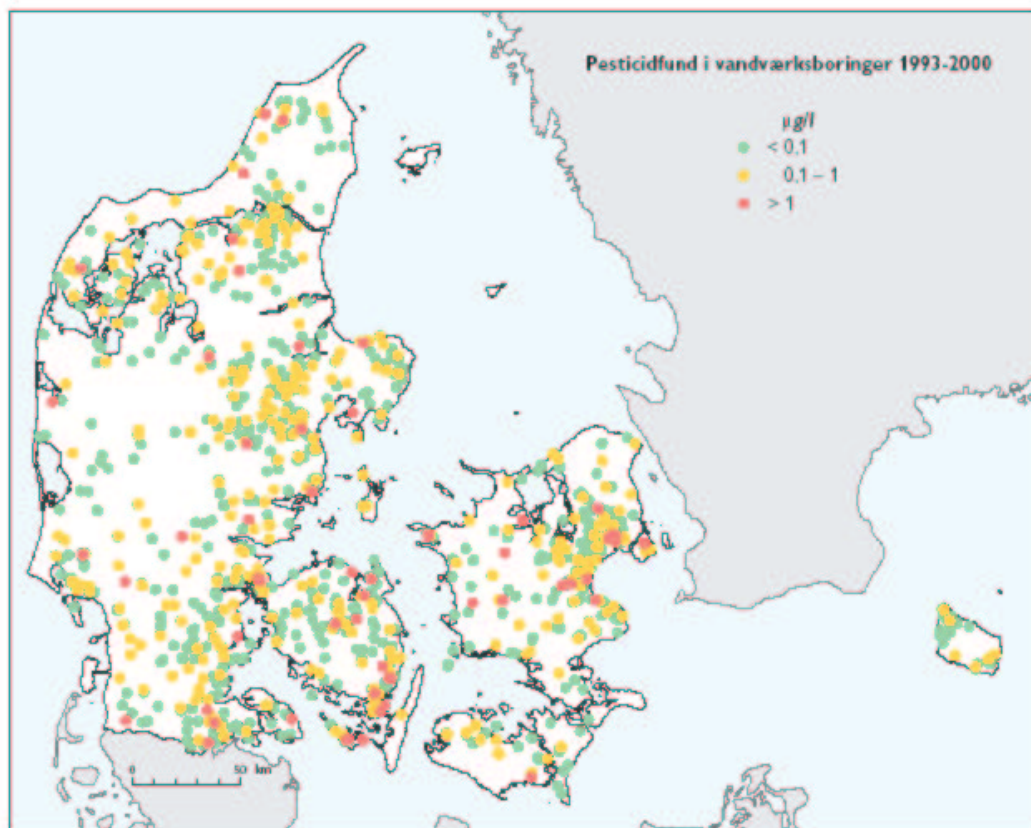
4.2.2 Fund af glyphosat og AMPA i grundvandet

Indtil august 2000 er der gjort 16 fund af glyphosat i mere end 669 undersøgte grundvandsboringer. I syv af tilfældene er fundet over grænseværdien. De fem er gjort ved Lillebæk på Fyn, og vil blive beskrevet nærmere i næste afsnit, og de to sidste under to maskinstationer på Bornholm. På den ene maskinstation fandt man 63µg/l glyphosat og 50µg/l AMPA, i en brønd på maskinstationens gårdsplads. På den anden maskinstation fandt man 2,8µg/l glyphosat og 0,02µg/l AMPA i 2-3 meters dybde. Disse fund kan, i følge Miljøstyrelsens godkendelsesrapport, sandsynligvis relateres til håndtering og afvaskning af sprøjteudstyr på gårdspladserne.

Af de ni fund under grænseværdien er et gjort i Sønderjylland i 1,5 meters dybde, en ved en formodentlig utæt boring i Viborg Amt og tre i Roskilde Amt. De sidste tre skyldes formodentlig regnvandsafstrømning af en glyphosatsprøjtet gårdsplads direkte ned i den brønd, hvor boringen er placeret. Desuden er der fund under grænseværdien ved Lillebæk, i Vejle Amt og på Bornholm⁷.

Efter udarbejdelsen af Miljøstyrelsens godkendelses rapport er der gjort yderligere fund i boringer ved Estrup ved Vejen⁸. Disse fund vil beskrives nærmere i det efterfølgende.

Følgende kort viser fund af pesticider og nedbrydningsprodukter 1993-2000 i vandværksboringer (GEUS grundvandsovervågningsrapport fra 2001). Dette viser, at der gøres flere fund af andre pesticider end glyphosat.



Figur 3: Kort over pesticidfund i vandværksboringer 1993-2000⁹

I 2001 er der fundet glyphosat og AMPA i 1 af de 200 vandværksboringer, som er undersøgt for de to stoffer¹⁰. Fundet blev gjort i en boring i Århus Amt, og den målte koncentration af glyphosat var 0,013µg/l. Prøven blev udtaget 44 meter fra terræn, hvilket betyder, at der var tale om dybtliggende grundvand¹¹. Rapporten fra året før (2000) fortalte, at der ikke var nogle fund ud af 120 analyserede prøver¹².

4.2.3 Fund ved Lillebæk¹³

I Danmark findes i alt fem landovervågningsstationer (LOOP), og en af disse stationer ligger ved Lillebæk på Fyn. Disse landovervågningsstationer drives af amterne, og her udtages i særlig grad vandprøver fra det højtliggende og unge grundvand. De øvrige fire overvågningsstationer ligger i Vejle Amt, Sønderjyllands Amt, Storstrøms Amt og Nordjyllands Amt, men det er specielt stationen ved Lillebæk, der i forbindelse med denne rapport er interessant. Dette skyldes, at der ved Lillebæk blev fundet glyphosat og AMPA i såkaldt ungt grundvand 1,5 meter, 3 meter og 5 meter under terræn i perioden oktober 1998 til november 1999. Den første bestemmelse af glyphosat i

grundvandsprøverne over detektionsgrænsen på 0,01µg/l blev gjort i forlængelse af, at området, hvor fundet blev gjort, den 10. oktober 1998 blev sprøjtet med Roundup 2000. Der blev sprøjtet regelret med ca. 2 liter pr. hektar.

De målte koncentrationer af glyphosat og AMPA kan aflæses i den nedenstående tabel. (Fyn = marken ved Lillebæk).

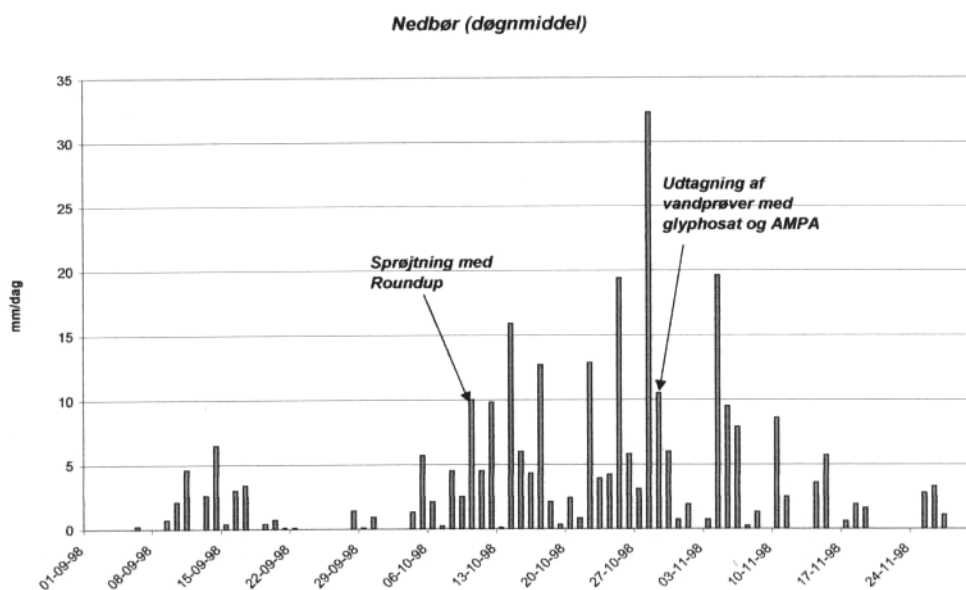
Amt	DGU nr.	LOOP nr.	Dybde i meter	År	Dato	AMPA µg/l	Glyphosat µg/l
Storstrøm	230.206	01.02.02.11	5	1999	1999-01-25	0,059	<0,01
Vejle	58.873	03.28.03.02		1999	1999-11-09	<0,01	0,01
Fyn	165.297	04.01.02.11	5	1998	1998-10-29	0,11	2
Fyn	165.297	04.01.02.11	5	1998	1998-11-18	0,17	0,22
Fyn	165.297	04.01.02.11	5	1998	1998-12-14	0,18	0,08
Fyn	165.297	04.01.02.11	5	1999	1999-01-25	0,09	0,04
Fyn	165.297	04.01.02.11	5	1999	1999-02-18	0,1	0,11
Fyn	165.297	04.01.02.11	5	1999	1999-04-12	0,14	0,1
Fyn	165.297	04.01.02.11	5	1999	1999-06-23	0,11	0,03
Fyn	165.297	04.01.02.11	5	1999	1999-09-16	0,05	<0,02
Fyn	165.297	04.01.02.11	5	1999	1999-10-20	0,1	0,02
Fyn	165.297	04.01.02.11	5	1999	1999-11-22	0,14	0,05
Fyn	165.296	04.01.02.12	3	1998	1998-12-17	0,7	0,74
Fyn	165.296	04.01.02.12	3	1999	1999-01-25	0,05	0,03
Fyn	165.296	04.01.02.12	3	1999	1999-02-18	0,1	0,13
Fyn	165.296	04.01.02.12	3	1999	1999-11-22	0,02	<0,02
Fyn	165.295	04.01.02.13	1,2	1999	1999-01-25	0,04	0,05
Fyn	165.295	04.01.02.13	1,2	1999	1999-02-18	0,08	0,46
Fyn	165.300	04.01.02.21	5	1999	1999-02-18	0,04	0,12
Fyn	165.299	04.01.02.22	3	1999	1999-02-18	0,13	0,34
Fyn	165.298	04.01.02.23	1,2	1999	1999-02-18	0,27	2,6
Fyn	165.333	04.71.45.38	9,5	1998	1998-05-28	0,013	<0,01
Sønderjylland	159.941	06.04.02.11	3,2	1998	1998-02-04	<0,01	0,02

Tabel 2: Samtlige fund af glyphosat og AMPA i de fem landovervågningsoplande.

Der er ikke fundet glyphosat og AMPA i Odder Bæk i Nordjylland¹⁴

I filterdybden fem meter ligger de målte koncentrationer af glyphosat mellem 0,37 og 2,0µg/l, og AMPA blev målt i koncentrationerne mellem 0,04µg/l og 0,7µg/l i samme filterdybde. Den højeste koncentration af glyphosat blev bestemt den 18. februar 1999 i en filterdybde af 1,2 meter på 2,6µg/l. I drænvandet er koncentrationerne af glyphosat i samme periode mellem 0,1µg/l og 11,0µg/l, men dette fremgår ikke af figuren. AMPA blev ligeledes fundet, men koncentrationerne af disse fund er ikke oplyst.

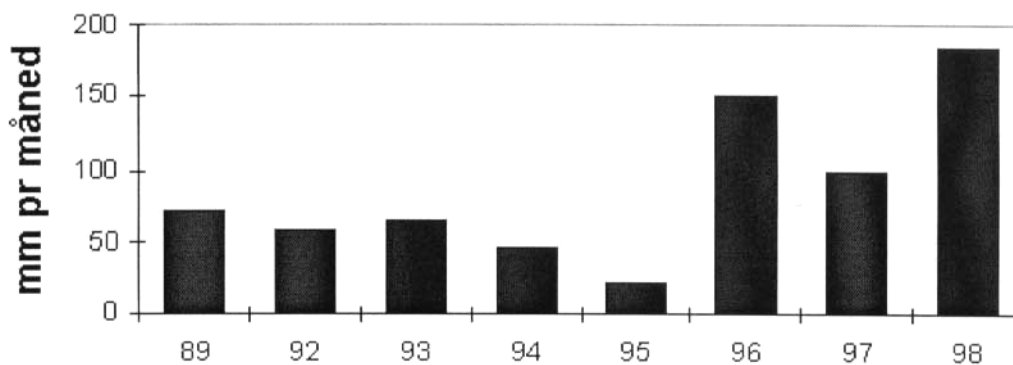
Det ses i ovenstående figur, at der ligeledes er foretaget detektion af glyphosat og AMPA i landovervågningsstationerne i Vejle, Storstrøms og Sønderjyllands Amter, men disse er enkelt fund, og har ikke kunne eftervises ved efterfølgende vandprøver.



Figur 4: Nedbør (døgnmiddel) i perioden september-november 1998 ved Lillebæk

I perioden efter sprøjtningen med Roundup faldt der i Lillebæk kraftig nedbør. Dette er illustreret på ovenstående figur, hvor tidspunktet for sprøjtningen og den første detektion af glyphosat og AMPA er markeret. Der ses, som omtalt rigeligt nedbør i perioden før fundet. Der var 10-20 ml regn med tre dages mellemrum, og nedbøren ses at have været kraftigst dagen inden fundet.

Det er også værd, at bemærke at nedbøren i oktober måned har været rigelig, hvis man sammenligner med oktober måneder fra de foregående år (se figur 5).

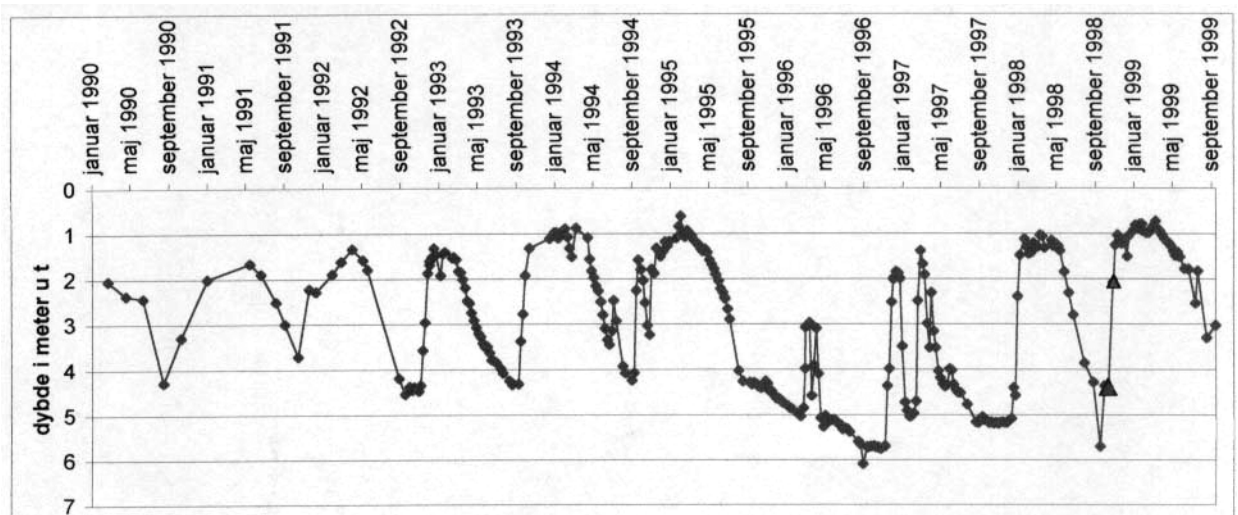


Figur 5: Oktober nedbør ved Lillebæk, Fyn, 1989-1998, hvor der foreligger oplysninger om nedbøren¹⁵

Nedvaskningen af glyphosat og AMPA er sket i en efterårsperiode, hvor sprøjtingen med Roundup er blevet efterfulgt af kraftig nedbør. Dette konkluderes af Walter Brusch i artiklen figuren er taget fra.

Der er i forbindelse med fundet af det aktive stof i Roundup, glyphosat, og dets nedbrydningsprodukt, AMPA, i højtliggende grundvand ved Lillebæk i 1998-1999, lavet en undersøgelse. Denne havde til formål at vurdere, om der findes andre nedsivningsveje end de naturlige, der kan være skyld i fundene af de to stoffer ned til 5m under terræn. I undersøgelsen vil man prøve at klarlægge, om der er fejl i installationerne, der bruges til udtagning af prøver, og om disse fejl har påvirket målingerne.

Konstruktionen af installationerne, der bruges til udtagning af vandprøver, vil vi ikke beskrive i detaljer, men blot konstatere, at der findes "hætter" på disse, som sidder i en dybde af 0,6-0,7 meter. Der blev i forbindelse med udgravning af disse installationer og ved hjælp af tracerforsøg konstateret, at disse hætter ikke slutter ordentligt tæt. Dette betyder, at vandprøverne kan forurenes, og man kan derfor ikke udelukke, at der er sket en sammenblanding af de udtagne prøver og det højtliggende grundvand, hvis grundvandet er ophobet over boringshætterne. Hvis der findes glyphosat og AMPA i det ophobede grundvand, er det derfor muligt, at disse stoffer tilføres den optagne vandprøve.



Figur 6: Grundvandsspejlets variation i perioden 1990-1999 i boring ved Lillebæk

I ovenstående figur ses grundvandspejlets variation i løbet af en 10-årig periode ved Lillebæk. Det har ikke været muligt at måle, hvor højt grundvandsspejlet har ligget, hvis det har været tættere end en meter under terræn. Pejlingsdata fortæller, at grundvandsstanden i nedbørsrige perioder er steget til 0,3-0,6 meter under terræn – eller 0,1-0,3 meter over boringstoppene. Forsøg har vist, at det kan tage 4-5 dage inden vandstanden igen falder under boringstoppene efter kraftig nedbør.

I samme undersøgelse har man foretaget tracerforsøg med det konservative sporstof bromid og farvestoffet Rhodamin B. Her blev fundet, at bromid via naturlige spredningsveje kunne spredes til en dybde af 5 meter i løbet af 2-3 uger. Bromid blev i 5 meters dybde påvist en faktor 10 større end baggrundskoncentrationen.

Udgravningsarbejde til 5 meter i morænelersekvensen, har vist sprækker og porer, nærmest et stort porenetsværk, som bromiden har kunne vandre i. Samtidig viste det sig, at bromid i løbet af tre timer via naturlige spredningsveje kunne spredes lateralt til drænsystemet. Der var ikke noget, der tydede på, at regnvand fra et større opland via naturlige veje kan kanaliseres til området, hvor målingerne på marken ved Lillebæk blev foretaget.

I grundvandsovervågningsrapporten fra 2000 lavet af GEUS, skriver de sammenfattende om Lillebæk-fundene af glyphosat og AMPA i grundvandet, at der er usikkerhed om det korrekte hændelsesforløb angående nedsivningen. Det kan ikke udelukkes, at der er sket kontaminering af terrænnært grundvand, eventuelt indeholdende glyphosat og AMPA, men ”det vurderes dog overvejende sandsynligt at påvisningen af glyphosat og AMPA (i grundvandet) i perioden oktober 1998 – november 1999, hvor der ikke er drænafstrømning, er begrundet i nedsivning af naturlige strømningsveje”.

4.2.4 Fund ved Estrup¹⁶

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS), Danmarks JordbrugsForskning og Danmarks Miljøundersøgelser samarbejder om projektet ”Varslingssystem for udvaskning af pesticider til grundvand”.

I Estrup ved Vejen ligger en af forsøgsmarkerne, der er med i dette projekt. Der foreligger en drænvandsmåleserie for 2000-2001, der viser markant udvaskning af glyphosat og AMPA fra denne mark.

Tidsproportional prøvetagning				Flowproportional prøvetagning			
Dato	Glyphosat (µg/l)	AMPA (µg/l)	Dræn afs. (mm)	Dato	Glyphosat (µg/l)	AMPA (µg/l)	Dræn afs. (mm)
08-11-00	0,70	0,11	28	31-10-00	1,90	0,24	20
15-11-00	1,00	0,15	33	03-11-00	1,80	0,28	14
21-11-00	0,17	0,07	27	12-11-00	1,80	0,35	13
28-11-00	0,10	0,04	9	21-11-00	2,10	0,73	15
05-12-00	0,37	0,07	15	05-12-00	0,24	0,12	12
12-12-00	0,24	0,09	15	15-12-00	0,92	0,44	21
19-12-00	0,48	0,20	36				
27-12-00	0,04	0,02	6				
02-01-01	0,04	0,03	1	08-01-01	0,44	0,29	13
09-01-01	0,32	0,20	25				
16-01-01	0,04	0,02	5	26-01-01	0,43	0,27	7
23-01-01	0,03	0,01	1				
30-01-01	0,13	0,08	14	12-02-01	0,53	0,31	31
06-02-01	0,02	0,02	3				
13-02-01	0,25	0,19	36	12-03-01	0,19	0,16	9
20-02-01	0,04	0,03	9	20-03-01	0,10	0,08	13
27-02-01	0,02	0,02	2				
06-03-01	0,02	0,02	0				
13-03-01	0,13	0,10	11				
20-03-01	0,08	0,05	12				
27-03-01	0,01	0,01	3				
03-04-01	0,01	0,01	2				
10-04-01	0,01	0,01	4				
18-04-01	0,01	0,01	1				
24-04-01	0,01	0,01	1				
02-05-01	0,02	0,02	2				
08-05-01	0,01	0,01	1				

Tabel 2. Opgørelse over nedbør og drænvandsafstrømning (mm) målt på marken.

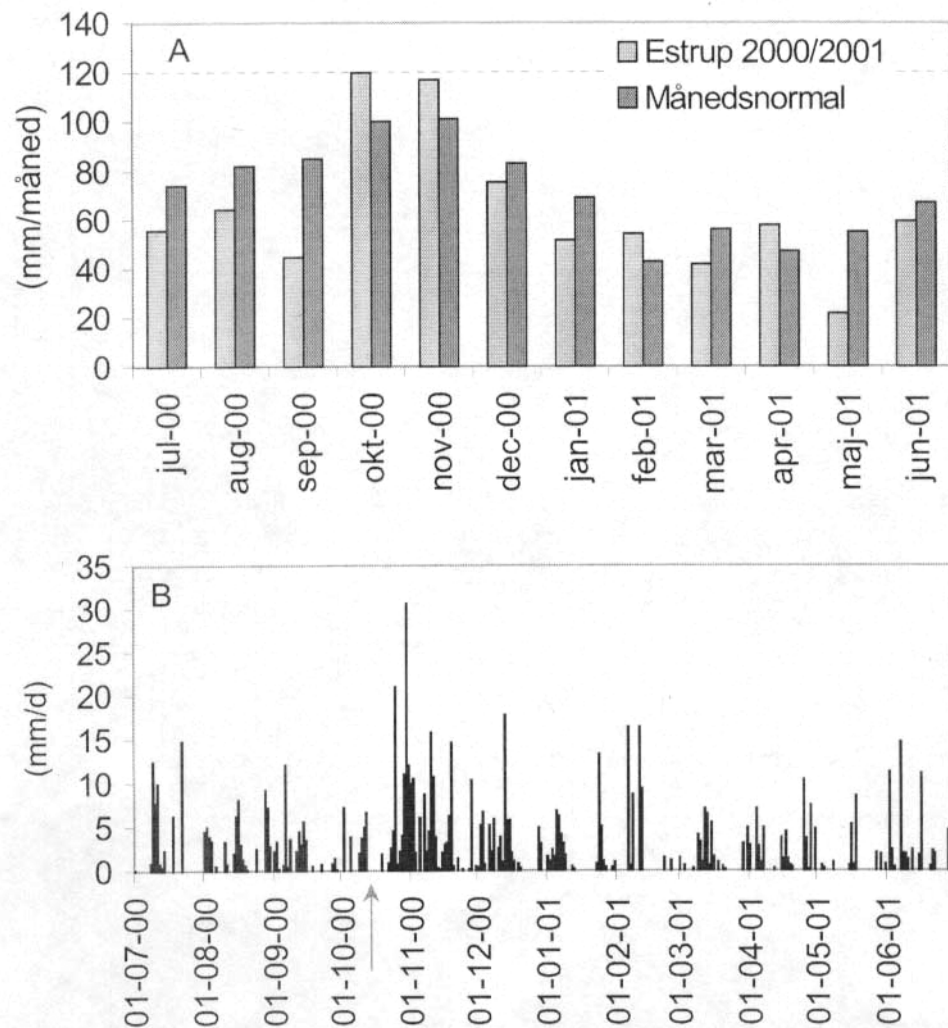
A) Total nedbør 1/7 2000-30/6 2000	764
B) Nedbør i perioden hvor dræn løb (27/10/2000-27/5/2001)	477
C) Drænvandsafstrømning (27/10/2000-27/5/2001)	343
D) Drænvandsafstrømning som andel af nedbør i afstrømningsperiode (C/B)	72%

Tabel 3: Målte koncentrationer af glyphosat og AMPA i drænvandet fra Estrup. Dræn afs. angiver drænafstrømning i de pågældende måleperioder

Konstruktionen af installationerne vil vi ikke beskrive. Glyphosat er anvendt på tre af de seks marker, der er med i varslingsystemet. Der er ikke fundet glyphosat eller AMPA i drænene fra de to andre marker (Jydevad, sand og Fårdrup, ler). Marken ved Estrup består mest af moræneler, men også af sandjord. Den organiske fraktion af jorden svinger meget henover marken og jordbunden karakteriseres som meget sammensat, og genfindes i visse dele af Østjylland og i forbindelse med bakkeøer, som er typiske i vestjylland.

På marken drives konventionel landbrug, og Roundup er anvendt 13. oktober 2000 i den godkendte dosis på stub efter vårbyg. Fundne af glyphosat i drænvandet optræder i perioden efter sprøjtning. Der er målt en gennemsnitskoncentration af glyphosat på 0,54 µg/l og af AMPA på 0,17µg/l i drænvandet, som er det øverste grundvand (se tabel 3). Den højeste målte koncentration for glyphosat er 2,0µg/l i drænvandet. Til sammenligning er gennemsnitsgrænseværdien for udvaskning fra rodzonen ved godkendelse fastsat til 0,1µg/l – det er den samme værdi, som er grænseværdien i grundvand.

Glyphosat og AMPA kunne måles i alle prøver fra 31. oktober 2000 til 8. maj 2001, hvor vandet ikke længere løb i drænene. Klimatisk var 2000 et år, hvor den totale nedbør på marken var som normalt, dog var der i tiden efter sprøjtningen forholdsvis store og koncentrerede nedbørsepisoder.



Figur 7: A viser sammenligning mellem den aktuelle nedbør målt på selve forsøgsmarken (Estrup 2000/2001) og gennemsnitlig nedbør (1961-1990) for Askov forsøgsstation, der ligger 3 km øst for forsøgsmarken. B viser daglig nedbør målt på forsøgsmarken. Pilen indikerer tidspunktet for sprøjtningen med glyphosat.

4.3 Sundhedsvurdering

4.3.1. Dyreforsøg med Roundup¹⁷

Roundup:

Da vores projekt omhandler Roundups indvirkning på mennesket gennem drikkevandet, har vi valgt at koncentrere os om toksicitet ved oral indtagelse, da vi mener, det er her, at den største sundhedsfare ligger.

Akut oral toksicitet:

Ved to forsøg udført på rotter (race: Sprague-Dawley) undersøgte man for Roundup og 62% isopropylamin glyphosats effekt ved oral indgift begge med 5 pr. køn pr. dosis. Ved den ene undersøgelse fandt man en letal dosis hos 50 % af forsøgsdyrerne (LD50 (korttid - oralt)) på 5000 mg(Roundup)/kg legemetsvægt(lgv). Der blev her brugt 4 forskellige doser (3500, 5000, 6000, 7100 mg (Roundup)/kg lgv). Desuden var der udtalte toksicitetssymptomer, værende nedsat aktivitet, ændret fæces, rallen ved vejrtrækning, nedsat spytksekretion, rødfarvede øjne og urin, ataksi, krampagtige tilstande i abdomen, halvlukkede øjne samt nedsat foderkonsum.

I det andet forsøg på mus fandt man en LD50 (korttid – oralt) på >5000 mg (62% isopropylamin glyphosat)/kg lgv. Der blev kun undersøgt ved en dosis på 5000 mg/kg lgv og her var der ingen symptomer udover et enkelt dødsfald ud af de 10 mus.

Subakut og subkronisk oral toksicitet:

Ved nasalgastro administration indgav man Round Up i 5 doser (400, 500, 630, 790 og 1000 mg/kg lgv/dag) til 3 kvier pr. dosis, samt 2 kontrol over 21 dage. Ved forsøget blev der sat en ingen observeret defineret effekt niveau (NOAEL) til 400 mg/kg lgv/dag. Ved de kvier, der fik højere doser, fandt man mange symptomer, som ændringer i fæces, fatale forgiftningssymptomer, anstrengende vejrtrækning, histologiske ændringer i lungerne. Symptomerne var mest udtalte hos højdosis dyrene, hvor alle døde.

Mutagenicitet :

I et forsøg på Salmonella typhimurium fandt man ikke nogen mutagene egenskaber helt op til en dosis på 5,0 mg pr. plade. Ved denne dosis fandt man dog toksisitet.

På mus(CD-1) har man indgivet Roundup i 3 doser (140, 280 og 555 mg/kg lgv/dag). Dette har ved efterfølgende undersøgelse af benmarvscellerne ikke givet anledning til mutationer, hvorved studiets resultat er at Roundup ikke har mutagene egenskaber. Ved en dosis på 555 mg/kg lgv/dag vist toksiske effekter i form af neurologiske symptomer samt faldende kropsvægt.

4.3.2. Ulykkestilfælde hos mennesker¹⁸

I perioden fra 1991-97 er der beskrevet 47 tilfælde af peroral indtag af glyphosat og glyphosat-trimesium i forskellige doser. Ud af de 47 var 29 symptomfri. 11 blev indlagt heraf døde 2 personer. Der blev fundet symptomer fra luftvejene, centralnervesystemet samt hjertet. Peroral dosis var opgivet hos 9 personer liggende mellem 1,5 og 90 g glyphosat. 8 af dem havde symptomer.

Af de døde var der en 69 årig kvinde, som havde indtaget 54 g glyphosat, og døde to dage efter af nyre-, respiration- og kredsløbssvigt. Den anden var en 34 årig kvinde, som havde indtaget 90 g glyphosat, og døde få minutter efter indtagelse af formodet kredsløbssvigt.

I artiklen er der desuden beskrevet endnu et dødstilfælde hos en 6 årig dreng, som angiveligt kun havde drukket ”en lille mundfuld” af 33 % glyphosat-trimesium (326g/L).

4.3.3. Dyreforsøg med glyphosat¹⁹

Akut oral toksicitet:

I 5 studier på rotter (Sprague-Dawley) blev der med 5 pr. køn lavet undersøgelser af LD50 (korttid – oralt). LD50 blev målt til >5000 mg/kg lgv ved 4 af forsøgene og til 4613 mg/kg lgv ved det sidste. Typiske symptomer var ataksi, diarré og nedsat aktivitet.

På mus (SPF NMRI) fandt man ved et enkelt forsøg med 5 pr. køn en LD50 (korttid – oralt) >2000 mg/kg lgv.

Immunotoksicitet

I den åbne litteratur konkluderes der ved et enkelt studie, at glyphosat ingen immun suppressiv effekt har på cellemedieret immunitet eller NK cells aktivitet.

Subakut og subkronisk oral toksicitet:

Hos rotter (Sprague-Dawley) gav man over 28 dage 5 forskellige doser glyphosat (0, 50, 250, 1000 og 2500 mg/kg lgv/dag) ved oral indgift. Der blev bestemt en NOAEL på 50 mg/kg lgv/dag. Desuden fandt man øget blodkoncentrationer af forskellige leverparametere hos rotter ved maksimal dosis. Disse dyr havde desuden ændret afføring. Øgede calcium aflejringer i nyrerne fandt man fra dosis gruppen med 250 mg/kg lgv/dag og op efter.

Hos Beagle hunde gennem 21 dage så man en NOAEL på 1000 mg/kg lgv/dag og fandt ingen forandringer.

I et 13 ugers studie af 50 rotter (Sprague-Dawley) pr. køn inddelte man rotterne i grupper til forskellig dosis (0, 30, 300 og 1000 mg/kg lgv/dag). Konklusionen på studiet var, at NOAEL med rimelighed sættes til 300 mg/kg lgv/dag, samt at der var observeret celleforandringer i parotide spytkirtler ved højere doser.

Ved et forsøg med rotter (Sprague-Dawley) over 90 dage med 48 pr. køn i hver dosisgruppe (0, 253/325, 317/406 og 1267/1623 mg/kg lgv/dag for han/hun), blev NOAEL sat til 1267 og 1623 mg/kg lgv/dag for henholdsvis hanner og hunner. Der blev ikke observeret behandlingrelaterede symptomer.

Igennem 13 uger er 40 mus (CD-1) pr. køn i hver dosis blevet testet for glyphosat i dosis intervallerne 0, 200, 1000 og 4500 mg/kg lgv/dag. Der fandtes ingen behandlingsrelaterede forandringer og NOAEL blev derfor sat til 4500 mg/kg lgv/dag.

Mutagenicitet:

Ved to in vitro forsøg med bakterierne (*S. Typhimurium* og *E. Coli*) så man ingen mutagenicitet ved dosis til og med 5 mg pr. plade. På pattedyrsceller celler fandt man ligeledes ingen mutagenicitet ved dosis helt op til 25 mg/ml.

DNA skader/reparation:

På rotte hepatocytter i in vitro studier observerede man ved dosis op til 0,125 mg/ml ingen effekter på DNA.

I in vivo studier på mus (NMRI) ved enkelt oral administration op til 5000 mg/kg lgv samt ved test på rotters knogle marv (Sprague-Dawley) efter enkelt intraperitoneal administration op til 1000 mg/kg lgv fandt man ligeledes ingen effekt på DNA.

Dominant lethal test:

Efter en enkelt administration til han mus (Charles River CD-1) med dosis op til 2000 mg/kg lgv blev disse hver parret med 16 hunner. Der blev ikke observeret nogen ændring i afkom, som kunne tilskrives indgiften af glyphosat.

Fra den åbne litteratur findes følgende forsøg.

Ved in vitro forsøg på lymphocytter fra henholdsvis køer og mennesker, blev der hos køerne ved dosis op til 170 μM og hos mennesker op til 51 μM glyphosat i 72 timer fundet positiv genotoksiske effekter i doser, som dog også virkede cytotoxiske på cellerne.

Ved mærkning af DNA fra mus (CD1) fandt man ved dosis 400, 500 og 600 mg/kg lgv Roundup positiv mutagen effekt, der gav forstyrrelser og forandringer i kromosomerne.

Karcinogen og langtids studier:

I to to års studier på rotter (Sprague-Dawley) har man fundet NOAEL værdier på henholdsvis 10 og 89 mg/kg lgv/dag. Der er brugt 10 pr. køn pr. dosis og ved obduktionen er der fundet ændret lever- og kropsvægt. Desuden konkluderes der i det ene af de to studier, at lever og spytkirtler er målorgan for glyphosats kroniske toksicitet.

I endnu to to års studier denne gang på mus er der tilsvarende fundet NOAEL på 1000 og 785 mg/kg lgv/dag. Ved det første studie var de 1000 mg/kg lgv/dag den største dosis og her blev der ikke observeret nogle signifikante effekter. I det andet studie fremkom der ændring i kropsvægt samt histopatologiske ændringer i lever og blære. Der var dog ingen evidens for en carcinogen effekt.

Ved udsættelse af hunde i 52 uger, sættes NOAEL til 300 mg/kg lgv/dag, hvilket svarer til næst højeste dosis. Dette skyldes, at der i den højeste dosisgruppe blev observeret ændring i fæces konsistens.

Reproduktions toksicitet:

Ved to reproduktions toksicitets forsøg undersøgte man glyphosats indvirkning på reproduktionen af rotter (Sprague-Dawley) samt den kroniske effekt hos forældregenerationen. Hos afkommet fandt man en NOAEL på henholdsvis 797 og 881 mg/kg lgv/dag for henholdsvis hanner og hunner og 722 og 757 mg/kg lgv/dag for henholdsvis hanner og hunner. Hos forældregruppe i det første forsøg satte man NOAEL til 80 og 87 mg/kg lgv/dag for henholdsvis hanner og hunner, da man observerede histopatologiske forandringer i spytkirtlerne.

I den åbne litteratur er der i et forsøg på han kaniner undersøgt for glyphosats indvirkning på sædkvaliteten. Her fandt man en positiv sammenhæng mellem dosis og antallet af døde og abnorme sædceller. En engangsdosis indgivet oralt er ikke fuldt uddybet, men ligger i den lave dosisgruppe på 38-60 mg/kg lgv og i den høje dosisgruppe på 380-600 mg/kg lgv.

Teratogenicitet:

I to forsøg på rotter (CD) fandt man en NOAEL hos både hunnerne og deres fostre på henholdsvis 300 mg/kg lgv/dag og 1000 mg/kg lgv/dag. I det ene forsøg blev der i den højeste dosis gruppe på 3500 mg/kg lgv/dag samt i gruppen med 1000 mg/kg lgv/dag observeret nedsat forbening, foster vægt, samt øgning i antal af misdannelser. I det andet forsøg fandt man kun effekter i 3500 mg/kg lgv/dag gruppen med nedsat kuldvægt og antal af afkom.

Ved to lignende forsøg på kaniner (New Zealand White) fandt man NOAEL for fostrene på 150 og 350 mg/kg lgv/dag, hvor de 350 mg/kg lgv/dag svarede til den maksimale dosis. Der forekom flere symptomer hos moderkaninerne, som oplevede forstyrrelser i mavetarm systemet, hvorfor NOAEL for moderkaninerne sættes til henholdsvis 50 og 75 mg/kg lgv/dag.

Neurotoksicitet:

Det har ikke været muligt at finde materiale til beskrivelse af glyphosats neurotoksicitet.

Metabolisme og kinetik af glyphosat:

I en række forsøg er glyphosats skæbne i den menneskelig organisme vurderet på baggrund af dyreforsøg. Ved oral indtagelse optages op til 30-40% i mave-tarm kanalen og resten udskilles med fæces. Hovedparten af det optagne udskilles hurtigt gennem nyrerne og en minimal del metaboliseret til AMPA. Ved forsøg på rotter med indtagelse af 10 mg/kg lgv som engangsdosis fandt man den maksimale blod koncentration efter 4 timer og kunne ikke detektere noget efter 12 timer. Efter 3-7 dages indgift har forsøgene vist at under 1 % glyphosat stadig er tilbage i organismen og undersøgelsen konkludere, at glyphosat ikke ophobes i organer og væv. Der er ingen umiddelbar forskel i skæbne af glyphosat i forskellige dyr som rotter, kaniner og landbrugsdyr.

4.3.4. Dyreforsøg med AMPA²⁰

Akut oral toksicitet:

I to rotteforsøg har man estimeret LD50 (korttid – oral) for AMPA til at være >5000 mg/kg lgv og 5010-10000 mg/kg lgv. Der blev observeret symptomer som diarre, gastrointestinal inflammation, misfarvning af leveren, dæmpet adfærd, kolaps og død.

Subakut toksicitet:

Over 4 uger testede man den subakutte toksicitet af AMPA på rotter (Sprague-Dawley) indelt i grupper af 5 pr. køn pr. dosis og fandt en NOAEL på 100 mg/kg lgv/dag. Ved højere doser fandt man nedsat kropsvægtsøgning hos hunner og nedsat nyrevægt hos hanner.

Ved et lignende forsøg med rotter (CD) over 14 dage blev der estimeret en NOAEL på 2000 mg/kg lgv/dag. Her var symptomerne ved højere dosis nedsat kropsvægtsøgning hos hanner og nedsat foderkonsum hos begge køn.

Subkronisk toksicitet:

Der er udført tre forsøg over 13 uger på henholdsvis rotter (Sprague-Dawley og CD) og hunde (Beagle). I de to havde man brugt for lave doser, da der ikke blev fundet behandlingsrelaterede forandringer ved maksimal dosis 1000 mg/kg lgv/dag for rotter (sprague-Dawley) og 300 mg/kg lgv/dag for hunde. I det sidste forsøg blev rotterne udsat for dosis op til 4800 mg/kg lgv/dag. De fundne symptomer var fæces

forandringer, hyperplasi i urinvejenes epithel, død samt nedsat kropsvægt og foderindtag. Der blev estimeret en NOAEL på 400 mg/kg lgv/dag.

Mutagenicitet:

Udfra 3 in vivo og 4 in vitro forsøg blev der ikke påvist nogen mutagenicitets effekt af AMPA. I in vivo forsøgene blev der brugt dosis op til 5000 mg/kg lgv og blev udført på rotter og mus.

Teratogenicitet:

I tre forsøg på rotter (Sprague-Dawley) blev der kun i det ene forsøg fundet kliniske symptomer, der bestod af fæces forandringer samt nedsat fostervægt ved 1000mg/kg lgv gruppen. I de to studier uden symptomer blev NOAEL maternalt og for fostrene derfor sat til maksimal dosis på 1000 mg/kg lgv/dag, hvorimod der i det tredje studie blev estimeret en NOAEL for hunnerne på 150 mg/kg lgv/dag og for fostrene på 400 mg/kg lgv/dag.

5. Diskussion

5.1. Fund

Når motiliteten af glyphosat og AMPA findes meget lav, og der nu alligevel findes nedsivning på lerjord, kan det skyldes, at glyphosat og AMPA bundet til jordpartikler siver ned i sprækker, rodgange og ormegange (makroporetransport). Når jordpartiklerne siver ned med det adsorberede glyphosat og AMPA vil dette igen frigøres. Endvidere er en meget stor andel af glyphosat og AMPA opløst i vand, som også kan sive ned i sprækker og ormegange.

Fotolyse vil ikke bidrage til nedbrydning, hvis glyphosat eller AMPA er sivet til grundvandet, da der jo ikke er sollys. Nedbrydningshastigheden i vand er 2-5 måneder ved fotolyse. Der er, som beskrevet meget begrænset hydrolyse af glyphosat og AMPA, og hvis der sker nedsivning til grundvandsmagasinerne, vil der sandsynligvis ikke ske en rensning ad denne vej.

Ud fra Miljøstyrelsens vurdering fremgår det, at nedbrydningen af glyphosat og AMPA hovedsageligt foretages af mikroorganismer og i ringe grad ved fotolyse og hydrolyse. Det er derfor nødvendigt, at der er bakterier til stede, for at disse stoffer kan nedbrydes. Carsten Suhr Jacobsen (GEUS) udtaler, at nedbrydningen af glyphosat kræver en samtidig nedbrydning af organisk materiale. Forsøg fra GEUS tyder på en meget langsom nedbrydning af glyphosat, når det først har forladt rodzonen, idet der under rodzonen ikke findes de rigtige næringsforhold for mikroorganismerne.

På befæstede jorde, hvor der er få mikroorganismer sker der således en ringe nedbrydning af glyphosat. Roundup er dog heller ikke godkendt af Miljøstyrelsen til brug på befæstede jorde, hvor der er en øget risiko for nedsivning til grundvandet. Undtaget er baneterræn, hvor det er tilladt.

Ud fra ovenstående er det rimeligt at antage, at hvis der siver glyphosat og AMPA ned i grundvandsmagasinerne, vil dette ikke, eller meget langsomt, nedbrydes her.

Ved Lillibæk blev det vurderet overvejende sandsynligt at der var sket en naturlig nedsivning af glyphosat og AMPA til grundvandet. Det ses dog på figur 6, at grundvandet har ligget tæt på terræn i nogle perioder, og kontaminering af vandprøve og grundvand kan derfor være forekommet. Vurderingen af nedsivninger er lavet på baggrund af et tracerforsøg med bromid. Bromid kan dog ikke forventes at have samme

skæbne i jorden som glyphosat, på grund af for bindingsevne til jorden. Vi finder det svært at vurdere om forsøg med bromid repræsenterer glyphosats nedsivning.

I Estrup er der ikke lavet lignende undersøgelser omkring installationerne. Rapporten omhandler kun fundne og der er ikke som i Lillebæk stillet spørgsmål ved resultaterne eller installationerne.

Det må antages ud fra fundene i Estrup og Lillebæk, at glyphosat og AMPA kan udvaskes til ca. 5 meters dybde fra lerjord, når det anvendes på stubmark om efteråret. Det skyldes formentlig massive nedadgående vandbevægelser som følge af de kraftige nedbørsepisoder. En kraftig regnbyge se ud til at kunne trække glyphosat eller AMPA, som endnu ikke er bundet til jordpartikler med ned. Transporten kan også foregå ved, at vandet trækker små jordpartikler, hvorpå glyphosat eller AMPA sidder bundet, med ned. Fundne er gjort på lerjord som indeholder flere sprækker end for eksempel sandjord, hvor man derfor kan antage at der vil være mindre risiko for nedsivning.

Glyphosat anvendt om efteråret synes at udgøre den største risiko for udvaskning på grund af de store nedbørsmængder, der ofte kommer om efteråret, og som ikke tilbageholdes i jorden. Fundene i de to cases er gjort i efterårsperioden, og der er foreløbigt ikke gjort fund i forårsperioden.

Der er gjort et enkelt fund af glyphosat i en vandværksboring, og koncentrationen at det fundne glyphosat var større end grænseværdien for indholdet i grundvand. Fundet blev gjort 44 meter under terræn. At der er fundet glyphosat så dybt, kan ifølge Walter Brüsich (GEUS) skyldes, at der er tale om naturlige strømningsveje, sprækketransport eller nedsivning langs borerøret. Hvilket af de tre nedsivningsmuligheder det drejer sig om vides ikke, men fundet viser under alle omstændigheder, at glyphosat er transporteret gennem rodzonen og ned i grundvandet.

På baggrund af ovennævnte må vi antage, at glyphosat og AMPA kan finde vej til det dybere liggende grundvand, som typisk er beliggende i 30 –100 meters dybde. Dette begrundes vi med fundet af de to stoffer i Århus Amt i 44 meters dybde. Desuden viser casene fra Estrup og Lillebæk, at glyphosat og AMPA kan sive ned i det højtliggende grundvand. Vi har ingen grund til at antage, at stofferne ikke kan sive længere ned. Det er dog tankevækkende, at der kun er fundet en prøve indeholdende glyphosat og AMPA i det dybere liggende grundvand, men omstændigheder angående dette fund er ikke klarlagt nærmere. Under alle omstændigheder vil koncentrationen i

det dybere liggende grundvand være mindre end i det øverste grundvand, idet det fortyndes i jorden og vandet.

Det dybere liggende grundvand er også det ældste grundvand, så det vil tage en årrække for glyphosat og AMPA, at nå ned i de dybere liggende grundvandsmagasiner. Det kan være vi blot har set ”toppen af isbjerget”, og der i de kommende år vil gøres flere fund op i det dybere liggende grundvand.

Figur 3 viser samtlige pesticidfund i perioden 1993 til 2000 i Danmark og det er kun et af disse fund, der udgøres af glyphosat og AMPA. Det er bemærkelsesværdigt især når de store forbrugsmængder af glyphosat tages i betragtning jævnfør tabel 1.

5.2 Sundhedsrisici

5.2.1 Ekstrapolering fra dyreforsøg

I det følgende vil vi estimere NOAEL værdier med hensyn til glyphosat og AMPA for mennesket ud fra dyreforsøg. Da vi i risikoberegningen vil bruge disse værdier, vælger vi at bruge en tilpas stor sikkerhedsmargin, så det kan udelukkes, at der vil optræde nogen effekt ved indtagelse af den estimerede dosis hos mennesker.

Roundup og glyphosat:

Akut oral toksicitet:

Ud fra de beskrevne undersøgelser med hensyn til Roundup og glyphosats akutte orale toksicitet ses LD50 (korttid - oral) for mus og rotter på omkring 5000 mg/kg lgv. Ved ulykkestilfælde er der hos mennesker fundet dødelige doser for voksne kvinder på 54 og 90g , svarende til 900 – 1500 mg/kg lgv under antagelse af at kvinderne vejer 60 kg. Desuden er der ved indtag fra 1,5 til 90 g set tilfælde uden dødelig udgang. Derudover er der beskrevet et enkelt tilfælde med en 6 årig dreng der døde ved en estimeret indtagelse på 3,26g glyphosat udregnet ved antagelse, at drengens ”lille slurk” svarer til 10 ml.

Da det ser ud til, at mennesker er mere følsomme overfor den akutte toksicitet af glyphosat/Round Up, mener vi det er rimeligt at antage en LD50 (korttid – oral) for mennesker på 500mg/kg dag. De få kendte værdier af indtag fra ulykkestilfælde fra 1,5-90g stemmer godt over ens med dette, da kun to med indtag 54 og 90g dør. At beregne en LD50 for mennesker er dog i sig selv ikke interessant, da indtag i denne størrelsesorden kun indtræffer ved ulykkestilfælde. Det, der er mere værdifuld, er, at

estimere en koncentration for den menneskelige organisme, hvor der ikke vil ses toksisk symptomer (NOAEL), hvilket dog ikke er muligt udfra de data der foreligger.

Subakut/subkronisk oral toksicitet:

Med hensyn til længere tids eksponering i dyreforsøg er der hos rotter, mus, hunde og kvier fundet NOAEL på mellem 50-4500 mg/kg lgv/dag. Forsøgene er gennemført over 21-90 dage, og udfra dette tidsrum giver det et rimeligt bud på effekten af længere tids eksponering. Kvierne blev kun fulgt i 21 dage, og i dette tidsrum blev der observeret svære symptomer ikke langt over den estimerede NOAEL på 400 mg/kg lgv/dag. Man kan forvente, at der kan optræde symptomer hos de dyr, der fik indgivet den estimerede NOAEL dosis, hvis denne blev indgivet over de 90 dage, som de andre forsøg løb over. Et endnu lavere fund (50 mg/kg lgv/dag) blev fundet hos rotter fulgt i 28 dage.

Da der ikke foreligger undersøgelser udført på mennesker, må man bruge resultaterne fra dyreforsøgene, hvilket øger usikkerheden. Da der er tale om resultater fra flere forskellige dyrearter og da værdierne adskiller sig meget, vælger vi, at reducere den laveste fundne værdi med en faktor 100. En faktor 10 for artsforskelle og en faktor 10 for individuelle variationer, hvorved der tages højde for sårbare grupper. Dette giver et estimat for NOAEL på 0,5 mg/kg lgv/dag for mennesker ved længere tids eksponering.

Kronisk oral toksicitet:

Dette medinddrager undersøgelser med hensyn til mutagenicitet, karcinogenitet, reproduktions toksikologi og teratogenicitet.

Ved forsøg med hensyn til mutagenicitet er der i nogle studier ikke konstateret mutagene egenskaber, selv ikke ved doser op til 5000 mg/kg lgv hos mus. Ved et enkelt in vitro forsøg er der fundet mutagenicitet ved doser, som dog også virkede cytotoxisk på cellerne. Desuden er der ved et in vivo forsøg på mus fundet positiv mutagen effekt ved Roundup koncentrationer ned til 400 mg/kg lgv.

I karcinogenitets forsøg på rotter, mus og hunde er der fundet NOAEL værdier på 10 til 1000 mg/kg lgv/dag ved påvirkning gennem to år. Ved undersøgelser af reproduktions toksicitet hos rotter er NOAEL sat til 797 og 722 mg/kg lgv/dag for

hanner og 881 og 757 mg/kg lgv/dag for hunner. Desuden er nedsat sædkvalitet set hos kaniner udsat for glyphosat ned til 38-60 mg/kg lgv.

Vedrørende belysning af glyphosats teratogenicitets effekt fandt man en NOAEL for hunner og deres fostre på 300 og 1000 mg/kg lgv/dag. På kaniner er NOAEL for fostre 150 og 350 mg/kg lgv/dag.

På baggrund af de ovenstående værdier kan NOAEL for den kroniske orale toksicitet af glyphosat sættes til en faktor 100 under den laveste fundne NOAEL værdi i forsøgene på 10 mg/kg lgv/dag, hvilket medfører en NOAEL for mennesker på 0,1 mg/kg lgv/dag. Denne faktor 100 er valgt på baggrund af artsforskelle og individuel variation. I artsforskelle indgår bla. længere levetid. Virkningsmekanismen på længere sigt er ikke kendt og kan være væsentlig forskellig fra de undersøgte dyr og mennesker. Usikkerheden i denne antagelse er stor, men vores bedste bud er en faktor 100, og dermed en NOAEL på 0,1 mg/kg lgv/dag.

Metabolisme og kinetik af glyphosat:

På baggrund af de foreliggende undersøgelser må det konkluderes, at glyphosat ikke ophobes i kroppen. Dette stemmer godt overens med stoffets vandopløselighed, hvorved det ikke deponeres i kroppens fedtvæv. Udskelelseshastigheden for glyphosat ses at være stor i følge de foreliggende data. Resultaterne er fundet på kaniner, rotter og landbrugsdyr, og der er ikke nogen grund til at tro, at det skulle være anderledes for mennesker.

AMPA:

Akut oral toksicitet:

AMPAs akutte toksicitet er kun belyst ved 2 rotteforsøg og her var LD50 (korttid – oralt) fundet til at være over 5000 mg/kg lgv. Grundet de få undersøgelser og at de kun er foretaget på rotter, vil det kræve en stor sikkerhedsmargin for at kunne overføre disse resultater til brugbare værdier for mennesker. Dette har vi valgt ikke at gøre, da LD50, som før nævnt, ikke er interessant i sig selv og NOAEL ikke kan estimeres.

Subakut/subkronisk oral toksicitet:

I forsøg over 2 til 13 uger på rotter og hunde fandt man NOAEL værdier på 100 og 2000 mg/kg lgv/dag. På hundene blev der ikke fundet nogle symptomer ved maksimal dosis på 300 mg/kg lgv/dag.

Herudfra sættes NOAEL for mennesker til 1 mg/kg lgv/dag, hvorved der er brugt en faktor 100 som sikkerhedsmargin. Valget af denne margin skyldes, at de fundne NOAEL værdier udover det enkelte forsøg på hunde, som ikke gav nogle symptomer, er fundet på rotter, som ofte har vist stor tolerance overfor stoffer, som i langt mindre dosis har været toksiske for mennesker.

Kronisk oral toksicitet

I de beskrevne undersøgelser er der ikke påvist nogen mutagenicitet selv ikke ved dosis på 5000 mg/kg lgv. Derfor må man en sådan effekt kunne udelukkes. Derimod har forsøg angående teratogenicitet påvist en toksisk effekt maternelt på over 150 mg/kg lgv/dag og hos fostre over 400 mg/kg lgv/dag.

AMPAs generelle kroniske skadevirkning kan ikke belyses på baggrund af undersøgelser af mutageniciteten og teratogeniciteten alene, hvorfor NOAEL for AMPAs kroniske toksicitet hos mennesker ikke kan fastsættes.

5.2.2 Kort- og langtidsvirkninger

Glyphosat:

På kort sigt kan man forvente, at glyphosats væsentligste virkninger medfører kredsløbssvigt, som det er set i tre dødstilfælde ved oral indtagelse. Hos både dyr og mennesker er der set luftvejs- og neurologiske symptomer. Desuden er der beskrevet adskillige andre symptomer hos dyr og den mest hyppige er gastrointestinale gener.

Da symptomerne stammer fra så forskellige organsystemer, må man ved meget store doser forvente, at glyphosat er toksisk overfor alle kroppens organer, dog specielt lever og spytkirtler. At man oftest ser gastrointestinale gener må tillægges, at det er epithelet i mave-tarm kanalen, der bliver udsat for glyphosat først og i størst koncentration. Det skal dog understreges, at symptomer først optræder ved store doser, som ses ved ulykkestilfælde.

Ud fra dødsulykken med den 6 årige dreng er der noget der tyder på, at børn er mere udsatte end voksne. Drengens indtag blev estimeret til 3,26 g glyphosat, hvorimod

indtag fra 1,5 til 90 g hos ni personer kun medførte 2 dødstilfælde ved folk med indtag på 54 og 90g. Denne antagelse bygger dog kun på en enkelt case og er svær at generalisere.

Folk med egen drikkevandsboring synes at være i større risiko for eksponering end folk uden, hvis Roundup ikke er blevet anvendt regelret. Det er særligt et problem, at folk sprøjter på gårdspladser, flisearealer, m.m. Når arealer er befæstede, er der som nævnt ingen mikroorganismer til at nedbryde glyphosat og AMPA. Der er gjort fund på to vaskepladser på to maskinstationer med egen brønd på gårdspladsen, og hvis dette vand benyttes til drikkevand, vil eksponering foreligge.

Over længere tid er der ikke fundet nogle indikationer for at glyphosat er teratogent i doser, der ikke samtidig er maternelt cytotoxiske. Da glyphosat er vandopløseligt kan grunden derfor være, at det vanskeligt passerer placentabarieren. Udfra dette er det sandsynligt, at gravide ikke er en særlig udsat gruppe.

Sædkvaliteten hos mænd kan udfra kaninforsøg påvirkes i negativ retning ved en enkelt stor eksponering. Længere tids eksponering i mindre doser er ikke undersøgt, men der er teoretisk risiko for, at dette vil kunne nedsætte sædkvalitet over længere tid.

Med hensyn til glyphosats karcinogene og mutagene egenskaber er der modstridende resultater. På grundlag af resultaterne er det svært at konkludere noget endeligt. Der er dog flere undersøgelser der tyder på, at spytkirtler og lever er særligt udsatte for disse vævsforandringer.

I den endelige konklusion af Roundups langtidsvirkning skal der tages det forbehold, at ingen af studierne er udført i mere end to år, og der derfor ved menneskelig udsættelse gennem et helt liv kan forekomme sygdomme, som ikke opstår indenfor to års eksponering.

AMPA

Korttidsvirkning for AMPA ligner meget virkninger ved indtagelse af glyphosat. Der forekommer samme symptomer mest gennemgående kolaps og gastrointestinale forandringer, og desuden tyder det på, at LD50 ligger på samme niveau.

Med hensyn til mutagencitet og teratogenicitet ses samme forhold, som ved glyphosat, at de cytotoxiske symptomer hos henholdsvis det enkelte individ og maternelt optræder før genetiske- eller fosterskader. En mulig mutagenicitet og den

fundne teratogenicitet er derfor kun sekundær i forhold til den cytotoksiske virkning, da de kræver en større dosis. Dog skal der tages forbehold for, at undersøgelserne kun strækker sig over kortere tid, og derved ikke med sikkerhed kan fastslå, at der ikke vil opstå de omtalte skader ved længere tids eksponering.

5.3.2. Risikoberegning

I drikkevandet er det største og eneste fund, der er gjort indtil nu på 0,013 µg/L som beskrevet ovenfor. Udfra denne maksimale hidtil kendte forurening, kan man, ved antagelse af at den maksimale daglige indtag af vand er på 3L, og at en person der drikker denne mængde minimum vejer 50 kg, udregne en maksimal daglig indtaget dosis.

$$0,013 \text{ µg/L glyphosat} \times 3\text{L/dag} / 50\text{kg lgv} = 0,0008 \text{ µg glyphosat/kg lgv/dag}$$

Hvis denne værdier sammenlignes med NOAEL værdierne estimeret tidligere på 0,1 mg/kg lgv/dag for oral kronisk toksicitet, kan det konkluderes, at glyphosat i sådanne mængder ikke udgør nogen sundhedsrisiko for mennesker.

Med hensyn til fund af AMPA i drikkevandet er der endnu ikke beskrevet nogle fund, hvorfor det på nuværende tidspunkt ikke er muligt at lave en risikoberegning.

Det største fund der endnu er gjort er en punktmæssig forurening af grundvandet ved en maskinstation på Bornholm, som beskrevet tidligere. Her blev Roundup ikke anvendt regelret og der er sandsynligvis tale om nedsivning fra en vaskeplads. Her er der fundet en koncentration på 63 µg/L glyphosat og 50 µg/L AMPA. Tilsvarende ovenstående kan en risikoberegning udregnes som følgende:

$$63 \text{ µg/L glyphosat} \times 3\text{L/dag} / 50\text{kg lgv} = 3,8 \text{ µg glyphosat/kg lgv/dag}$$

$$50 \text{ µg/L AMPA} \times 3\text{L/dag} / 50\text{kg lgv} = 3,0 \text{ µg AMPA/kg lgv/dag}$$

For glyphosat ligger denne værdi også under estimeret NOAEL ved kronisk eksponering, hvorved dette fund heller ikke er nogen sundhedsrisiko. For AMPA har det ikke været muligt at estimere en NOAEL værdi, men det tyder ikke på at AMPAs NOAEL er væsentligt højere end glyphosats. Fundet af AMPA anses derfor ligeledes ikke som en sundhedsrisiko.

5.3 Alternativer

I 1999 fremlagde Bichel-udvalget den første store analyse af konsekvenserne ved afvikling af brugen af pesticider i Danmark. Denne rapport undersøger bl.a. de økonomiske, miljø- og sundhedsmæssige konsekvenser af en national nedbringning af pesticidforbruget i landbrugsproduktionen udmøntet i 4 forskellige scenarier. Rapporten beskriver afviklingen af pesticider generelt, og ikke specifikt afviklingen af Roundup. Der er ikke lavet undersøgelser af konsekvenserne for afvikling af Roundup alene, og derfor vil vi bruge Bichelrapporten til at vurdere konsekvenserne af nedtrapning og afvikling af Roundup.

De 4 scenarier er:

- En reduktion til en behandlingshyppighed på 1,4 – 1,7. Her anvendes midst muligt uden udbyttetab – også kaldt ++ scenariet
- En reduktion til en behandlingshyppighed på 0,5. Her er det tilladt at bruge pesticider i afgrøder, hvor der ellers vil komme store tab – også kaldt + scenariet. Behandlingshyppigheden er et udtryk for, hvor mange gange et landbrugsareal i gennemsnit behandles med en normal dosering årligt.
- En total afvikling af forbrug af pesticider – også kaldt 0 scenariet
- En total økologisk omlægning indenfor en 30 års periode.

Scenarie	Behandlings- hyppighed	Reduktion i %	Samfundsøkonomiske Konsekvenser			Konsekvenser for beskæftigelsen i landbruget
			primære landbrug	landbrugets forarbejdnings- industrier	% af BNP/	
			mia. kr. år	mia. kr. år	mia. kr. År	
1981-85	2,67	-				
1997	2,5	-	Ingen	Ingen	Ingen	?
++	1,4-1,7	49- 34 %	Ingen af betydning	Ingen af betydning	Ingen af betydning	?
+	0,5	80%	1,8	0,1	0,4 / 3,1	- 8.000
0	0	100%	3,4	1,0 mia. kr.	0,8 / 7,3	- 16.000
økologi	Økoplan	afhængig af omlægnings- graden	Ikke beregnet	Ikke beregnet	1,2-3 / 11-26	Ikke beregnet

Tabel 4: Konsekvenser af de forskellige scenarier

Den ovenstående tabel viser konsekvenserne af de forskellige scenarier, men lægger især vægt på de økonomiske konsekvenser. Der ses ingen økonomiske konsekvenser af ++ scenariet, mens der ved de andre scenarier ses store samfundsøkonomiske og beskæftigelsesmæssige tab. Bichel-udvalget forventer desuden ikke de store forbedringer ved sundheden, hvis man afskaffer brugen af pesticider, herunder Roundup. Man vil dog forvente, at man i løbet af en årrække ikke længere vil finde pesticider i grundvandet. Dog vil en mindre gruppe mennesker, som håndterer produkterne til dagligt, få gavn af denne afvikling. Ved at man fortsat tillader en begrænset brug af sprøjtemidler, vil der stadig være risiko for forurening, men i mindre grad end i dag²¹.

Økologi må siges at udgøre et relevant alternativ til brug af sprøjtemidler. Økologisk landbrug vil kunne nedsætte forbruget mærkbart, og således hindre nedsivning af pesticider og herbicider til grundvandet.

Poul Henning Petersen udtaler, at den økologiske landmand omgår sprøjtning med Roundup ved at så græs på marken efter høst og efterfølgende have græs her et par år. Marken bruges så til fx græsning af kvæg eller til produktion af hø. Kvikgræs trives dårligt, når det holdes kort på disse måder, og dets rødder vil udpines ved denne metode. Man kan udpine kvikgræssets rødder yderligere om efteråret ved at pløje, og harve jorden flere gange, herved trækker man rødderne op af jorden og op til overfladen. Dette bevirker, at rødderne udtørres og de sætter ikke nye spirrer. En ulempe ved denne taktik er dog, at der ikke kan sås vintersæd på jorden, men derimod kun vårsæd²².

Bicheludvalget har vurderet at en total økologisk omlægning i løbet af en årrække ville koste samfundet 11-26 milliarder kroner årligt. Det vurderes dog ikke juridisk muligt at forbyde pesticider og tvinge landmænd til omlægning til økologisk landbrug. Der findes dog juridisk set muligheder for at begrænse anvendelsen af pesticider. Dette kunne være at fritage arealer for sprøjtning, sætte større afgifter på pesticider, m.m. Bicheludvalget anbefaler at man nedsætter behandlingshyppigheden til halvdelen, hvilket svarer til en behandlingshyppighed på 1,3 eller til 1,7 med afgrødekorrigeret behandlingshyppighed²³.

I følge Poul Henning Petersen fra Landbrugets Rådgivningscenter findes der da heller ingen bedre kemiske alternativer til Roundup, men der skulle i følge ovennævnte være kemiske alternativer på vej²⁴.

Da Roundup bruges som total afrydningsmiddel, vil det kræve, at man bruger kombinationsmidler, som formodentlig er mere udvaskelige. Brugen af flere forskellige sprøjtemidler, der oven i købet er mere udvaskelige, er ikke nogen god afløsning til brugen af Roundup. Ved at løse et problem skaber man således et nyt problem. Dette blev f.eks. gjort, da MtBE afløste blytilsætning til benzinen. MtBE måles i dag i stort set alt grundvand.

Et andet alternativ, der skulle forhindre at glyphosat og AMPA når befolkningens drikkevand, kunne være rensning af forurenede drikkevand. I udlandet f.eks. i England, Frankrig og Tyskland findes egentlige vandfabrikker, der kan fjene 10-20 forskellige

stoffer. I Danmark findes i øjeblikket kun 3 filtre, der renser drikkevandet for BAM²⁵. Det er svært og en bekostelig affære at rense vandet 100%, især hvis der skal renses for flere stoffer.

I Danmark findes der en generel holdning om at drikkevandet skal være naturligt rent, så derfor er sådanne vandfabrikker ikke aktuelle herhjemme. Med tiden kan de dog blive nødvendige, men næppe på grund af Roundup!

6. Fremtiden

Det kan i fremtiden ikke udelukkes, at man vil se sporadiske fund i grundvandsmagasinerne, også i de dybere liggende lag. Der er ikke tegn på at fundene bliver i store koncentrationer, men det er, med den nuværende viden, naivt at tro, at det ikke kan sive derved. Især når man ser på det enorme forbrug, som miljø fortalere mener vil stige i forbindelse med indførelse af Roundup resistente afgrøder. Omvendt er der andre, der mener, at forbruget vil falde, da sprøjtningen kan målrettes bedre i disse resistente afgrøder. Bichelrapporten anbefaler en generel nedsættelse i forbruget af pesticider inden for en periode på 5-10 år. Hvis regeringen følger disse anbefalinger og indfører restriktioner i pesticidforbruget, kan man forvente et fald i forbruget i fremtiden.

Med hensyn til sundhedsrisikoen i fremtiden vil det være usandsynligt, at tro, at der vil forekomme så store mængder glyphosat og AMPA i drikkevandet på grund af regelret brug. Så det daglige indtag kan komme i nærheden af vores estimerede NOAEL værdi på 0,1 mg/kg lgv/dag og derved blive sundhedsskadeligt.

7. Konklusion

Forudsætningen for Roundups salgsgodkendelse i Danmark er, at aktivstoffet og dets nedbrydningsprodukt ikke kan sive gennem rodzonen i en koncentration over 0,1 µg/L. Denne forudsætning mener vi ikke længere er opfyldt. Ud fra de beskrevne fund kan Roundup sive gennem rodzonen til det øverste og det dybere grundvand. Vi konkluderer, at glyphosat ikke kan nedbrydes væsentligt i grundvandsmagasinerne. Glyphosat vil derfor kunne forekomme i drikkevandet, idet der på nuværende tidspunkt ikke renses for glyphosat i dette.

Koncentrationerne i drikkevandet antager vi må være relativt små, da det fortyndes ved nedsivningen. Vi forventer dog, at vi vil se mere glyphosat og AMPA i

drikkevandet i fremtiden, men dette vil ikke få konsekvenser for sundheden i befolkningen. I de koncentrationer, som man kan forvente at finde nu og i fremtiden i drikkevandet, har vi udfra en risikoberegning konkluderet, at der ikke er nogle sundhedskonsekvenser for mennesker.

Det har ikke været muligt at finde brugbare alternativer, som er økonomisk og miljømæssigt tilfredsstillende, men en generel nedsættelse af forbruget af Roundup vil måske være at foretrække ud fra et forsigtighedsprincip.

Samlet må vi konkludere, at hvis man skal se på fakta og ikke på følelser, så er der ikke noget sundhedsmæssig belæg for at forbyde Roundup, selvom glyphosat findes i drikkevandet.

8. Resumé

Vores opgave var at beskrive problemstillingen ”Roundup i drikkevandet”. I det indsamlede materiale fandt vi et fund af glyphosat i en drikkevandsboring i Århus Amt i 44 meters dybde. Desuden fandt vi 16 fund i grundvand, hvoraf fundne ved Lillebæk og Estrup er beskrevet i detaljer. Ved Lillebæk var der tvivl om omstændighederne ved fundet, men det blev sandsynliggjort at der var tale om naturlignedsivning til fem meters dybde. I Estrup er der fundet nedsivning til 1,5 meters dybde, og der er ikke rejst spørgsmål om installationernes kvalitet. I begge cases var der i dagende efter sprøjtning kraftig nedbør, hvilket kan have indvirket på fundene.

Vi har på baggrund af dyreforsøg forsøgt at vurdere glyphosat og AMPAs toksicitet på den menneskelige organisme. Vi har fundet, at glyphosat og AMPA har toksisk virkning på de fleste organsystemer, men kun i koncentrationer, som er betydelig større, end de koncentrationer man udsættes for gennem drikkevandet.

Af alternativer har vi undersøgt om anden kemisk sprøjtning, økologisk drift samt rensning af drikkevandet ville være brugbare alternativer. Vi har ikke fundet nogle bedre alternativer set i lyset af økonomiske og miljømæssige konsekvenser.

Vi vurderer, at der i fremtiden kan ske ændringer i såvel forbrug som fund i drikkevand, men at en eventuel øgning i fund i drikkevandet ikke vil have sundhedskonsekvenser. Koncentrationer i drikkevandet vil ikke blive tilstrækkelige store til at udgøre en risiko ifølge vores risikoberegning. Vi mener derudfra ikke, at der er grundlag for at forbyde salg af Roundup.

9. Referencer

- ¹ www.Monsanto.dk
- ² Poul Henning Petersen, Landbrugets Rådgivningcenter
- ³ www.bioside.dk
- ⁴ www.usfumigation.org/Literature/Scientific%20Papers/glyphosate_fact_sheets.htm
- ⁵ www.monsanto.dk og www.mst.dk (bekæmpelsesmiddelstatistik)
- ⁶ Hele afsnittet referer til Miljøstyrelsens godkendelses rapport Bilag 1a side 86-128. Underkilder er også fra denne vurdering
- ⁷ Miljøstyrelsens godkendelses rapport bilag 1a side 50-51
- ⁸ B. Lindhardt, J. Kjær, J. O. Jørgensen, F. Plauborg og P. Olsen: Udvaskning af glyphosat på Estrup forsøgsmark vinteren 2000/2001. Lavet september 2001
- ⁹ Grundvandsovervågnings rapport 2001. Pesticider og nedbrydningsprodukter figur 5.12 side 73. www.geus.dk/publikations/grundvandsovervågning/index.html
- ¹⁰ Grundvandsovervågnings rapport 2001. Pesticider og nedbrydningsprodukter side 59-80. www.geus.dk/publikations/grundvandsovervågning/index.html
- ¹¹ Walter Brüsich, GEUS
- ¹² Grundvandsovervågnings rapport 2000. Pesticider og nedbrydningsprodukter side 61-80. www.geus.dk/publikations/grundvandsovervågning/index.html
- ¹³ B. Nilsson, W. Brüsich, J. Morhost, H. Vosgeran, H.C. Abildtrup, D. Petersen, P. Jensen og E. V. Clausen, Undersøgelse af Fyns Amts landovervågningsområde – Lillebæk. 25 maj 2000. Hele afsnittet på nær figur 5 og tabel 2 er fra denne kilde.
- ¹⁴ Grundvandsovervågnings rapport 2000 side 70
- ¹⁵ Walter Brüsich, Grundvandsovervågning i Danmark. www.roundup.monsanto.dk/roundup/walter-brusch.html
- ¹⁶ B. Lindhardt, J. Kjær, J. O. Jørgensen, F. Plauborg og P. Olsen: Udvaskning af glyphosat på Estrup forsøgsmark vinteren 2000/2001. Lavet september 2001
- ¹⁷ Hele afsnittet referer til Miljøstyrelsens godkendelsesrapport om Roundup bilag 2.b. af 15 september 2000
- ¹⁸ O. S. Mortensen, F. W. Sørensen, M. Gregersen og C. Jensen, Forgiftninger med ukrudtbekæmpelsesmidlerne glyphosat og glyphosat-trimesium. Ugeskrift for læger. http://ulf.mondosearch.dk/cgi-bin/MsmGo.exe?grab_id=22084560&EXTRA_ARG=&CFGNAME=MssFind%2Ecfig&host_id=1&page_id=2965&query=roundup&hiword=ROUNDUP+
- ¹⁹ Hele afsnittet referer til Miljøstyrelsen godkendelsesrapport om Roundup bilag 1.b. af 15 september 2000
- ²⁰ Hele afsnittet referer til Miljøstyrelsen godkendelsesrapport om Roundup bilag 1.b. af 15 september 2000
- ²¹ Bichel udvalget, Bichel-rapporten marts 1999 www.mem.dk/faktuelt/artikler/fak21.htm
- ²² Bichel udvalget, Bichel-rapporten marts 1999 www.mem.dk/faktuelt/artikler/fak21.htm
- ²⁴ Poul Henning Petersen, Landbrugets Rådgivningscenter
- ²⁵ Walter Brüsich, GEUS