

HOFOR

Ørestads Boulevard 35

2300 Kbh. S

Vurdering af Uranin til brug for lækagesøgning

Rapport, 19. marts 2013

Kontaktperson

Seniorkonsulent, Keminjører, Dorte Jørgensen, tlf.: +45 30 10 96 18, doj@alectia.com

Seniorkonsulent, Cand. scient. Henrik Harboe, tlf.: +45 30 10 96 37, heha@alectia.com

Seniorkonsulent, Cand. scient. Susanne Brandt Hansen, tlf.: +45 22 22 21 04, sbha@alectia.com

ALECTIA A/S

Teknikerbyen 34

2830 Virum

Denmark

Tlf.: +45 88 19 10 00

Fax: +45 88 19 00 01

CVR nr. 22 27 89 16

www.alectia.com

info@alectia.com

0	Baggrund	3
1	Generelt om stoffet	3
	1.1 Visuel detektion af Uranin	4
2	Anvendelse	4
	2.1 Medicinsk anvendelse	5
	2.2 Fluorescens angiografi.....	5
	2.3 Tandundersøgelser	6
	2.4 Andre biologiske anvendelser	6
3	Farlighed, toksikologi	6
	3.1 Oplysninger i sikkerhedsdatablade	6
	3.2 Toksikologi	7
	3.3 Intravenøs (indsprøjtning i blodårer)	8
	3.4 Graviditet.....	9
4	Farlighed i miljøet, økotoksikologi	9
	4.1 Grundvandsundersøgelser	9
	4.2 Halveringstid og økotoksicitet	9
5	Substitution	10
6	Konklusion	11
	6.1 Toksikologi	11
	6.2 Økotoksikologi.....	12

0 Baggrund

HOFOR ønsker at tilsætte Uranine Dye sporstof til deres fjernvarmevand for at opspore lækager ude hos forbrugerne. Stoffet farver det varme brugsvand grønt, hvis der er en lækage mellem fjernvarmevandet og kundernes varmtvandsbeholder.

I visse tilfælde kan en utæthed i kombination med utætte kontraventiler samt højere tryk på fjernvarmevandet i forhold til drikkevandet medføre en spredning af fjernvarmevandet videre i øvrige vandrør og vandledninger og det grønne sporstof kan således også forekomme i det kolde brugsvand.

Miljøstyrelsen har foretaget en vurdering og givet tilladelse til brug af stoffet i 1985, men HOFOR ønsker en nyere vurdering af stoffet.

Uranin tænkes tilsat, så det kan optræde i koncentrationer på 2 mg/l. Stoffet har CAS-nr. 518-47-8.

Der ønskes foretaget en undersøgelse ud fra nyere litteratur og forskning af:

1. Toksikologisk påvirkning af mennesker ved indtagelse af stoffet, hvis det forekommer i det kolde brugsvand i en koncentration på ca. 2 mg/l, samt hvis det forekommer i en koncentration under den visuelle grænse hos forbrugerne
2. Økotoxikologisk påvirkning af jord, grundvand eller recipienter samt offentlige kloaknet, hvis der sker lækage af fjernvarmeledninger frem til forbrugerne.
3. Mulige alternativer til stoffet som er mindre skadelige.

1 Generelt om stoffet

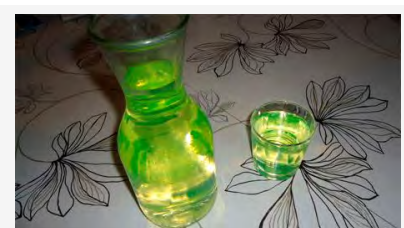
Stoffet blev sammen med andre phthaleiner opdaget i 1871 af Adolf von Baeyer. Stoffet fremstilles af phthalsyreanhydrid og resorcinol som med zinkchlorid eller svovlsyre som katalysator giver fluorescein. Dette stof er et fluorescerende farvestof, som bl.a. bruges til analytisk kemi, som indikator og til fluorescensmikroskopi.

Som natriumsalt kaldes det Uranin, og er et meget brugt gulgrønt farvestof, som under ultraviolet lys og dagslys desuden er fluorescerende. Denne effekt giver stoffet en fantastisk farveeffekt, således at man får en synlig farveeffekt i selv når stoffet tilsættes i ganske små koncentrationer.

I tør form er stoffet orange-rødt til rød-brunt.



Uranin pulver



Uranin opløst i vand

Uranin er et fugtsugende pulver og anvendes normalt i meget fortyndet form, fordi det farver så kraftigt.

Uranin har flere forskellige synonymer:

- 9-(o-Carboxyphenyl)-6-hydroxy-3H-xanthen-3-one, disodium salt
- D and C Yellow No. 8
- Fluorescein sodium
- Fluorin
- Resorcinol phthalein sodium
- CI 45350
- Acid yellow 226
- Japan Yellow 202 med forskellige numre

1.1 Visuel detektion af Uranin

Uranin farver så kraftigt, at det kan spores i en koncentration helt ned til ganske få milligram pr. liter.

I litteraturen er der angivet forskellige grænser for hvornår stoffet kan ses.

Den danske leverandør af stoffet Hydro-X A/S angiver, at stoffet kan spores i mængder ned til på 1:600.000 svarende til 1,67 mg/l. Leverandøren har dog ikke nogen reference til dette tal.

En reference angiver synligheden til at være 0,03 mg/l.¹

Synlighed af stoffet er desuden nævnt i udskrift fra den schweiziske Miljøstyrelses hjemmeside som værende 0,07 mg/l.

Den danske Miljøstyrelse har i et brev dateret den 15. januar 1985 angivet en visuel grænse for uranin i fjernvarmevandet til at være 0,025 mg/l.

Merck Danmark angiver i deres tekniske datablad for Uranin en grænse for synlighed på 0,01 mg /l og under ugunstige omstændigheder på 0,1 mg/l. Denne grænse bekræftes i **"Methods in Karst Hydrogeology"** fra 2007².

2 Anvendelse

Uranin bruges blandt andet som farvestof i skumbad, shampoo, kosmetik og i kølevæske som indikator for eventuelle lækager. Det kan endvi-

¹ Jones, William K., Water Tracing in Karst Aquifers, Encyclopedia of Caves, Elsevier Inc. 2012, p. 887-897

² Nico Goldscheider, David Philip Drew, Methods in Karst Hydrogeology, British Geological Survey, Wallingford, UK, 2007, p. 150

dere anvendes som nødfarvemiddel i redningsflåder, hvor 500 g Uranin kan farve 4000 m² havoverflade.

Det kan også bruges til dekorative formål, som til at farve lys i diskoteker, belysning i filmstudier, etc.

Derudover anvendes det til hjælpestof i diverse analyser, og er et meget brugt sporestof i alle mulige andre sammenhænge end fjernvarmevand.

Stoffet er særdeles velegnet til lækagesøgning og hydrologer og hydrogeologer anvender det således ofte som sporestof til at følge grundvandsstrømme og underjordiske strømme. Det mest berømte eksempel er en undersøgelse af Floden Donau i 1877, hvorfra floden på et tidspunkt forsvinder ned i undergrundens porøse kalk, og med farvestoffet kunne genfindes i en mægtig kilde Aachtopf langt derfra. I mange år har man endvidere hvert år i Chicago på St. Patrick's dag, farvet Chicago floden grøn med Uranin. Efter 2003 har man dog af miljømæssige grunde erstattet Uranin med et andet farvestof, så der er altså grund til at kigge nærmere på stoffet.

2.1 Medicinsk anvendelse

Uranin er et meget anvendt lægemiddel.

Stoffet anvendes som sporestof for at kunne følge blod og andre væsker i forbindelse med diagnostik af sygdomme. Først og fremmest angiografi³, hvor stoffet bruges som kontrastmiddel. Hyppigst ved undersøgelse af øjensygdomme. Men det bruges også ved hjerteundersøgelser og ved undersøgelser i kraniet.

2.2 Fluorescens angiografi

Angiografi er en fotografisk optagelse af karfyldningen i øjet efter injektion af fluorescerende farvestof. Det almindeligst anvendte kontraststof er Uranin. Ved fluorescensangiografi udføres fotooptagelser af øjets nethinde og nethindens blodkar, ofte i forbindelse med sukkersyge. Undersøgelsen laves for at kunne beskrive blodkarrenes og nethindens tilstand med henblik på evt. behandlingsmuligheder eller forebyggelse af sygdomsudvikling. Et gult farvestof (Fluorescein) sprøjtes ind i blodåren i armen, og straks derefter påbegyndes fotograferingen af øjet. Man kan føle lidt varme og i sjældne tilfælde kvalme, når kontrastvæsken sprøjtes ind.

³ Sundhedsstyrelsen m.fl. forløbsbeskrivelser

Der er foretaget mange sådanne undersøgelser i de sidste 30 år, og der er enkelte tilfælde af allergilignende reaktioner hvoraf de mest alvorlige er anafylaktisk chok, i enkelte tilfælde med dødelig udgang.

Ved indsprøjtning bruger man 5 eller 10 % opløsning, op til 10 ml Uranin.

2.3 Tandundersøgelser

En anden biologisk farvning er farvning af tænder ved kontrol af tandbørstning (plak) hvor man har sammenlignet med Erythrosin som ellers er brugt, men hvor man ved museforsøg fandt, at Erythrosin faktisk er dobbelt så giftigt som Uranin⁴.

2.4 Andre biologiske anvendelser

Stoffet er meget nyttigt som modelstof til at undersøge forskellige processer, netop fordi man kan konstatere det tydeligt i meget små mængder. F.eks. anvendes det i undersøgelser af optagelse af medicin, herunder ved forsøg med nanopartikler⁵, som er pH sensitive, og i miceller som transportsystemer med nanomembraner, hvor man udnytter, at Uranin kan måles i meget lave koncentrationer.

3 Farlighed, toksikologi

3.1 Oplysninger i sikkerhedsdatablade

Klassificering og mærkning fremgår af leverandørernes sikkerhedsdatablade. Stoffet er af nogle leverandører (f.eks. Fisher Scientific)⁶ klassificeret som lokalirriterende med R36: Irriterer øjnene (Eye Irrit. 2; H319). Andre leverandører (f.eks. Merck Danmark)⁷ har anført, at stoffet ikke skal klassificeres.

Leverandøren, Hydro-X A/S, af Uranin til HOFOR har i deres sikkerhedsdatablad ligeledes vurderet, at stoffet ikke er mærkningspligtigt med hensyn til sundheds- og miljøfare.⁸

Uranin kan i koncentreret pulverform, som mange andre støvende materialer irritere hud og slimhinder, men i fjernvarmevandet er farvestoffet fortyndet så meget, at det ikke er sundhedsfarligt. Miljøstyrelsen

⁴ Yankelle, S.L. & Loux J.J. J Periodontol. 1977, Apr., 48(4):228.

⁵ Joo, J.W., Int. J. Pharm. 2011, Jan 17, 403 (1-2): 262-267.

⁶ Sikkerhedsdatablad fra 15-12-2011, Fisher Scientific.

⁷ Sikkerhedsdatablad fra 25-01-2012, Merck Danmark.

⁸ Sikkerhedsdatablad fra 01-03-2010, Hydro-X A/S.

tillader eksempelvis farvestoffet i alle typer kosmetik i op til 6 %.⁹ Til sammenligning bruges farvestoffet, som tilsætning til fjernvarmevand, i en koncentration på 0,0002 %.

3.2 Toksikologi

Den akutte giftighed af et stof ved indtagelse kan angives ved LD50 værdien som er en værdi for ved hvilken dosis 50 % af en gruppe dyr afgår ved døden. LD50-værdier (akut oral toksicitet) for Uranin er 6,7 g/kg for rotter, 4,7 g/kg for mus¹⁰ og 2,5 g/kg for kaniner¹¹ hvilket indikerer, at stoffet er relativt ufarligt ved indtagelse. Antages det, at giftigheden er den samme for rotter som for mennesker, ville det svare til, at en person på 75 kg skulle indtage ca. et halvt kilo af stoffet. LD50-værdien for almindeligt husholdningssalt, Natriumchlorid, er til sammenligning på ca. 3 g/kg for rotter.

Subkronisk (op til tre måneders) påvirkning af mus og rotter via foder viste ved doseringer på op til ca. 250 mg/kg/dag ingen effekter. Højere doser førte til forandringer i nyrer og hjerte (bl.a. mineralisering)¹¹ og til forhøjet dødelighed. Kronisk (mere end tre måneders) påvirkning af mus og rotter med doser på henholdsvis ca. 1500 mg/kg/dag og 250 mg/kg/dag førte ligeledes til forandringer i nyrerne (nyrebetændelse, mineralisering)¹¹.

Hvis en person på 75 kg skulle indtage en tilsvarende dosis på 250 mg/kg/dag, som mus og rotter har fået i dyreforsøgene ovenfor, ved at drikke vand tilsat 2 mg Uranin pr. l, skulle vedkommende drikke 75 kg x 250 mg/kg/dag divideret med 2 mg/l = 9375 liter vand pr. dag. Eller formuleret på en anden måde: Hvis man drikker 2 liter vand i løbet af et døgn, ville man i alt have indtaget 4 mg, hvilket er 4.687 gange lavere (18.750/4) end den dosis mus og rotter fik pr. kg/dag.

Nogle undersøgelser har fremvist tvetydige resultater mht. Uranins genotoksiske¹¹ (kan skade arveanlæg) og kræftfremkaldende egenskaber. Andre undersøgelser har vist, at Uranin ikke er genotoksisk.¹² Uranin er ikke klassificeret som kræftfremkaldende af IARC (det internationale kræftforskningsagentur). Der er ikke fundet rapporter eller undersøgelser om kræftfremkaldende virkninger for mennesker.

⁹ Kosmetikbekendtgørelsen nr. 422 af 4. maj 2006 med senere ændringer.

¹⁰ Registry of Toxic Effects of Chemical Substances (RTECS).

¹¹ Brushweiler, B., GWA 5/2007, p. 355-359.

¹² Behrens et al, Hydrogeology Journal 2001, 9: 321-325.

Ud fra toksikologiske data for stoffet Uranin har forfatteren af artiklen **“Markierstoffe im Bereich von Trinkwasserfassungen”** afledt en tolerabel korttidsdosis på 38 ug/person/dag, som under forudsætning af et drikkevandsindtag på 2 liter pr. dag giver en tolerabel kortvarig drikkevandskoncentration (spidsbelastning) for Uranin på 19 ug/l.¹³ Årsagen til den lave tolerable korttidsdosis på 38 ug/person/dag og den lave tolerable kortvarige drikkevandskoncentration på 19 ug/l er hensyntagen til de mangelfulde/tvetydige data for genotoksicitet (kan skade arveanlæg) og kræftfare.

Hvis drikkevandet hos forbrugeren indeholder de tilsatte 2 mg/l uranin bør man kun indtage 19 ml. vand, hvilket svarer til et lille glas vand, før den tolerable kortvarige korttidsdosis på 38 ug/dag overskrides.

Det anses dog for fuldstændigt usandsynligt, at koncentrationen af uranin vil være den samme hos forbrugeren, som den tilsættes fjernvarmevandet. Koncentrationen forventes at være langt mindre.

Hvis man derimod antager, at forbrugers vand indeholder netop den koncentration, hvor uranin er synligt, skal forbrugeren indtage 0,542 l ved den højeste grænse for synlighed på 0,07 mg/l og 3,8 l ved den mindste grænse for synlighed på 0,01 mg/l.

Der er her valgt at se bort fra den grænse for synlighed, som leverandøren har opgivet, da den ligger en faktor 10 over de øvrige, som er fundet i litteraturen.

Bispebjerg Hospitals Afdeling for Dermatologi har publiceret en artikel om sikkerheden ved anvendelse af natrium fluorescein (Uranin) til in vivo undersøgelser af hud. Konklusionen er at lokal dermal (hud) applikation af natrium fluorescein i vidt omfang kan betragtes som sikkert.¹⁴

3.3 Intravenøs (indsprøjtning i blodårer)

Eftersom Uranin har været anvendt medicinsk i mange år, findes der en del undersøgelser vedrørende stoffets toksikologiske egenskaber. Hovedparten af disse undersøgelser er som sådan ikke relevante for denne rapportes vurdering af uranins farlige egenskaber ved anvendelse til sporing af lækager i fjernvarmesystemet, da forsøgene er foregået ved injektion af stoffet i blodårer. Et par stykker vil alligevel blive nævnt her nedenfor for at illustrere at der også ved denne indgivelsesmåde skal forholdsvis høje koncentrationer til for at få en effekt.

¹³ Brühweiler, B., GWA 5/2007, p. 355-359.

¹⁴ O’goshi, K-i og Serup, J., Skin Research and Technology 2006, 12: 155-161.

Ved anvendelse af et lægemiddel ved navn Fluorescite (10 % fluorescein natrium) til diagnosticering af øjensygdomme anvendes dosis for voksne på 500-750 mg og for børn på 7,5 mg/kg.¹⁵ I produktinformationen kan man læse om bivirkningerne ved lægemidlet: Bivirkninger som kvalme, smagssansforstyrrelse, besvimelse og kløe kan forekomme. Sjældnere hovedpine, svimmelhed og overfølsomhed over for lægemidlet. Sjældent eller meget sjældent forekommer bivirkninger som anafylaksis **chok, krampe, hjertestop, hyperventilation og død** (\leq 0.01%). Det er påvist, at fluorescein kan udskilles i modermælk i op til 4 dage efter indgivelse.

3.4 Graviditet

I forsøg med gravide rotter¹⁶, hvor rotterne fik indsprøjtet 5 ml/kg af en 10 % natrium fluorescein opløsning i en blodåre, kunne man måle stoffet i rottefostrene efter 15 minutter og indtil 4 timer efter indgift, men det var helt væk efter 24 timer. Der var ingen fosterskadende effekter.

4 Farlighed i miljøet, økotoxikologi

4.1 Grundvandsundersøgelser

Stoffer som virker fluorescerende er meget udbredt til lækagesporing, visualisering af strømningsforhold herunder til undersøgelser af grundvandsbevægelser mm.

Det er vigtigt, når man skal kortlægge grundvandsopland, fastlægge beskyttelseszoner og kortlægge afstrømningsforhold.

4.2 Halveringstid og økotoxicitet

Uranin har i naturen en meget kort levetid, netop fordi det er fotoaktivt. Stoffet har en fotoaktiv kerne, Xanthene, som kan optage lysenergi og afgive denne energi igen som fluorescens. Den energirige proces som kan gentages, kan aktivere andre stoffer som f.eks. ilt, så der dannes frie radikaler, der kan virke hindrende for andre processer og på den måde være giftigt, specielt for bakterier, insekter mv. som har et mindre avanceret stofskifte.

¹⁵ Product information Fluorescite (fluorescein sodium injection) 10 %.

¹⁶ Salem et. al., Toxicology 1979; 12: 143-150.

Der er udført en del undersøgelser af økotoksicitet af Uranin, i det stof-fet også er forsøgt anvendt, som et mindre giftigt alternativt pesticid til pyrethrum produkter.

Pyrethrum har været kendt i århundreder, idet det er plantestoffer fra Pyrethrum som også kaldes Chrysanthemum, som vi kender fra haver-ne om efteråret, og til afskæring sidst på året. Disse planter indeholder pyrethroider, stoffer som kan bruges til at bekæmpe insekter, idet de angriber disses nervesystem. Men de er ikke særligt giftige for os. Så Uranin er undersøgt som alternativ til Pyrethrum og Malathion, særligt til bekæmpelse af bananfluer, som er et stort problem i troperne.

Her vil man gerne have et mindre giftigt og også gerne synligt, alterna-tiv til disse giftstoffer, da bekæmpelse af bananfluer er så omfattende, at kemien spredes i vidt omfang i miljøet.

Uranin er derfor undersøgt, f.eks. på dafnier¹⁷ hvor det er sammenlig-net med Phloxine B, der er et stof som ligner Uranin, det er bare klore-ret og bromeret, hvilket dels gør det mere giftigt. Typisk har man også brugt klorering for at stofferne ikke nedbrydes så hurtigt, og derfor virker bedre som pesticid. Mange af de traditionelle pesticider har jo netop været kloreret, hvilket har gjort dem ikke nedbrydelige, så de ophobes i fødekæden.

Dette gælder IKKE for Uranin, som tværtimod nedbrydes meget hurtigt. Der er en typisk halveringstid på 15 minutter ved udsættelse for sollys, og efter 1-3 dage er stoffet ikke længere at spore.

Ved forsøgene med dafnier, *Daphnia pulex* så man at dyrene først blev påvirket ved koncentrationer > 250 mg/l, herover stiger dødeligheden op til omkring 800 mg/l. En tilsvarende undersøgelse af små fersk-vandsnegle¹⁸ giver et resultat på samme niveau med LC 50 på 370 mg/l.

5 Substitution

Der findes adskillige sporestoffer (tracerstoffer) inden for hydrogeologi. Det kan være salte, radioaktive tracere, farvestoffer, bakterier og mos.¹⁹

¹⁷ Walthall, W.K. & Starl J.D. 1998, Environm. Poll. 104 (1999) pp. 207-215.

¹⁸ Stockton et al. Acute Toxicity of Sodium Fluorescein to Ashy Pebblesnails *Fluminicola fuscus*, Northwest Science 86(3): 190-197, 2012.

¹⁹ Wernli, H. R., Einführung in die Tracerhydrologie, 2011, Universität Bern.

Eftersom forbrugerne selv skal kunne konstatere, at der er en lækage ved at deres brugsvand er grønt, vil det kun være relevant at undersøge om der findes alternativer til Uranin inden for samme gruppe af tracere, nemlig de fluorescerende tracere.

Behrens et al. 2001 har udarbejdet en oversigt over 17 tracere.²⁰ Denne oversigt modificeret af Wolkersdorfer, C. og LeBlanc, J. 2012²¹ er gengivet på dansk i Bilag 1. Ni af tracerne blev anset for at være sikre, bl.a. Uranin, Eosin og Amidorhodamin G.

På den schweiziske Miljøstyrelses (Bundesamt für Umwelt BAFU) hjemmeside findes en oversigt over fluorescenstracere. Oversigten oversat til dansk er gengivet (med undtagelse af kolonnerne Spektrum Anregning / Emission [nm], Retardation (infolge reversibler Sorption) og Tracer-Rückgewinnung) i Bilag 2.

Samlet set konkluderer den schweiziske Miljøstyrelse, at Uranin er den bedste fluorescenstracer. Stoffet bedømmes at være toksikologisk uskadeligt, også for miljøet. Det har en meget lav detektionsgrænse og tracerens kvalitet i forhold til prisen er meget god.

Indtil der eventuelt foreligger nye undersøgelser vurderes det, at Uranin er det bedst egnede sporestof af dem som findes på markedet til undersøgelse af lækager i fjernvarmesystemer bl.a. på baggrund af den lave koncentration stoffet skal anvendes i.

6 Konklusion

6.1 Toksikologi

Uranin kan i koncentreret pulverform, som mange andre støvende materialer, irritere hud og slimhinder. I den koncentration som forbrugerne vil kunne opleve i deres brugsvand vil farvestoffet være fortyndet så meget, at det ikke er sundhedsskadeligt hverken ved indtagelse eller ved kontakt med hud og øjne.

Der er ikke etableret grænseværdi for uranin i drikkevand. En kilde angiver en tolerabel kortvarig grænseværdi for uranin på 38

²⁰ Behrens et al, Hydrogeology Journal 2001, 9: 321-325.

²¹ Wolkersdorfer, C. og LeBlanc, J., Water Quality Research Journal of Canada, 2012, 42-55.

ug/person/dag, som er sat meget lavt af hensyn til manglende data om stoffet.

Hvis der tages udgangspunkt i denne lave grænseværdi og en koncentration i forbrugernes drikkevand omkring den visuelle grænse for uranin, skal der indtages store mængder vand før den afledte tolerable kortvarige drikkevandskoncentration overskrides.

Hvis koncentrationen af Uranin i brugsvandet er så lav, at det ikke kan erkendes visuelt i vandet, og det antages at uranin er synligt ved en koncentration over 0,01 mg/l skal der indtages over 3,8 liter dagligt før grænseværdien overskrides.

Alle nuværende undersøgelser peger på, at Uranin er det bedst egnede sporestof til undersøgelse af lækager i fjernvarmesystemer på grund af stoffets lave giftighed og den lave koncentration, som stoffet kan anvendes ved.

Ved korrekt gennemførelse af lækagesporingen, herunder korrekt dosering vurderes det, at der ikke vil være nogen sundhedsfarlig risiko for forbrugerne ved tilsætning af Uranin til fjernvarmevand.

6.2 Økotoxikologi

Efter gennemgang af de økotoxikologiske data, som findes for Uranin vurderes stoffet til ikke at kunne give anledning til problemer ved udslivning til jord og grundvand.

Her har det også stor betydning at stoffet nedbrydes så hurtigt, så i løbet af 1-2 dage er ethvert spor af stoffet væk.

En eventuel forurening vil jo netop være synlig, hvis stoffet stadig er til stede.

I betragtning af at Uranin ofte bruges til undersøgelse af grundvandsmagasiner og afstrømningsforhold, er de planlagte mængder af stoffet som tilsættes fjernvarmevandet meget lave koncentrationer og udgør kun ca. 1/100 eller 1/1000 af de niveauer som der anvendes ved hydrogeologiske undersøgelser.

Bilag 1

Vurdering af tracere

Tracer	CAS-nr.	Toksikologisk bedømmelse	Bedømmelsesgrundlag
Uranin (Natriumfluorescein)	518-47-8	Sikker	T, L
Eosin gul (Eosin Y)	17372-87-1	Sikker	L, W
Sulphorhodamin B	3520-42-1	Økotoksikologisk usikker	T
Amidorhodamin G	5873-16-5	Sikker	T
Rhodamin WT	37299-86-8	Kan ikke anbefales	T
Rhodamin B	81-88-9	Kan ikke anbefales	T, L
Rhodamin 6G	989-38-8	Kan ikke anbefales	T, L
Natriumnaphthionat^a	130-13-2	Sikker	T
Pyranin	6358-69-6	Sikker	T
Tinopal CBS-X^b	38775-22-3, 27344-41-8 ^c	Sikker	T
Tinopal ABP flydende	68155-70-4	Sikker	T
Lithiumsalte	^d	Sikker med restriktioner	L, W
Strontiumsalte	^d	Sikker med restriktioner	L, W
Bromider (salte)	^d	Sikker med restriktioner	L, W
Isotoper, aktiverbare	^d	Sikker med restriktioner	L, W
Fluorescerende polystyren-mikrosfærer	9003-53-6 ^e eller 9003-70-7 ^e	Sikker	T, W
Sporer af ulvefod farvet med acridinorange	-	Sikker	T, W

Grundlag for toksikologisk bedømmelse: T – toksikologiske tests; L – litteratursøgning; W – Arbejdsgruppens ekspertvurdering.

^aDen anden type natriumnaphthionat har CAS-nr. 28907-84-8, det er ikke tydeligt hvilken natriumnaphthionat, der er anvendt i hver enkelt tracer-test.

^bTinopal CBS-X (CAS-nr. 38775-22-3) sælges også som dinatrium Tinopal CBS-X (CAS-nr. 27344-41-8).

^cNogle leverandører lister dette stof med CAS-nr. 27322-41-8. Men dette nummer har aldrig været anvendt af CAS-nummer systemet.

^dAfhænger af det anvendte salt.

^ePolystyren 9003-53-6, Polystyren divinylbenzen 9003-70-7.

–: Intet CAS-nummer.

Bilag 2

Vurdering af Tracere (fra den Schweizisk Miljøstyrelses hjemmeside)

Kemisk navn (Synonym)	Colour Index C.I.	Toksikologisk bedømmelse	Detektionsgrænse ++++ = meget lav + = moderat	Tracer-kvalitet i forhold til pris ³ ++++ = meget god + = dårlig	Særlige egenskaber	Bemærkninger
Uranin (Fluorescein-Natrium) (Na-Fluorescein)	45350	Uskadelig	++++	++++	Oxidationsmidler (f.eks. chlor, ozon) kan ødelægge uranin	Samlet set den bedste tracer
Eosin (Eosin gullig) (Basacid Rød 316)	45380	Uskadelig	+++	+++	Høj lysfølsomhed	Anvend ikke sammen med bromid
Naphthionat (Natrium-Naphthionat) (Naphthionsyre Na-salt)		Uskadelig	+	++	Høj målebagggrund	
Amidorhodamin G (Sulforhodamin G extra)	45220	Uskadelig	+++	++		
Sulforhodamin B (Duasynsyre-Rhodamin B 01, Amidorhodamin B)	45100	Økotoksikologisk problematiske	++	++		Indskrænk brugen af stoffet i overfladevand
Rhodamin B (Basazolrød 71 L)	45170	Kan ikke anbefales	+++	+	Meget stærk sorption	Må ikke længere anvendes
Rhodamin WT (Acid red 388)		Kan ikke anbefales	++	+		Anvend kun i und- tagelsestilfælde
Pyranin	59040	Uskadelig	++	++	Dårlig genfinding	
Duasyn Duasyn Fluorescengul T			++	++		Produktet fremstilles ikke længere
Tinopal (T-CBS-X , T-ABP flyden- de)		Uskadelig	+	+	Høj målebagggrund	

³ Tracerkvaliteten er vurderet ud fra detektionsfølsomhed og tracer-mobilitet i grundvand.