



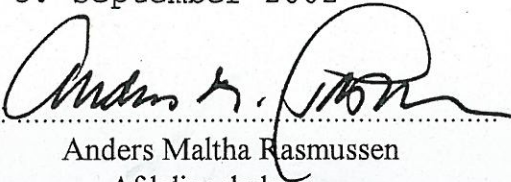
Tillæg til MILJØGODKENDELSE

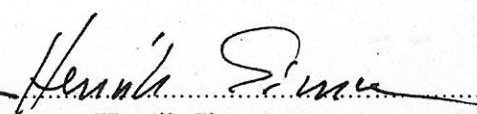
For Aarhus Lufthavn

Godkendelsen omfatter: Kontrolprogram for grundvand og overfladevand.

Dato: 5. september 2002

Godkendt


Anders Maltha Rasmussen
Afdelingsleder


Henrik Simonsen
Civilingeniør

Klagefristen udløber den 4. oktober 2002

Søgsmålsfristen udløber den 6. marts 2003



Journalnr.
8-76-1-721-2-02
bedes oplyst ved henvendelse

Sagsbehandler
Henrik Simonsen
KS: ATK/LTS

Tlf.nr.
8944 6698

Miljøgodkendelse af listevirksomhed
i henhold til kap. 9 i lovbekendtgørelse nr. 753 af 25. august 2001
med senere ændringer

Virksomhedens navn: Aarhus Lufthavn

CVR nr.: 25 44 97 46

Virksomhedens art, listebetegnelse: Lufthavn, H2

Løbenummer: H2-O21-1B

Virksomhedens adresse:
og tlf.nr.: Stabrandvej, 8560 Kolind
8775 7000

Matr.nr.: Dele af 45 a Stabrand By, Nødager
1 i, 5 e, 20 h og dele af 1 m, 26, 27, 9 f samt 6 b
Tåstrup By, Feldballe

Virksomheden ejes af: Ebeltoft, Grenaa, Randers og Århus Kommuner
samt Århus Amt.

Grunden ejes af: Forsvarsministeriet.

Virksomheden drives af: Aarhus Lufthavn

INDHOLDSFORTEGNELSE

Side

RESUME	- 4 -
DEL 1: GODKENDELSE	- 5 -
Vilkår for miljøgodkendelsen	- 6 -
DEL 2: MILJØTEKNISK BESKRIVELSE	- 10 -
2.1 Beliggenhed	- 10 -
2.2 Forurening og forureningsbegrænsende foranstaltninger	- 10 -
DEL 3: VURDERINGER	- 12 -
3.1 Miljøteknisk vurdering	- 12 -
3.2 Hovedhensyn ved meddelelse af godkendelsen	- 21 -
DEL 4:	- 23 -
4.1 Klage over miljøgodkendelsen	- 23 -
4.2 Søgsmål	- 23 -
4.3 Underretning om afgørelsen	- 24 -

BILAG:

1. Liste over sagens akter
2. Plan over boringer
3. Lovgrundlag m.v.

RESUME

af godkendelse af nyt kontrolprogram for grundvand og overfladevand på Aarhus Lufthavn

Aarhus Lufthavn bruger forskellige produkter til at bekæmpe glatføre og isdannelse. Den største mængde er salte af organiske syrer (formiat og acetat), der bruges til at bekæmpe glatføre på startbane, rulleveje og forplads. Der bruges også glykol, der sprøjtes direkte på fly for at forebygge og fjerne isdannelse på fly. Desuden bruges almindeligt tørsalt på parkeringsplads, fortøve mm.

Glatføreprodukterne spredes på startbane, rulleveje og forplads, hvorfra nedbøren har mulighed for at føre produkterne til grundvand og overfladevand. Der er derfor fastsat et måleprogram, der skal kontrollere, at udlederkravene til overfladevandet overholdes samt overvåge virkningen på grundvandet.

Der har været fastsat et kontrolprogram gennem mange år. Det er senest revideret i 1999, bl.a. for at afspejle ændringer i det glatføreprodukt, som bruges på startbane mm. Programmet fra 1999 har bidraget med betydelig viden om produktets nedbrydning, herunder at nedbrydningen sker meget hurtigt under iltede forhold.

Det nye kontrolprogram fastsætter et mindre antal prøver end hidtil, da det ikke længere er hensigten at følge sæsonvariationer. Vægten i programmet ligger på at følge eventuelle langtidseffekter og på kontinuitet i forhold til tidligere. Der er desuden lagt vægt på, at der kan skelnes mellem generelle ændringer i grundvandet og langtidseffekter som følge af nedsivningen.

Programmet for kontrol af overfladevand og afløb fra brandøvelsesplads er stort set uændret.

Lufthavnens øvrige godkendelser forbliver uændrede. Der sker således ingen ændringer i operationstal, støjforhold, forbrug af glatføreprodukter mm.

DEL 1: GODKENDELSE

På grundlag af oplysningerne i del 2, den miljøtekniske beskrivelse, godkender Natur- og Miljøkontoret i Århus Amt på amtsrådets vegne nyt kontrolprogram for grundvand og overfladevand.

Godkendelsen gives i henhold til miljøbeskyttelsesloven og omfatter kun de miljømæssige forhold, der reguleres af denne lov.

Godkendelsen gives som et tillæg til virksomhedens miljøgodkendelse af 15. oktober 1999 og gives under forudsætning af, at såvel nedenstående vilkår som vilkår i førnævnte godkendelse overholdes.

Retsbeskyttelse

Miljøgodkendelsen omfatter udelukkende kontrolprogrammet og meddeles efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 9. (372 - pibund)

Tilsynsmyndigheden kan til enhver tid revidere kontrolvilkårene for at forbedre egenkontrollen eller for at opnå et mere hensigtsmæssigt tilsyn.

Øvrige miljøgodkendelser

Ud over denne godkendelse gælder følgende godkendelser:

Rammegodkendelse af 15. oktober 1999 (hele virksomheden)

29. marts 2001: Ændret operationsprogram for faldskærmsflyvning

godkendelse ← 24. januar 2002: Ændrede procedurer for brandøvelsespladsen. ← mang ikke godkendt p15b)

Nærværende godkendelse erstatter følgende vilkår i godkendelsen af 15. oktober 1999:

J5 om kontrol med udledningen til Borum Bæk

M6 om opretholdelse af kontrolboringer

N2 om grænseværdier for udtagelse af supplerende prøver

O1 om prøvetagning og ordinært analyseprogram for grundvand

O2 om kortlægning af de hydrauliske egenskaber

O3 om prøvetagning og ordinært analyseprogram for overfladevand

O4 om prøvetagning og ordinært analyseprogram for drænvand

P1 om rapportering

Vilkår, der er overført fra godkendelsen af 15. oktober 1999 er markeret med ●. Hvis vilkåret er overført uændret, kan det ikke påklages.

VILKÅR FOR MILJØGODKENDELSEN

Kontrol med grundvand

- O5 Der skal opretholdes kontrolboringer, som anført i Bilag 20 (til godkendelsen af 15. oktober 1999) til kontrol af opstrøms områder og de områder, der kan blive påvirket af acetat (nu også formiat). *? maly ikke histor.*

Kontrolboringerne B1 - B6, B8 - B12 og D2, skal være sikret og tilgængelige som kontrolboringer.

(● vilkår M6)

- O6 1 gang årligt i september skal der udtages prøver fra følgende boringer markeret på bilag 9 til godkendelsen af 15. oktober 1999:

De 2 øverste filtre i B1, B2, B3, B4, B12 og D2 samt B5, B6, B8, B9, B10 og B11.

I ulige år suppleres prøvetagningen med de 2 nederste filtre i B1, B2, B3, B4, B12 og D2.

Prøver skal udtages af akkrediteret prøvetager. Analyse skal foretages af akkrediteret laboratorium. Kravet om akkrediteret prøvetager kan om nødvendigt afviges efter forudgående skriftlig aftale med tilsynsmyndigheden. Begrundet anmodning skal fremsendes i hvert enkelt tilfælde senest 4 uger før planlagt prøvetagning.

Følgende parametre skal måles i felten ved prøvetagning og indberettes på analyseskemaet med angivelse af, at der er tale om feltmåling:

ilt, pH, redox-potentiale og boringsdybde.

Analyseblanketten skal endvidere indeholde oplysning om (boringsnummer, filternummer) (Bx.x), som det fremgår af boringsmærkatene på boringen. (Det dybeste filter er altid filter nr. 1).

Alle vandprøverne analyseres (detektionsgrænse er anført i parentes) for:

Iltindhold, pH, ledningsevne.

NVOC → ? ikke - VOC

Nitrit (0,01 mg/l), nitrat (1 mg/l) og Total - P (0,005 mg/l).

Natrium (1 mg/l), kalium (1 mg/l), calcium (1 mg/l), magnesium (1 mg/l), ammonium (0,005 mg/l), jern (0,01 mg/l) og mangan (0,01 mg/l).

Bicarbonat, klorid (1 mg/l) og sulfat (1 mg/l). *0,1 mg/l = 0,1*

Vandprøverne fra B5, B6, B8, B9, B10 og B11 analyseres tillige for:

Tolyltriazol og benzoetiazol (0,01 mikrog/l)

(● del af vilkår O1, justeret).

+ B3?

O7 Tilsynsmyndigheden kan kræve at:

- Analyseprogrammet for grundvandsboringer udvides med analyse for additiver i glatføremidler og glykol i de boringer, der kan påvirkes af hhv glatføremidler og glykol.
(● del af vilkår O1).
- Analyseprogrammet udvides med tungmetaller. Krav om analyse for tungmetaller ventes stillet, når indholdet af magnesium eller kalium eller natrium viser en klar stigning, eller når indholdet er fordoblet i forhold til 1995-niveauet.
(● del af vilkår O1).
- Der skal foretages IR-screening for olie/fedt i grundvandsboringer og opsamlingsbassin. Der må principielt ikke afledes olie/fedt til undergrunden.
(● del af vilkår O1).
- Der må påregnes krav om en ny analyse efter programmet i vilkår O6, hvis koncentrationen i grundvandet i det øverste filter i B1 - B4 samt D2 overstiger en af grænserne i nedenstående skema.

STOF	Øverste filter
Iltindhold	-
pH	8,5
Ledningsevne	-
TOC	-
Nitrat (under udsprøjtningensareal)	60 mg/l
Total - P	0,3 mg/l
Natrium	20,0 mg/l
Kalium	5,0 mg/l
Calcium	-
Magnesium	20 mg/l
Tolyltriazol+nedbrydningsprodukter herfra	*)
Glykol	-

tot N = 9

MBS
0

(● vilkår N2, *) grænse for triazoler udgået, øvrige grænser justeret).

O8 Grundvandsmagasinet's hydrauliske egenskaber (permeabilitet/transmissivitet) skal kortlægges som måling i:

filter 3 og 4 i følgende boringer: D2, B1, B2, B3 og B4,
filter 1 i boring B10 og B11.

Målingernes skal være gennemført, så de kan afrapporteres med den ordinære årsrapport for 2003, dvs rapporten skal foreligge senest pr 1. marts 2004.

Tilsynsmyndigheden kan desuden kræve, at målingen foretages i andre filtre, der

*Benzoat, triazol
Acetat, Dypol*

bedømt ud fra vandanalyserne kan være påvirkede.

- O9 2 gange årligt skal der udtages vandprøver af tilløb til sivedræn langs hovedbanen til kontrol af vilkår M5 i godkendelsen af 15. oktober 1999. Vandafstrømningen skal bestemmes og prøverne skal analyseres efter samme program som grundvandsprøverne (excl. tolyltriazol og benzoetriazol).
(● vilkår O4).

Kontrol med overfladevand

- O10 En gang årligt skal der udtages prøver af afløbsvand fra opsamlingsbassin fra forplads og brandslukningsplads. Vandmængder, der afledes, skal måles. Prøverne af afløbsvand fra opsamlingsbassin fra forplads skal analyseres for parametre som angivet i O6 (vilkår O1 i godkendelsen af 15. oktober 1999) plus BTEX og mineralsk olie. *Det er uklart om de skal analyseres for triazol, men da*
Prøver skal udtages af akkrediteret prøvetager. Analyse skal foretages af akkrediteret laboratorium. *og da der iht O1 indgik triazol analyse*
(● del af vilkår O3).

Opsamlingsbassin og udsprøgnings-areal godk. der der også analyseres for triazol i overfladevand

- O11 Prøverne fra brandslukningsplads skal analyseres for TOC, BTEX og mineralsk olie. Prøver skal udtages af akkrediteret prøvetager. Analyse skal foretages af akkrediteret laboratorium.
(● del af vilkår O3).

- O12 Der skal i vinterhalvåret udtages mindst 2 afløbsprøver fra det store sekundære forsinkelsesbassin til bestemmelse af indholdet af NaCl. Prøverne skal udtages af akkrediteret prøvetager i situationer, hvor der er afløb fra forsinkelsesbassinet og hvor der siden sidste prøvetagning er foretaget glatførebekæmpelse.

fortsat ?

Prøven skal udtages af akkrediteret prøvetager i en periode med glatførebekæmpelse. Analyse skal foretages af akkrediteret laboratorium.

Kravet om akkrediteret prøvetager kan om nødvendigt afviges efter forudgående skriftlig aftale med tilsynsmyndigheden. Begrundet anmodning skal fremsendes i hvert enkelt tilfælde senest 4 uger før planlagt prøvetagning.

Tilsynsmyndigheden kan, efter en konkret vurdering af udledningen, kræve at der udtages supplerende prøver fra afløb til åen såvel som i brønd før opsamlingsbassin/forsinkelsesbassin og at disse prøver evt. skal suppleres med analyse for glykol og acetat.

(● vilkår J5).

Rapportering

- P3 Analyseresultater skal fremsendes til tilsynsmyndigheden, så snart de foreligger.

En gang årligt skal der på basis af kontrolanalyserne foretages en vurdering af grundvandskvaliteten i området. Denne skal fremsendes sammen med årsrapport vedr. kap.5-godkendelsen.

(● vilkår P1, justeret).

DEL 2: MILJØTEKNISK BESKRIVELSE

Aarhus Lufthavn har søgt om ændring af kontrolprogrammet for grundvand og kortlægning af de hydrauliske egenskaber.

Ansøgningen angiver, at det hidtidige kontrolprogram er sammensat af 2 dele, der dels relaterer sig til henholdsvis de anvendte afisningsmidler, dels beskriver den generelle grundvandskvalitet i området.

Ansøgningen omfatter 2 årlige prøver af det øverste grundvand og en årlig prøve af fra de næstnederste filtre langs startbanen. Der søges således om, at de nederste filtre udgår af kontrolprogrammet.

Der søges tillige om, at kortlægning af de hydrauliske egenskaber udelades.

Det fremgår endelig, at Aarhus Lufthavn forventer, at kontrolprogrammet bør revurderes efter en periode på 2-5 år.

2.1 BELIGGENHED

2.1.1 Geografisk placering

Lufthavnen ligger i område, der er udlagt med særlige drikkevandsinteresser Djurs Syd.

Lufthavnen har sit eget vandværk, der ligger ca. 1 km syd for startbanen.

2.2 FORURENING OG FORURENINGSBEGRÆSENDE FORANSTALTNINGER

2.2.1 Spildevand

Aarhus Lufthavn frembringer "processpildevand" i kraft af at befæstede arealer og fly afises. Mængden svarer stort set til vinternedbøren på de befæstede arealer.

Afisningsmidlerne er for tiden formiat på baner og forplads, glykol til fly samt almindeligt salt på P-plads mm. Der kan eventuelt blive brugt acetat som supplement til eller erstatning af formiat. De årlige mængder er ca. 200 ton formiat/acetat og 12 ton glykol.

"Processpildevandet" nedsives i faskine, udsprøjtes på græsareal eller langs kanten af de befæstede arealer.

Endelig afledes vandet fra P-pladsen til Borum Bæk/Mårup Å. Ligeledes bortledes nedbøren fra forpladsen til Borum Bæk/Mårup Å udenfor afisningssæsonen. - nej!

Der fremkommer desuden sanitært spildevand fra terminalbygningen. Dette afledes til rensning i henhold til gældende tilladelse og berøres i øvrigt ikke af denne godkendelse.

2.2.2 Jord og grundvand

Den primære beskyttelse af grundvandet består i valg af kemikalier til afisning, idet nedbøren fra startbanen nedsives. Det nuværende formiatbaserede middel anses for at være blandt de mindst belastende midler ligesom additiverne er miljømæssigt acceptable.

Desuden er nedsivningsfaskinen udformet, så den giver en god tilgang for ilt til nedbrydning af formiat/acetat. En del af nedbøren - inklusive den formodet største del af glykol-udledningen - opsamles i bassin og udsprede. Det sker en vis nedbrydning af både glykol og formiat/acetat i bassinet, iltning under udsprøjtningen og nedbrydning i rodzonen.

Det vurderes, at afisningsmidlerne ikke vil forårsage en jordforurening, da de er vandblandbare og letnedbrydelige. 1035

DEL 3: VURDERINGER

3.1 MILJØTEKNISK VURDERING

I forbindelse med godkendelsen af 15. oktober 1999 er der foretaget en vurdering af nedsivning, acetats forventende skæbne mm. Vurderingerne for acetat gælder også for de nuværende formiatbaserede produkter med de justeringer, der følger af, at formiat forbruger mindre ilt og indeholder mere kalium.

Der henvises generelt til godkendelsen af 15. oktober 1999, idet de nedenstående vurderinger så vidt muligt bygger videre på vurderingerne heri.

Det vurderes, at det hidtidige kontrolprogram fra 1999 til nu har bidraget med væsentlig ny viden, som indgår i fastsættelsen af det nye kontrolprogram.

Indberetning om kontrolprogrammet ændres til indberetning 1 gang årligt som konsekvens af, at kontrolboringerne fremover kun skal prøvetages 1 gang årligt.

3.1.1 Baneafisning

Aarhus Lufthavn har i de seneste år afiset banerne med acetatbaserede midler og urea. Brugen af urea har været begrænset til forpladsen.

Fra og med vinterperioden 2001-2002 er der i praksis brugt formiatbaserede midler, også på forpladsen. Brug af acetat og miljømæssigt små mængder urea kan dog fortsat forekomme.

3.1.2 Erfaringer med acetat

Nedbrydning

De hidtidige erfaringer med *acetat* viser, at nedbrydningen sker hurtigt. Der er kun sporadisk påvist acetat i grundvandsprøverne. Imidlertid er detektionsgrænsen 10 mg/l, så vurderingen bygger også på andre indikationer som f.eks. indholdet af TOC og ilt.

Det organiske kulstof i acetat indgår i målingen af organiske kulforbindelser (TOC) på linje med andre organiske stoffer. Kulstof udgør 40% af acetats masse, dvs. detektionsgrænsen for acetat svarer til 4 mg/l TOC.

Indholdet af TOC i de mest udsatte filtre nær startbanen ligger typisk omkring eller under 1 mg/l, hvilket svarer til et forventet indhold af naturligt forekommende stoffer. Selvom niveauet svarer til et naturligt indhold, er der dog sket en mindre stigning, som synes knyttet til stigende indhold af calcium og magnesium. Stigningen kan derfor skyldes afisningsmidlerne.

Iltindholdet i grundvandet i borerne syd for startbanen svinger over året med indhold på 5 mg/l eller lavere om vinteren/foråret fulgt af højere værdier henover sommeren/efteråret, således at iltindholdet typisk er næsten fuldt restitueret, når den nye sæson for afisning begynder. | ikke men

Nær startbanen i boring B11 (80.465) er iltindholdet lavere, idet boringen repræsenterer forholdene omkring nedsivningsfaskinen. Der kan her forekomme reducerede/anaerobe forhold, idet målinger viser, at nitrat reduceres til ammonium, og at sulfatindholdet falder.

I følge litteraturen nedbrydes acetat også under anaerobe forhold, dog med en væsentlig lavere hastighed. Aarhus Lufthavn/Rambøll har i forbindelse med anmeldelsen af formiat som nyt afisningsmiddel oplyst, at nedbrydningen under anaerobe forhold sker 30 gange langsommere.

Ilttilførsel

Det er ikke muligt at opstille en egentlig iltbalance, bl.a. fordi det hydrauliske oplands afgrænsning ikke kendt i forhold til nedsivningen af acetat.

Det er imidlertid muligt at vurdere, hvilke transportmekanismer, der dominerer ilttilførslen.

Forbruget af acetat var angivet til typisk 200 ton årligt, som kræver ca. 150 ton ilt til nedbrydning.

Nettonedbøren i området er omkring 300 mm årligt og iltindholdet er ca. 10 mg/l, hvilket giver en tilførsel af ilt i nedbøren på 30 kg/ha årligt. Forudsættes et hydraulisk opland på 200 ha, er tilførslen af ilt med nedbøren på 6 ton årligt.

Den største del af ilttilførslen sker derfor ved "ånding", idet tilførslen med nedbøren - uanset usikkerhederne på det hydrauliske opland - er klart utilstrækkelig.

Da iltindholdet i 100 meters afstand typisk falder 5 mg/l eller mindre for derefter at stige relativt hurtigt, er ilttransporten ikke begrænsende i en vis afstand fra faskinen.

Derimod synes ilttilførslen at være utilstrækkelig lokalt omkring faskinen. På grund af grundvandsstrømmen sker der et vandskifte, som medfører en fortynding og løbende tilfører "nyt" grundvand. Det kan ikke med sikkerhed vurderes, om grundvandsstrømmen er tilstrækkelig til at sikre efterfølgende iltning og dermed nedbrydning af acetat. |

Kaliums skæbne i grundvandet

Kalium udgør 40% af kalium acetats vægt. Med et typisk forbrug af acetat på 200 ton årligt, nedsives 80 ton kalium. Ved overgang til formiat-produkter, stiger kaliummængden alt andet lige til 92 ton årligt.

I forbindelse med vurderingen af acetat som afisningsmiddel, blev kaliums reaktioner i grundvandet vurderet. En del af kontrolprogrammet er begrundet i kaliums ionbytning med de øvrige metaller, der er sorberet til mineralerne i den mættede zone.

Målingerne viser sporadisk forhøjede værdier af kalium, men der er ikke tendens til generelt forhøjet indhold af kalium. En markant undtagelse fra dette er den opstrøms boring B12 (80.417), hvor kaliumindholdet vurderes at skyldes kilder udenfor Lufthavnen.

Der sker en generel stigning i indholdet af calcium, magnesium og TOC/NVOC i flere filtre. Der er ikke tegn på generelle stigninger i andre metaller.

Da nedbrydningsproduktet fra acetat er kuldioxid, der danner kulsyre/karbonater, foreligger mulighed for dannelse af sekundær kalk (calcium-karbonat).

Beregning af kalkligevægten tyder på, at der forekommer mætning/overmætning. Dette indikerer, at der sker udfældning, idet den naturlige tilstand under en hedeslette forventes at være undermættet med kalk.

Hvis der sker udfældning af sekundær kalk, vil det være en miljømæssigt fuldt forsvarlig "bortskaffelse" af kalium.

3.1.3 Erfaringer med urea

Godkendelsen fra 1999 tillader udspredding af gennemsnitligt 8 ton urea årligt. Denne mængde bliver udspreddt på forpladsen.

Der er tale om en betydelig reduktion i forhold til tidligere, hvor al baneafisning skete med urea.

Effekten af urea er vurderet tidligere. På grund af den begrænsede mængde urea er der ikke foretaget en ny vurdering heraf.

3.1.4 Vurdering af formiat

Aarhus Lufthavn har fremsendt en anmeldelse af de formiatbaserede produkter. Det fremgår bl.a. af den miljømæssige vurdering, at iltforbruget er mindre end for acetat samt at nedbrydningen forventes at ske med mindst samme hastighed som acetat.

Da tilførslen af ilt synes at være begrænsende for nedbrydningen af acetat nær nedsivningsfaskinen (jf. ovenfor), må det forventes, at formiat her vil nedbrydes mindst ligeså hurtigt som acetat.

De forøgede mængder kalium vil forstærke de effekter, der allerede ses fra acetat.

Additiverne er vurderet af Aarhus Lufthavn i forbindelse med anmeldelsen. De er miljømæssigt et fremskridt i forhold til acetatprodukter og især additivet tolyltriazol.

Alt i alt vurderes brugen af formiatbaserede produkter at være et miljømæssigt fremskridt. Formiat vurderes at være det bedst tilgængelige middel til afisning af startbaner, idet de gennemprøvede alternativer er acetat og urea.

3.1.4 Vurdering af glykol

Forbruget af glykol er i 1999-godkendelsen angivet til 12,5 ton årligt som gennemsnit. Det hidtidige gennemsnit er dog noget højere. Nedenstående vurderinger anses dog fortsat for gældende, hvis det viser sig at forbruget er højere end 12,5 ton som årligt gennemsnit.

Glykol bruges til afisning af fly og forebyggelse af isdannelse på fly. Størstedelen forventes frigivet indenfor Lufthavnens område, enten som glykoltåge ved behandlingen af fly eller ved afdrypning under flyets start. De mest udsatte boringer forventes at være ved forpladsen og under udsprøjtningssområdet (da vandet fra forpladsen opsamles).

Glykol angives at nedbrydes hurtigt under aerobe forhold til kuldioxid og vand. Detektionsgrænsen for glykol er høj, da glykol er blandbart med vand.

Kontrol med glykol vurderes bedst at kunne ske inddirekte ved måling af NVOC/TOC og ilt.

De mest udsatte boringer vurderes at være ved forpladsen og under udsprøjtningssområdet.

Boring B10 (80.464) ved forpladsen har et generelt reduceret iltindhold til 1-3 mg/l, og TOC stiger.

Der er et let reduceret indhold under udsprøjtningssområdet, hvor årsagen også vurderes at være urea.

3.1.5 Måling af den hydrauliske ledningsevne -1

Der er i godkendelsen af 15. oktober 1999 stillet vilkår om, at den hydrauliske ledningsevne skal måles inden en fastsat dato. Målingen er udskudt efter ansøgning fra Aarhus Lufthavn.

Vilkåret var begrundet i, at de eksisterende borer er placeret omkring 100 meter fra startbanen. Det vurderes, at der ikke er sikkerhed for, at borerne giver et retvisende billede af grundvandet. Det ændrede indhold af især calcium sammen med påvisningen af triazoler i borerne langs startbanen dokumenterer, at der sker en vis påvirkning af borerne.

Formålet med målingen af den hydrauliske ledningsevne er at fastslå grundvandsstrømmen gennem de forskellige filtre, således at stoftransporten i grundvandet kan beregnes. Det bemærkes, at det ikke er hensigten, at det skal udarbejdes en egentlig grundvandsmodel.

Når stoftransporten er kendt, kan der udarbejdes en massebalance ud fra forbruget af afslingsmidler. Balancen vil give et indtryk af, om de eksisterende borer giver et retvisende billede af grundvandet.

Dette kan illustreres ved de observerede stigninger i flere filtre, som er omkring 20-25 mg/l for calcium og 1 mg/l for magnesium. Stigningen modsvarer ionbytning af 40-45 mg/l kalium. Kaliumtransporten kan skønnes under forudsætning af, at alt grundvandet løber i de lag, hvor der er sket en stigning, at grundvandsoplandet er 200 ha, at grundvandsdannelsen er 150 mm/år. Den skønnede kaliumtransport er 12-15 ton/år eller ca. 15 % af det nedsivede kalium. Skønnet er for højt, hvis der er en betydende grundvandsstrøm i de lag, hvor der ikke er iagttaget en påvirkning.

Der er foretaget en ny vurdering af behovet for at måle den hydrauliske ledningsevne. Vurderingen bygger primært på information fra grundvandsprøverne. I kraft af den længere periode og at der er målt for alle almindeligt forekommende stoffer ("boringskontrol"), har kontrolprogrammet givet væsentlig information om, hvilke dele af grundvandsmagasinet, der er mest berørt af nedsivningen.

De mest relevante dele af magasinet er de øverste dele af grundvandet i området ved startbanen, som er åbenlyst påvirket.

De dybe dele af magasinet synes ikke at være berørt i større omfang, men tidsserien er for kort til sikre konklusioner.

Den opstrøms boring B12 (80.417) indtager en særstilling, idet vandkvaliteten afviger betydeligt fra de øvrige borer i hele boringens dybde. Forskellen tilskrives, at den repræsenterer kilder udenfor Lufthavnens område. Så længe den anderledes vandkvalitet ikke er "brudt igennem" til de øvrige borer, er der ikke behov for at fastlægge den hydrauliske ledningsevne. Når/hvis der kommer gennembrud, vil det være rimeligt at vurdere behovet for at måle den hydrauliske ledningsevne i denne boring.

3.1.6 Måling af den hydrauliske ledningsevne -2

Der er ikke stillet vilkår om en bestemt målemetode. Da den hydrauliske

ledningsevne kan måles på flere måder, er der givet eksempler på hvilke metoder, der vil opfylde vilkåret.

Målingen af den hydrauliske ledningsevne forudsættes udført som en måling på det enkelte filter, således at der kun måles i boringens umiddelbare nærhed. Det er ikke forudsat, at den hydrauliske permeabilitet måles mellem flere boringer eller filtre.

Den forudsatte måling kan eksempelvis udføres under (forlænget?) renpumpning i forbindelse med prøvetagning. Beregning af den hydrauliske ledningsevne kan ske ud fra afsenkning eller genopfyldning.

Det kan være hensigtsmæssigt at logge i de øvrige filtre for at kontrollere, om boringen er tæt.

Det vil ikke være relevant at måle på filtre, der står i ler, idet vandstrømmen i disse filtre vil være begrænset.

3.1.7 Prøvehyppighed

De hidtidige kontrolprogrammer har stillet vilkår om op til 4 prøver årligt i de øverste dele af grundvandet. Det seneste program har haft vilkår om 2 årlige prøver i det øverste grundvand og 1 i det dybe.

De udtagne prøver viser en tydelig variation over året, samt at grundvandet helt eller delvist restitueres inden den næste afisningssæson.

Erfaringerne med acetat viser, at der kun lejlighedsvist kan påvises acetat. Dette billede forventes uændret med de nye formiat-produkter, idet nedbrydningen af formiat (i følge litteraturen) sker mindst lige så hurtigt.

Det vurderes på den baggrund, at 1 årlig prøve er tilstrækkelig, hvis den dokumenterer, at grundvandet er "klart" til en ny afisningssæson. *gør den ikke*

De dybere dele af grundvandsmagasinet er tilsyneladende ikke berørt væsentligt. De tidlige analyser for nedbrydningsprodukter fra urea viser dog, at de dybe dele af magasinet kan påvirkes.

Det er imidlertid først med analyseprogrammet fra 1999, at der skaffes sikker viden om forholdene. Det vurderes, at perioden fra 1999 er for kort til sikre konklusioner om ændret vandkvalitet. Imidlertid synes det sikkert, at eventuelle ændringer sker med en periode, der er længere end 1 år. Det indikeres tillige af den relativt stabile vandkvalitet fra Aarhus Lufthavns vandværk.

Det vil derfor være tilstrækkeligt med prøvetagning hvert andet år i de dybe dele af grundvandet.

3.1.8 Analyseprogram

På grund af nedsivningen fra Lufthavnen kan vandkvaliteten ikke anses for repræsentativ udenfor startbanens nærmeste omgivelser. Den generelle vandkvalitet i området repræsenteres bedre af vandværkets analyseprogram, der følger drikkevandsbekendtgørelsens almindelige regler.

Det nye analyseprogram omfatter ikke organiske syrer (formiat/acetat) i de ordinære analyser. Det skyldes dels, at der kun sporadisk har kunnet konstateres organiske syrer i eller lige efter afisningssæsonen, dels at det nye program sigter mod at kontrollere grundvandet før den nye sæson.

Det hidtidige, det ansøgte og det nye kontrolprogram fremgår af nedenstående tabel. Det skal dog tilføjes, at det hidtidige program omfatter 1-2 årlige prøver, det ansøgte program omfatter 0-1-2 årlige prøver, mens det nye omfatter ½-1 årlige prøver.

Det nye kontrolprogram skal således dels kontrollere, om grundvandet er "klart" til en ny sæson, dels følge produkterne af nedsivningen. Produkterne er kalium og dets ionbytningsprodukter samt bikarbonat (CO₂/kulsyre).

Bikarbonat er i sig selv miljømæssigt uskadeligt, men indgår bl.a. i kalkligevægten. Bikarbonat kan derfor være central for at følge udviklingen.

	Kontrolprogram			
	Hidtidigt	Ansøgt	Nyt	"Boringskontrol"
Prøver per år	1-2	0-2	½-1	-
Ilt	✓	✓	✓	✓
pH	✓	✓	✓	✓
ledningsevne (elektrisk)	✓	✓	✓	✓
permanganattal	✓	✓		
NVOC/TOC	✓	✓	✓	✓
flygtige organiske syrer	✓	✓		
nitrit	✓		✓	✓
nitrat	✓		✓	✓
ammonium	✓		✓	✓
fosfor - total	✓		✓	✓
natrium	✓	✓	✓	✓
kalium	✓	✓	✓	✓
calcium	✓	✓	✓	✓
magnesium	✓	✓	✓	✓
mangan	✓		✓	✓
jern	✓		✓	✓
chlorid	✓		✓	✓
bicarbonat	✓		✓	✓
sulfat	✓		✓	✓
tolyltriazol	✓	✓	i udvalgte boringer	
benzoetriazol	✓	✓		
5,6-dimethyl-1H-benzo-triazol	✓			

Note: Kolonnen "boring" angiver de parametre, der indgår i en standardboringskontrol på vandværker

Der er hidtil ikke konstateret en stigning i indholdet af kalium. Dette kan skyldes flere forhold, men ionbytning til calcium forekommer at være årsagen.

Da der er en ukendt, men endelig pulje af calcium, vil puljen på sigt blive opbrugt. Der vil senest på dette tidspunkt optræde andre reaktioner. Dette kan allerede iagttages i den opstrøms boring B12 (80.417), hvor kaliumindholdet er forhøjet (som nævnt skyldes dette kilder udenfor Lufthavnen).

Det er derfor væsentligt, at analyseprogrammet også fremover giver en dækkende beskrivelse af vandkvaliteten.

Det er endvidere vigtigt, at der er kontinuitet i analyseprogrammet. Tolkningen af de allerede eksisterende analyser hæmmes af, at tidligere kontrolprogrammer bryder kontinuiteten i analysen af de fleste stoffer.

Der er derfor fastsat et program, der stort set svarer til den almindelige boringskontrol på vandværker. Ændringerne i forhold til tidligere består primært i, at der ikke analyseres for formiat/acetat samt at antallet af prøver nedsættes.

Udover de direkte målte stoffer er der en række afledte egenskaber og indices, som kan beskrive vandkvaliteten bedre end stofferne hver for sig, jf. nedenfor.

3.1.9 Afledte egenskaber i grundvandet

Ud fra de analyserede stoffer kan en række afledte egenskaber/indices beregnes. Disse kan afspejle kemiske sammenhænge, ligevægte bedre end indholdet af det enkelte stof.

Partialtrykket af CO₂

Partialtrykket beregnes ud fra bikarbonatindholdet og pH. Partialtrykket i grundvand er normalt lidt højere end atmosfærens (36 Pa) på grund af nedbrydning af organisk stof (TOC).

Forhøjet partialtryk herudover vil være en indikator for påvirkning.

De hidtidige målinger er forstyrret af, at pH driver mellem felten og laboratoriet.

Kalkligevægt

Ligevægten beregnes ud fra calcium, bikarbonat og pH.

De hidtidige målinger tyder på udfældning af kalk, men beregningen forstyrres af, at pH driver mellem felten og laboratoriet.

Udfældning af kalk er vigtig i forbindelse med en eventuel massebalance.

Forvittringsindekset

Indekset beregnes ud fra calcium, magnesium og bikarbonat (men ikke pH).

Indekset er robust overfor nedbrydning af acetat/formiat, så længe kalium ionbytter til calcium eller magnesium. Forskydning i indeks kan være et tegn på, at calciumpuljen er ved at være brugt op.

Natrium-chlorid-forholdet

Under normale omstændigheder forekommer natrium og chlorid næsten støkiometrisk, selv hvis natriumchloridindholdet varierer betydeligt.

Forskydning i forholdet kan være en indikation af, at kalium ionbytter til natrium.

Kvælstofforbindelser, sulfat, mangan og jern

Forholdet mellem nitrat, nitrit og ammonium er følsomt for redoxforholdene. Tilsvarende påvirkes indholdet af jern, mangan og sulfat af redoxforholdene.

Stofferne indgår i vurderingen af, om anaerobe/reducerede forhold skyldes nedbrydning af acetat/formiat eller forholdene er naturlige.

3.1.10 Analyser for triazoler

Der er stillet vilkår om måling for triazoler i det område, hvor der er påvist triazoler mere end som enkeltstående målinger. Målingerne foregår ved opsamlingsbassinet, udspretningsområdet samt forpladsen, hvor glykol er den primære kilde. Der skal tillige måles ved faskinen ved startbanen.

Der er lejlighedsvist påvist lave indhold af triazoler øverst i de øvrige borer langs startbanen. Det vurderes, at indholdet skyldes enkeltstående leverance(r) af acetat tilsat tolyltriazol. Forholdene langs startbanen følges i øvrigt i boring B11 (80.465).

Nedbrydningsproduktet 5,6-dimethyl-1H-benzo-triazol udgår af programmet, idet det kun er påvist i boringen ved opsamlingsbassinet og i lave koncentrationer i forhold til de andre triazoler.

3.1.11 Fornyet analyse

I godkendelsen af 15. oktober 1999 blev der stillet vilkår om, at der skulle foretages en fornyet analyse (eller om nødvendigt en ny prøve), hvis en nærmere fastsat grænse for en række stoffer blev overskredet i det øverste grundvand langs startbanen.

Princippet om fornyet analyse er bevaret, men "automatikken" er afløst af en tilkendegivelse om, at når de fastsatte grænser overskrides, kan der påregnes krav om en ny analyse. Dette anses for acceptabelt, idet de seneste prøver viser mindre variationen end tidligere.

Formålet med vilkåret er at sikre, at prøver med usædvanligt høje indhold bliver dobbelt-bestemt. Derved kan prøverne enten kategoriseres som fejlbehæftede eller - i kraft af dobbeltbestemmelsen - give en høj grad af sikkerhed for, at de faktisk afspejler grundvandskvaliteten.

Grænserne i vilkår O7 afspejler derfor værdier, der umiddelbart forekommer urimelige i forhold til det nuværende niveau. Grænserne er fortsat ikke udtryk for, hvad der kan anses for acceptabelt indhold i grundvandet.

Grænserne er justeret, således at de hidtil målte indhold ligger under grænserne. Justeringen skal tillige ses i lyset af, at der hidtil ikke er konstateret uacceptable effekter.

Grænsen for fornyet analyse for triazoler er fjernet. Den oprindelige begrundelse var, at der var behov for stor dobbeltanalyse ved fund, for at undgå "falsk positive" prøver. Da det anses for sikkert, at der er påvist triazoler langs startbanen, er der ikke behov for dobbeltanalyse. Det bemærkes i øvrigt, at analyse for triazoler ikke indgår i de regelmæssige analyser fra startbanen, men alene i de glykol-påvirkede områder.

3.2 HOVEDHENSYN VED MEDDELELSE AF GODKENDELSEN

Århus Amt vurderer, at Lufthavnen med formiat anvender et af de mest skånsomme afisningsmidler på markedet.

Det nye kontrolprogram indebærer en reduktion i forhold til det tidlige program, primært i kraft af, at prøvehyppigheden er nedsat. Den reducerede hyppighed med en årlig prøve fra de øverste dele af grundvandet og en prøve hvert andet år i de dybe dele anses for at være tilstrækkelig til at dokumentere langtidseffekter i grundvandsmagasinet.

De hidtidige kontrolprogram har dokumenteret, at der er korttidseffekter som f.eks. reduceret iltindhold og lejlighedsvist tilstedeværelse af acetat. Det anses for dokumenteret, at acetat og formiat nedbrydes. Der sker tillige en restituering af grundvandets indhold af ilt henover foråret og sommeren.

Det vurderes på baggrund af kontrolprogrammet, at det ikke er nødvendigt at følge disse korttidseffekter.

De dybe borerer langs startbanen står relativt langt fra nedsivningen. Da grundvandet strømmer delvist parallelt med startbanen, er det derfor usikkert om borerne giver et retvisende billede af grundvandsmagasinet. I godkendelsen fra 1999 er der vilkår om kortlægning af grundvandsmagasinet's hydrauliske egenskaber, således at stoftransporten vil kunne beregnes. Derved kan det vurderes, om borerne står rigtigt.

Kravet om kortlægning af den hydrauliske ledningsevne er opretholdt, idet det fortsat ikke er muligt at vurdere borerne's placering i forhold til nedsivningen. Omfanget er imidlertid reduceret til det øverste dele af grundvandet langs startbanen. De dybe dele af magasinet udelades indtil videre, da analyseprogrammet efter 1999 tyder på, at de dybe dele af magasinet ikke er væsentligt berørt af nedsivningen.

Der opretholdes et analyseprogram svarende til boringskontrol, dels for beskrivelse af vandkvaliteten, dels af hensyn til kontinuiteten. Det hidtidige program med "boringskontrol" har givet væsentlig information om magasinet's tilstand, som ikke har været kendt med sikkerhed tidligere. Dette har blandt andet dannet grundlag for, at antallet af prøver kan reduceres.

Det vurderes at være nødvendigt med kontinuitet i analyseprogrammet, idet der kun er ca. 3 års "historie" med en stor del af de analyserede stoffer. Dette er ikke tilstrækkeligt til at vurdere langtidseffekt, i særdeleshed ikke i de dybe dele af magasinet.

DEL 4:

4.1 KLAGE OVER MILJØGODKENDELSEN

Miljøgodkendelsen kan påklages til Miljøstyrelsen af

- ansøgeren
- enhver, der har en individuel, væsentlig interesse i sagens udfald
- kommunalbestyrelsen
- embedslægeinstitutionen
- landsdækkende foreninger og organisationer i det omfang, de har klageret over den konkrete afgørelse, jf. miljøbeskyttelseslovens §§ 99 og 100
- lokale foreninger og organisationer, der har beskyttelse af natur og miljø eller rekreative interesser som formål, og som har meddelt amtsrådet, at de ønsker underretning om afgørelsen

Skriftlig klage og klagefrist

En eventuel klage skal være **skriftlig** og sendes til Århus Amt, Natur- og Miljøkontoret. Klagen skal senest være modtaget i kontorets ekspeditionstid den dag, hvor klagefristen udløber. Adresse, dato for klagefristens udløb og ekspeditionstid fremgår af forsiden.

Vi sender derefter klagen videre til Miljøstyrelsen sammen med det materiale, der er anvendt ved behandlingen af sagen.

De vil straks få besked, hvis vi modtager en klage. Tilsvarende vil De straks efter klagefristens udløb få besked, hvis vi ikke har modtaget nogle klager.

Betingelser, mens en klage behandles

De vil kunne udnytte miljøgodkendelsen i den tid, Miljøstyrelsen behandler en eventuel klage, medmindre Miljøstyrelsen bestemmer andet. Forudsætningen for det er, at De opfylder de vilkår, der er stillet i godkendelsen. Dette indebærer dog ingen begrænsning for Miljøstyrelsens adgang til at ændre eller ophæve godkendelsen.

4.2 SØGSMÅL

Et eventuelt søgsmål i forhold til miljøgodkendelsen skal anlægges ved domstolene inden 6 måneder fra offentliggørelsen.

Søgsmålsfristen er anført på forsiden.

Betingelser, mens en klage behandles

De vil kunne udnytte **miljøgodkendelsen** i den tid, Miljøstyrelsen behandler en eventuel klage, medmindre Miljøstyrelsen bestemmer andet. Forudsætningen for det er, at De opfylder de vilkår, der er stillet i godkendelsen. Dette indebærer dog ingen begrænsning for Miljøstyrelsens adgang til at ændre eller ophæve godkendelsen.

4.3 UNDERRETNING OM AFGØRELSEN

Følgende er underrettet om afgørelsen:

Virksomheden, Aarhus Lufthavn, Stabrandvej 24, 8560 Kolind
Teknisk Forvaltning i Midtdjurs Kommune

Godkendelsen kan endvidere ses på Århus Amts hjemmeside: www.aaa.dk/nm

LISTE OVER SAGENS AKTER

J.nr. 8-76-1-721-2-01

arkiv nr

- 53 Overvågning af grundvand 2001, Aarhus Lufthavn/Rambøll
dateret 12. november 2001
- 52 Accept af formiatbaseret middel til baneafisning, Århus Amt,
dateret 7. november 2001
- 48 Kvittering for modtagelse af ansøgning om revision af kontrolprogrammet,
Århus Amt, dateret 22. oktober 2001
- 47 Vurdering af nyt formiatbaseret afisningsmiddel mm., Århus Amt,
dateret 18. oktober 2001.
- 45 Overvågning af grundvand og overfladevand, 2. halvår 2001,
Aarhus Lufthavn/Rambøll, 11. oktober 2001.
- 34 Overvågning af grundvand og overfladevand, 1. halvår 2001,
Aarhus Lufthavn/Rambøll, dateret 15. juni 2001
- 6 Kvittering for modtagelse af ansøgning om revision af vilkår O2,
Århus Amt, dateret 16. januar 2001
- 2 Ansøgning om revision af vilkår O2, Aarhus Lufthavn,
dateret 10. januar 2001.

TEKNISK NOTAT

AARHUS LUFTHAVN BAGGRUND FOR FASTSÆTTELSE AF NYT KONTROLPROGRAM

1 INDLEDNING

Formålet med nærværende notat er at danne baggrund for fastsættelse af et nyt kontrolprogram for Lufthavnen.

Som en del af baggrunden, er de foreliggende vandanalyser fra Aarhus Lufthavn gennemgået og kontrolleret. Genengangen omfatter også de analyser, der er foretaget inden Aarhus Lufthavn overtog driften.

Kvalitetskontrollen har vist, at der formentlig er foretaget en forbytning af analyser mellem nogle af borerne langs startbanen (før Aarhus Lufthavn overtog driften).

Udvalgte analyser er derefter vurderet i forhold til en række aspekter, der er relevante i forhold til vurdering af analysernes kvalitet (dog udelukkende forhold i felten).

Endelig er det vurderet, hvilke effekter, der kan iagttages i grundvandet.

2 FORMÅL

Formålet med at gennemgå de foreliggende målinger er at vurdere, om grundvandskvaliteten kan overvåges med det nuværende program samt om det ansøgte program giver en tilfredsstillende overvågning.

Det vil sige, at det både vurderes, om det nuværende kontrolprogram er for 'lille' eller for 'stort'.

Det er desuden formålet at revurdere behovet for måling af de hydrauliske egenskaber (permeabiliteten), herunder om det er nødvendigt at måle permeabiliteten i alle borer og filtre.

3 ANSØGNING OM REVISION AF KONTROLPROGRAM

Rambøll har på vegne af Aarhus Lufthavn søgt om en ændring af det løbende kontrolprogram, dateret 11. oktober 2001. Aarhus Lufthavn har desuden søgt vilkåret om hydraulisk kortlægning ophævet, dateret 10. januar 2001.

3.1 DET LØBENDE KONTROLPROGRAM

Det løbende kontrolprogram er fastsat i godkendelsen af 15. oktober 1999, vilkår O1. Der er fastsat 2 prøverunder årligt, der analyseres i henhold til nedenstående program.

LØBENDE KONTROLPROGRAM

	Kontrolprogram		
	Gældende	Ansøgt	Nyt
Prøver per år	1-2	0-2	½-1
Ilt	✓	✓	✓
pH	✓	✓	✓
ledningsevne (elektrisk)	✓	✓	✓
permanganattal	✓	✓	
NVOC/TOC	✓	✓	✓
flygtige organiske syrer	✓	✓	
nitrit	✓		✓
nitrat	✓		✓
ammonium	✓		✓
fosfor - total	✓		✓
natrium	✓	✓	✓
kalium	✓	✓	✓
calcium	✓	✓	✓
magnesium	✓	✓	✓
mangan	✓		✓
jern	✓		✓
chlorid	✓		✓
bicarbonat	✓		✓
sulfat	✓		✓
tolyltriazol	✓	✓	i udvalgte boringer
benzoetriazol	✓	✓	
tolyltriazol's øvrige xx nedbrydningsprodukter (xylyltriazol + ???)	✓		

3.2 KORTLÆGNING AF TUNGMETALLER

Der er desuden stillet vilkår om "kortlægning" (dvs. 1 prøverunde i alt) af en række metaller i grundvandet: zink, aluminium, barium, nikkel og krom.

Der er ikke ansøgt om ændring af denne "kortlægning".

Kortlægningen er begrundet i behovet for at kende den "uberørte" tilstand med hensyn til tungmetaller. Uberørt er i denne sammenhæng grundvandskvaliteten tilstanden på godkendelsestidspunktet, dvs. før effekten af kaliums ionbytning eventuelt slår igennem.

4 METODE

De foreliggende vandanalyser udgør en ret stor datamængde på knap 1000 vandprøver og knap 10.000 analyseresultater.

Det er derfor væsentligt at udvælge en del-mængde, som kan belyse de relevante aspekter i forhold til formålet med gennemgangen. Det er tillige væsentligt, at den udvalgte datamængde bliver så lille som muligt.

I det følgende bruges begrebet "model" som en beskrivelse af, hvorfor et bestemt udvalg af data vælges for at få "svar" på et givet "spørgsmål". Det ligger i "modellen", at der typisk udvælges data, hvor den undersøgte effekt forventes at slå maksimalt igennem.

I kraft af, at det er hensigten at gennemgå en lang række aspekter, bliver en stor del af den foreliggende datamængde lagt til grund, blot ikke på én gang.

5 KVALITETSSIKRING AF EKSISTERENDE VANDANALYSER

De eksisterende vandanalyser er gennemgået, primært for at sikre, at tidsserierne "ser fornuftige ud". Der er korrigeret i en række tilfælde, hvor der er tegn på fejl i enheden (typisk en faktor 1000).

Stærkt afvigende målinger er desuden holdt op mod vandprøvens øvrige parametre og det er vurderet, om der er tale om en afvigende vandkvalitet eller egentlige fejl.

Eksempelvis er der målt meget høje nitritindhold. Imidlertid afvigerer summen af kvælstof ikke væsentligt fra andre prøver fra samme boring og disse resultater anses for korrekte.

5.1 FLYTNING AF ANALYSER FRA EN BORING TIL EN ANDEN

Der har været rejst tvivl om boringsidentifikationen, primært for de "nye" boringer langs hovedstartbanen. Det lokale boringsnummer starter i øst med B2 og slutter med B5, mens DGU-nummeret starter i vest med 80.344 og slutter i øst med 80.347. I mellem står boringerne 80.346 og 80.345.

Vandanalyserne fra disse boringer viser i 1997 et synkront "spring" gennem hele vandsøjlen, som ikke kan begrundes i alle filtre på én gang. Tidsmæssigt falder springet nogenlunde sammen med mærkning af boringerne. Springet ses tydeligt for bl.a. calcium, magnesium og elektrisk ledningsevne.

Til brug for denne gennemgang er der flyttet analyser fra den vestligste boring 80.344 til den østligste boring 80.347 og tilsvarende for de 2 mellemste boringer med skæringsdato 1. juli 1997. Herved fremkommer der tidsserier, hvor der ikke indeholder uforklarlige spring.

Boringsidentifikationen "spejlvendes" således omkring midten af banen og således at den nye identifikation anses for at være korrekt.

I det følgende lægges 9000 til DGU-nummeret for de spejlvendte data for at sondre til den nuværende mærkning.

De "spejlvendte" boringer hedder hhv 80.9344, 80.9345, 80.9346 og 80.9347.

Der har tidligere været en omvendt nummerering af filtrene, således at de øverste havde nr. 1. Der er sket omflytning i Gruvis. Vandanalyserne er set igennem for ombyttede filtre, men der er ikke tegn på systematiske ombytninger.

5.2 PRØVETAGNING

Det er væsentligt, at vandprøverne udtages på en måde, så prøverne afspejler den faktiske kvalitet i magasinet.

Der er en række fejlmuligheder ligesom der kan være behov for at prøvetagningen sker forskelligt for de enkelte boringer. Eksempelvis vil utilstrækkelig renpumning medføre, at prøven indeholder vand, der har stået inde i boringen.

Dette vil være mest udtalt ved dybe filtre, hvor vandkvaliteten samtidig må forventes at være mest stabil.

Model

Kvaliteten af prøvetagningen kontrolleres ved at sammenstille prøver fra Lufthavnens vandværk med prøver fra dybe filtre, idet det stadige 'træk' på vandværksboringerne sikrer god kontakt til grundvandet.

Der er valgt natrium, der er et naturligt forekommende stof med indhold langt over detektionsgrænsen. Natrium-indholdet er desuden relativt robust overfor såvel redox-forhold, ionbytning og uafhængig af eventuel kalk-udfældning.

Klorid er formentlig en bedre parameter, men der er for få analyser.

Vurdering

Natriumindholdet i vandværksvandet er 5-12 mg/l.

Indholdet i de dybe filtre langs hovedbanen ligger rimeligt stabilt indenfor dette interval jf. figur 5.1 "Prøvetagning".

Den opstrøms boring 80.417 afviger, men dette tilskrives denne borings vandkemi,

Alt i alt er forekommer prøvetagningen at være i orden.

5.3 BORINGS LÆKAGE

Den generelle grundvandsovervågning har haft problemer med utætte boringer, der i høj grad er knyttet til PVC-forerør og magasiner med indbyrdes trykforskelle /Århus Amt, 2000/. Lækagen medfører strømning mellem magasinerne via forerøret, således at vandkvaliteten ændres i nærområdet omkring boringen. Lækagen vil normalt være uden betydning under renpumning og prøvetagning.

Under Aarhus Lufthavn er der kun et magasin, selvom lerlinser lokalt kan hindre/begrænse lodret

strømning. Pejlinger viser, at der er ingen eller små trykforskelle mellem filtrene i den samme boring.

På Aarhus Lufthavn vil lækage kunne forekomme som lodret strømning i borehullet *udenfor* forerøret, hvis tilbagefyldningen ikke er tilstrækkeligt tæt. Eksempelvis er boring 80.318 udført med en Ø 500 boring, der er afsluttet med 4 stk. Ø125 rør øverst. Borehullets areal er 0,196 m², hvoraf de 4 forerør tilsammen fylder ¼ (0,049 m²). Dybere nede er der færre forerør, og lækagen vil derfor kunne være større her.

Model

Lodret lækage vil primært give problemer, hvis det sker under renpumpning og prøvetagning.

Det vil formentlig måske kunne have betydning i de tilfælde, hvor en lerlinse er gennemboret eller hvor der er filtersat i ler.

Ud fra disse kriterier vælges:

Boring 80.417

det dybeste filter (nr. 1) er sat i ler og sammenstilles med nr. 2.

Der vælges natrium af de grunde, der er anført i afsnittet "Prøvetagning".

Boring 80.344, 80.345 og 80.347

det øverste filter (nr. 4) er sat umiddelbart over lerlinse i formodet oxideret zone og sammenstilles med nr. 3, der er sat i formodet reduceret zone.

Der vælges total kvælstof, da der tidligere er nedsivet kvælstof lokalt. Der kan forekomme relativt store forskelle over og under en lerlinse.

Der er en række parametre, der formentlig er bedre end totalkvælstof, men hvor der foreligger for få resultater. Det er f.eks. ilt, partialtryk af CO₂ og nøgletal afledt af kalium's ionbytning.

Vurdering

Vandkvaliteten i boring 80.417's 2 dybeste filtre følges stort set ad, men de indbyrdes variationer er næsten ligeså store som mellem filter 3 og filter 2.

Indholdet af kvælstof i i boring 80.344, 80.345 og 80.347 i filtrene over hhv. under lerlinserne svinger, således at indholdet nogle gange er størst over lerlinsen, andre gange størst under lerlinsen. Svingningerne er tilsyneladende uafhængige, jf. figur 5.2 "Tæthed".

Der er således ikke tegn på lækage.

6 DYNAMIK

I forhold til kontrolprogrammet har dynamikken i vandkemien betydning. På den ene side kan det være væsentligt at følge samtlige ændringer over tid, hvilket kan betyde mange årlige prøver. Omvendt bør der ikke være flere prøver end nødvendigt, hvilket vil være tilfældet ved langsomme variationer i vandkemien.

Erfaringerne fra det hidtidige kontrolprogram søges inddraget på 2 måder:

Er det tilstrækkeligt med færre prøver end dem, der faktisk blev udtaget?
Er der sikkerhed for, at der ikke er udtaget for få prøver hidtil?

6.1 PRØVEHYPPIGHED

Gennem tiden er der (årligt) udtaget 4 prøver, 2 prøver og for tiden 1 årlig prøve i de dybe filtre.

Formålet med mere end 1 årlig prøve er primært opnå en vis sikkerhed for, at vandkvaliteten ikke er "værre" end det, som prøverne viser.

Model

Der vælges filtre med formodet stor dynamik i vandskifte og vandkvalitet, dvs filtrene i det øverste grundvand. Nogle af filtrene er særligt interessante:

boring 80.464 og 80.465, som står nær startbanen.

boring 80.347, hvor filter nr. 4 sat umiddelbart over lerlinse.

boring 80.348, som står ved opsamlingsbassinet.

boring 80.350, 80.351 og 80.463, som står i nedsivningsområdet.

boring 80.417, som står nær Stabrandvej (vandkvaliteten afspejler ikke Lufthavnen, men vælges på grund af nærhed til andre kilder).

Variationen belyses med iltindholdet, da nedbrydningen af acetat/glykol forbruger ilt. Det forventede forløb over året er lave værdier som følge af nedsivning fulgt af stigende indhold fra løbende tilførsel af ilt.

Partialtrykket af CO₂ er formentlig velegnet, men forudsætter, at bikarbonat er målt og at felt-pH er kendt. Partialtrykket af CO₂ fravælges på grund af for få målinger af bikarbonat.

Vurdering

Iltindholdet i de nævnte filtre er gennemgået. Boring 80.465 er valgt til nærmere gennemgang, da boringen viser store og harmoniske svingninger.

Kurven over tidsserien varierer mellem 1 og 10 mg/l og med regelmæssige svingninger.

Isoleres de efterårsprøverne (udtaget august-oktober), bevares stort set de højeste målte indhold, jf. figur 6.1 "Variation". Efterårsmålingerne er således et udtryk for, om grundvandet er restitueret og 'klar' til en ny sæson.

6.2 FORTYNDING

Antallet af prøver bør være tilstrækkeligt stort til at sikre, at nedsivet forurening indgår i prøven inden grundvandsstrømmen har forskudt forureningen væk fra boringens nærhed.

Model

Den ideelle måling er lokal nedsivning af et ikke-nedbrydeligt stof, der ikke ionnytter (neutralt eller anionisk) og ikke adsorberes i magasinet.

Dette anses for at være rimeligt repræsenteret ved total-kvælstof i det øverste grundvand langs startbanen. I dette område er der ikke sket nedsivning af urea efter overgang til acetat ca. 1993. Derimod har urea været anvendt senere på forpladsen, dvs. boringerne på udspretningsområdet kan være påvirket med urea helt op til nu.

I perioden 1990 og frem findes kvælstoffet overvejende som nitrat. Det vil sige, at kvælstoffet er rimeligt inert og der sker ikke ionbytning.

Vurdering

Halveringstiden for kvælstof anvendes som mål for fortyndingen. Halveringstiden er beregnet for periode I (1987-1992) og periode II (1994 og frem). Der er ikke analyseret for kvælstofforbindelser i perioden 1992-94.

Halveringstiden $T_{1/2}$ for kvælstof-fortynding

Boring	80.318		80.9344		80.9345		80.9346		80.9347		80.465
Filter	øverst (4)		øverst (4)		øverst (4)		øverst (4)		øverst (4)		øverst (1)
Periode	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	II
$T_{1/2}$	(63)	+	+	4,2	+	6,2	1,6	2,4	+	5,0	18

Enheden for halveringstiden er år.

Boringsnummrene 80.9344 til 80.9347 er de ombyttede vandprøver, jf. afsnit 5.1 om flytning af vandanalyser.

Den beregnede halveringstid er ca. 1½-20 år med en typisk værdi på 5 år.

I en række tilfælde filtre er indholdet af kvælstof steget (mærket med +) frem til 1992. De stigende værdier er ikke relevante i forhold til beregning af halveringstiden og indgår derfor ikke i beregningen.

Boring 80.318 adskiller sig fra de øvrige boringer ved at have haft faldende indhold frem til 1992, fulgt af stigende indhold frem til nu. Forløbet kan ikke umiddelbart forklares, men kan næppe skyldes dårligt vandskifte, idet boringen er filtersat i grus (de øvrige er filtersatte i sand/groft sand, der formodes at være mindre permeable).

Den beregnede halveringstid på 63 år for perioden 1987-92 anses derfor for utroværdig, da boringen kan være påvirket af den stigning, der indtræder fra 1994.

Alt i alt sker fortyndingen så langsomt, at der ikke er risiko for at "overse" noget med en prøvehyppighed på 1-2 per år i det øvertse grundvand.

6.3 UDBREDELSE AF ILT

Ilt forbruges under nedbrydning af alle de hidtidige afisningsmidler til bane og fly, dvs. urea, acetat, formiat samt glykol. I det omfang, ilten er brugt op, vil nitrat og muligvis sulfat kunne virke som oxidationsmidler, men med (stærkt?) reduceret nedbrydningshastighed.

Alt andet lige er forbruget til baneafisning konstant, dvs. iltbehovet afhænger af produktet. Formiat har det lavest specifikke iltforbrug blandt de hidtidige produkter til baneafisning.

Ilt forbruges tillige til nedbrydning af de organiske additiver i afisningsmidlerne. På grund af additivernes begrænsede mængde er iltforbruget hertil ubetydligt. Imidlertid må det antages, at den mikrobielle nedbrydning sker "i prioriteret rækkefølge" med de relativt enkle stoffer som formiat/acetat/glykol først.

I det omfang, additiver er af stor betydning for miljøbelastningen fra afisningsmidlerne, er det væsentligt, at der er potentiale til at nedbryde additiverne også. Det vil normalt sige, at der skal være ilt tilstede.

Model

Det er vanskeligt at opstille en egentlig model til vurdering af iltforholdene. Det antages, at den mikrobielle nedbrydning skifter fra aerob til anoxisk/anaerob, hvis iltindholdet er under 2-4 mg/l.

Iltindholdet er gennemgået for den periode, hvor der er brugt acetat, dvs. fra 1999 og frem.

Da der forbruges ilt til nedbrydningen, er det ikke overraskende at iltindholdet er lavt vinter-forår. Den kritiske periode er efteråret, men der er for få data fra de egentlige efterårsmåneder. Det er derfor valgt at basere vurderingen på sommer-efterårsmålingerne.

Iltindholdet er afbildet som middel og lavest målte. Det bemærkes, at afbildningen er af det laveste målte indhold, dvs. afbildningen repræsenterer flere prøverunder. Afbildningen er foretaget for det øverste grundvand og som transsekt.

Vurdering

Forholdene ved startbanen

Iltindholdet er generelt over 2-4 mg/l i det øverste grundvand. Transsektet viser, at det nedre grundvand er reduceret, men dette er naturligt for hedesletter. Dog er iltindholdet reduceret centralt ud for startbanen.

Der forekommer dog iltindhold på 4 mg/l eller lavere centralt ud for startbanen (boring 80.345) og ved forpladsen (boring 80.464). Boring 80.465 tæt på faskinen har reduceret iltindhold, men generelt højere iltindhold end det øverste filter i 80.345.

Forholdene under udspretningsområdet

Her er generelt rimeligt høje iltindhold. Der er dog målt under 2-4 mg/l i en af borerne.

Forholdene under opsamlingsbassinet

Der er her konstateret iltindhold under detektionsgrænsen og der er tegn på nitratreduktion. Forholdene skyldes lækage fra opsamlingsbassinet. Lækage skulle være stoppet nu og forholdene forventes at blive bedre.

Indsstrømmende grundvand

Det indsstrømmende grundvand i boring 80.417 viser generelt vel-iltede forhold, men iltindhold under ca. 4 mg/l er målt.

Sammenfatning

Der er konstateret lave iltindhold (under ca. 4mg/l) ved forpladsen, medtfor startbanen og lejlighedsvist under udsprøjtningssområdet.

7 UDVIKLING I VANDKVALITETEN

Formålet med kontrolprogrammet er at følge vandkvaliteten for at kunne måle eventuelle følger af nedsivning af afisningsmiddel.

De hidtidige vandprøver er set igennem i forbindelse med kvalitetskontrol og de ovennævnte vurderinger, men der er ikke foretaget en systematisk vurdering af vandkvaliteten.

Vandprøverne gennemgås systematisk på 4 måder:

- 1): indholdet holdes op mod den vejledende grænse i drikkevand
- 2): der undersøges for en udvikling over tid,
- 3): der undersøges for store variationer over tid.
- 4): samvariation mellem parametre

Den opstrøms boring 80.417 og boringen ved opsamlingsbassinet 80.348 indgår ikke i gennemgangen, da de 2 boringer vides at afvige fra de øvrige:

Boring 80.348 står ved opsamlingsbassinet til vand fra forpladsen. Der er konstateret (og lappet) en utæthed i bassinet. Utætheden har vist sig i vandprøverne fra boringen, idet der er et forhøjet indhold af en række stoffer og iltindholdet er reduceret/væk. Boring 80.348 anses derfor ikke er generelt repræsentativ.

Boringen 80.417 er en opstrøms referenceboring, der står nær Stabrandvej. Der sker formentlig en nærmest tilnærmet lodret grundvandsstrøm, idet kanten af hedesletten går langs Stabrandvej /GEUS 1997/. Boringen er derfor påvirket af jordbrugsdriften udenfor Lufthavnen snarere end af Lufthavnens aktiviteter.

Model

Undersøgelserne bygger på statistik og kræver derfor et rimeligt stort antal antal resultater. Det begrænser parametrene til ledningsevne, pH, calcium, kalium, magnesium, natrium, fosfat samt TOC, hvor der typisk er 10 til 25 prøver per filter.

Der er 208 tidsserier med et tilstrækkeligt antal prøver.

- 1) De målte indhold sammenholdes med drikkevandsbekendtgørelsens grænser ab vandværk.
- 2 og 3) Undersøgelsen for udvikling over tid, store variationer og samvariation sker ved gennemgang af udvalgte tidsserier, der udpeges ved en statistisk analyse.

Grundlaget for udpegning af tidsserier med "udvikling over tid" og "store variationer" er den samme lineære regression, hvor parameteren antages at ændre sig lineært med tiden. Forskellen ligger i kriterierne for udpegning.

- 4) Grundlaget for udpegning af parametre med samvariationer en korrelationstest, hvor der udvælges tidsserier med korrelationskoefficient over 90 %.

7.1 VANDKVALITETEN I FORHOLD TIL DRIKKEVANDSKRAVENE

Grænserne for drikkevand gælder ikke i grundvand og dermed ikke i forhold til grundvandet under Aarhus Lufthavn. De bruges her som en målestok for "god vandkvalitet". Drikkevandskravene har tillige relevans i og med, at området er udlagt som særligt drikkevandsområde og dermed skal kunne indgå i fremtidens drikkevandsforsyning.

De parametre, der indgår her, er som nævnt ledningsevne, pH, calcium, kalium, magnesium, fosfat samt TOC. Parametrene har primært teknisk relevans og har kun begrænset hygiejnisk/sundhedsmæssig relevans.

TOC kan dog have en sundhedsmæssig betydning, afhængig af, hvad TOC "dækker" over. Under Aarhus Lufthavn er eddikesyre (fremover myresyre) den mest sandsynlige årsag til eventuelle stigninger, hvis kilden er nedsivet acetat.

De bemærkes, at nedenstående tabel ikke medtager målinger fra 80.348 og 80.417, jf. ovenfor.

Tabel 7.1 Målte indhold i forhold til drikkevandsbekendtgørelsen

	Drikkevandsbkg.		Måling			enhed
	Type	Værdi	maks	99 percentil	95 percentil	
ledningsevne	min.	≥ 30	81¹⁾	14¹⁾	18¹⁾	mS/m
pH		7-8,5	8,5	8,4	8,3	-
calcium	vejl	≤ 200	100	89	79	mg/l
kalium	maks	≤ 10	3,9	2,0	1,0	mg/l
magnesium	maks	≤ 50	9,3	7,2	6,4	mg/l
natrium	maks	175	37	13	11,5	mg/l
fosfor	maks	≤ 0,15	3,3	0,65	0,25	mg/l
TOC	maks	≤ 5 ²⁾	5,4 (52) ³⁾	4,0	2,1	mg/l

Note: 1) kravet i bekendtgørelsen er minimum. De angivne værdier er mindste målte værdi samt 1 hhv 5 percentilerne
 2) Det gældende kontrolprogram fastsætter måling af TOC. Der er tidligere målt NVOC. Sammenhørende TOC og NVOC målinger viser en rimelig korrelation, hvor TOC= 1,3*NVOOC. Grænsen er omregnet tilsvarende.
 3) den meget høje TOC værdi er målt i 80.465-1, der står lige ved startbanen. Der er samtidig målt eddikesyre. Målingen antages at være sand, men repræsenterer en ekstrem tilstand.

Som det fremgår af tabel 7.1, overholder grundvandet generelt kravene i drikkevandsbekendtgørelsen.

Fosfor

Afvigelserne er primært for fosfor, hvor der er en del overskridelser. De høje indhold (dvs. over grænseværdien) er imidlertid målt lige ved startbanen og under udspretningsområdet. Der er tillige konstateret høje værdier i borerne langs startbanen og i de dybe filtre. Der er også konstateret høje værdier et stykke nede i grundvandet i boring 80.9347, der næsten står opstrøms startbanen.

Målingerne tyder på det almindelige indhold af fosfor er 0,2-0,3 mg/l snarere end grænseværdien på 0,15 mg/l eller derunder.

TOC

De høje værdier over 5 mg/l TOC er fundet boring 80.465, der står ved startbanen. De øvrige

relativt høje værdier er fundet under udspretningsområdet.

Der er enkelte relativt høje værdier i det dybe grundvand.

De målte niveau af TOC er op til 4 mg/l (99 percentilen). Forudsættes et naturligt niveau på 1-2 mg/l, udgør stigningen højst 3 mg/l og typisk måske 1-2 mg/l. Antages dette at være eddikesyre, svarer stigningen til 2½-5 mg/l, kvantificeret som eddikesyre. Da detektionsgrænsen for eddikesyre er omkring 5 mg/l, kan det ikke forventes at blive identificeret som eddikesyre.

Ledningsevne

De målte værdier *under* den vejledende grænse er fra det dybe grundvand og kan ikke tilskrives nedsvivningen fra Lufthavnen.

7.2 UDVIKLING OVER TID

Kriteriet for valg af tidsserier med "udvikling over tid" er, at der er 95% sandsynlighed for et lineært forløb (ved Students t-test) og hvor ændringen overstiger 5% om året.

Modellen udpeger 17 tidsserier (ud af 208), som er gennemset som tidsserier.

Tabel 7.2 Filtre og parametre med signifikant forøgelse på min. 5% per år

Boring	Placering	Filter				
		4	3	2	1	
80.318	Vest for startbane			Ptot		
80.9344	Syd for startbane/vest			Na		
80.9345	Syd for startbane	Mg	ledning	ledning Ca		
80.9346	Syd for startbane	TOC		Ca		
80.9347	Syd for startbane/øst					
80.348	Ved bassin	kun filter 1 (sat højt i grundvandet i lighed, kan sammenlignes med filter 4 i de øvrige boringer)				
80.349	Udspretningsområdet					
80.350	Udspretningsområdet					ledning TOC, Ca
80.351	Udspretningsområdet					
80.463	Udspretningsområdet					TOC Ca, Mg
80.464	Ved taxivej					TOC Mg (↓)
80.465	Ved startbane/faskine					Na

(↓) angiver fald

Som det fremgår af tabel 7.1, er der primært tale om øget indhold af TOC, calcium og magnesium. Det typiske billede er mere end 10% årlig stigning i TOC og 5-10% stigning i calcium og magnesium ("den blivende hårdhed" er summen af de 2 ioner).

De fleste af ændringerne er signifikante på 95% niveau.

Stigningen i TOC er relativt udbredt i de øvre dele af grundvandet, selvom det ikke er alle filtre, der viser et en entydig sammenhæng med tiden.

7.3 STOR VARIATION

Kriteriet for "store variationer" er, at "forventet" ændring (dvs. hældningen af den bedste rette linje) på 10% per år. I udpegningen tages der tages ikke hensyn til sandsynligheden for, at der faktisk er tale om et lineært forløb (dvs. der tages ikke hensyn til spredningen omkring linjen).

Tabel 7.3 Filtre og parametre med "forventet" forøgelse på min. 10 % per år

Boring	Placering	Filter				
		4	3	2	1	
80.318	Vest for startbane					
80.9344	Syd for startbane/vest					
80.9345	Syd for startbane			Ptot		
80.9346	Syd for startbane					
80.9347	Syd for startbane/øst					
80.348	Ved bassin	kun filter 1 (sat højt i grundvandet i lighed, kan sammenlignes med filter 4 i de øvrige boringer)				
80.349	Udspretningsområdet					
80.350	Udspretningsområdet					
80.351	Udspretningsområdet					
80.463	Udspretningsområdet					
80.464	Ved taxivej					
80.465	Ved startbane/faskine					

(↓) angiver fald

Som det fremgår af tabel 7.3, er der 3 tidsserier med en "forventet" ændring på mere end 10 % per år.

Der peges på TOC og fosfor i boring 80.465, der står ved startbanen. Denne boring viser også en klar stigning i natrium, jf. afsnit 7.2.

Desuden udpeges fosfor i boring 80.9345, filter 2. Dette samme filter viser også klare stigninger i ledningsevnen og calcium, jf. afsnit 7.2.

7.3 SAMVARIATION

Der er foretaget en korrelationsanalyse for hvert filter med parametrene ledningsevne, pH, calcium, kalium, magnesium, natrium, fosfat samt TOC indbyrdes.

Der vælges kombinationer med mere end 90 % korrelation, som kan være enten positiv (samvariation) eller negativ (modfase).

Modellen peger på 13 kombinationer ud af 5040 mulige (7! kombinationer)

Samtlige kombinationer er mellem calcium, magnesium og natrium. I boring 80.9347, filter 2 er alle 3 korrelerede, i de øvrige filtre er korrelerer metallerne parvist.

Korrelationerne er overvejende knyttet til de dybe filtre, idet de 2 dybeste filtre i borerne 80.9344, 80.9345, 80.9346 og 80.9347 tegner sig for i alt 8 af de 13 kombinationer.

Det betyder, at metallerne korrelerer indbyrdes, når der er en stabil og "upåvirket" grundvandskvalitet.

Derimod synes korrelationen ikke at være tilstede i det øverste grundvand, uanset om det er påvirket fra lufthavnen eller ej. Dette ses bl.a. ved fravær af korrelation i boring 80.347 (står stort set opstrøms) og i boring 80.318 ("langt" nedstrøms).

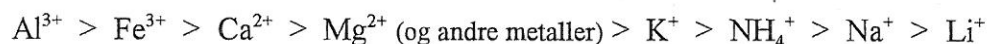
8 ALKALISYSTEMET

Den normale kontrol med grundvandet tager udgangspunkt i de målte parametre.

Imidlertid spiller metaller en særlig rolle i grundvandsmagasinet på grund af afisningsmidlets modion. De relevante metaller er alkalimetallerne natrium og kalium samt de alkaliske jordartsmetaller magnesium og calcium.

I upåvirket stand er der en stabil vandkvalitet, som dækker over ligevægt mellem metaller adsorberet på lerpartikler i grundvandsmagasinet og metaller opløst som ioner i grundvandet.

Ligevægten er blandt betinget af den metallernes relative affinitet (binding) til lerpartiklerne. Rækkefølgen er (jf. f.eks. /grundvandskontrol/):



De fleste divalente ioner har affinitet omkring magnesiums, dvs. de fleste tungemetaller vil opføre sig omtrent som magnesium.

Der ses imidlertid en øget calciumindhold i grundvandet, jf. kapitel 7.

På grund af den almene udbredelse i grundvandet af alkalimetallerne, er der en række klassiske nøgletal, der karakteriserer grundvandets egenskaber i forhold til alkalimetallerne.

De nøgletal, der er valgt her er:

vandets blivende hårdhed, der er en klassisk vandteknisk parameter,
saltbalancen, der er et mål for afvigelsen fra havsalt,
ionbytning, der påvirker fordelingen mellem alkali- og alkaliske jordarts-metaller,

Fælles for de nævnte nøgletal er, at de beregningen er enkel og at de ikke bygger på supplerende antagelser eller forudsætninger.

Nøgletallene kan øge informationsmængden fra målingerne ved at inddrage kendt viden om kemisk lighed, ligevægte mm.. Nøgletallene bruges også som vikarierende parameter for flere målte parametre, således at antallet af tolkede parametre nedbringes.

8.1 VANDETS BLIVENDE HÅRDHED

Hårdheden er normalt relevant i vandtekniske sammenhænge på grund af muligheden for udfældning af kalk i installationer.

I denne sammenhæng er der mulighed for, at hårdheden er mere indformativ end calcium og magnesium, idet hårdheden udjævner lokale forskydninger mellem de 2 metaller.

Hårdheden kan derfor bruges som fællesnævner for 'produktet' af ionbytning af kalium til andre metaller.

Hårdheden beregnes summen af calcium, magnesium og jern, men det er oftest calcium, der dominerer. Hårdheden måles i dH° (tyske hårdhedgrader), hvor 1 dH° oprindeligt defineret som 10 mg CaO per liter. Beregningsgrundlaget er ækvivalenter (ladninger), så det svarer til 7,1 mg/l for calcium, 4,3 mg/l for magnesium og 12,8 mg/l for jern.

I denne sammenhæng beregnes hårdheden ud fra calcium, magnesium og jern (II og III), når både calcium og magnesium er målt. Jern indgår i summen, når det er målt.

Vandet betegnes "meget blødt" under 4 dH°, "blødt" op til 8 dH°, "middelhårdt" op til 12 dH° og "temmelig hårdt" op til 18 dH° og derefter "hårdt" eller "meget hårdt".

Hårdheden er 3-13 dH° i alle borerer excl. boring 80.348 (ved bassinet) og 80.417 (opstrøms boring ved Stabrandvej).

Det dybe grundvand er 5-12 dH° og repræsenterer næsten det samme interval som de øvre vandlag. Det dybe grundvand er formodet upåvirket/svagt påvirket. Den naturlige tilstand formodes at være anoxisk/reduceret. De blødeste vand findes øverst i grundvandet langs startbanen, mens det hårdeste findes under udspretningsområdet.

Tidsserier for hårdheden er sammenholdt med calcium og viser ikke væsentlige forskelle.

8.2 SALTBALANCEN

Den primære kilde til natrium er havsalt, dvs. det saltindholdet er "født" støkiometrisk og der er senere sket en forskydning ved ionbytning.

Nedsivning af store mængder kalium kan medføre ionbytning til natrium. Frigivelse af natrium

kan ses som en direkte stigning eller som en stigning i forholdet mellem natrium og klorid.

Saltbalancen beregnes her som natrium/klorid, hvor parametrene er regnet om til ioner (ækvivalenter).

Saltbalancen er 0,17-2,19 i alle boringer excl. boring 80.348 (ved bassinet) og 80.417 (opstrøms boring ved Stabrandvej).

Laveste og højeste værdi er målt i det dybe grundvand. Det indikerer, at de naturlige variationer er større end påvirkningen fra Lufthavnen.

I det øverste grundvand langs startbanen er saltbalancen 0,95-1,57, og under udspretningsområdet 1,08-1,37.

Saltbalancen giver ikke ny information her og nu.

Det skal dog bemærkes, at der kun foreligger få målinger af klorid, så en eventuel udvikling over tid er ikke belyst.

8.3 IONBYTNING

Nedsivning af afslingsmiddel tilfører kalium til grundvandet, mens modionen acetat/formiat nedbrydes helt eller delvist.

Det frigives calcium og magnesium, som bl.a. kan ses som forøgelse af vandets hårdhed eller som en forskydning mellem alkalimetaller (natrium, kalium) og alkaliske jordartsmetaller (calcium, magnesium).

Da kalium typisk ligger omkring detektionsgrænsen, er kalium målt med relativt stor usikkerhed.

Som mål for ionbytning vælges $(\text{calcium} + \text{magnesium}) / (\text{natrium} + \text{kalium})$, hvor metallerne måles i ækvivalenter.

En stigende ionbytningsgrad vil derfor afspejle, at kalium har skubbet calcium og magnesium ud i grundvandet.

Ionbytningsgraden er 2,9-20,4 i alle boringer excl. boring 80.348 (ved bassinet) og 80.417 (opstrøms boring ved Stabrandvej).

Både den højeste og laveste værdi er fra udspretningsområdet. Langs startbanen i det øverste grundvand er ionbytningsgraden 4,1-19,1 og ligger dermed på linje med udspretningsområdet.

I det dybe vand langs startbanen er ionbytningsgraden 3,8-12,0, dvs. der er ikke konstateret så høje ionbytningsgrader som i det øverste grundvand.

Tidsserier for ionbytningsgraden er sammenholdt med calcium og natrium. Der er en stor grad af parallelitet med calcium, men ionbytningsgraden har en tendens til mindre hysteresis. Ionbytningsgraden kan derfor en bedre parameter end de 4 indgående metaller hver for sig.

Der er en vis samvariation mellem natrium og ionbytningsgraden, men ikke så tydelig som ved calcium.

9 KARBONATSYSTEMET

Karbonatsystemet er normalt af stor betydning for grundvandets egenskaber på grund af tilstedeværelsen af kalk, enten som magasin eller "spredt" i magasinet på grund af istidens processer.

Aarhus Lufthavn ligger på en hedeslette, hvor tilstedeværelsen af kalk formodes at være begrænset og karbonatsystemet kan derfor forekomme at være irrelevant.

Imidlertid er det i kapitel 7 konstateret, at nedsivningen af kaliumholdige afslagsmidler medfører et stigende calciumindhold i grundvandet, fordi ionbytningen "løber baglæns", jf. kapitel 8.

Da acetat og formiat mineraliseres til CO_2 , bliver slutresultatet calciumkarbonat eller "kalk".

Derfor bliver nøgletal og egenskaber i karbonatsystemet relevante. Der vælges her:

forvittringsgraden, der udtrækker i hvor høj grad vandet er i ligevægt med kalk, partialtrykket af CO_2 i grundvandet, hvor forøgelse kan skyldes acetat/formiat, mætningsgraden af kalk, der dels er sætligt følsomt for nedsivning, dels giver information om udfældning af kalk.

Fælles for beregningen af partialtrykket for CO_2 og mætningsgraden er, at beregningen er foretaget for ideale opløsninger. Forudsætningen er at der er tale om uendeligt tynde opløsninger, og beregningsmetoden medfører derfor overestimering af både partialtrykket og mætningsgraden. Da der er tale om ret tynde opløsninger, ligger aktivitetskoefficienterne tæt på 1 og fejlen er derfor lille.

9.1 FORVITRINGSGRADEN

Forvittringsgraden bruges normalt normalt til at beskrive ligevægten med kalk.

Aarhus Lufthavn ligger på en hedeslette, hvor der er næppe kalkligevægt under naturlige forhold. Imidlertid medfører den kombinerede effekt af ionbytning til calcium og nedbrydning til CO_2 , at forvittringsgraden kan være interessant.

Forvittringsgraden beregnes som calcium og magnesium divideret med indholdet af bikarbonat (målt i ækvivalenter), se f.eks. /Århus Amt, 1994/. Der er ligevægt, når forvittringsgraden er 1.

Da der tilføres både calcium og karbonat til grundvandet, kan forvittringsgraden muligvis sløre effekten snarere end at fremhæve den. Dette skyldes, at forholdet mellem calcium og bikarbonat indgår.

Forvittringsgraden er 0,18-2,19 i alle boringer excl. boring 80.348 (ved bassinet) og 80.417 (opstrøms boring ved Stabrandvej). Både den højeste og laveste værdi er fundet i det dybe grundvand. I det øverste grundvand langs startbanen er forvittringsgraden 0,96-1,57 og under udspretningsområdet 1,08-1,38.

Forvittringsgraden giver ikke ny information her og nu.

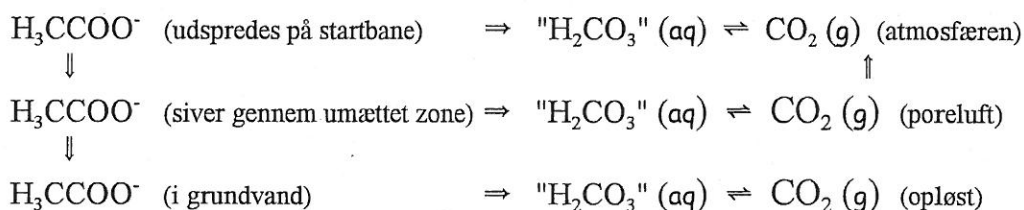
Det skal dog bemærkes, at der kun foreligger få målinger af bikarbonat, så en eventuel udvikling over tid er ikke belyst.

9.2 PARTIALTRYKKET AF CO₂

Grundvand indholder CO₂ fra 2 naturlige kilder: atmosfærens indhold, som optages i nedbøren og grundvandets naturlige indhold af organisk kulstof, som frigiver CO₂ ved nedbrydning.

Under Aarhus Lufthavn er der tillige mulighed for CO₂ fra nedbrydning af acetat/formiat. Dette bidrag vil optræde som forhøjet indhold af CO₂, sammenlignet med baggrundsniveaet.

En stor del af den potentielle mængde CO₂ forventes dog at gæsse af inden det når grundvandet, jf. reaktionskemaet nedenfor.



Model

Partialtrykket beregnes fra indholdet af bikarbonat og pH i 2 trin.

Indholdet af CO₂ beregnes som:

$$p[\text{CO}_2] = \text{pH} + p[\text{HCO}_3^-] - p[\text{H}_2\text{O}] - \text{p}K_1$$

hvor p[...] er $-\log_{10}$ til koncentrationen i mol/liter. Tilsvarende er pK₁ den 1. syrekonstant for kulsyre. Ved grundvandets temperatur på 8°C er pK₁ = 6,485.

Partialtrykket beregnes med Henry's lov ud fra indholdet af CO₂ som:

$$[\text{CO}_2] = H \cdot \text{tryk}\{\text{CO}_2\}$$

hvor [CO₂] er koncentrationen i mol/liter, H er Henry's konstant og tryk{CO₂} er partialtrykket af CO₂. Ved grundvandets temperatur på 8°C er H = 3,12 · 10⁻⁷, når trykket måles i Pascal.

Vurdering

Partialtrykket i atmosfæren er 36 Pa. Da der ikke forbruges CO₂ i grundvandet, må det forventes, at partialtrykket i grundvandet mindst svarer til atmosfærens. Det er ikke tilfældet, jf. de beregnede partialtryk.

Imidlertid stiger pH sig fra prøven bliver udtaget i feltet til den bliver analyseret i laboratoriet. Stigningen kan være ½ pH-trin eller mere. Partialtrykket af de foreliggende analyser er beregnet med en korrektion i pH på ½. Det justerede partialtryk bliver typisk højere end atmosfærens, dvs.

de lave partialtryk kan alene forklares med det ændrede pH.

Da stigningen i pH er forskellig fra vandprøve til vandprøve, er det ikke muligt at foretage en generel korrektion.

9.3 KALKLIGE VÆGT

Kalks ligevægt med grundvandets indhold af calcium og bikarbonat kan beregnes under forudsætning af ligevægt.

Beregningen forekommer særdeles relevant i forhold til nedsivningen af, idet der er konstateret en stigning i calciumindholdet (jf. kapitel 7) og CO_2 dannes ved nedbrydning af acetat/formiat.

Model

Mætningsgraden af kalk beregnes her som produktet af calcium og bikarbonat i forhold til mættet opløsning. Mætningsgraden vil derfor afspejle både stigning i calcium og i bikarbonat og vil derudover forstærke effekten ved simultan stigning i begge parametre.

Beregningen sker i 2 trin.

Koncentrationen af CO_3^{2-} beregnes efter formlen:

$$p[\text{CO}_3^{2-}] = pK_2 + p[\text{HCO}_3^-] - \text{pH};$$

og mætningsgraden beregnes som:

$$\text{mætningsgrad} = [\text{Ca}^{2+}] * [\text{CO}_3^{2-}] / K_s$$

hvor $pK_2 = 10,35$ og $pK_s = 7,95$.

Vurdering

Der sker en stigning i pH fra udtagningen af prøven til laboratoriet, jf. afsnit 9.2. Denne stigning medfører en forskydning fra bikarbonat (HCO_3^-) til karbonat (CO_3^{2-}), som indgår i beregningen af mætningsgraden.

Den beregnede mætningsgrad vil derfor være overestimeret.

10 SPECIELLE PARAMETRE

De specielle parametre er organiske syrer og triazoler. Der analyseres for de organiske syrer, fordi disse indgår som aktivt stof i afisningsmidlet til baner og forplads, dvs. de udsprede i store mængder.

Triazoler analyseres fordi der utilsigtet blev anvendt baneafisningsmiddel med triazoler som tilsætningsstof.

Desuden anvendes glykol til afisning af fly. Der analyseres ikke for glykol, da det er vandblandbart og derfor har en så høj detektionsgrænse, at analysen ikke er relevant. Glykol nedbrydes til

bl.a CO₂ og kan lokalt bidrage væsentligt til CO₂'s partialtryk.

Glykol er ofte tilsat triazoler og er formentlig den primære kilde.

10.1 ORGANISKE SYRER

De organiske syrer eddikesyre (acetat) og fremover myresyre (formiat) er vandblandbare og har en relativt høj detektionsgrænse på ca. 5 mg/l, kvantificeret som eddikesyre. Imidlertid er de letnedbrydelige og det vurderes derfor, at "ikke påvist" normalt vil betyde, at der ikke er organiske syrer tilstede.

Der er generelt påvist organiske syrer i den første prøverunde, men da nogle af disse stammer fra det dybe grundvand i f.eks. 80.318 (vest for startbanen) og da der ikke siden har været fund her, ses der bort fra indholdet af organiske syrer i den første prøverunde.

Der er påvist organiske syrer i alt 7 gange i følgende borer/filtre: 80.348, 80.351, 80.464, 80.465, 80.344-3, 80.344-4 samt (80.417-3). Fundet i boring 80.417, næstøverste filter, kan næppe tilskrives Lufthavnen.

Der er tale om sporadiske fund, idet der til dato højst er fundet organiske syrer 1 gang per filter. Det vurderes, at der kun findes organiske syrer under specielle omstændigheder af kortere varighed.

Det anses derfor for dokumenteret, at de organiske syrer nedbrydes fuldstændigt "henover sommeren".

10.2 TRIAZOLER

Analyseprogrammet omfatter tolyltriazol, benzotriazol og 5,6-dimethyl-1H-benzotriazol.

Triazolerne er hetero-cykliske kulbrinter, hvor der indgår kvælstof i ringstrukturen. De er svagt polære med en begrænset opløselighed i vand. Tolyltriazols opløselighed er < 100 mg/l ved 18°C. De er relativt svært nedbrydelige.

Resultaterne af kontrolprogrammet er sammenfattet nedenfor. Der er ikke påvist triazoler i den opstrøms boring 80.417.

Tabel 10.2 Fund af triazoler med målt indhold i µg/l

Boring	Placering	Filter			
		4	3	2	1
80.318	Vest for startbane				
80.9344	Syd for startbane/vest	≤ 0,1 ↗	≈0,01		
80.9345	Syd for startbane	≤ 0,04 ↗		≈0,1	
80.9346	Syd for startbane	≤ 0,1 ↘	≈0,05 ↘		

80.9347	Syd for startbane/øst	≈0,02			
80.348	Ved bassin	kun filter 1 (sat højt i grundvandet i lighed, kan sammenlignes med filter 4 i de øvrige boringer)			3,7-7,8 ↘
80.349	Udspretningsområdet				0,3-0,5 ↗
80.350	Udspretningsområdet				(udgået)
80.351	Udspretningsområdet				0,1-0,2 ↗
80.463	Udspretningsområdet				0,5-1,6 ↗
80.464	Ved taxivej				1,9-2,3 ↘
80.465	Ved startbane/faskine				0,1-0,2 ↗

(↗ ↘) angiver tendensen i de seneste målinger

Det overordnede mønster synes at være, at glykol er den primære kilde til triazoler. De højeste indhold er påvist ved opsamlingsbassinet, forpladsen og udspretningsområdet, som alle er i kontakt med glykol.

De høje indhold under opsamlingsbassinet tilskrives lækage fra bassinet, som nu er lappet. Den faldende tendens er formentlig effekten af lappingen.

Under udspretningsområdet er indholdet stigende i alle 3 boringer. Kilden vurderes primært at være glykol, idet en del af det anvendte glykol rammer forpladsen og derefter opsamles.

Der er påvist triazoler langs startbanen, primært i det øverste grundvand. Boring 80.465 (tæt på startbanen) har et niveau, som ligger på linje med det laveste under udspretningsområdet. Der er generelt en stigende tendens.

11 HYDRAULISK KORTLÆGNING

Der er stillet vilkår om kortlægning af de hydrauliske egenskaber, dvs. permeabiliteten eller transmissiviteten.

De hydrauliske egenskaber er nødvendige for at beregne vandhastigheden omkring hvert filter og dermed stoftransporten. Hensigten er at kontrollere, om de nuværende kontrolboringer sammen med analyseprogrammet reelt kan følge nedsivningen:

Ud fra permeabiliteten og det eksisterende potentialekort kan vandhastigheden i hvert filter beregnes. Vandhastigheden sammen med porøsiteten er forudsætningerne for at beregne grundvandsstrømmen. Produktet af grundvandsstrømmen og indholdet er stoftransporten.

Da kalium ikke nedbrydes, skal stoftransporten i princippet svare til nedsivningen.

Imidlertid sker der ionbytning til calcium og muligvis også andre metaller. Dette kan der korrigeres for, idet ionbalancen skal være opfyldt.

Den samlede stoftransport - korrigeret for ionbytning - vil være et mål for, om nedsivningen reelt følges. Stoftransporten forudsættes beregnet i f.eks. regenark og uden brug af hydrauliske EDB-modeller.

Det vil formentlig være tilstrækkeligt i første omgang at måle permeabiliteten i de filtre, der har været eller er væsentligt påvirkede af nedsivningen.

De primære område for kortlægning af de hydrauliske egenskaber er de områder, hvor der nedsives store mængder baneafisningsmiddel. De filtre, der er påvirkede af baneafisning, er identificeret i afsnit 6.2 "Fortynding", 7.2 "Udvikling over tid" samt 10.2 "Triazoler".

Bedømt ud fra disse afsnit er næsten alle boringer langs startbanen påvirket i de 2 øverste filtre. Det er for disse filtre, der i første række er behov for en hydraulisk kortlægning.

Der er tillige en påvirkning i det næstnederste filter, men denne vedrører primært calcium og er i øvrigt en relativt svag tendens. Hydraulisk kortlægning i disse filtre kan afvente dresulaterne af kortlægningen i de øverste filtre.

Der er ikke hidtil udspreddt større mængder baneafisningsmiddel på udspreddingsområdet. Det vil formentlig ske fremover, så der kan blive behov for på et senere tidspunkt at kortlægge de hydrauliske egenskaber.

FIGURER

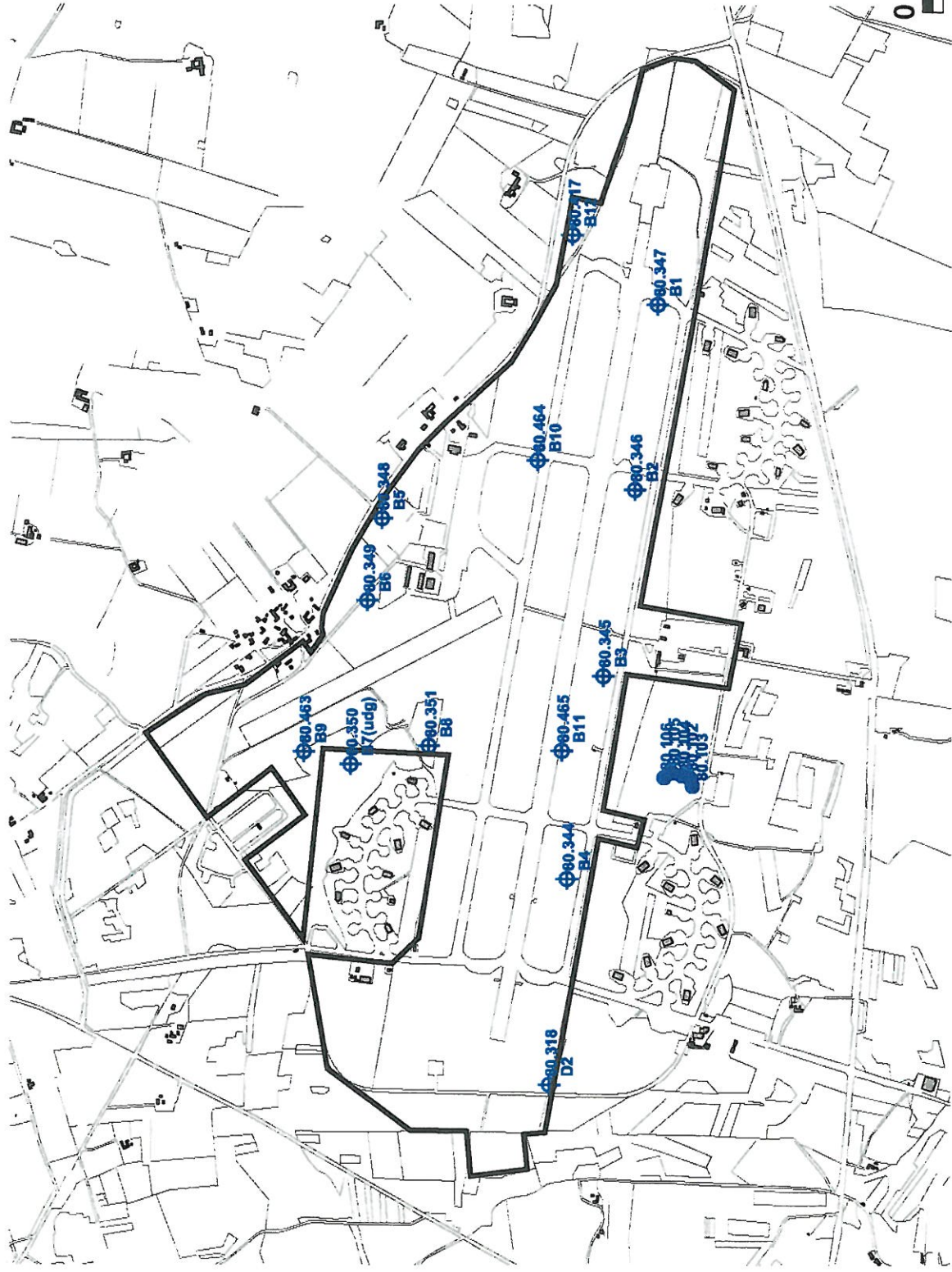
Kort:	Kontrol- og vandværksboringer Litologi i øverste filter
Tidsserie:	Figur 5.1 Prøvetagning Figur 5.2 Tæthed Figur 6.1 Variation
Konturafbildning:	Middelindhold af ilt i det øverste grundvand sommer-efterår 1999-2001 Laveste iltindhold i det øverste grundvand sommer-efterår 1999-2001

KILDER

Drikkevandsbkg.	Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 871 af 21. september 2001 om vandkvalitet og tilsyn med drikkevandsanlæg.
GEUS 1997	Djurslands Geologi, Stig Schack Pedersen og Kaj Strand Petersen, Geus, 1997
Rammegodkendelsen	Aarhus Lufthavns godkendelse efter miljøbeskyttelsesloven af 15. oktober 1999.
Århus Amt, 1994	Statusrapport 1994: Grundvandsovervågning i Århus Amt. september 1995
Århus Amt, 2000	Statusrapport 2000: Grundvandsovervågning i Århus Amt. september 2001
Grundvandskontrol	Grundvandskontrol ved kotrollerede lossepladser, Dakofa nr. 1 1985.
Aarhus Lufthavn, 2000.	Vurdering af grundvandsmagasinet's hydrauliske parametre, Rambøll, 20. juni 2000. J.nr. 8-76-1-721-2-00, arkiv 31

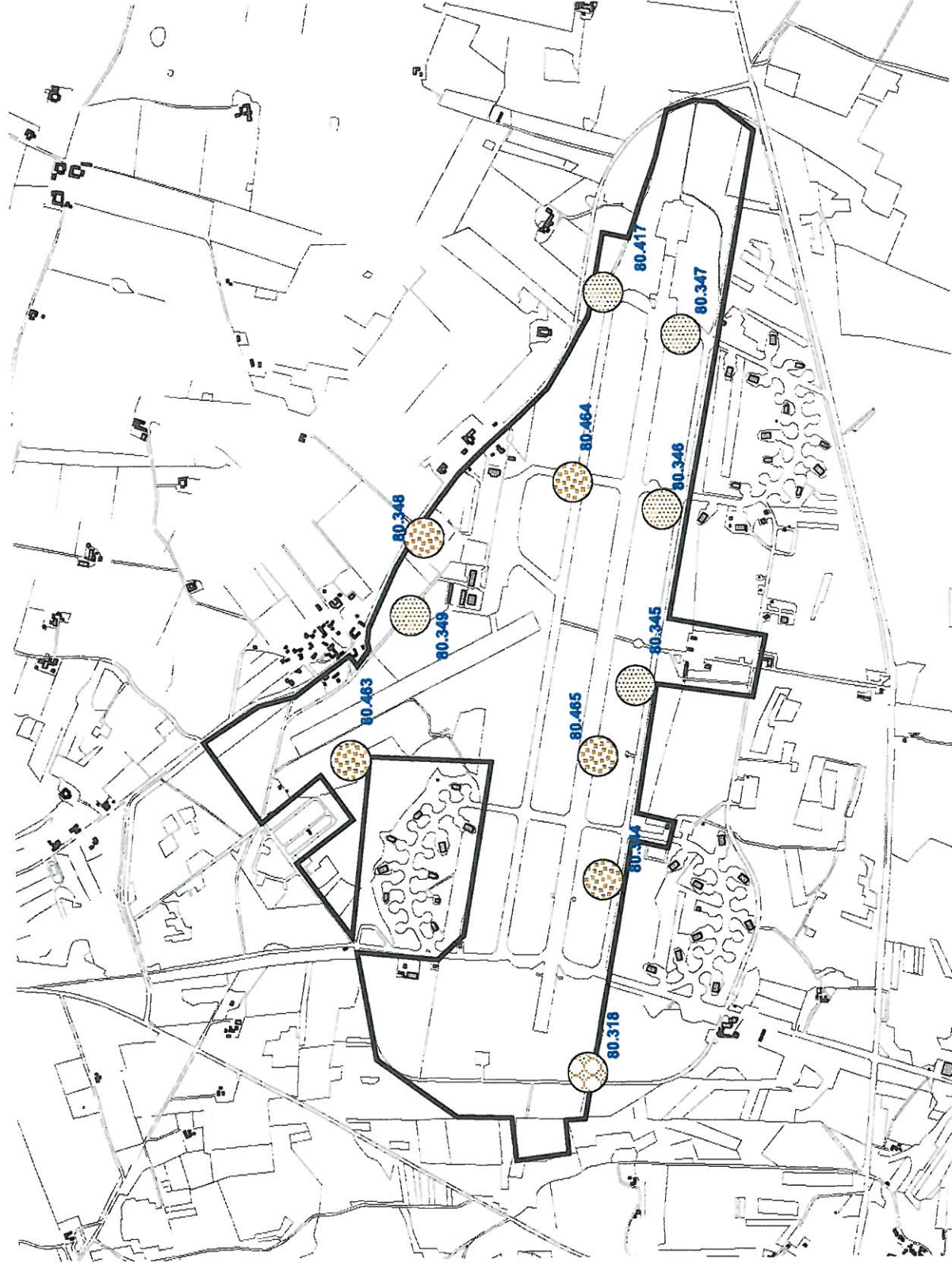
Aarhus Lufthavn

Kontrol- og vandværksboringer



Aarhus Lufthavn

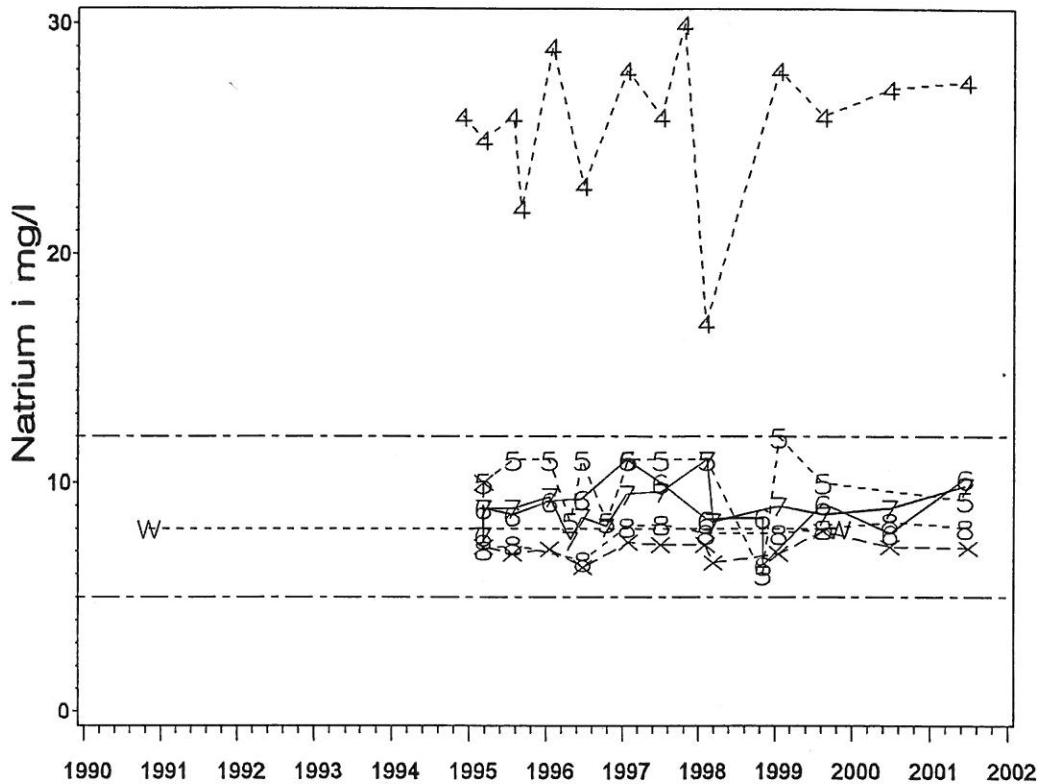
Litologi i øverste filter



Figur 5.1 "Prøvetagning"

Aarhus Lufthavn

Det nederste filter langs startbanen og vandværk



DGUNRFWWW 80.104-1 888 80.318-1 444 80.417-1 555 80.9344-1
666 80.9345-1 777 80.9346-1 xxx 80.9347-1

Vandværket er 80.104, referenceboringen er 80.417

Vandkvaliteten i Aarhus Lufthavns vandværk er stabil, hvilket er dokumenteret ved mange analyser af drikkevandet fra værket. Kvaliteten er illustreret med grundvand fra den ene boring.

Der må forventes en stabil vandkvalitet i de dybe filtre - selvom et påvirket filter kan vise en tendens.

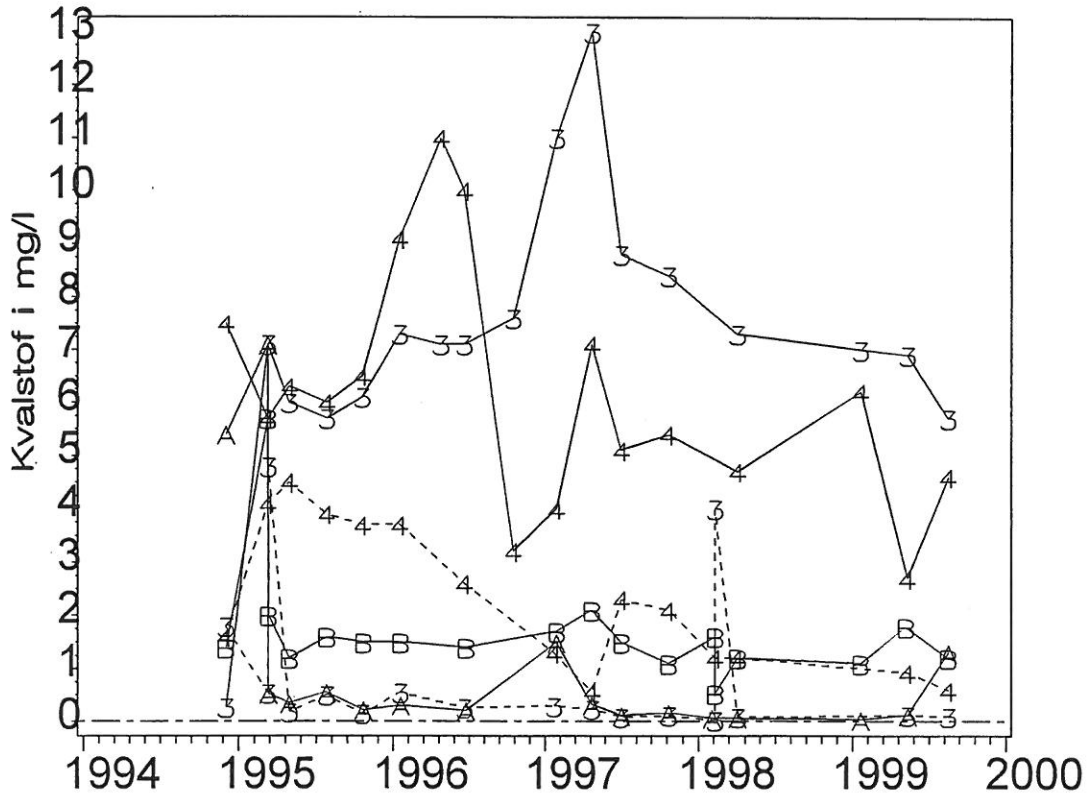
Det ses, at den generelle vandkvalitet i det dybe grundvand ligger på linje med vandværkets.

Det ses også, at prøverne efter 1998-1999 viser en mere stabil vandkvalitet end tidligere. Det vurderes, at årsagen er bedre prøvetagning.

Figur 5.2 "Tæthed"

Aarhus Lufthavn

Filtre over og under lerlinse og i hver sin redoxzone



DGUNR80.9344-380.9344-480.9345-3
4-4-4 80.9345-480.9347-380.9347-4

Filtrene er valgt "parvis" for 3 boringer, så de repræsenterer forventet stor forskel i den "sande" vandkvalitet mellem filtrene.

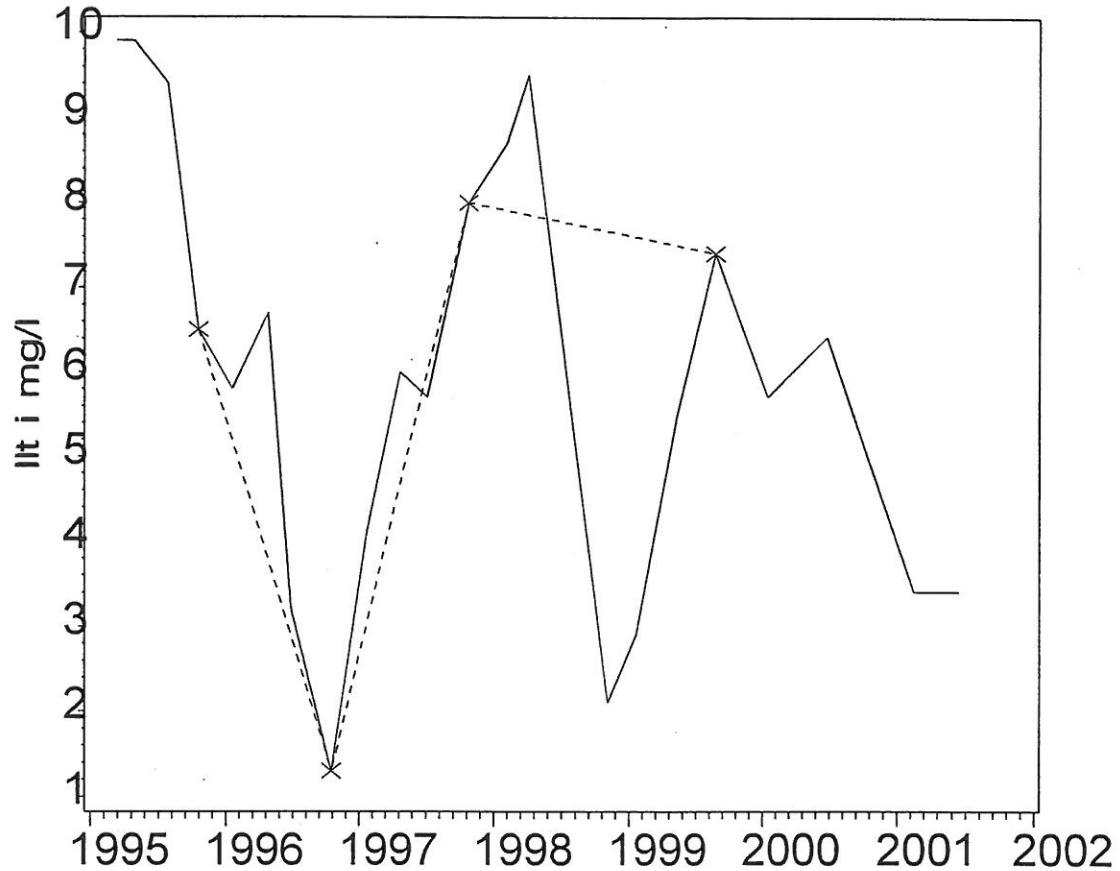
Hvis der ved prøvetagning strømmer vand lodret mellem de 2 valgte filtre (lækage), vil vandkvaliteten i de 2 filtre ligne hinanden.

Det ses, at det ikke er tilfældet. En eventuel lækage vurderes at være af underordnet betydning.

Figur 6.1 "Variation"

Aarhus Lufthavn

Iltindholdet i boring 80.465 ved startbanen



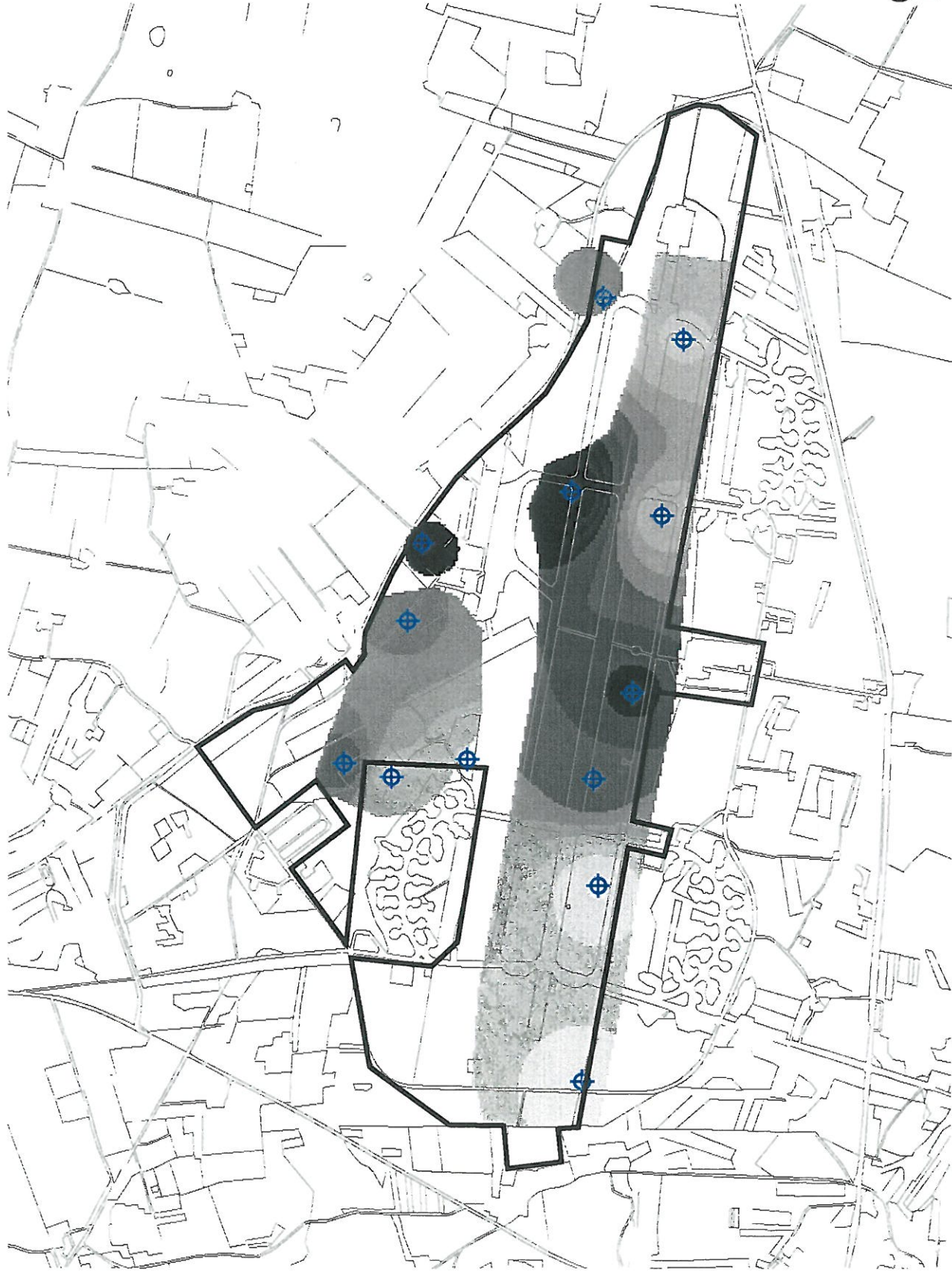
fuldt optrukke: alle analyser X: analyser fra august – oktober

Boring 8.465 er den boring, der står nærmest startbanen og repræsenterer grundvandets kvalitet nær faskinen. Da ilt forbruges til nedbrydning af acetaten, må det forventes, at boringen viser store variationer over året.

Det fremgår af figuren, at prøvetagningen i august-oktober generelt er tilstanden repræsentativ for den årstid og rimeligt dækker de store variationer.

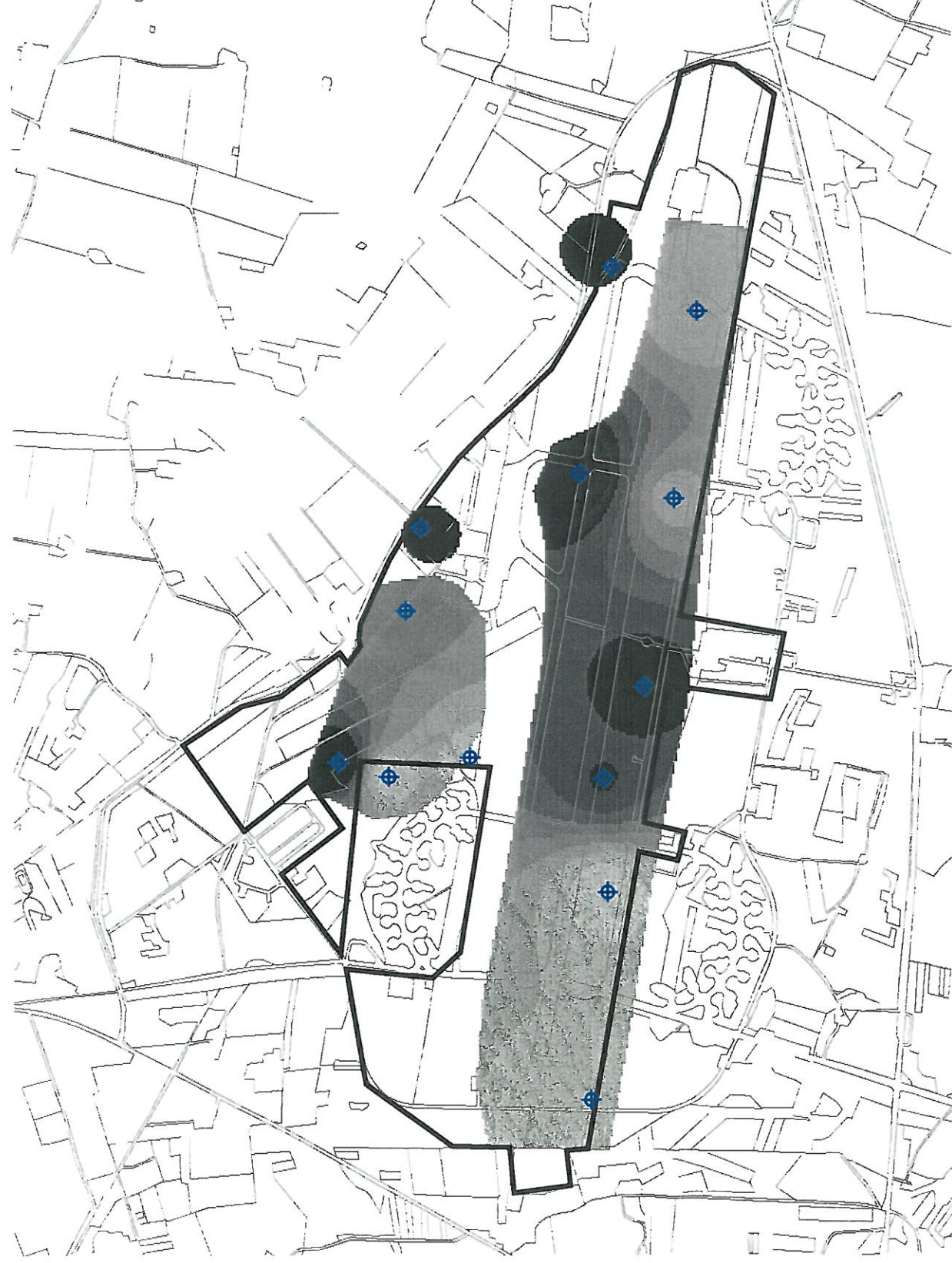
Aarhus Lufthavn

Middelindhold af ilt i det øverste grundvand sommer-efterår 1999-2001



Aarhus Lufthavn

Laveste iltindhold i det øverste grundvand sommer-efterår 1999-2001

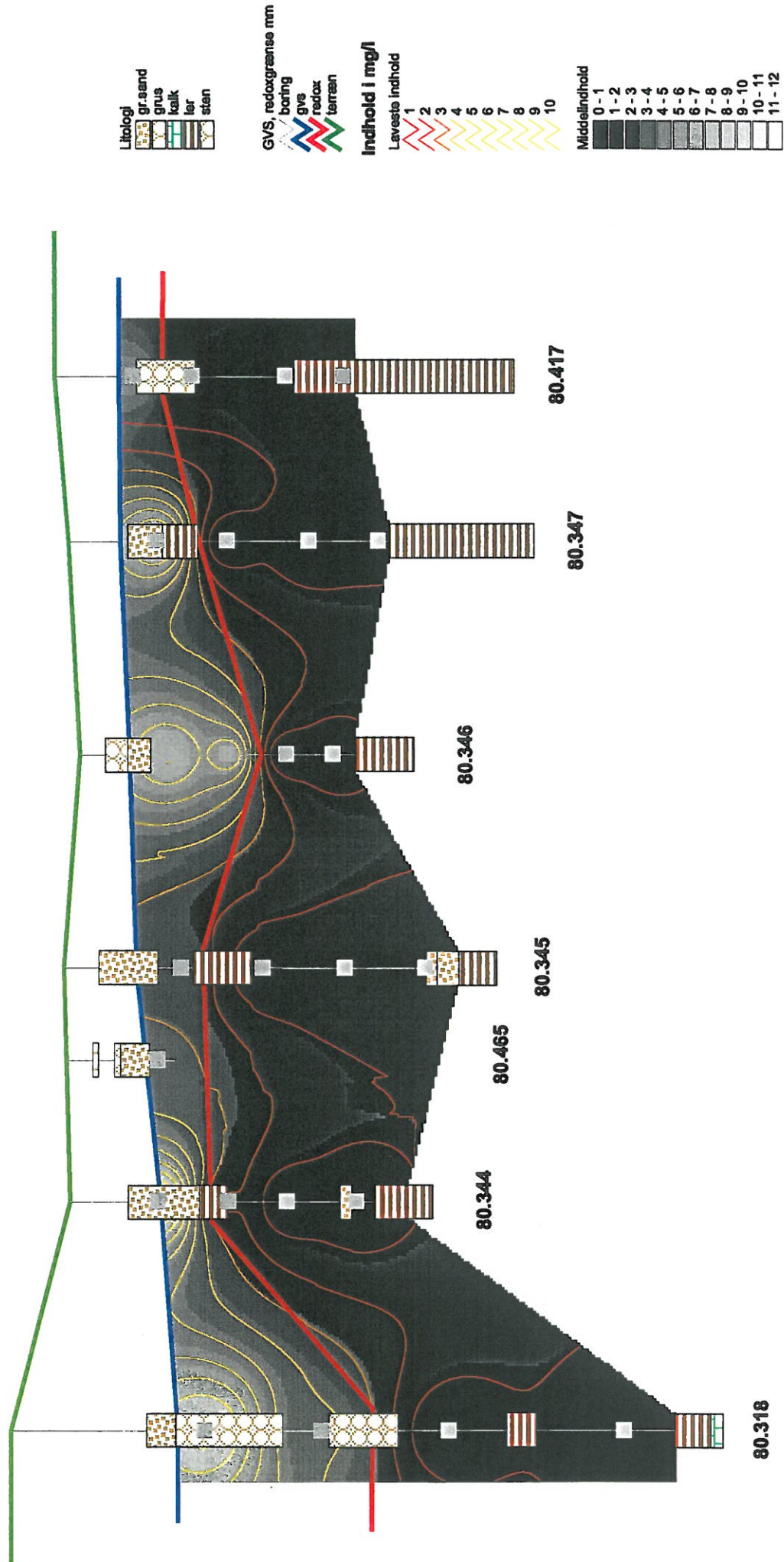


Det laveste iltindhold er vist for hver boring og er fra forskellige prøverunder.

Figuren er et "worst case", der ikke er forekommet.

Aarhus Lufthavn

Iltindhold sommer-efterår 1999-2001



Overhøjning: 40 gange

