



Danmarks Akvarium

Bachelorrapport

Vandbehandling



Daniel Ljunggreen M6A
07-06-2010



Titelblad

Titel: Vandbehandling.

Vejleder: Bo Boye, lektor KME,
bb@kme.dk
Lars Skov Olsen, teknisk chef,
Danmarks Akvarium.

Uddannelsessted: Københavns Maskinmesterskole og
Elinstallatør. Akademivej, bygning
358.
2800 Kongens Lyngby.

Praktiksted: Danmarks Akvarium
Kavalergården 1
2920 Charlottenlund
danmarks@akvarium.dk
Tlf.: 39 62 32 83

Bilag: 4 bilag

Afleveret dato: 07-06-2010 Kl. 12.00

Udarbejdet af:

Daniel Ljunggreen M6A
Studienummer: 2 005 095



Forord

Den foreliggende rapport handler om behandling af vand, og om de renseprincipper der eksisterer på Danmarks Akvarium.

Rapporten har relation til hvad en færdigudlært maskinmester kan blive sat til at arbejde med, eks. dybden man går i for at belyse et emne eller at løse et problem. Der vil dog ikke blive løst et konkret problem i denne rapport, men snarere belyst et emne og dets løsningsmuligheder. Jeg finder emnet vandbehandling meget interessant, og det er det emne, jeg har berørt mest igennem min tid på Københavns Maskinmesterskole og Elinstallatør (herefter KME).

Min interesse for vandbehandling skyldes min første praktiktid på rensningsanlægget Lynetten, og jeg vil her bruge lejligheden til at takke Lars Andersen, faglærer fra værkstedsskolen, for at have skaffet denne praktikplads, og lært mig vigtigheden af at have interesse i det man laver.

Denne rapport er den sidste, der skal afleveres til KME. Bachelorprojektet er afslutningen af 6. semester og det har været en lang, men spændende rejse, der har givet mig en masse erfaringer med i kufferten – også nok til at jeg har en selvsikkerhed til at stå alene med ansvar for andre mennesker og tage de vigtige beslutninger. Dette kan jeg takke lærestaben på KME for. Det har været en fornøjelse at optage viden og erfaringer fra jer alle, og jeg er nu stolt af at kunne kalde mig for maskinmester.

Jeg takker af for sidste gang som studerende, en maskinmester-fremtid venter lige forude.

Daniel Ljunggreen

M6A

Juni 2010

Daniellj@post4.tele.dk



Resumé

Den foreliggende rapport er ikke en, der spænder over et stort teknisk område - snarere vil jeg gå i dybden på et smallere område. Dette er blevet gjort med det ene formål at skabe en bedre forståelse for nogle bestemte ting, her generelt rensning af vand og en ganske specifik måde at gøre det på; nemlig ved hjælp af lys, nærmere bestemt nogle udvalgte bølgelængder i lyset, som har visse egenskaber på biologiske stoffer. På den måde vælger jeg at gå i dybden frem for at holde mig på et niveau, hvor jeg fx blot siger, at lys kan rense vand.

Jeg vil derfor først komme ind på, hvad lys er for noget og hvilke dele af det vi kan bruge. Dernæst kommer jeg ind på ozon-teknologien, som netop er en bestemt bølgelængde i lys, der er med til at skabe dette rensningsfænomen. Jeg slutter af med en perspektivering til andre relevante områder, der læner sig op af rensning af vand ved hjælp af bølge-energi, som ikke er særlig kendte områder, men om det kommer fra lys eller lyd, så vil det have en frekvens, som vi kan bruge i rensningsøjemed.

God læselyst.

Daniel Ljunggreen.



Abstract

The present report is not spanning a large technical area it is more one that goes deeper in a narrower area, this has been done for the sole purpose of creating a better understanding of some specific things, here in generally purify water and a specific way to do this is by means of light, essentially it is some selected wavelengths of light which has certain properties against biological substances. That is the way I have gone, to go deeper with this report, instead of just saying, light can clean water.

I will therefore first go into what light is, what it does and which parts of it we can use, the next being discussed is ozone technology, and it is just a specific wavelength in the light that helps to create this phenomenon. I finish off with a perspective on other relevant areas that leans on the water purification, in specific I mean wave energy which is not particularly known areas but whether it comes from light or sound then it will have a frequency.

Good reading pleasure.

Daniel Ljunggreen



Indhold

Titelblad.....	2
Forord.....	3
Resumé.....	4
Abstract.....	5
Figuroversigt.....	7
Indledning.....	8
Formål.....	8
Problemstilling.....	9
Problemformulering.....	9
Afgrænsning.....	10
Undersøgelsesoplæg.....	10
Analyse.....	11
LYS.....	11
Elektromagnetisk stråling.....	11
Frembringelse af elektromagnetisk stråling.....	14
Spektrum.....	16
CIE-farvetrekanten, farvetemperatur.....	18
Farvetrekanten.....	18
Farvetemperatur.....	19
Del konklusion 1,1.....	20
Ozon-teknologi.....	21
Hvad er ozon og hvordan dannes det?.....	21
Hvad gør ozon og hvordan bruges det?.....	21
Hvorfor bruges ozon?.....	23
Den negative side af ozon.....	24
Ozon alene.....	26
Ozonanlæg.....	28
Del konklusion 1.2.....	30
Økonomi.....	31



Alternativer.....	34
Afsluttende konklusion.....	35
Litteraturliste	36
Bøger	36
Kontaktpersoner.....	36
Links.....	37
Bilag 1: CIE Farvetrekant	38
Bilag 2: Indeklimapåvirkninger	39
Bilag 3: Ferskvand anlæg.....	42
Bilag 4: plasma lys.....	43

Figuroversigt

Figur 1 Elektromagnetisk stråling.....	12
Figur 2 Det elektromagnetiske spektrum.....	13
Figur 3: Et glødende legemes spektrale fordeling ved stigende temperatur.....	15
Figur 4 Spektre.....	16
Figur 5: Spektrum, blandingslampe.....	17
Figur 6: Sollysets spektrale energifordeling i det synlige område.....	18
Figur 7: Farvetrekanten.....	19
Figur 8 ozon dannelse.....	21
Figur 9 protein molekyle.	23
Figur 10 Ferskvands system, forenklet.....	26
Figur 11: Proteinskummer.....	29
Figur 12 UV-C dioder.	33
Figur 13: Plasma-pære.....	34



Indledning

I forbindelse med mit praktikforløb på Danmarks Akvarium blev jeg gennem min virksomhedsvejleder, Lars Olsen, introduceret for, hvordan man rens vandet på Danmarks Akvarium og det var ved den lejlighed, jeg lærte nogle nye metoder, jeg ikke kendte til. Jeg vil i rapporten belyse disse metoder og derudover komme ind på den videreudvikling, som Danmarks Akvarium vil sætte i spil i deres nye byggeri i Kastrup, "Den Blå Planet", som efter planen åbner i sommeren 2012.

Jeg har tidligere arbejdet med vandbehandling, men havde aldrig hørt om ozon og dens indvirkning på mikrobiologien. Det var præcis ozon, der fangede min store interesse. Jeg syntes, det lød spændende og ville gerne have mere viden inden for området. Og da det er en del af kæden i rensprincipperne til Danmarks Akvarium, vil jeg også belyse emnet "protein-skummer" for at skabe en bredere forståelse inden for vandbehandling med ozon.

Formål

Formålet med bachelorprojektet er at sikre den faglige kvalitet i maskinmesterfaget. Dette gøres ved at den studerende skal tilegne sig en særlig indsigt i et emne, område eller problem og skal gennem projektarbejdet lære systematisk problemformulering og -behandling samt indsamling og analyse af datamateriale, herunder inddrage resultater fra forskning og udvikling, hvor dette er relevant.

Bachelorprojektet skal demonstrere, at den studerende kan indsamle, vurdere og anvende ny viden med henblik på videreuddannelse.



Problemstilling

Danmarks Akvarium skal som nævnt flytte til Kastrup, og i den forbindelse er der rig mulighed for at optimere de allerede eksisterende anlæg.

Man skal altså drage på de erfaringer, man har med fra de gamle anlæg og se på hvilken ny teknologi der er kommet og vurdere, om der reelt er et behov for fornyelse af de principper, akvariet bygger på. Dét bygger min problemstilling på.

Problemformulering

Kan Danmarks Akvarium minimere antallet af renseprocesser og stadig få lige så rent vand?

Jeg vil finde svaret ved at undersøge følgende underpunkter:

- hvad er lys, hvordan virker det og kan vi bruge de egenskaber det besidder?
- Hvad og hvordan virker ozon - kan man udnytte dets oxiderende egenskaber?
- Er der en fordel i at bruge ozon alene og i andre anlæg?
- Er det farligt at bruge ozon?
 - o Kan det give personskeade?
 - o Kan det skade fiskene?
- Hvordan ser et ozon-anlæg ud?
- Er der en økonomisk fordel ved brug af ozon til behandling af vand?
 - o Hvad er mest økonomisk- ozon dannet af lys eller ozon dannet af højspænding?
- Findes der alternativer til vandbehandling med udgangspunkt i bølge-energi?



Afgrænsning

Jeg vil ikke gå i dybden på hverken kemien eller biologien, da det ikke er nødvendigt for forståelsen af opgaven. Derimod vil jeg hellere bestræbe mig på at formidle behandlingsprocessen og de tiltag, der sker under forløbet. Derfor afgrænser jeg mig fra at gå dybt i andre emner, som derved ville kunne forvirre læseren om det mål, der er blevet sat.

Jeg vil altså holde mig til et plan, som jeg mener, er passende for en maskinmester.

Undersøgelsesoplæg

Rapporten tager udgangspunkt i Danmarks Akvariums nuværende rensemetoder og de oplevelser, de har haft med dem.

Eksisterende materiale der allerede er i brug kontra utraditionelle metoder bliver brugt andre steder.

Dataindsamling er sket ved korrespondance med:

- Lars Olsen, teknisk chef, Danmarks Akvarium.
- Peter Christiansen, maskinmester og leder af vandbehandling, Renseanlægget Lynetten.
- Vejledning på KME.

Jeg har derudover fundet viden via internettet, dog altid med forbehold og en vis kritisk holdning til det.



Analyse

Hvad er lys og hvordan kan vi bruge det? For de fleste mennesker er lys bare en dagligdags ting, når vi går ind i et rum eller tænder for fjernsynet. Men der er mere i dets egenskaber end bare farvegengivelser, belysning og underholdning.

Lys besidder en masse egenskaber, som vi ikke kan se med det blotte øje. Det infrarøde (IR) kan afgive varme, det ultraviolette (UV) kan rense overflader og lysbølger imellem IR og UV bruger vi til farvegengivelser. Alt over og under det synlige spektrum (cirka 380 nanometer til 740 nanometer) har også nogle egenskaber og det er disse, jeg vil belyse nedenfor, nærmere bestemt under og omkring det ultraviolette bølgeområde.

LYS

For at forstå lys og ozon er der nogle grundbegreber inden for lys og dets indvirkning på organisk materiale - hvad der sker og hvorfor - som jeg vil komme ind på først, da jeg mener det har relevans for forståelsen generelt, ligesom det kan danne grundlag for en bredere forståelse for lys og dets egenskaber.

Elektromagnetisk stråling

Det begreb vi kalder "lys", er elektromagnetisk stråling, hvis bølgelængde befinder sig inden for det lille område af det samlede strålingspektrum, som det menneskelige øje kan opfatte.

Lys er altså elektromagnetisk stråling, som kan frembringe synsindtryk i øjet. En kilde hvis stråling helt eller delvist er synlig stråling, betegnes som en lyskilde, og den synlige del af dens udstrålede energi kaldes for lys-strømmen. Lys og synlig stråling er faktisk to forskellige begreber, idet stråling i det synlige område omfatter den samlede effekt af stråling inden for dette område. Heroverfor betegner lys den del af strålingen, som det menneskelige øje rent faktisk udnytter. Denne del afhænger af strålingens frekvens, da øjets følsomhed ikke er den samme over for alle frekvenser.

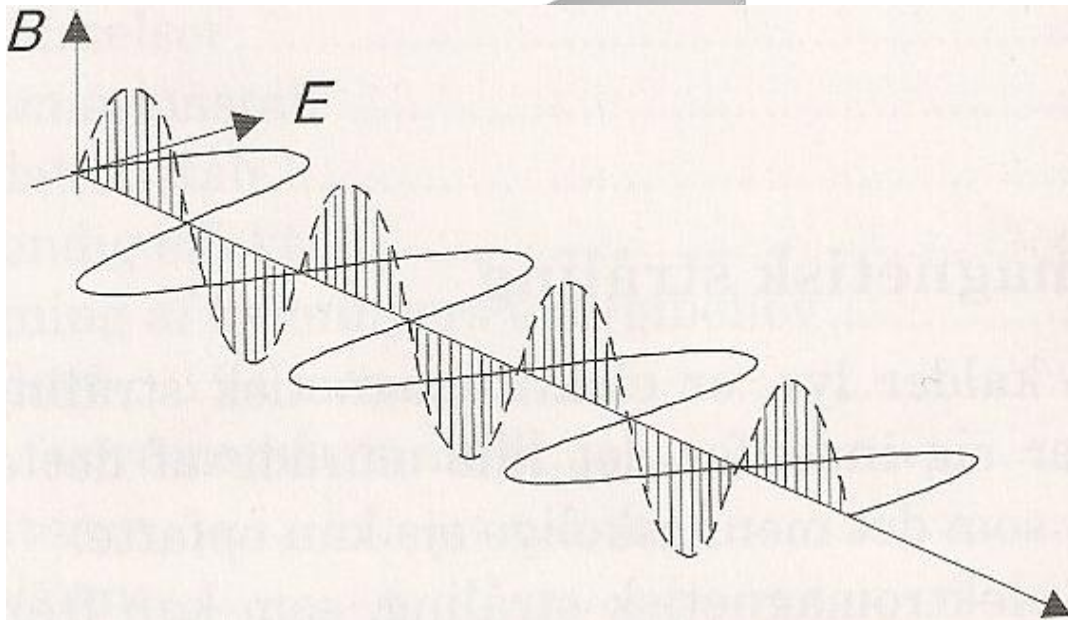
Elektromagnetisk stråling frembringes af svingende elektriske ladninger i strålingskilden, og strålingen er en udsendelse af energi fra denne kilde. Strålingsenergien udbredes uden at være båret af noget materiale, og kan altså bevæge sig gennem totalt vakuum. Denne tanke har historisk set været svær at acceptere og man antog tidligere, at lyset var en bølgebevægelse i et elastisk stof - æteren - som skulle opfylde hele rummet, både



fysiske legemer og det tomme rum. I dag ved vi, at lyset har egenskaber både som partikler og som bølger.

Energien udsendes som små energipakker, de såkaldte kvanter, og strålingen kan opfattes som en strøm af partikler, også kaldet fotoner.

Elektromagnetisk stråling, herunder altså synligt lys, kan også betragtes som en bølgebevægelse, som udbredes fra kilden efter rette linjer. Fig. 1 illustrerer, hvorledes strålingen er sammensat af elektriske og magnetiske felter. Strålingens svingninger sker normalt ikke blot i to planer som vist, men i alle planer vinkelret på strålingens retning.



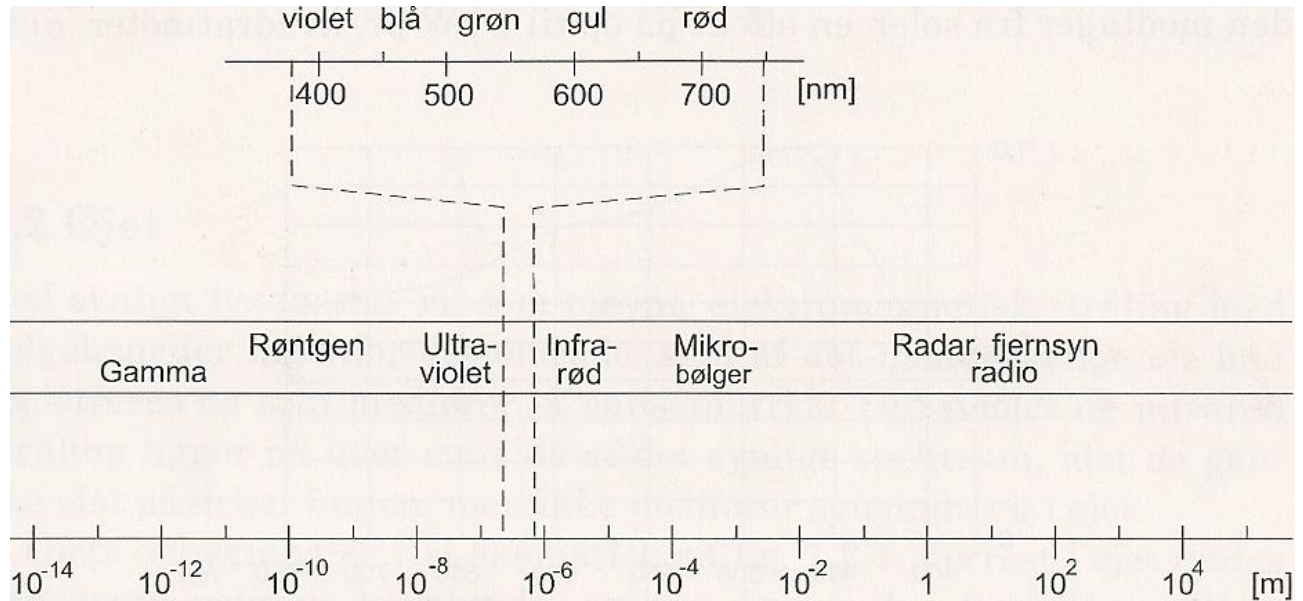
Figur 1 Elektromagnetisk stråling.

I det tomme rum, dvs. vakuum, udbredes strålingen med en hastighed på 299 792 458 m/s. Denne hastighed regnes for en naturkonstant og har siden 1983 dannet grundlaget for definitionen af længdeenheden meter i SI-enhedssystemet. Lysets hastighed i vakuum er altså konstant og helt uafhængig af om lyskilden selv bevæger sig.

Hvis man ser på det elektromagnetiske spektrum, se evt. fig. 2, kan man se, at det synlige lys (den del af spektret, som det menneskelige øje opfatter) kun udgør en lille del af hele spektret. Øjet påvirkes af stråling inden for frekvensområdet $780 \cdot 10^{12}$ til



$400 \cdot 10^{12}$ Hz, svarende til bølglængder fra cirka 380 nm til cirka 760 nm (nm = Nanometer).



Figur 2 Det elektromagnetiske spektrum.

I dette frekvensområde opfattes stråling af forskellige bølglængder, som lys af forskellig farve. Strålingen i den mest langbølgede ende af spektret (nær 760 nm) giver eksempelvis indtryk af rødt lys, mens stråling med bølglængden på omkring 400 nm opfattes af øjet som blåviolet lys.

Stråling med bølglængder over cirka 780 nm (dvs. med lavere frekvens end rødt lys) kan opfattes af det menneskelige øje, men kan mærkes som varmestråling. Denne del af spektret betegnes som det infrarøde (IR) område (af infra = nedenunder). Frekvenserne i området under det infrarøde anvendes ved kommunikation i form af radar, fjernsyn, radio m.v.

I frekvensområdet nærmest over det synlige lys ligger ultraviolet (UV) stråling (af ultra = udover). Derefter følger røntgenstråling og ved endnu kortere bølglængder og højere frekvenser optræder endelig såkaldt gammastråling. Stråling med bølglængder lavere end cirka 100 nm ($f > 3 \cdot 10^{15}$ Hz) betegnes som ioniserende stråling, idet den er i stand til at ionisere atomer. Strålingens evne til at gennemtrænge materialer stiger med faldende bølglængder.



Strålingen opdeles ofte i følgende områder:

100 nm – 280 nm	UV-C
280 nm – 315 nm	UV-B
315 nm – 390 nm	UV-A
400 nm – 780 nm	Lys, synlig stråling
780 nm – 2000 nm	IR-A
2000 nm – 4000 nm	IR-B
4000 nm – 1 mm	IR-C

Inden for mikrobølge-området er nogle frekvensområder forbeholdt udstyr for tekniske, videnskabelige områder, herunder dannelsen af ozon ved hjælp af lys, som jeg vil komme ind på senere.

Frembringelse af elektromagnetisk stråling

Hvis et atom slås an, dvs. at en af dets elektroner udefra tilføres energi, vil elektronen kortvarigt bringes op på et højere energiniveau, men øjeblikkeligt falde tilbage til normal tilstand, idet den afgiver den tilførte energi i form af elektromagnetisk stråling. Denne strålingsfrekvens og bølgelængde afhænger af den energiportion, der frigives når elektronen vender tilbage til et lavere niveau.

Frekvensen af den udsendte stråling er bestemt af udtrykket –

Hver E er energimængden og h er en konstant, Plancks konstant, $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js. En stor energiportion medfører en høj frekvens, således at der udsendes f.eks. UV – stråling.

Omvendt giver små energimængder lavere frekvens, f.eks. i det infrarøde eller det synligt røde område.



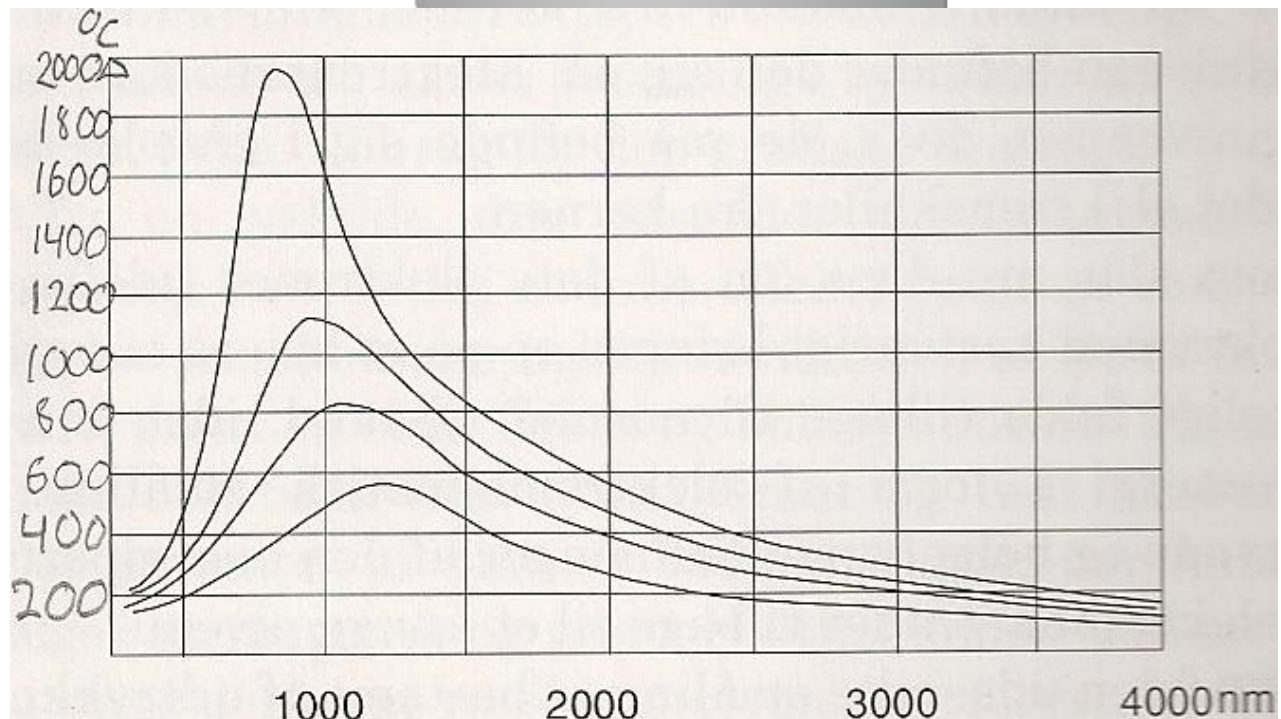
Et atom kan slås an på flere måder, hvoraf de mest anvendte i praktiske lyskilder er:

- Opvarmning.
- Bombardement af atomet med energirige partikler, f.eks. elektroner med stor hastighed eller ioner.
- Bombardement med fotoner (elektromagnetisk bestråling, evt. med synligt lys).
- Påvirkning med et vekslende elektrisk felt.

Lyskilder kan opdeles i to hovedgrupper, temperaturstrålerne og luminescensstrålerne, alt efter hvilken af de ovennævnte metoder, der anvendes til at frembringe lyset.

I temperaturstrålerne tilføres energien ved opvarmning, som regel af en glødetråd, hvorved der udsendes stråling.

Stråling, som er frembragt ved opvarmning af f.eks. et metallegeme, indeholder foruden det synlige spektrum også UV-stråling og især en stor del IR-stråling. Alle materialer udsender stråling, men først ved en temperatur omkring 600°C kan en svag rødlig lysudsendelse skelnes. Ved stigende temperatur stiger også udsendelsen af stråling, samtidig med at lysfarven ser ud til at gå fra rødt over rødgult til hvidt. Se Fig. 3 for illustration.



Figur 3: Et glødende legemes spektrale fordeling ved stigende temperatur.

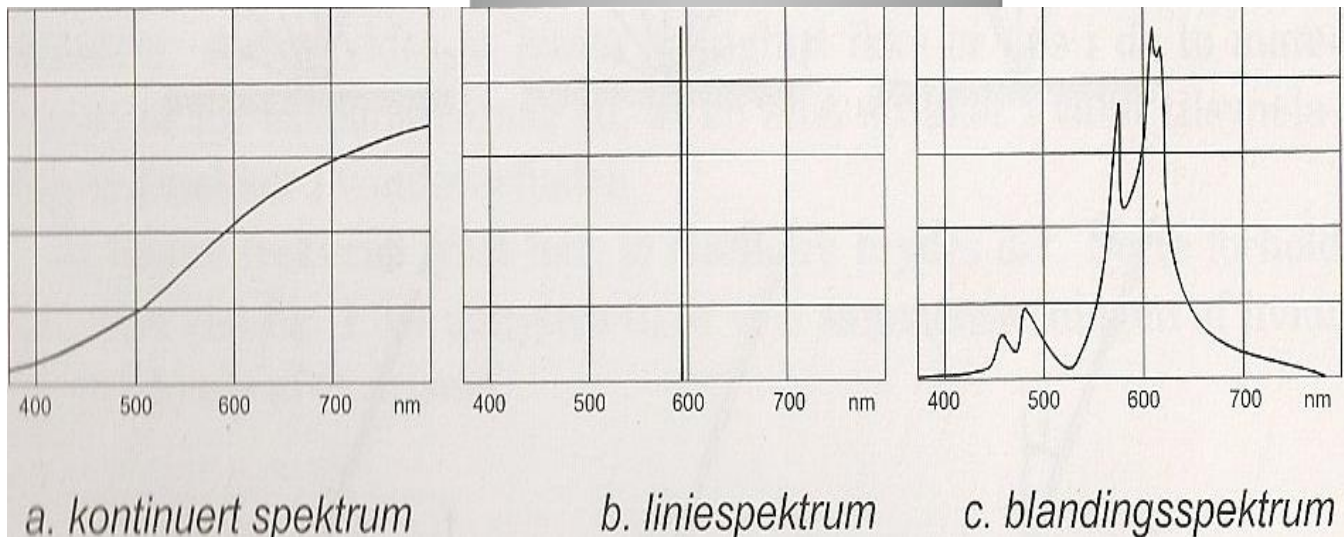


Stråling der frembringes ved at atomet slås an af atomare partikler, ved bestråling eller ved et vekslende elektrisk felt, kaldes luminescensstråling. Luminescensstrålerne omfatter alle lyskilder, som ikke virker ved temperaturstråling, bl.a. de såkaldte damplamper.

Betegnelsen luminescens dækker egentlig to begreber: Fluorescens og fosforescens, som betegner lysudsendelse hhv. samtidig med og efter aktivering ved bestråling. Luminescens kan frembringes på flere forskellige måder, men i forbindelse med almindelige lyskilder, f.eks. lysstofrør, benyttes især luminescens fremkaldt ved bestråling med UV-stråling. Desuden er der lamper, der skaber elektroluminescens ved hjælp af højfrekvente elektriske felter.

Spektrum

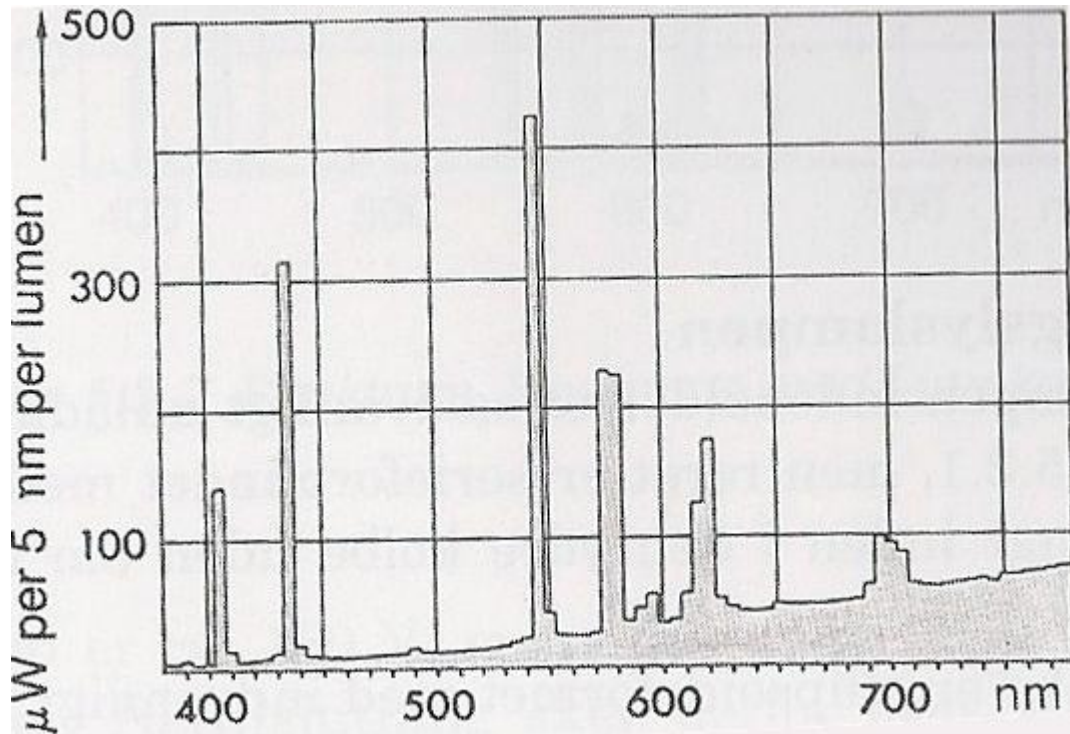
En lyskildes spektrum eller spektrale effektfordeling giver en oversigt over fordelingen af den udstrålede effekt på de enkelte bølgelængder. Spektret kan optegnes som en kontinuert kurve (se de tre figurer nedenfor) eller som et "trappeformet" diagram, hvor effekten angives f.eks. for hver 10 nm (se fig. 5). Der skelnes mellem kontinuerlige spektre, liniespektre og blandingspektre.



Figur 4 Spektre.

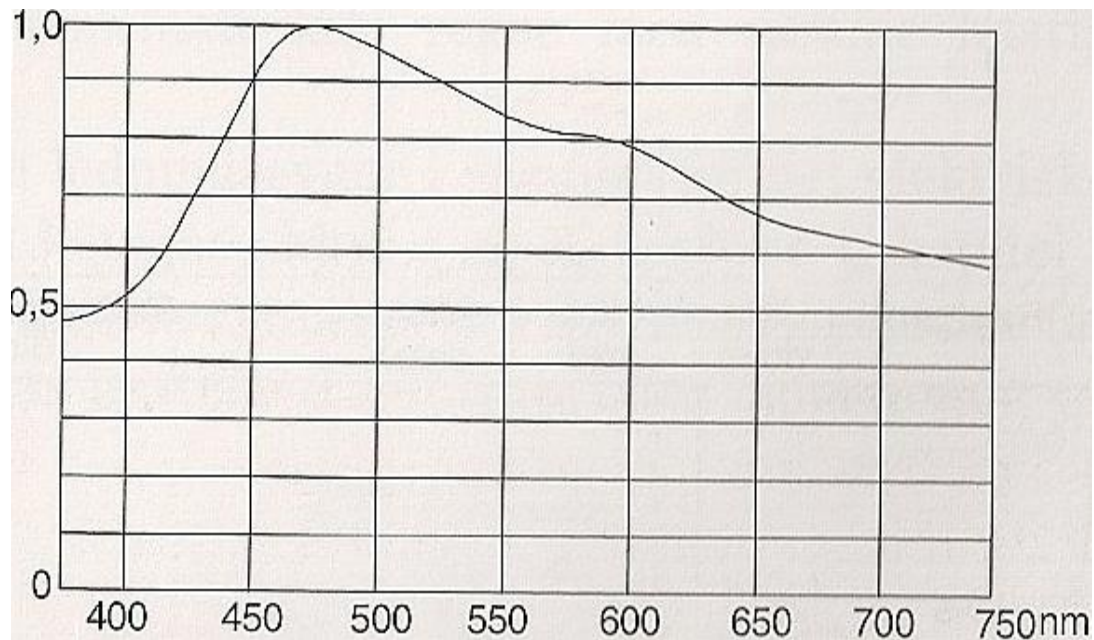


En lysgiver som inden for et angivet område har et kontinuerligt spektrum, udsender stråling ved alle bølgelængder i dette område.



Figur 5: Spektrum, blandingslampe.

I hvidt lys, som sollys, udsendes alle bølgelængderne i det synlige spektrum med tilnærmelsesvis samme effekt (se Fig. 6 på næste side). Kontinuerlige spektre er karakteristiske for lyset fra glødende, faste stoffer. Linienspektre består af en eller flere linjer, som fremkommer, når en lysgiver udsender al sin stråling ved enkelte eller flere skarpt afgrænsede, smalle bølgelængdeområder. Metaldamplamper er eksempler på lyskilder med linje eller blandingspektrum.



Figur 6: Sollysets spektrale energifordeling i det synlige område.

CIE-farvetrekanten, farvetemperatur

Farvetrekanten

Den internationale belysningskommision, CIE, har defineret en farvetrekant, hvori alle farver kan angives ved to koordinater; x og y. På figuren er angivet beliggenheden af nogle bølgelængder og farvetemperaturen.

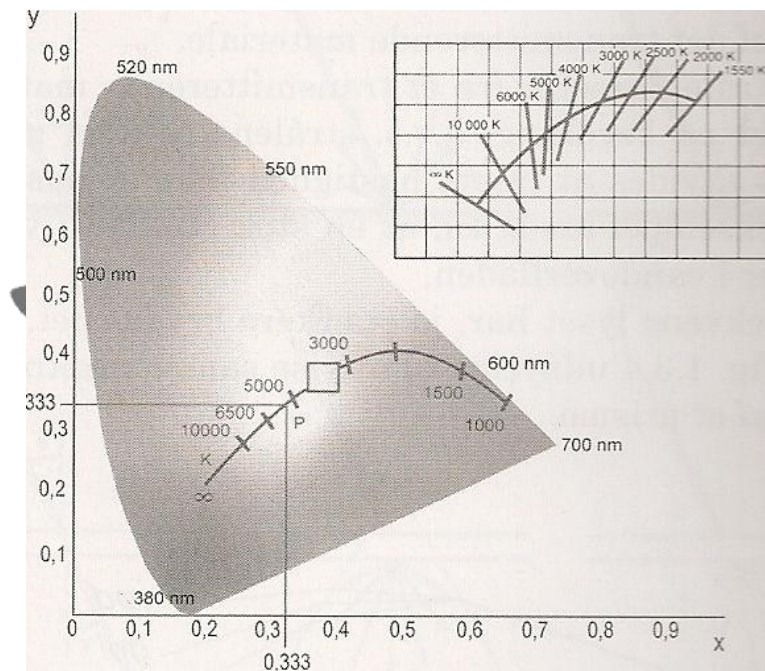
I bilag 1 er der vedlagt en CIE-godkendt farvetrekant.



Farvetemperatur

Det lys som en lysgiver udsender, opfattes som "koldt" eller "varmt" lys. Denne egenskab ved lyset beskrives ved hjælp af begrebet farvetemperatur.

Fig. 7 viser farvetrekanten. For en mere omfattende gengivelse af trekanten se bilag 1.



Figur 7: Farvetrekanten.

Farvetemperaturen defineres som den temperatur, et absolut sort legeme skal have for at udsende lys af samme farve som den pågældende lyskilde. Ved et absolut sort legeme forstås et legeme, der fuldstændigt absorberer stråling af enhver bølglængde, og som derfor kun udsender stråling af dets egen temperatur. Et praktisk eksempel på et emne, som med god tilnærmelse kan betragtes som et absolut sort legeme, kan nævnes den matsorte kasse i et fotoapparat. En lyskilde som er baseret på temperaturstråling kan i praksis ikke opnå højere farvetemperatur end cirka 4000 K. Andre lyskilder som f.eks. luminescensstrålerne eller dagslys kan have meget højere værdier. Højere værdier af farvetemperaturen er beregnede, teoretiske værdier.

Kurven der er tegnet inde i farvetrekanten, repræsenterer det absolut sorte legemes lysfarve ved stigende temperatur. For lyskilder hvis farvekoordinater ikke ligger på kurven, kan man anvende hjælpelinierne i kurvebladet ved siden af trekanten. De farvetemperaturer der aflæses på hjælpelinierne, betegnes i datablade som "Correlated Colour Temperatur" (CCT).



Ved en lav temperatur udsender det absolut sorte legeme en forholdsvis langbølget stråling, der giver lys i den røde del af spektret. Jo højere temperatur, jo mere kortbølget bliver strålingen og jo mere forskydes lyset mod den blåviolette ende af det synlige spektrum. En lysgiver med en lav farvetemperatur (ca. 2000 K) har et rødt lys, mens lysgivere der giver hvidt lys, har en farvetemperatur på omkring 5-6000 K. Læg mærke til, at såkaldt "varmt lys" har en lav farvetemperatur, mens omvendt "koldt lys" har en højere farvetemperatur.

Farvetemperaturen for en lyskilde afhænger således af dens spektrale effektfordeling. Temperaturstrålere som glødelamper har en lav farvetemperatur (cirka 2700 K), mens den er højere for luminescensstrålerne (3000 - 6000 K). Klart sollys har en farvetemperatur på omtrent 6000 K.

Del konklusion 1,1

- Hvad er lys, hvordan virker det og kan vi bruge de egenskaber, det besidder?

Vi ved nu, hvad lys er og hvilke egenskaber det besidder - nogle mere interessante for os end andre. Vi er altså ikke så interesserede i det langbølgede røde lys, som er nær det infrarøde lys, selvom dets varmeafgivende effekt sikkert kunne bruges til en masse. Nej, vi er mere interesserede i det blå lys og derover, nemlig det ultraviolette. Jeg beskrev tidligere, at lys omkring 100 nm har en ioniserende effekt og det er mod de egenskaber vi vil bevæge os, da vi nu har lært, at lys kan bruges til noget.

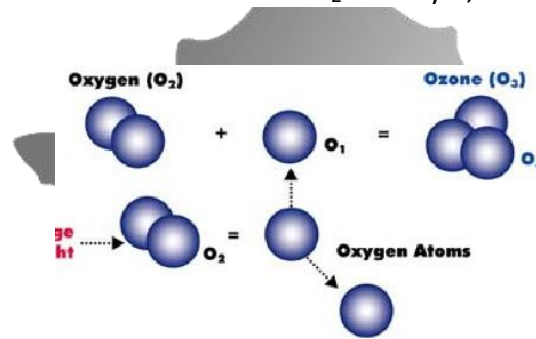
Vi kan altså konkludere, at lys kan påvirke andre atomer, og til vores fordel, for nu vil vi gerne påvirke den luft, vi indånder og se, hvad det gør ved den.



Ozon-teknologi

Hvad er ozon og hvordan dannes det?

Ozon er et naturligt forekommende stof, hvor tre atomer af ilt kombineres til at danne et ozon-molekyle (O_3). Oxygen findes hyppigst som to ilt-atomer (O_2). Ozon dannes, når energi fra ultraviolet lys (UV) eller en elektrisk udladning bryder O_2 bindingerne. Det enkelte ilt-atom rekombinerer da med et O_2 molekyle, som derved vil danne ozon. Se Fig. 8.



Figur 8 ozon dannelse.

UV-strålens effekt kender vi fra Jordens ozonlag, hvor solens lys hjælper til at danne ozon. Ved høj spænding (corona-udledning) sker der også dannelse af ozon. Når vi eksempelvis oplever et tordenvejr, siges det, at luften føles mere "ren". Den udtalelse kan siges at være korrekt på grund af den rensende effekt, ozon har.

Lys-ozon dannes ved at luft udsættes for lys under 200nm, hvorved det vil spalte oxygenet.

Hvad gør ozon og hvordan bruges det?

Ozon er ustabil og vil ved given lejlighed afgive et ilt-atom, dvs. ozon er oxiderende. Der er mange andre stoffer, som er oxiderende, men i forskellige grad og faktisk er der kun ét stof, som er kraftigere oxiderende end ozon og det er fluor. På en liste over oxidationspotentiale, dvs. oxiderende egenskab, står fluor altså øverst efterfulgt af ozon, og listen kan læses på den måde, at et stof A - som står højere på listen end et andet stof B - kan oxidere stof B. Ozon kan således teoretisk set oxidere alt andet end fluor, men der er mange stoffer, som på grund af deres molekyleopbygning ikke kan oxideres, hverken af fluor eller ozon.

Mange organiske stoffer kan dog oxideres og det er på grund af dette faktum, at ozon kan virke steriliserende, idet ozon kan oxidere organiske stoffer i cellemembranen hos



en mikroorganisme, så cellens stofskifte ødelægges og dør. Ozon angriber altså cellens overflade og i modsætning til UV-stråling, kan ozon ikke skygges bort, dvs. ozon kan også sterilisere vand med høj turbiditet (turbiditet er et mål for, hvor transparent en væske er), hvis blot man bruger nok ozon. Ozon skelner nemlig ikke mellem de stoffer, der giver ophav til turbiditeten i vandet, men vil oxidere alt, der kan oxideres. Hvis vandets turbiditet skyldes f.eks. dødt oxiderbart stof, vil der forbruges meget ozon på dette stof, dvs. der skal tilsættes meget ozon for at være sikker på, at også levende mikroorganismer i vandet oxideres.

Ozon kan omvendt også virke negativt. Ved høje koncentrationer af ozon i vand med dyreliv vil f.eks. fisk, skaldyr og planter blive oxideret, og det vil primært gå ud over væv på gæller, finner og andet tyndt væv. Dette medfører dårlig trivsel hos dyrene, og kan føre til nedsat ædelyst eventuelt død. Bruges der ozon til desinfektion, og restozon i en høj koncentration ledes til bassinerne, vil dyrene mistrives, og derfor må man bruge en eller anden form for fjernelse af restozon fra vandet (f.eks. gennem UV-anlæg eller aktivt kulfilter), før man leder det tilbage til fiskenes akvarier.

Ud over at kunne sterilisere vandet giver ozon yderligere den fordel, at mange organiske stoffer i vandet oxideres til andre kemiske forbindelser. Dette kan bl.a. medføre en forøget bio-nedbrydelighed af det organiske stof, som lettere nedbrydes i et biologisk filter. En anden effekt er, at ozonbehandlingen kan føre til dannelsen af mikroflokkulat i vandfasen, dvs. opløst organisk stof kan udfældes og frafiltreres. Endelig opnår man ved brug af ozon til sterilisering af vand den fordel - frem for brug af UV-lys - at der også opnås en steriliserende effekt i rørsystemer, idet ozonens steriliserende effekt ikke er stedbundet, som det netop er tilfældet med UV-lys.

Sammenhængen mellem ozonbehandling af vand og den dræbende effekt på diverse fiskepatogener er endnu ikke tilstrækkeligt kendt. Der findes lidt litteratur om ozonkoncentration i relation til dræbende effekt på visse fiskepatogener. Generelt er effekten af ozonbehandlingen afhængig af ozonkoncentration i vandet, og behandlingstiden, således at en meget høj ozonkoncentration i gas fasen (> 100.000 ppm.), vil give en tilsvarende høj ozonkoncentration i vandet, hvorved behandlingstiden bliver kort. Omvendt kan en lang behandlingstid nedsætte kravet til ozonkoncentration, men man skal ikke forvente at kunne sterilisere vand med en ozonkoncentration i gas fasen mindre end ca. 10.000 ppm.

Taget fra: http://www.akvarieviden.dk/artikler/vis_artikler.php?tid=5

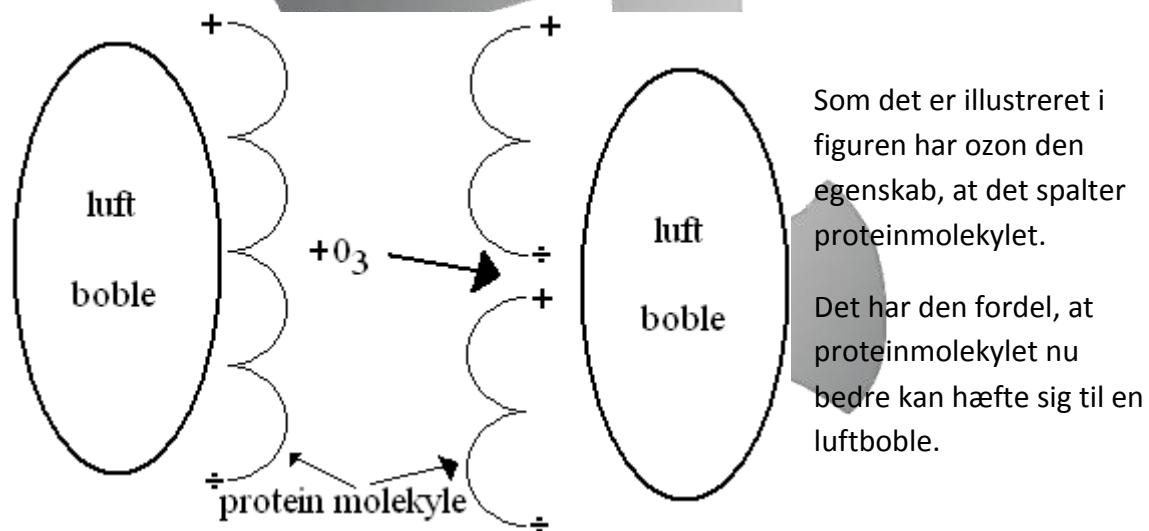


Hvorfor bruges ozon?

- Ozon bruges til at spalte proteinmolekylerne i vandet som vist i eksemplet med proteinskummenen.
- Ozon bruges til klaring af vand (turbiditeten). Det fjerner tunge farvestoffer, fenoler.
- Ozon bruges til desinfektion.

På Danmarks Akvarium bruger vi ozon til at fjerne farvestoffer i vandet. Vi bruger også ozon til proteinskummenen for at øge deres effektivitet.

Hvis vi kigger nærmere på et proteinmolekyle, se fig. 9, kan man nemmere forstå ozonets indflydelse på et proteinmolekyle.



Figur 9 protein molekyle.

Det næste er at man gerne vil, er at have så mange bobler som muligt.

Dette gøres med en luftsten, som kan lave en masse små fine bobler. Disse små fine bobler kommer dog kun på grund af saltet i vandet: Saltet bevirker, at vandet er tungere (densiteten er øget) og hjælper på den måde til at presse boblerne samme. Dette ville ikke ske i ferskvand og man kan derfor ikke udnytte dette system med samme resultat som følge i alle slags fiskebassiner.

Havvand består af 35‰ (promille) salt = 35gram salt/liter. Det ville også være for dyrt at tilsætte salt til ferskvand for at kunne bruge vandet i proteinskummenen og udnytte



dens egenskaber, da man genbruger vandet og derved ville være nødsaget til at skulle afsalte vandet igen.

Hvis ozon skal bruges til at øge turbiditeten af vand i et akvarium med det formål, at man bedre kan se sine fisk, kan det også lade sig gøre, da ozon har den gode egenskab, at det nedbryder de tunge farvestoffer, der er i vandet. Dette kan gøres med en relativ lille mængde ozon.

Hvis man derimod ønsker helt klart vand, skal man have en højere ozonmængde for at den da også vil virke desinficerende. Der er dog nogle fordele og ulemper ved dette.

Fordelen er, at ozon i større mængder kan nedbryde alger, både fritsvævende alger og fast siddende alger (trådalger) og dette vil gøre vandet mere klart og rent. Det vil faktisk have en lang række fordele at bruge større mængder ozon, da det som sagt har oxyderende egenskab.

Fisk afgiver diverse biologiske materialer efter brug ligesom alle andre levende væsner på denne klode. Et af disse biologiske restprodukter er ammoniak, som bliver udskilt gennem deres gæller. Fisk kan ikke tåle store mængder ammoniak i vandet, og det skal så vidt muligt fjernes. Dette kan ozon sørge for – tillige kan det også fjerne andre affaldsprodukter fra fiskene.

Alt dette lyder meget godt og lidt som et vidunderprodukt, men som sagt nedbryder ozon biologisk materiale og da fisk også er lavet af biologisk materiale, er der en vis risiko for at dræbe fiskene ved for store mængder ozon tilsat vandet.

Den negative side af ozon

Ozon har mange egenskaber, både gode og dårlige. De gode egenskaber er vitterligt gode hvis man håndterer det korrekt. Desværre er det ikke helt nemt at gøre.

Hvis vi tager udgangspunkt i afsnittet ovenfor, hvor vi tilføjer et akvarium ozon, vil dette altså have følgende egenskaber:

- Klaring af vand.
- Desinfektion af vand.



Ved denne proces er der en række ulemper, af nævneværdige er der:

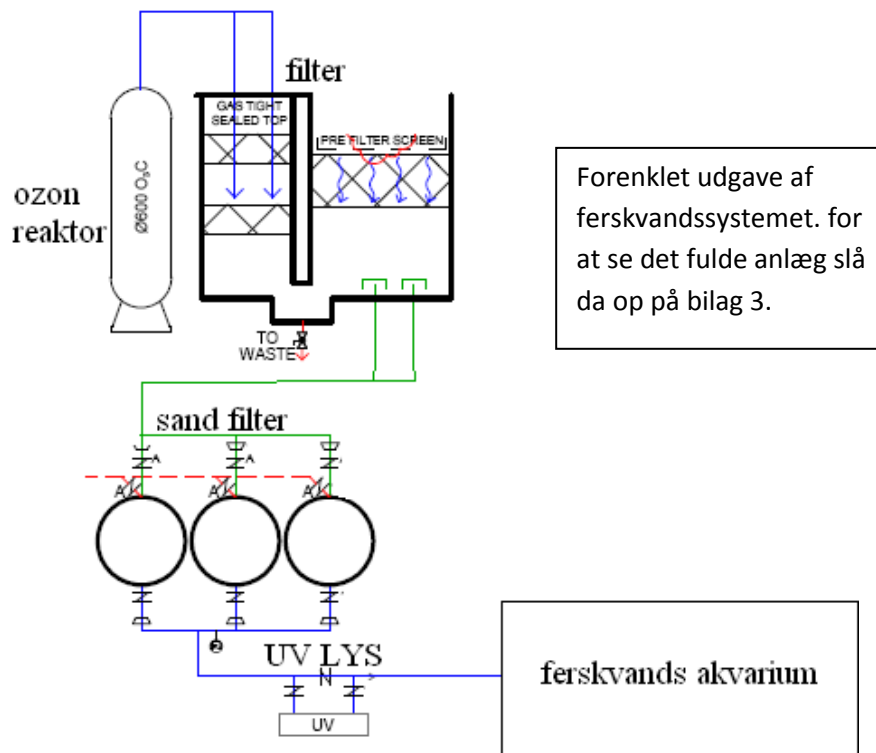
- Mulighed for at fiskene dør.
- Mængden af resterende "ubrugt" ozon kan stige.

Dét at fiskene kan dø af for højt ozon-indhold i vandet, taler næsten for sig selv. Det er risikofyldt at bruge ozon og det er derfor også sjældent, at ozon bruges direkte i akvarierne. I stedet vil man stræbe efter at udskifte vandet så ofte som muligt og sørge for, at det genanvendte vand er så rent og restprodukt-frit som muligt.

Noget af det smarte - men også det farlige ved ozon - er, at det kan transporteres rundt i et anlæg og havne et sted, hvor man ikke ønsker det pga. at det følges med ilten og derved bæres rundt i hele systemet. For at forhindre dette har man nogle foranstaltninger som UV-anlæg, der kan nedbryde det resterende ozon.

I det nye akvarium, "Den Blå Planet", har man tænkt sig at bruge ozon til desinfektion og andre rensprincipper. I bilag 3 kan man se det komplette anlæg for ferskvandsakvarierne og de rensmetoder, vandet skal igennem, inden det bliver ledt ud til fiskene.

Ved en kort gennemgang af systemet i fig. 10. kan man følge systemet. Vi kan se, at genbrugsvandet først kommer i kontakt med ozon-reaktoren for derefter at blive ført igennem et filter, der dels renser vandet, men også fjerner noget af ozonen. Dernæst passerer genbrugsvandet sandfiltrene, hvor det bliver rensset gennem forskellige stadier af sandkorns-størrelser. I denne delproces vil noget af det ozon, som følger med rundt i systemet og blive brugt, da ozonen er med til at nedbryde nogle af de bakterier, der sætter sig på sandkornene. Til sidst er der et UV-anlæg med det formål at sikre, at der ikke kommer ozon op med vandet til akvariefiskene. Resultatet er, at man får det rene, klare vand, men undgår problemerne med fiskedød.



Figur 10 Ferskvands system, forenklet.

Hvis der skulle opstå det problem, at ozon slap ud i den "fri luft" blandt gæster i akvariet og medarbejdere ville det have visse konsekvenser - men kun i bestemte situationer.

Vi stiller derfor først et scenario op for at få forhold hvori der kan opstå et problem med ozon mængden.

Ozon alene

Ozons indvirkning på mennesker har længe været debatteret. Nogle af de første artikler er fra 1993, men det var først omkring år 2000, at det for alvor tog fart med videnskaben om ozons indvirkning på mennesker.

Mennesker har altid været udsat for påvirkning af høje ozonkoncentrationer ude i den fri natur. Faktisk er ozonkoncentrationen højere udenfor end indenfor. Hvorfor så al balladen med udslip af ozon inden døre? Forklaringen ligger i det faktum, at ozon er oxiderende og at antallet af de ting, ozonen kan reagere med, er højere inden døre end udenfor. Dertil skal det siges, at ude i det fri bliver alt fortyndet ud. Ud fra den viden kan man også lave en hurtig regel: Ved relativ høj udskiftning af inde-luften kan man godt anvende høje ozonkoncentrationer, da det vil blive skiftet ud med "frisk" luft udefra.



Hvorfor er vi så bange for ozon? Det er vi fordi, man i undersøgelser har opdaget, at det har en negativ indvirkning på lunger og øjne hos mennesker. Man har derfor sat nogle grænseværdier: De fleste internationale guidelines for ozon ligger, afhængig af perioden for eksponeringen, f.eks. på 8 timer mellem 60 til 100 ppb. (120-200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). WHO's seneste guideline er på 60 ppb. over 8 timer (år 2000).

For at forstå ozon og dets negative egenskaber må man forstå, at de fleste artikler og undersøgelser der findes, er baseret på kontormiljøer, hvor ozon er blevet brugt til rensning af ventilationsluft, hvor det altså vil blive båret med rundt i luften. Dette kan sammenlignes med akvarierne, som står og "bobler" ozon fra sig. Det er altså mit udgangspunkt - det er det tætteste, jeg kan komme på indeklimaproblemer i relation til ozon, da der ikke er andre ozon-udledningselementer på Danmarks Akvarium, f.eks. der er ikke nogle fotokopimaskiner oppe på fodergangen.

Før man begynder at angribe ozon, skal man først forstå, hvorfor problemerne opstår med det. Hvis man kigger på ozon-indholdet i luften inde og ude, vil man som sagt opdage, at luften uden for kontoret faktisk har et højere ozonindhold end den inden døre. Dette kan virke forvirrende, men problemet kan alligevel opstå inden døre på grund af mængden af udskiftet luft. Man kan sige, at hvis man står et bestemt sted udenfor, vil man hele tiden stå i bevægende luft, og det vil sige, at det ikke er den samme luft man indånder to gange. Derimod er der inden døre ikke den samme mængde udskiftning i luften og det er dér, problemerne opstår. Man kan selvfølgelig forny luften ved at åbne en masse vinduer, men så ryger ideen med et dyrt investeret ventilationsanlæg med klimastyring. Vi må derfor i stedet se på, at det faktisk kan være skadeligt selv med mindre mængder ozon end dem der er udendørs.

Hvad kan den ozon så gøre? Den kan skade lungevæv, slimhinder og give irritation i øjnene, dette er de fleste enige i. Bl.a. har en forsker, Peder Wolkoff fra Arbejdsmiljøinstituttet, skrevet en del artikler om indeklima og ozon. I bilag 3 har jeg vedlagt en mindre artikel, hvor der bliver gået i dybden med argumenterne til de grænseværdier, jeg omtalte tidligere og hvilke foranstaltninger, der skal tages.

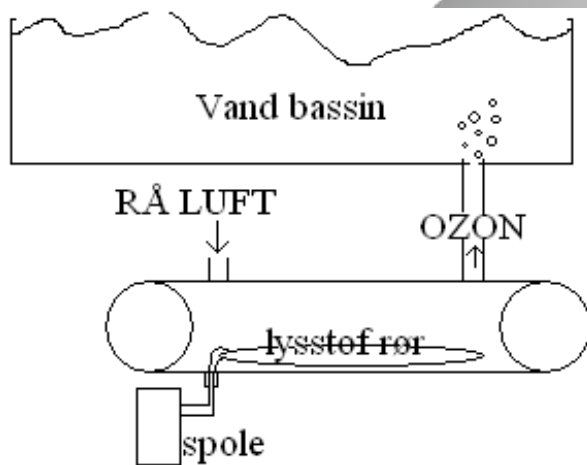
Det værste risiko jeg har læst om indtil videre er, at ozon kan føre til kræft, men jeg har ikke fundet veldokumenterede undersøgelser, som beviser det udsagn. Lige for tiden er det nærmest et modefænomen, at sige "det giver kræft" eller "det kan føre til kræft". Der er desværre utallige artikler, som slynger om sig med sådanne usaglige udsagn, men indtil det modsatte er bevist, mener jeg, at man må tage risikoen med i betragtning.



Man kan altså få nogle ubehagelige bivirkninger af ozon og den ozon, der vil blive brugt kunne være skabt ved hjælp af UV-lys behandling af luften, men den kunne også være skabt af højspænding og hvis dette er tilfældet, er der en meget vigtig bivirkning at nævne ved denne dannelsesmetode.

Hvis man vælger at danne ozon med højspænding, skal man sørge for, at det er helt tør luft, man bruger til at danne ozonen. Fugtig luft kan nemlig være med til, at der sker en dannelse af NOx'er over spændingsudladningen, hvilket ville være meget farligt at føre videre med ventilationsluften. Man skal derfor huske at tage sine forholdsregler inden man vælger at bruge ozon som et behandlingsmiddel.

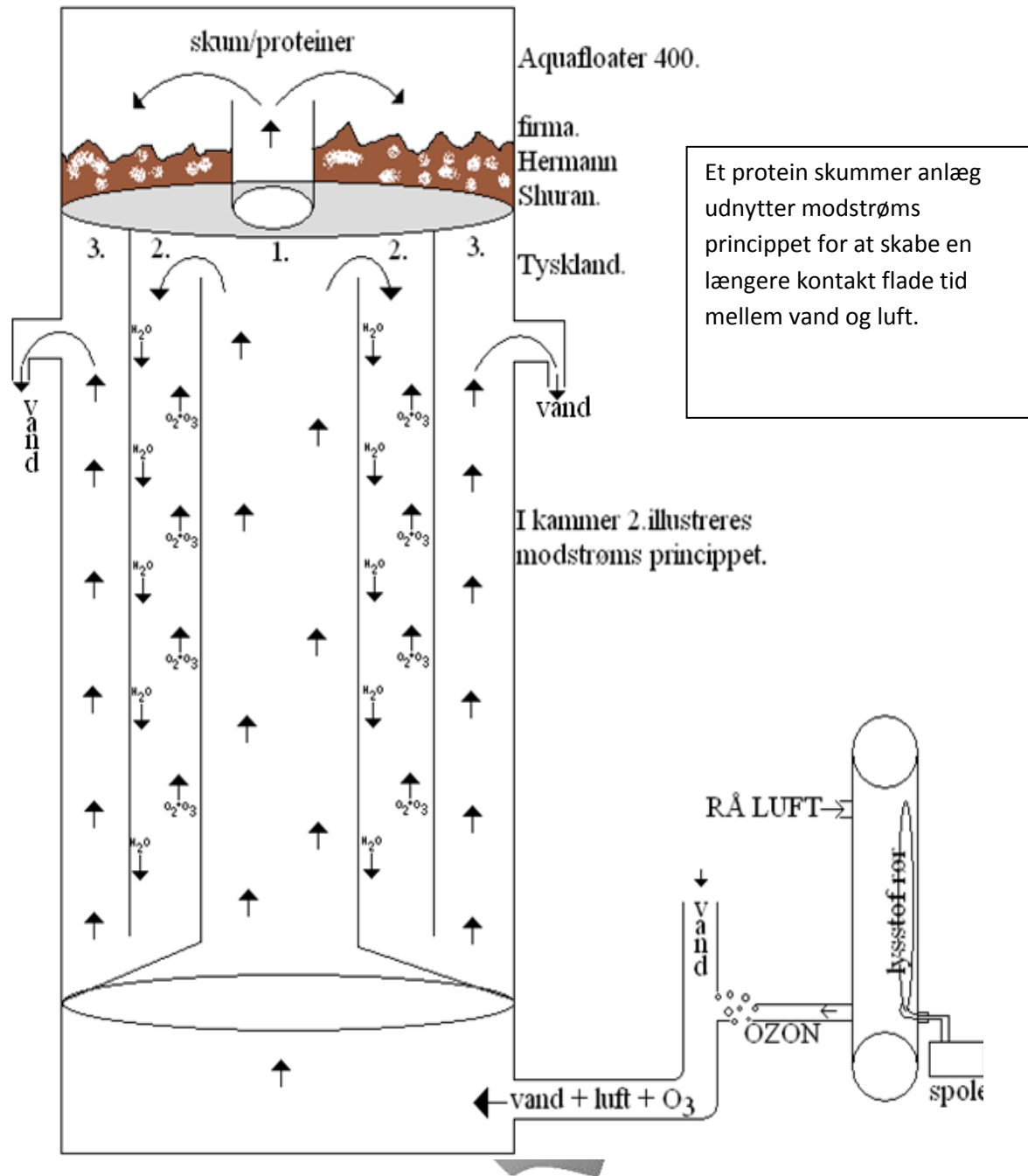
Ozonanlæg



Nogle ozon-anlæg er ganske simpelt opbygget: Det består af en rørbeholder, hvori der er placeret et UV-rør. UV-røret bliver styret af en lille spole (ballast). Dertil skal der bare tilsættes luft og den udtagende luft kan så tilføres, hvor man ønsker det. Billedet nedenfor viser, hvordan et ozon-anlæg kan bruges til at efterklare vand i et bassin ved at ozonen går ind og fjerner de tunge farvestoffer i vandet, kaldet fenoler.

Et andet form for ozon-anlæg bygger på samme princip med den rå luft ind og ozon ud, men her bruges ozonen til at nedbryde proteinerne i en proteinskummer, se fig. 11.

På Danmarks Akvarium bruger vi i øjeblikket størstedelen af ozonen til det og ikke så meget til desinfektion, men det er planen at "Den blå Planet" også skal drage nytte af dets desinficerende egenskaber, dog skal det fremstilles ved hjælp af højspænding, da det er billigere.



Figur 111: Proteinskummer.



Del konklusion 1.2

- Hvad og hvordan virker ozon - kan man udnytte dets oxiderende egenskaber?

Som omtalt tidligere er ozon det næst-kraftigste oxiderende stof, der findes. Så ja, med den tilstrækkelige viden inden for brugen af det, er det et rigtig godt middel til rensning af vand.

- Er der en fordel i at bruge ozon alene og i andre anlæg?

Ja, der er en fordel i det, da det er kraftig oxiderende og derved et godt rensmiddel. Der er dog en større fordel i at bruge det i et eksisterende anlæg som proteinskummerne, da det har en god indvirkning i den biologiske proces og ikke tilbyder nogle negative sider lige i denne proces, hvorimod der følger visse risici med, hvis det bruges alene i et akvarium til desinfektion.

- Er det farligt at bruge ozon? Ja, det kan være farligt.
 - o Kan det give personskaade?
Ja, det kan det. Ozon alene er ikke et sundt produkt og der er derfor en masse undersøgelser i gang angående dets negative indvirkning på mennesker, men det står klart, at det er ikke sundt og anvendelsen af ozon skal derfor holdes på et minimum.
 - o Kan det skade fiskene?
Ja, hvis det bruges alene til at fjerne fenoler i vandet, kan det skade fiskene – dog kun såfremt det kommer direkte i kontakt med fiskene.



Økonomi

Vi bruger ikke meget ozon på Danmarks Akvarium, men det vi bruger, er blevet skabt ved hjælp af lys, der har en bølgelængde omkring de 200 nm. Man kan også skabe ozon ved hjælp af højspænding også kaldet corona-udladning og lige præcis denne metode har man tænkt sig at benytte ude i "Den Blå Planet". Årsagerne er udelukkende økonomiske og dem skal vi kigge nærmere på her.

LYS-OZON:

Et lys-ozon-anlæg på 80W koster 8.500 kr. + moms hvis det erhverves fra www.water.dk, som Danmarks Akvarium benytter sig af. Et sådan anlæg kan maksimalt producere 2 gram ozon i timen og det er rigeligt til deres nuværende forbrug. Ønsker man et større forbrug, begynder det at blive dyrt. Lad os kigge på, hvad det koster at producere 2 gram ozon og vedligeholdelsesomkostninger:

- Til et lys-ozon-anlæg bruger man som sagt UV-rør. Disse koster 1.700 kr. og holder i cirka et år (8000 timer). Det er den eneste faste udgift til denne type anlæg - vi har kun oplevet én gang, at en styreboks til UV-lyset gik i stykker, og det er aldrig oplevet før og anses derfor ikke som en fast udgift. Til alt held var det en nem ting - det var en kondensator, der var stået af som kunne generhverves for 20 kr.
- 2 gram ozon koster 4 ører at producere.

○ _____

CORONA-OZON:

Et corona-anlæg koster en del mere at erhverve sig end et lys-ozon-anlæg. Et corona-anlæg producerer heller ikke så små mængder ozon, som lys-ozon-anlægget kan. Til det nye akvarium skal der bruges et 20 grams corona-ozon-anlæg, som www.water.dk leverer for 70.000 kr. + moms. Vedligeholdelsesomkostninger er et årligt service (8000timer = 1 år) på 1700kr.

- 20 gram ozon koster også 4 ører at producere.

○ _____



Vi kan dermed se, at for at lys-ozon-anlægget skal kunne producere den samme mængde, skal man have 10 af disse anlæg sat op: Det er 800W i alt og en omkostning på 40 ører for 20 gram ozon kontra de 4 ører. Det er altså billigere i længden at bruge et corona-ozon-anlæg.

Hvis vi kigger på en 5-års periode, kan vi se, at besparelserne er tydelige.

1 år = 8000 timer	5 år
40øre*8000T = 3200kr/år	3200kr/år*5år = 16000kr.
4øre*8000T = 320kr./år	320kr/år*5år = 1600kr.

Altså er der en besparelse på $\frac{70000}{3200} = 21,875$ år $16.000\text{kr} - 1.600\text{kr} = 14.400\text{kr}$. over en 5-års periode.

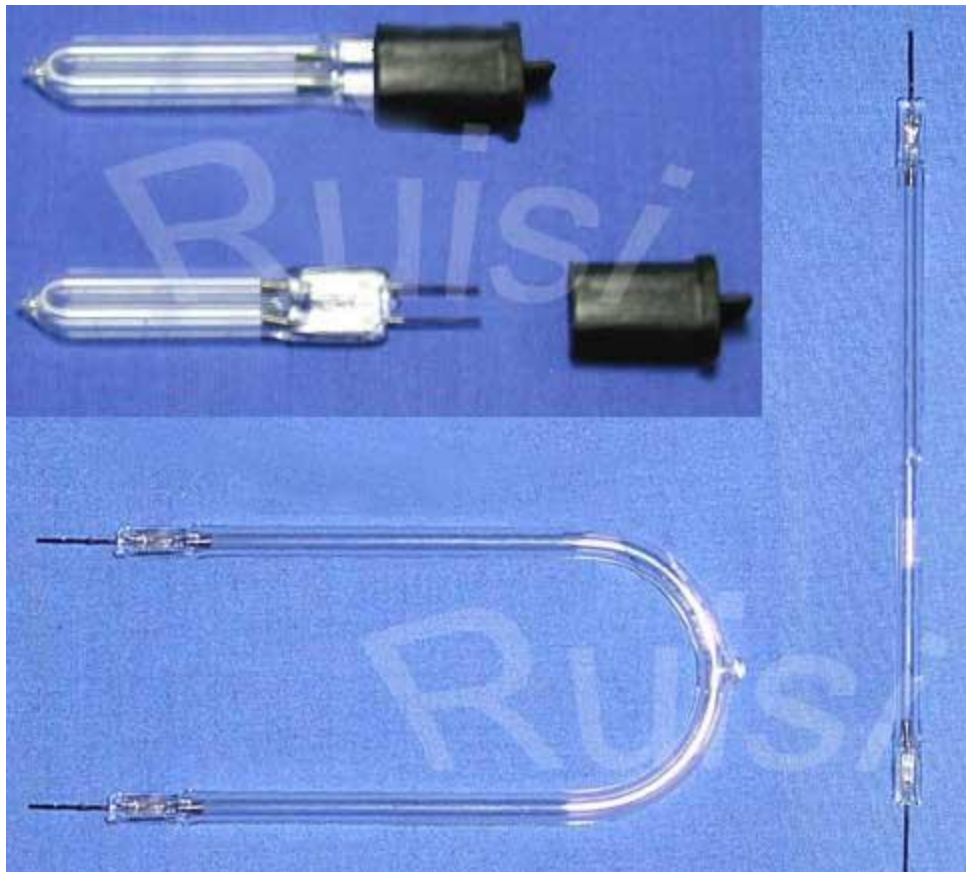
Hvis man brugte corona-anlæg i stedet for lys ville det have tjent sig ind på:

På lidt under 22 år ville det have tjent sig ind. Man kan dog ikke udelukke lys-ozon fuldstændigt. Det vil altid være nemmere at sætte op, hvis man pludselig skal bruge det i et tilfældigt akvarium for at ændre turbiditeten i vandet og sikre sig, at man ikke for et højt ozon-indhold. Det er her, at lys-ozon kommer til sin ret pga. den lave mængde, den kan producere. Og faktisk kan det lade sig gøre, at få omkostningen af ozon produceret v.hj.a. lys ned med diode-teknologi. Man har ellers altid sagt, at det ikke kunne lade sig gøre at skabe dioder, der kunne gå ned i UV-C-området, men i forbindelse med min informationssøgning, har jeg fundet et sted, der mener, at kunne lave sådanne dioder. Hjemme siden er: <http://www.made-in-china.com/showroom/pchope/product-detailbjnwSOvraVG/China-UVC-Ultra-Violet-Ray-C-200nm-275nm-UVC-Lamp.html>.

Et produkt eksempel kan ses i figur 12.



produktet ser således ud:



Figur 12 UV-C dioder.

Product Description

UVC refers to shorter UV wavelengths, usually 240-280nm. Wavelengths in the UVC range, especially 253.7nm, are especially damaging to exposed cells. Such short-wave UV is often used for germ killing purposes. This effective purging ability has earned reputation in air-purging, medical treatment and environment-protection.

The key features as follows: Effective and efficiency germ killing ability. Cost-effective, convenient and reliable in use. The following describes the specification of UVC lamp.

*1, Model: UVC26 Dia*Length: Φ 2.6*(50~600) mm Voltage: 170~980V Current: 7mA
Power: 0.5~6.5W Starting Voltage: 350~1850V Wavelength: 1.5 mw/cm² 200-275nm
Lifetime: 20000h*

Man kan sige, at 6.5W kontra de 80W er en meget god besparelse i effekten, hvis det holder stik - for produktet er ikke blevet testet og jeg har ikke kunne finde nogen, der



har benyttet sig af produktet. Man kunne dog indkøbe produktet og teste, hvorvidt det er sandt, at dioden kan producere bølger i 200nm-området.

Der er formentlig ikke mange, der har tiltro til, at det ville lykkes, men i den teoretiske verden ser alt ud til at fungere. Jeg vil så vidt muligt forsøge at finde ud af, om producenten opgiver korrekte udtagelser og give et feedback angående emnet til fremlæggelsen af mit bachelorprojekt.

Alternativer

Findes der alternativer til noget af det omtalte i denne rapport?

Ja, det gør der. Et større alternativ til lys er dioder, kaldet LED (Light Emitting Diode). Der findes dog også en anden mulighed til billigt lys, som jeg erfarede mig under mit studie af lys og dioder - og det er plasma-lys, se evt. fig. 13.

Plasma-lys var kort oppe og vende for cirka to år siden og der blev succesfuldt lavet nogle i 2008, som ikke var meget større end en pille, men som gav et fænomenalt kraftigt lys. Man havde tænkt sig at bruge dem i gadelamper, da de ville være et godt alternativ til de gamle og tilbød en bedre lysstyrke i forhold til LED.



Figur 13: Plasma-pære.

Plasma-pæren er den midterste og fylder ikke meget. I bilag 4 er der vedlagt en uddybende artikel om plasma-lys.



Det eneste negative ved denne lysmetode er, at der i skrivende stund kun findes én leverandør – et firma i USA, der fører de såkaldte Luxim. Om de har patent på produktet, ved jeg ikke, men de er de eneste der har viden om og forsker i området, så noget tyder på det.

Afsluttende konklusion

Vi kan kort konkludere at man ikke kan mindske antallet af renses processer på Danmarks Akvarium, men man kan dog minimere udgifterne til det. Dette er vigtigt at have i mente, man behøves altså ikke altid at fikse det som ikke er i stykker, men man kan dog udskifte visse elementer som hvis man gik over til brugen af led lys eller plasma-lys.

Hvad har jeg så lært og erfaret mig? Overordnet set har jeg lært, at man skal øjne en mulighed i alt. Jeg havde nok ikke skænket bølge-energi en tanke, hvis ikke jeg havde hørt om ozon på Danmarks Akvarium. Man kan sige, at det har åbnet mine øjne for ikke bare at hvile på laurbærbladene, så at sige. Derimod skal man hele tiden være åben og søge ny viden for at følge med tiden - vi lærer og udvikler os gennem hele livet.

Jeg føler selv, at jeg har fået en god forståelse for anvendeligheden inden for frekvens-teknologi, i særdeleshed lys og de mange måder, det kan skabes på, men også andre muligheder: Lyd har f.eks. også en frekvens og her kunne man i rigt mål grave sig i dybden med det og lære en masse om ultralydsteknologi og hvor det eventuelt ville kunne blive brugt. Jeg har tænkt mig at forsætte fremad og udvide min viden inden for frekvensteknologi og derved også indbyde med ny viden, som både vil blive brugt i praksis, men forhåbentlig også til indlæring for andre, som har samme sult efter viden.

Det har været en fornøjelse at lave dette projekt, og med en masse ny viden i hånden vil jeg takke af og sige tak til KME - for de gode år og mange nye erfaringer.

Daniel Ljunggreen



Litteraturliste

Bøger

Den skinbarlige virkelighed, Ib Andersen, 3. udgave 2005.

ISBN 87-593-1140-1

Elektroteknik 3 elektriske maskiner, Poul Erik Petersen, 4. udgave 2005.

ISBN 87-7463-278-7

Organisation trojka, Poul Erik Christiansen, Henrik Kjær, Hans Jørgen Skriver, Erik Staunstrup. Udgave, 5. opslag 2006.

ISBN 87-7463-278-7

Elektroteknik 4 Lys og varme, Poul Erik Petersen. 4. udgave 2005.

ISBN 87-7463-001-6

Kontaktpersoner

Lars Skov Olsen, Teknisk chef Danmarks Akvarium, tlf. 40 25 78 90.

Peter Christiansen, maskinmester og leder af vandbehandling Renseanlægget Lynetten.

Bo Boye, lektor, Københavns maskinmesterskole.



Links

Vandbehandling med ozon:

- <http://www.pacificozone.com/ozone.html>
- http://books.google.dk/books?id=bKdWOOO4oXMC&pg=PA28&lpg=PA28&dq=ozon+cle+aning+technology&source=bl&ots=U89ruhrCvN&sig=jy3Hon0QXkLaY204M_k04XPVIN8&hl=da&ei=ICzoS-6lDsTGOKPKwlcE&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=4&ved=0CDEQ6AEwAw#v=onepage&q&f=false
- <http://www.water.dk/page10/page10.html>
- http://www.akvarieviden.dk/artikler/vis_artikler.php?tid=5

Carsten Dam-hansen fra energi-tjenesten, foredrag om LED og belysning. Power point fra forelæsningen kan ses på:

- http://www.energitjenesten.dk/files/resource_7/LED_nyeste_Aalborg.pdf

Plasma-lys til akvarier:

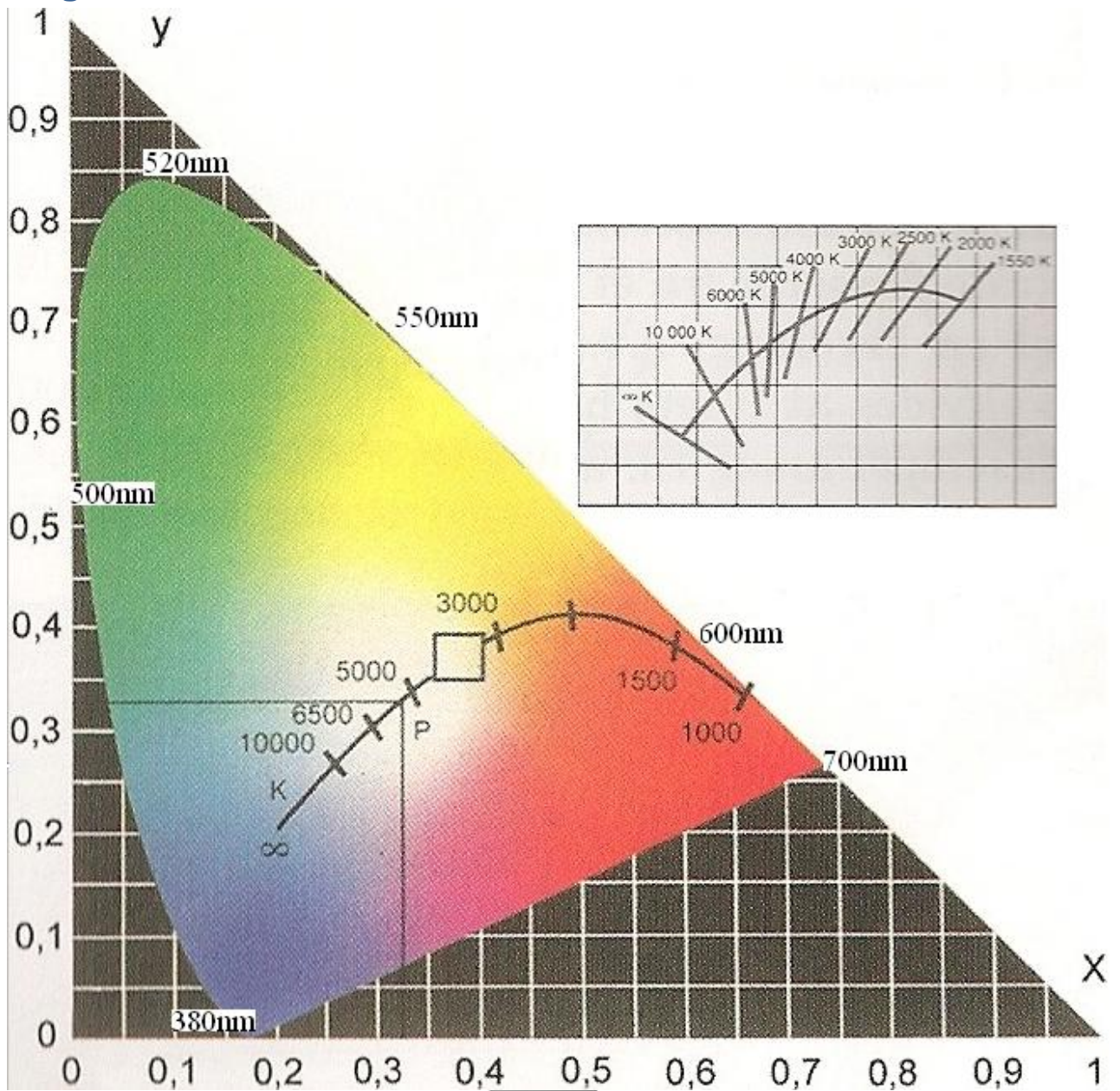
- <http://glassbox-design.com/2009/diy-plasma-light-aquarium-luxim/>

Indeklima og ozon:

- <http://www.arbejdsmiljoforskning.dk/upload/indeklimafaktorer.pdf>
- <http://viden.jp.dk/binaries/an/8428.pdf>
- http://www.arbejdsmiljoviden.dk/Aktuelt/Magasinet_Arbejdsmiljo/Magasinoersigt/2004/0607/Invalid%20name.aspx
- http://www.arbejdsmiljoviden.dk/Aktuelt/Magasinet_Arbejdsmiljo/Magasinoersigt/2004/02/Forslag%20om%20forbud%20mod%20luftrensere.aspx



Bilag 1: CIE Farvetrekant





Bilag 2: Indeklimapåvirkninger

Uddrag fra: *Afrapportering
fra
Nordisk konsensuskonference
Måling og vurdering af indeklimafaktorer
10-12 oktober, 2000
Arbejds miljøinstituttet, København
Samt fra
Dialogmøde om
Måling og vurdering af indeklimapåvirkninger
- for arbejdsmiljøprofessionelle
15 november, 2000,
Arbejds miljøinstituttet, København*

Hele teksten kan læses på: <http://www.arbejds miljøforskning.dk/upload/indeklimafaktorer.pdf>

Ozon

Baggrund.

De væsentligste kilder til ozon indendørs er den indkomne udeluft (op til ca. 80 % af udeluftens koncentration) (se Tabel 1), foruden lokale kilder, herunder elektrostatisk udstyr (Sundell/Zuber, 1995). Væsentlige lokale ozonkilder kan være fotokopimaskiner (Brown, 1999, Leovic et al., 1996); disse kan resultere både i generelt højere ozon koncentrationer, men især ved og omkring selve maskinen under kopiering.

Målte halveringstider for ozon i kontorer og boliger er i størrelsesorden 5-15 min (Mueller et al., 1973). Middel nedbrydningshastigheden blev målt til 2,8⁺ 1,3 h⁻¹ i 43 amerikanske hjem (Lee et al., 1999), altså svarende til en nedbrydningshastighed på knap tre luftskifter. En mærkbar øget kildestyrke (µg/s) over tid vil næppe kunne resultere i en større rumkoncentration på grund af ozons mange reaktioner med dels umættede VOC'er i luften, dels materialeoverflader med umættet polymerstruktur. Dette er de væsentligste årsager til de generelt lave rumkoncentrationer. Sandsynligheden for at reaktionerne kan nå at foregå indendørs afhænger bl.a. af luftskiftet (Weschler/Shields, 2000); desto lavere luftskifte desto højere koncentration af reaktionsprodukter, som kan have slimhindeirriterende egenskaber. På den anden side kan et højt luftskifte føre til koncentrationer, der nærmer sig udendørs niveau. Derudover kan der dannes ultrafine partikler ved reaktion mellem ozon og terpener (f.eks., limonen) under typiske indeklima-lignende forhold (Weschler/Shields, 2000).

Nitrogendioxid, derimod, penetrerer bygningskallen uden væsentligt tab. Kilder indendørs er primært anvendelse af gasopvarmning, gaskomfur (Boström, 1993), men også fotokopimaskiner (Brown, 1999; Olander, 1993).



Motivering for måling (beslutningsgrundlag) Baseret på bygningsgennemgangen og indhentet information besluttet hvorvidt der kan være tale om specifikke kilder som årsag til de rapporterede problemer (f.eks., konstatering af lugt).

Dette kan f.eks. være baseret på mistanke om ozonemission fra kontormaskiner eller uhensigtsmæssig ventilationsforhold. Identifikation af kilden til årsagen (f.eks. lugt) vil i mange tilfælde være tilstrækkelig begrundet til at foretage yderligere relevant handling med henblik på forbedring.

De fleste internationale guidelines for ozon ligger afhængig af perioden for eksponeringen (f.eks. 8 timer) mellem 60 til 100 ppb (120-200 µg/m³). WHO's (2000) seneste guideline er på 60 ppb over 8 timer. De er hovedsageligt baseret på lungeeffekter. Den svenske grænseværdi er på 120 µg/m³ over 1 time. Norge har ikke fundet grundlag for at fastsætte en norm for indeklima, da koncentrationer generelt er højere udendørs end inden døre. En administrativ norm for ozon er dog sat til 100 ppb (det norske Arbejdstilsynet, 1996). [For nitrogendioxid er den anbefalede guideline på 200 µg/m³ over 1 time (WHO, 2000), i Sverige er grænseværdien sat til 75 µg/m³ over 24 time og i Norge er den sat til 100 µg/m³.]

Ozons sundhedsmæssige effekt er primært i de nedre luftveje (lungeeffekt). En nærmere diskussion af mulige mekanismer og tærskel for irritation er diskuteret af Nielsen et al. (1999). Der ser ikke ud til at være sundhedsmæssige effekter i mennesker (i hvile) op til ca. 400 ppb ozon (forudsætter ingen anden luftforurening tilstede). Ozons virkning afhænger af dosis, hvorfor øget respiration vil medføre, at der kan iagttages biologisk effekt ned til omkring 100 ppb. Ozons lugttærskel ligger i området 10-100 µg/m³ og vil derfor kunne overskrides for eksempel ved brug af fotokopimaskiner; men tilvænningen er relativ hurtig. Slimhindeirritation vil kun kunne forventes ved tilstedeværelse af kemisk reaktive VOC'er. [Nitrogendioxids lugttærskel ligger på ca. 350 µg/m³, en entydig slimhindeirritationstærskel findes ikke, men den skønnes at ligge omkring 2000 µg/m³ (Jensen/Wolkoff, 1996). Sundhedsmæssige vurderinger af nitrogendioxid findes i øvrigt i ECA (1989) og i WHO (2000).]

De eksisterende vejledninger og guidelines tager ikke hensyn til den nyeste viden om ozon (og nitrogendioxids) reaktioner med umættede organiske stoffer under dannelse af (stærke) luftvejsirritanter, samt ozons reaktion med visse byggematerialer (Wolkof et al., 2000). Luftvejsirritanterne er blandt andet formaldehyd, acrolein og methacrolein, samt myresyre og eddikesyre, foruden en række andre stoffer (Weschler/Shields, 1997). Der foreligger flere undersøgelser, der har påvist, at kombinerede eksponeringer for stoffer og henholdsvis ozon og/eller nitrogendioxid kan have en forstærkende effekt. For ozon kan nævnes følgende undersøgelser med carbon black (Jakab/Hemenway, 1994), partikler (Kinney/Lippmann, 2000; 24 Krzyzanowski et al., 1992), og allergener (Peden et al., 1995; Molfino et al., 1991). For nitrogendioxid kan nævnes husstøvmider (Tunncliffe et al., 1996).



Overstiger koncentration lugttærsklen kan dette give lugtgener. Man skal være opmærksom på at tilvæningen er hurtig.

Kildeidentifikation

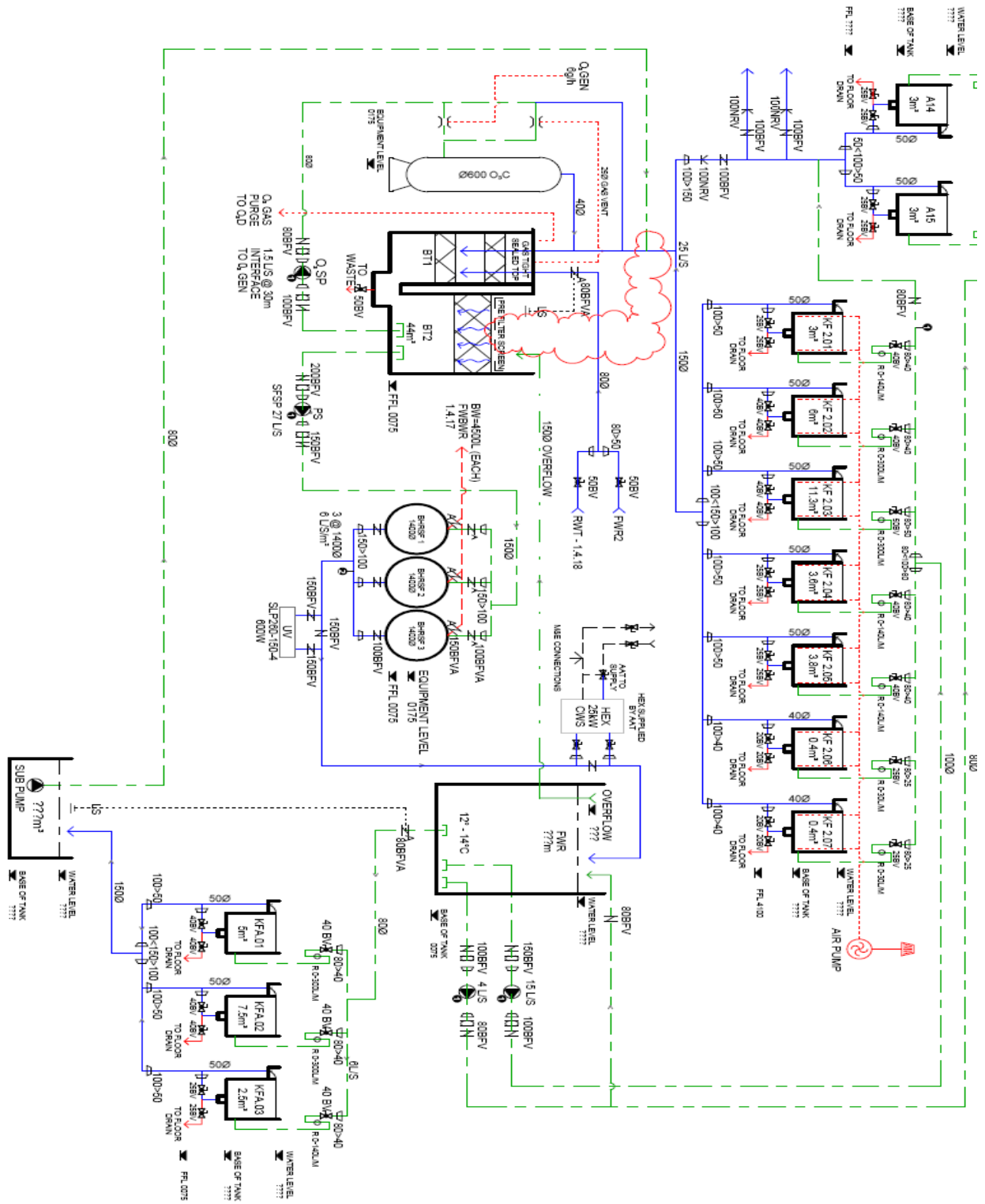
Anvendelse af direkte-visende udstyr (UV- eller kemiluminescens- baseret) kan anbefales til registrering af spidsbelastninger og identifikation af specifikke ozonkilder. Kontinuerede målinger over tid vil alt andet lige give bedre oplysninger om eventuelle tidsvariationer. Det vil være relevant at foretage målinger, såfremt ozon-producerende udstyr ikke forefindes i separat rum med passende ventilation.

Anbefalinger/Konklusioner

- *Kan ozon lugtes bør der foretages handling.*
- *Det anbefales at anvende WHO's guideline på 60 ppb (120 µg/m³). Følgende skal dog bemærkes: i) at værdien især er fastsat for at tilgodese udendørsmiljø, ii) der er i fastsættelsen ikke taget hensyn til ozons reaktioner med umættede VOC'er og dannelsen af slimhindeirriterende species.*
- *Det anbefales, at maskiner der genererer ozon (f.eks. kopimaskiner, lasereprintere), og som anvendes meget, placeres i rum med udsug.*
- *Kontormaskiner, især fotokopimaskiners emission af ozon og nitrogendioxid bør tages op til en revurdering med henblik på deres betydning for luftkvaliteten i kontormiljøet.*
- *Noget tyder på det uhensigtsmæssige i at tilsætte kunstige duftstoffer, som indeholder umættede VOC'er, til forbrugsprodukter, herunder rengørings- og plejemidler.*
- *Noget tilsvarende gælder for indeklimavurdering af byggematerialers afgang, idet det er forventeligt, at en nedbrydning kan foregå ved reaktion med ozon fremfor syntetisk ren luft, som normalt anvendes i dag.*
- *Ligeledes må det konkluderes, at ozon-baserede luftrensere må frarådes i indeklimaet (også i følge US-EPA).*



Bilag 3: Ferskvvand anlæg



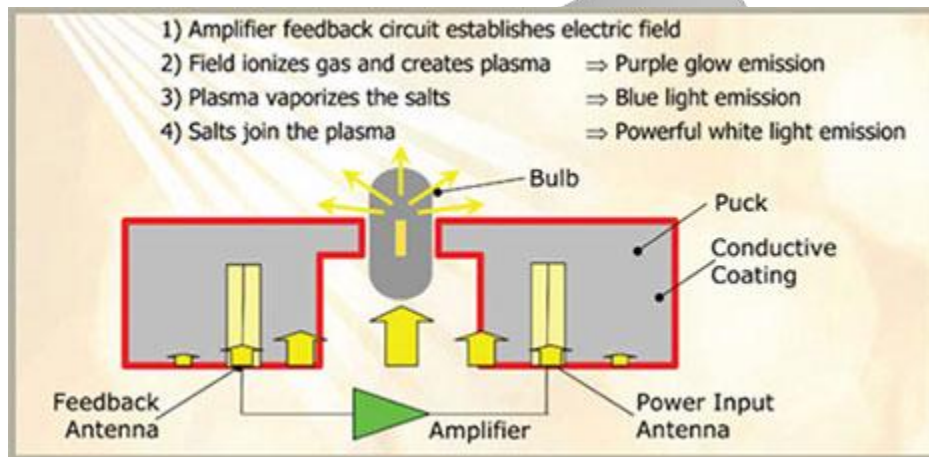


Bilag 4: plasma lys

Fra: <http://www.treehugger.com/files/2008/04/luxim-plasma-lifi-light-bulb-led-cfl.php>

At 140 lumens/watt, these pill-sized plasma light bulbs by Luxim are a pretty awesome contender for "light of the future". They are almost 10 times more efficient than traditional incandescent light bulbs, twice as efficient as current high-end LEDs, and they also beat CFLs, most of which are around 50-80 lumens/watt. Only the prototype 300 lumens/watt nanocrystal-coated LEDs can hold a candle to them.

And the light from Luxim's LIFI bulb is not ugly either: color rendering index (CRI) is 91. Lifetime for a bulb is estimated at 20,000 hours, and a relatively large amount of power can be pumped through them, allowing a tiny bulb to produce 30,000+ lumens (not something LEDs can do).



An RF (radio-frequency) signal is generated by the solid-state power amplifier and is guided into an electric field about the bulb. The high concentration of energy in the electric field vaporizes the contents of the bulb to a plasma state at the bulb's center; this controlled plasma generates an intense source of light.

Luxim seems to want to use them in projectors, but since even a tiny light bulb can produce as much light as a street lamp, sky seems to be the limit if cost can be brought down.

