Norconsult

UV-desinfeksjon – hva kan gå galt?

VA-konferansen, Ålesund 12.05.2022

Svein Forberg Liane

Kort om UV-anleggets funksjon

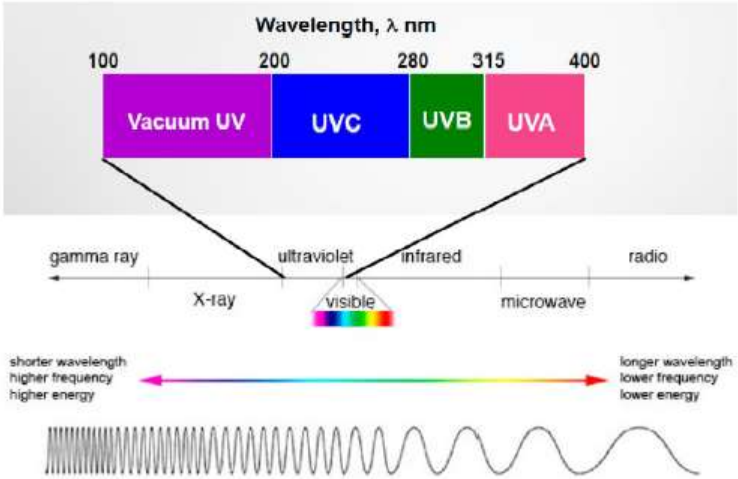
UV-lys med bølgelengde 240-280 nm ødelegger DNA, og proteiner ødelegges ved bølgelengder < 220 nm.

Lavtrykks UV-anlegg (LP) gir konsentrert UV-lys på 254 nm. Pararasitter og bakterier drepes da lett.

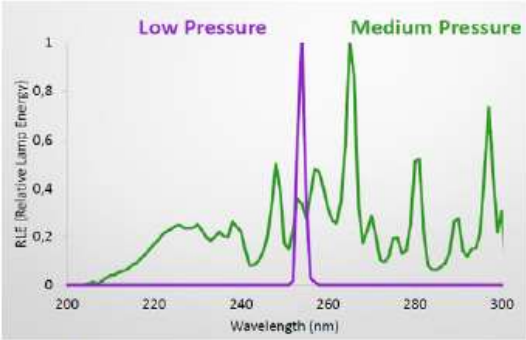
Mellomtrykks UV-anlegg (MP) avgir UV-lys mellom 200 og 300 nm. Kan da også inaktivere mer hardføre virus (bølgelengde < 220 nm).

For MP-anlegg "doper" man kvartsglass, dvs. fjerner bølgelengder < 240 nm for å unngå uønskede desinfeksjons biprodukter (av organisk stoff, nitrat, bromid, etc.). Dopingen reduserer inaktivering av hardføre virus (bl.a. Adenovirus).

MP-anlegg har langt høyere energiforbruk enn LP-anlegg.



Figur 3-1. *UV og det elektromagnetiske spektrum (Linden and Hull, 2017)*



Figur 3-2. *Emisjonsspektra fra lavtrykks (LP) UV-lamper og mellomtrykkslamper (Linden and Hull, 2017).*

UV-dose og inaktivering av mikroorganismer

UV-anlegg skal være sertifisert etter biodosimetertest og gi UV-dose > 40 mWs/cm^2.

UV-anlegget skal da i prinsipp gi barriereeffekt med
- minst 4-log (99,99%) fjerning av bakterier og virus
- minst 2-log (99%) fjerning av parasitter og bakterisporer

Men sånn er det ikke for alle agens, f.eks. Adenovirus.

Tabellen indikerer at **Clostridium perfringens** sporer behøver UV-dose over 95 mJ/cm^2 for 2-log (99%) fjerning. Videre viser tabellen at parasittene Giardia og Cryptosporidium fjernes 3-log (99,9%) ved UV-dose på bare ca. 10 mJ/cm^2.

Clostridium perfringens er dermed ikke egnet som indikator for å evaluere et UV-anleggs funksjon med hensyn på fjerning av parasitter, bakterier, normale vannbårne virus eller «normale» bakteriesporer.

Tabell 2: UV-doser nødvendig for inaktiviering (1 til 4 log fjerning) av ulike agens.

Kilde: «Inactivation credit of UV raduiation for viruses, bacteria and protozoan (oo)cysts in water: A review", W.A.M. Hijnen et.al., Kiwa Water Research Ltd, The Netherlands, 2005.

	Required fluence (mJ/cm^2)			
MIC required (log):	1	2	3	4
Bacillus subtilis[a]	56	111	167	222
Adenovirus type 40	56	111	167	—[b]
Clostridium perfringens[a]	45	95	145	—[b]
Adenovirus type 2, 15, 40, 41	42	83	125	167
Acanthamoeba[c]	40	71	119	167
Adenovirus[a] (no type 40)	25	50	—[b]	—[b]
Calicivirus canine	10	21	31	41
Rotavirus SA-11	10	20	29	39
Calicivirus feline	9	19	28	38
Coxsackie virus B5	8	17	25	34
Streptococcus faecalis[a]	9	16	23	30
Legionella pneumophila[d]	8	15	23	30
Poliovirus type 1	7	15	22	30
Shigella sonnei[d]	6	13	19	26
Salmonella typhi[a]	6	12	17	51
Hepatitis A	6	11	17	22
Calicivirus bovine	5	11	16	21
E. coli O157[d]	5	9	14	19
E. coli[a]	5	9	14	18
Cryptosporidium USEPA[c]	3	6	12	—[e]
Giardia USEPA[c]	2	5	11	—[e]
Campylobacter jejuni[d]	3	7	10	14
Yersinia enterocolitica[d]	3	7	10	13
Legionella pneumophila[d]	3	6	8	11
Shigella dysenteriae[d]	3	5	8	11
Vibrio cholerae[d]	2	4	7	9

[a] Environmental spp.
[b] $MIC_{max} < 4$ log.
[c] No correction for environmental spp. (research needed).
[d] corrected for environmental spp.
[e] No value due to tailing.

Sertifiseringer og typegodkjenning

UV-anlegg til vannverk skal ha norsk typegodkjenning (gitt av Folkehelseinstituttet).

Fra FHIs hjemmeside:

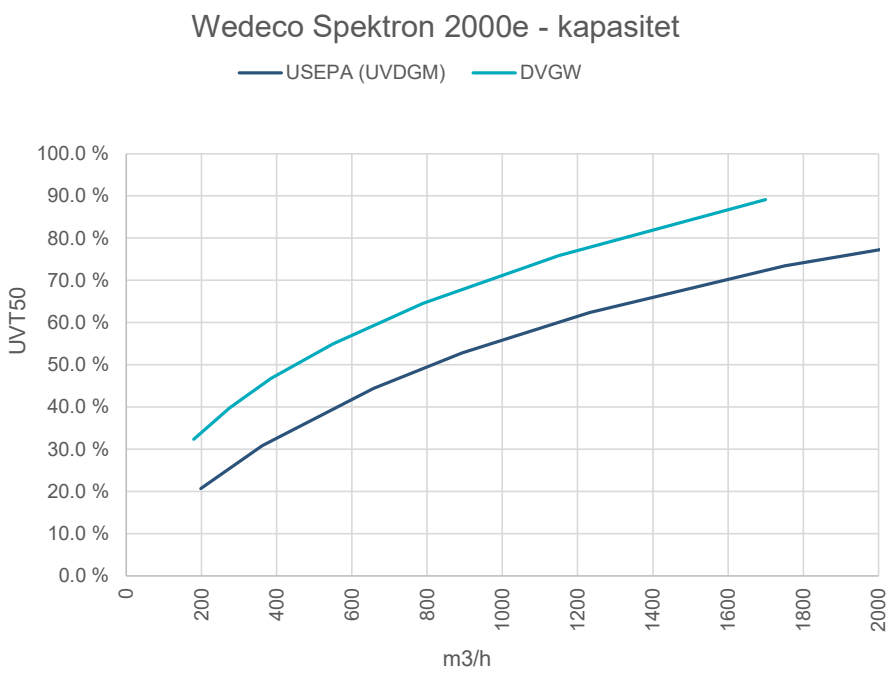
«Kun biodosimetrisk testede UV-anlegg som gir stråledose over 40 Ws/cm^2 bør kjøpes inn ved norske vannverk, da disse beskytter mot bakteriesporer og dessuten gir en sikrere drift enn anlegg godkjent etter den gamle typegodkjenningsordningen. Vannverk som har UV-anlegg som er typegodkjent etter gammel ordning bør på sikt bytte ut disse med biodosimetrisk testede anlegg.»

Og videre (sitat):

- Testrapporter og sertifikater fra biodosimetriske tester som er utført i henhold til østerriksk ÖNORM M 5873-1 eller 5873-2, den tyske Teknisk standard DVGW W294, USEPA Ultraviolet disinfection guidance manual (under forutsetning av at testene er utført etter samme kriterier som tilsvarende østerrikske (ÖNORM) og tyske testprosedyrer (DVGW)),
- For andre tester enn ÖNORM og DVGW må testkriteriene godkjennes av oss (Folkehelseinstituttet) for å kunne brukes som dokumentasjon ved søknad om norsk typegodkjenning.

FHI gir dermed klare føringer på at dimensjonering etter europeisk valideringsnorm er å foretrekke ved valg av nye UV-aggregat.

For samme UV-aggregat er godkjent kapasitet basert på USEPA nær dobbelt så høy som kapasitet basert på ÖNORM/DVGW. Slik er det både for MP- og LP-aggregater.



Typiske mangler ved oppbygging, styring og drift av UV-anlegg

- Omløp
- Skjevfordeling
- Manglende kontroll på flow *)
- Feildimensjonering
- Luft i systemet
- Beleggdannelse
- Ventilfeil
- Spenningsdipper

*) Man må ha kontroll på vannmengde gjennom hver UV-reaktor for å sikre tilstrekkelig UV-dose. Er det parallelle UV-anlegg, er det fordel med flowmåler og regulerende ventil for hver UV slik at det blir lik flow gjennom UV-anlegg i drift.

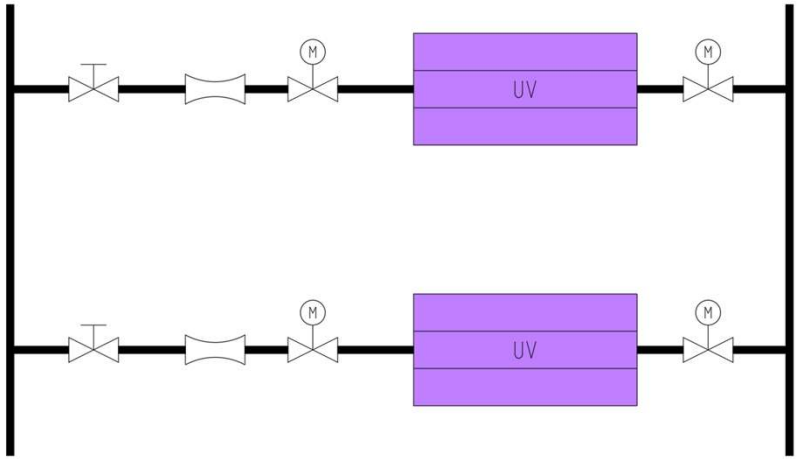
Undersøkelsen viste at de viktigste driftsutfordringene var knyttet til følgende forhold (i tilfeldig rekkefølge):

1) Etablering av gode driftsrutiner og fast driftspersonell,
2) Opprettholdelse av jevn UV-dose ved (raskt) varierende vannføring,
3) Drift ved dårlig vannkvalitet og opprettholdelse av kapasitet,
4) System for sensorkontroll og dokumentasjon,
5) Vedlikehold/erstatning av styringskort, ballastkort, lamper og sensorholdere,
6) Renhold av kvartsglass og sensorvinduer,
7) Sensorer, kondens/lekkasjer og viskerproblematikk,
8) Målenøyaktighet og stabilitet på sensorer/målere for UV-T og UV-I,
9) Oversikt og testing,
10) Etablering av kritiske kontrollpunkter med kontinuerlig fokus,
11) Riktig forbehandling og god drift av denne,
12) Drift uten buffervolum/rentvannsbasseng,
13) Regulering/reguleringsventiler og kontroll på vannføringen gjennom hvert UV-aggregat.

Alternative UV-arrangement

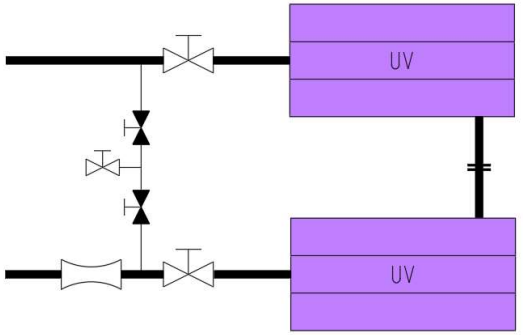
Parallell plassering (inkl. reserve)

Passer for store og mellomstore vannverk

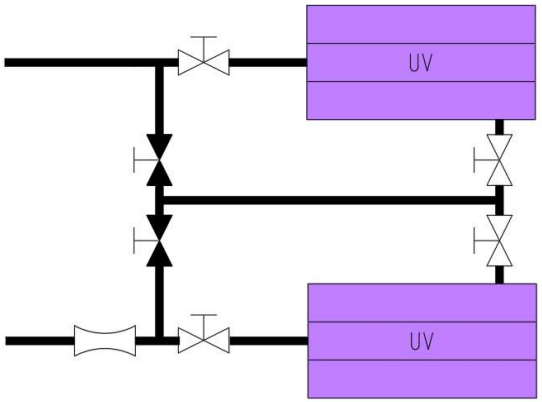


Serie-plassering (inkl. reserve)

Kan passe for mindre og små vannverk



Enkel serie med totalomløp
Bør ha «dummy»-rør



Serie med full fleksibilitet

Norconsult

Begroing og algevekst

Begroing kan skyldes:

- Dårlig råvannskvalitet
- Ustabil forbehandling
- Slipp fra foregående filter
- Algevekst

Begroing og beleggdannelse. Fra tid til annen rapporteres det om forekomst av begroing og algevekst i UV-aggregater. Algevekst krever tilgang på synlig lys, og risikoen for algevekst synes derfor større i MP-anlegg enn i LP-anlegg. Dette fordi synlig lys, som emitteres fra MP-lamper, i mindre grad enn mer lavbølget UV-lys vil absorberes av vannet. Dette kan derved trigge algevekst utenfor den sonen der algene eksponeres for – og kontrolleres av UV-lys. Slik sett vil spesielt innløps- og utløpssonene av et UV-aggregat være utsatt for algevekst, og i slike tilfeller kan det ofte observeres større algetetthet i belegget ved innløpet. Med tilstrekkelig tilgang på synlig lys og næringsstoffer vil det derfor kunne vokse opp en algebiofilm i anlegget.

Norsk Vann rapport 240/2018

Figur 4-10. *Begroing LP-aggregater ved ABV. Foto: T. Undrum.*

Norconsult

Vask av UV-anlegg

- Automatisk viskersystem for kvartsglass og sensorøye

  +

- Kjemisk vask av UV-kammer (oksalsyre eller sitronsyre):
  - Semiautomatisk vaskeanlegg med sirkulering av syreløsning
  - Manuelt system med syrespredning i kammeret med lanse

- Manuell vask av kvartsglass med glassvaskemiddel

Av HMS-årsaker bør velges en organisk syre.

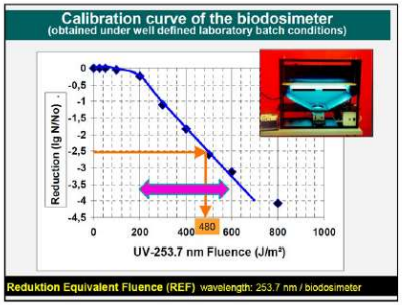
Fjerner belegg som skyldes oppløste stoffer (humus, kalk, jern, m.m)

Norconsult

Dokumentasjon av god UV-funksjon

- UV-intensitet (W/m^2)
- UV-transmisjon (% per 10 el. 50 mm)
- UV-dose (mWs/cm^2 el. J/m^2)

Teoretisk formel: Dose (mWs/cm2) = Intensitet (mW/cm2) x Strålekammervolum (l) x variabel faktor / Vannmengde (l/s)



Figur 5-15. *Eksempel på avlesning av RED/REF fra referansekurve (Sommer et al 2016)*

$$\text{Validert UV-dose: } D_{VAL} = RED/VF$$
$$RED = 10^a \cdot UVA^b \cdot (S/S_n)^c \cdot (1/Q)^d \cdot B^e$$
$$VF = B_{RED} \cdot B_{POLY} \cdot (1 + U_{VAL}/100)$$

- Tilstrekkelig UV-dose må dokumenteres til enhver tid.
- Europeisk sertifisering (ÖNORM / DVGW):
  - Set-punkt-metoden: Driftskurve som angir grense for vannføring og UV-intensitet som UV-anlegget må driftes innenfor for å levere dose > 40 mJ/cm^2. Validert kurve er programmert inn i UV-anleggets PLS.
  - Alarm utløses og produksjon skal stoppes / flere UV-aggregat kobles inn automatisk ved avvik fra kurven.
  - Man får IKKE ut verdi for UV-dose.
- Amerikansk sertifisering (USEPA UVDGM):
  - Doseberegningsmetoden: Doseligning i UV-PLS som tar inn verdier for vannføring, UV-intensitet og målt UV-transmisjon (evt. satt fast).
  - Alarm utløses og produksjon skal stoppes / flere UV-aggregat kobles inn automatisk hvis beregnet dose < 40 mJ/cm^2.
  - Man kan lese av løpende verdi for UV-dose.

Rutiner for sensorkontroll, lampeskift og service

- UV-lamper må skiftes før leverandørens angitte levetid går ut.

  Skal kunne leses av på driftskontrollen:
  - Dato for siste lampeskift
  - Lampegangtid (korrigert for aldring ved antall tenninger)
- Sensorkontroll:
  - Re-kalibrering må gjøres på sertifisert laboratorium (f.eks. sett inn ny og send gammel tilbake til UV-leverandør)
  - Kalibreringen bør helst gjøres årlig
  - Akseptabelt sensor avvik mellom -12% og 5%
- Ekstern service:
  - Bør gjøres årlig av UV-leverandør eller annet kompetent firma
  - Inngå helst en serviceavtale

Syrevask som også vasker reaktor bør minst gjøres årlig på alle UV-anlegg. Blankt stål reflekterer UV-stråler, og biodosemetrisk test er utført med gullende rene kamre.

Service / vedlikehold - Årlig hovedservice

- Bestrålingskammer demonteres og rengjøres:
  - -Vask av kvartsrør, sensorholder, kammer.
  - -Kjemikalier: Rødsprit på kvartsrør/sensorholder, oksalsyre i uv-kammer
  - -Bruk hansker, maske og vernebriller ved rengjøring av anlegget.
- Kontroll og skifte av nødvendige deler
- El.Skap sjekkes
- Måling av uv-transmisjon
- Referansemåling
- Kalibrering
- Servicerapport

Aqua&Care

Nødstrøm og UPS

- Hvis utfall eller alvorlige feil på UV-anlegget, må i prinsipp vannproduksjonen stanses.
- Hvis man ønsker å unngå stopp i produksjon ved nettutfall, må man ha nødstrømsaggregat som slår inn automatisk.

- UV-anleggets ballastkort er sårbare for spenningsdipper på hovednettet eller i samband med nødstrømsdrift.
- For å sikre stabil spenning til UV-anlegget, og unngå stans og restart ved korte strømstopp f.eks. ved omkobling til reservestrøm, må man ha UV-anleggets strømforsyning via UPS-batterier (Uninterruptible Power Supply) .

- På selvfallsanlegg, og der man ikke har høydebasseng på nett, må man alltid ha UV-anlegget i drift for ikke å miste vannet eller unngå udesinfisert drikkevann. Her blir nødstrøm og UPS spesielt viktig.

Reservedeler på lager

- UV-lamper (tilpass antall)
- Kvartsglass (tilpass antall)
- Sett med viskerringer
- Eventuelt ferdig kalibrert UV-sensor, men spør UV-leverandøren først hvorvidt det er så lurt.
- OBS: Servicepartner bør ha et eget reservedelslager (i Norge) med det meste av reservedeler: Kvartsglass, sensor tube, viskermotor, ballastkort, andre kretskort, HMI, PLS eller annet styrekort m.m. (Nå for tida kan det være lang leveringstid for å få reservedeler fra produsent.)

Nødkloranlegg

De fleste vannverk bør nok bruke både UV og klor permanent.

- Forskjelligvirkende desinfeksjon
- UV er god på parasitter
- Klor er god på virus

For såkalte D-kilder og vannbehandling med koagulering-filtrering vil det være nødvendig med UV og klor samtidig for å oppnå tilstrekkelig hygienisk barriereeffekt (gjør en MBA-analyse).

Hvis klor skal erstatte eller supplere UV-anlegg i nødsituasjon:

- Få tak i ny klor og bland opp klorløsning (gjerne 2%)
- Sjekk at doseringsanlegget (slange og pumpe) fungerer, og gjør det helst som en månedlig eller kvartalsvis rutine (med vann)
- Doser riktig klormengde – minst 0,5 g Cl/m^3, og styr doseringen vannmengdeproporsjonalt (signal fra vannmengdemåler)
- Sørg for forsvarlig klorkontaktid
- Mål klorrest etter 15-30 min. oppholdstid – gjerne manuelt
- Ha hyppig tilsyn med nødklordriften