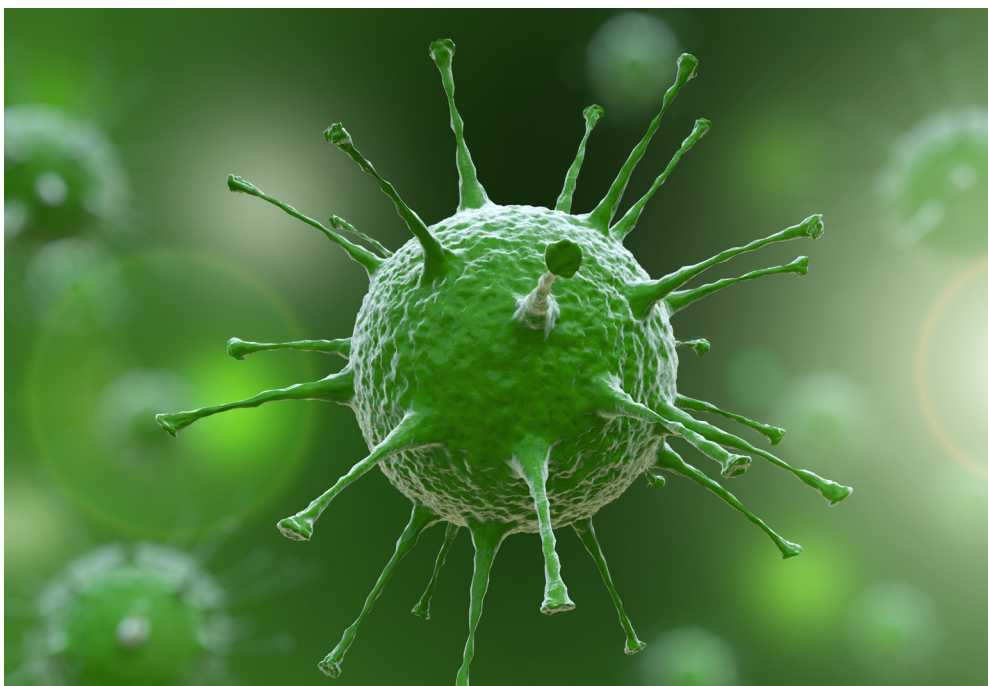


# Förenklad MBA, Mikrobiologisk BarriärAnalys

Ett verktyg för att bedöma  
om vattenverkets rening mot  
mikrobiologiska föroreningar är  
tillräcklig





# Förenklad MBA, Mikrobiologisk BarriärAnalys

Ett verktyg för att bedöma  
om vattenverkets rening mot  
mikrobiologiska föroreningar är tillräcklig



Svenskt Vatten

Svenskt Vatten påtar sig inget ansvar för eventuella felaktigheter, tryckfel eller felaktig användning av denna publikation

**Copyright:** Svenskt Vatten AB, 2015

**Grafisk form:** Ordförrådet AB

**Utgåva:** 1, december 2015

**ISSN nr:** 1651-4947

# Förord

För värdering av mikrobiologiska risker har två hjälpmedel utvecklats: Mikrobiologisk Barriär-Analys (MBA-verktyget) och Microbial Risk Assessment (MRA-modellen). Båda hjälpmedlen har börjat användas vid de svenska vattenverken. MBA är enklare att använda inledningsvis och har fått större spridning. Vägledning för hur MBA-verktyget bör användas finns dels som en norsk rapport utgiven av Norsk Vann (rapport 209-2014), dels som en svensk rapport utgiven av Svenskt Vatten (P112), där texten anpassats till svenska förhållanden.

En fullständig MBA kräver en del insatser. I vissa fall finns behov av snabba svar som inte är lika genomarbetade. Då kan med fördel en förenklad MBA (hette tidigare God Desinfektionspraxis, GDP) användas. Föreliggande publikation är tänkt som en introduktion och vägledning för en sådan förenklad MBA och innehåller flera praktiska exempel. Rapporten ingår i ett Svenskt Vatten Utvecklingsprojekt, VASS Dricksvatten, som drivits av Chalmers. Författare är Britt-Marie Pott, Sydvatten.

Svenskt Vatten vill tacka Chalmers och författaren.

Stockholm i december 2015

Svenskt Vatten



# Innehåll

	<b>Sammanfattning .....</b>	<b>7</b>
<b>1</b>	<b>Inledning .....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Steg 1: Råvatten – Barriärhöjd .....</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>Steg 3: Avskiljande barriärer .....</b>	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>Steg 4: Inaktiverande barriärer .....</b>	<b>16</b>
4.1	Inaktivering med klorgas och hypoklorit.....	16
4.2	Desinfektion med UV-ljus.....	18
<b>5</b>	<b>Steg 5: Slutresultat förenklad MBA .....</b>	<b>22</b>
<b>6</b>	<b>Lathund Förenklad MBA.....</b>	<b>23</b>
<b>7</b>	<b>Exempel .....</b>	<b>24</b>
7.1	Exempel Steg 1: Råvatten – Barriärhöjd.....	24
7.1.1	Exempel 1a: Större ytvattenverk, Grönköping.....	24
7.1.2	Exempel 1b: Mindre grundvattenverk, Småby .....	25
7.2	Inga exempel Steg 2, förenklad MBA: Råvatten – Vattentäkten .....	26
7.2.1	Exempel 2a, fullständig MBA: Ytvatten, Grönköping.....	26
7.2.2	Exempel 2b, fullständig MBA: Grundvatten, Småby.....	26
7.3	Exempel Steg 3: Avskiljande barriärer.....	26
7.3.1	Exempel 3a: Kemisk fällning och långsamfilter, enkel övervakning, Grönköping .....	26
7.4	Exempel Steg 4: Inaktiverande barriärer .....	28
7.4.1	Exempel 4a: Klor, Grönköping .....	28
7.4.2	Exempel 4b: UV i Småby.....	29
7.5	Exempel Steg 5: Slutresultat.....	30
7.5.1	Exempel 5a: Grönköping.....	30
7.5.2	Exempel 5b: Småby.....	32
<b>8</b>	<b>Referenser .....</b>	<b>34</b>





# Sammanfattning

En beräkning av vilken barriäreffekt ett vattenverk har bör genomföras på alla vattenverk. Detta för att personal och ledning ska få en uppfattning om hur det egentligen står till med vattenkvaliteten och för att försöka lokalisera var förändringar bör göras. För att snabbt kunna göra en överslagsbedömning av hur effektiv ett vattenverks behandling av vattnet är så har en förenklad MBA tagits fram. Den kan ge en fingervisning om situationen men ju noggrannare en MBA görs desto bättre överensstämmelse med verkligheten har resultatet och ju mer platsspecifik indata som finns desto bättre blir bedömningen.

En fullständig MBA består av fem steg:

- Steg 1: Bedömning av hur mycket rening av råvattnet som krävs för att dricksvattnet ska bli rimligt säkert att använda.
- Steg 2: Fastställa om vattentäkten utgör ett skydd i sig själv.
- Steg 3: Beräkning av vattenverkets avskiljande barriäreffekt.
- Steg 4: Beräkning av vattenverkets inaktiverande barriäreffekt
- Steg 5: Slutsummering och diskussion kring vad resultatet egentligen visar

I den förenklade versionen har omfattningen reducerats av några steg och steg 2 har helt tagits bort.

Resultatet blir en fingervisning och förhoppningsvis en kunskapshöjare så att eventuella brister kan bli lättare att identifiera och värdera.



# 1 Inledning

Hjälpmiddel för mikrobiologisk riskvärdering av dricksvattenberedning kan se ut på olika sätt. En variant är Mikrobiologisk Barriär-Analys, MBA-verktyget, framtaget i Norge (Ødegaard, 2006a, 2006b, 2009a, 2009b, 2014). Ett annat hjälpmedel är den svenska MRA-modellen (Lundberg-Abrahamsson, 2009). De kompletterar varandra väl när noggranna utvärderingar ska genomföras. Den norska MBA-vägledningen (Ødegaard, 2014) har kompletterats med en svenskspråkig rapport "Introduktion till MBA" (Svenskt Vatten P112) för att underlätta förståelsen. Även om introduktionsrapporten är förkortad i jämförelse med den norska vägledningen kräver en fullständig MBA en del insatser för att få ett resultat som stämmer väl överens med verkligheten. I vissa lägen finns det behov av snabba svar som inte är lika genomarbetade men som ändå speglar ett specifikt vattenverk på ett realistiskt sätt. Av den anledningen har Chalmers inom projektet VASS Dricksvatten (Bondelind, 2013) tagit fram en förenklad version. Syftet med denna förenklade version är just detta, det ska vara ett snabbt och smidigt sätt att få en uppfattning om läget och denna manual beskriver hur det kan göras. Manualen förutsätter att användaren är bekant med begrepp som mikroorganismer, barriär, log-reduktion och olika beredningsstegs och desinfektionsmetoders grundprinciper. För fördjupning kring dessa ämnen hänvisas till Norges rapporter ODP I, ODP I tillägg, ODP II, GDP-vägledning samt MBA-vägledning (Ødegaard, 2006a, 2006b, 2009a, 2009b, 2014), Introduktion till Mikrobiologisk Barriär-Analys (MBA) (Svenskt Vatten publikation P112) samt VASS Dricksvatten (Bondelind, 2013). Från början användes uttrycket ODP (Optimal DesinfektionsPraxis) men det har senare justerats till GDP och nu bytt namn igen till MBA. I samband med senaste namnbytet har även innehållet justerats och dessa ändringar har inkorporerats i denna uppdaterade Förenklade MBA.

Uppbyggnaden i MBA presenteras i figur 1.1. I figuren har de delar som inte ingår i den förenklade varianten genomstruktits för att skillnaderna mellan den förenklade och den fullständiga versionen ska vara tydliga. De delar som behållits är de som faktiskt minskar halten mikroorganismer, d.v.s. de faktiska reningsstegen.

<b>Steg 1 Barriärhöjd</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Råvattenkvalitet</li><li>• Vattenverkets storlek</li></ul>
<b>Steg 2 Vattentäkt</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Åtgärder i tåkten</li><li>• Råvattenövervakning</li></ul>
<b>Steg 3 Avskiljande barriärer</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Effektivitet</li><li>• Säkerhetsåtgärder</li></ul>
<b>Steg 4 Inaktiverande barriärer</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Effektivitet</li><li>• Säkerhetsåtgärder</li></ul>
<b>Steg 5 Slutresultat</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Resultat från genomförda åtgärder</li></ul>

Figur 1.1 Modifierad översikt av metodens delar (genomstruktura delar ingår ej i den förenklade varianten)

Det första steget i MBA-proceduren är att avgöra hur bra råvattenkvaliteten är. Råvattenkvaliteten bestämmer i sin tur vilka reningskrav som behövs för att uppnå ett rimligt säkert vatten. Detta reningskrav kallas för barriärhöjd. I en fullständig MBA görs i steg 2 en sammanställning av vilka åtgärder som genomförs i vattentåkten för att säkerställa bibehållen råvattenkvalitet. Detta moment ingår inte i den förenklade varianten, men för att det ska vara lättare att jämföra resultaten har stegnumreringen

behållits ändå. Därefter följer steg 3 med en genomgång av vattenverkets avskiljande barriärer. Inaktiverande barriärers effektivitet fastställs separat i steg 4. Slutligen jämförs i steg 5 barriärhöjden med summan av resultaten från barriärberäkningarna. Svaret indikerar om barriäreffekten är tillräcklig för att uppnå barriärhöjden för det aktuella råvattnet och vattenverket.

## 2 Steg 1: Råvatten – Barriärhöjd

Proceduren inleds med att bedöma vilka reningskrav som behöver ställas på det aktuella råvattnet som används i vattenverket. Reningskravet kallas barriärhöjd (steg 1) och anges som den log-reduktion som krävs för bakterier, virus respektive parasiter för att vattnet ska bli rimligt säkert att använda. I bedömningen av barriärhöjden ingår råvattenkvaliteten samt hur många anslutna personer vattenverket har.

### Råvattenkvalitet

Ju mer råvattendata som finns desto bättre blir bedömningen och till en fullständig MBA behövs analyser av *E. coli*, *Clostridium perfringens* och helst parasiterna *Giardia* och *Cryptosporidium*. Även andra vanliga fekala indikatorer som *Enterokocker* bör inkluderas i analyserna även om dessa inte ingår i den norska förlagan. Den förenklade MBAn kan dock genomföras även om kunskapen om råvattnet är bristfällig men resultatet blir mer osäkert.

Samma beteckningar som i den mer omfattande publikationen P112 ”Introduktion till Mikrobiologisk Barriär-Analys (MBA)” används för att det ska vara lätt jämföra de olika momenten. I den förenklade MBAn klassas vattnet som rent (kategori A) eller mikrobiologiskt påverkat (kategori Da), se tabell 2.1.

Tabell 2.1 Klassificering av råvatten

Råvatten	Kategori
Ytvatten	Välj Da
Grundvatten	Välj A om det <b>inte</b> finns fynd av <i>E.coli</i> , <i>Enterokocker</i> eller andra fekala indikatorer i minst 10 prover i rad eller under det senaste året
	Välj Da om det finns fynd av <i>E.coli</i> , <i>Enterokocker</i> eller andra fekala indikatorer i något av de senaste 10 proven eller under det senaste året
Konstgjord infiltration	Välj A, om <ul style="list-style-type: none"><li>• det är säkerställt att det är grundvatten som erhålls samt</li><li>• har uppmätt &lt;10 <i>E. coli</i> /100 ml i samtliga prover</li><li>• har uppmätt &lt;3 <i>Enterokocker</i> 100 ml i samtliga prover</li></ul>
	Välj Da om någon av ovanstående punkter inte uppfylls.

### Vattenverkets storlek

Även vattenverkets storlek, eller egentligen hur många anslutna personer som riskerar påverkan, är avgörande för vilken barriärhöjd som behöver uppnås. Ett litet vattenverk kan ju inte orsaka sjukdom hos lika många som ett stort vattenverk. I Sverige rekommenderar dock Livsmedelsverket att risken bör vara den samma för alla konsumenter vilket innebär att man alltid bör välja kraven för det största vattenverket. Tabell 2.2 visar barriärhöjden, som är den nödvändiga log-reduktionen för respektive grupp av mikroorganismer där b = bakterier, v = virus och p = parasiter.

Tabell 2.2 Samband mellan barriärhöjd (log-reduktion), vattenverkets storlek och råvattenkvalitet.

Vattenverkets storlek (Antal anslutna personer)	Råvattenkvalitet och barriärhöjd	
	A	Da
< 1 000	$3,0b + 3,0v + 2,0p$	$5,0b + 5,0v + 3,0p$
1 000 – 10 000	$3,5b + 3,5v + 2,5p$	$5,5b + 5,5v + 3,5p$
> 10 000 Rekommenderas för alla VV i Sverige	$4,0b + 4,0v + 3,0p$	$6,0b + 6,0v + 4,0p$

Den ursprungliga tabellen i "Introduktion till MBA" innehåller värden för fler olika råvattenkvaliteter.

## 3 Steg 3: Avskiljande barriärer

Eftersom åtgärder i vattentäkten (steg 2) inte ingår i den förenklade MBAn så följs barriärhöjdsbedömningen (steg 1) direkt av de avskiljande barriärerna i vattenverket (steg 3). De vanligaste metoderna för att omvandla ett råvatten till dricksvatten presenteras i tabell 3.1 på nästa sida. I tabellen anges vilken maximal log-reduktion varje beredningssteg normalt kan generera. För att den angivna log-reduktionen ska få användas krävs ordentlig övervakning så att det är säkerställt att barriären fungerar som den ska. Om säkerheten för en barriär inte är fullgod så behöver säkerhetsavdrag göras. Saknas mätningar on-line bör det installeras. Finns det till exempel återkommande störningar under vissa delar av dygnet, veckodagar eller årstider så är det de sämre perioderna som ska användas i den förenklade MBAn. Alla bedömningar bör göras strängt (värdena sänks) eftersom det annars finns risk för en falsk övertro på processen. Om vattenverket har en process som inte finns i tabellen måste en sträng bedömning från fall till fall göras om hur effektiv denna barriär är.

I de fall det finns ett kemiskt oxidationssteg före eller i processen kan beräkningar för detta göras i enlighet med beräkningarna för de inaktiverande barriärerna i kapitel 4.

Vid vattenverk där det finns flera barriärer samt där övervakningen och justeringsmöjligheten för varje enskild barriär är mycket god så kan barriärerna betraktas som oberoende av varandra. Detta kräver att varje barriär övervakas on-line, justeras samt följs upp separat så att optimal funktion säkerställs utan tidsfördröjning så att efterföljande barriärer ej påverkas. En större störning som påverkar efterföljande steg kan göra att dessa steg fungerar sämre än normalt. Störningssituationer måste därför utvärderas separat för att avgöra hur mycket reningen försämras och hur efterföljande steg påverkas. Om reningsstegen anses som oberoende av varandra kan den angivna log-reduktionen för respektive barriär summeras. Använd sunt förnuft och reducera resultatet vid summeringen då det blir svårare och svårare att faktiskt åstadkomma ytterligare reduktion vartefter vattnet blir renare och renare.

### Säkerhetsavdrag avskiljande barriärer

Förutsättningen för att de avskiljande barriärerna alltid har den maximala log-reduktionen är att doseringen är korrekt i alla lägen. Detta behöver säkerställas så att oväntade situationer inte ger en försämrade rening, därför behöver log-reduktionen sänkas beroende på vilka normala säkerhetsåtgärder som saknas. Det finns två sätt att göra det på:

1. Minska den beräknade och maxbegränsade avskiljande barriäreffekten med 80 %.
2. Summera de procentuella avdragen som erhålls från tabell 3.2. Räkna bort detta från det tidigare erhållna maxbegränsade värdet på logreduktion som erhållits för avskiljande barriärer i tabell 3.1.

Tabell 3.1 Log-reduktion för behandlingsmetoder som syftar till partikelseparation

Vattenbehandlingsmetod	Max log-reduktion
<b>Snabbfiltrering utan fällning</b> , filtreringshastighet <7,5 m/h Gäller även biofilter, jonbytare och marmorfilter Gäller även för kombination av fällning + filtrering om turbiditeten $\geq 0,2$ NTU	0,5b + 0,25v + 0,5p
<b>Membranfiltrering, MF</b> med en nominell poröppning <100 nm, intakta membran	2,0b + 1,0v + 2,0p
<b>Membranfiltrering, UF</b> med en nominell poröppning <40 nm, intakta membran	2,5b + 2,0v + 2,5p
<b>Membranfiltrering, NF</b> med en nominell poröppning <5 nm, intakta membran	3,0b + 3,0v + 3,0p
<b>Långsamfiltrering</b> , filterhastighet <0,5 m/h	2,0b + 2,0v + 2,0p
<b>Fällning med direktfiltrering</b> Utgående turbiditet alltid <0,2 NTU (on-line mätning)	2,25b + 1,5v + 2,25p
<b>Fällning med direktfiltrering</b> Utgående turbiditet alltid <0,1 NTU (on-line mätning) Färgreduktion vid humusavskiljning skall vara >70 %.	2,5b + 2,0v + 2,5p
<b>Fällning, sedimentering och filtrering</b> Utgående turbiditet alltid <0,2 NTU (on-line mätning)	2,5b + 1,75v + 2,5p
<b>Fällning, sedimentering och filtrering</b> Utgående turbiditet alltid <0,1 NTU (on-line mätning) Färgreduktion vid humusavskiljning skall vara >70 %.	2,75b + 2,25v + 2,75p
<b>Direktfällning på MF membran</b> Intakta membran samt säkerställd virusavskiljning krävs Utgående turbiditet alltid <0,1 NTU (on-line mätning) Färgreduktion vid humusavskiljning skall vara >70 %.	3,0b + 2,5v + 3,0p
<b>Direktfällning på UF membran</b> Intakta membran samt säkerställd virusavskiljning krävs Utgående turbiditet alltid <0,1 NTU (on-line mätning) Färgreduktion vid humusavskiljning skall vara >70 %.	3,0b + 3,0v + 3,0p
<b>Max log-reduktion för varje enskild avskiljande barriär som är oberoende av övriga barriärer</b> <b>Max log-reduktion för summan av barriärer som är beroende av varandra</b>	3,0b + 3,0v + 3,0p 3,0b + 3,0v + 3,0p



Tabell 3.2 Avdrag från den totala beräknade log-reduktionen från tabell 3.1 för avskiljande barriärer, orsakat av bristande övervakning och säkerhet

Åtgärdstyp	Driftsövervakningsnivå	Avdrag från log-reduktionen
On-line mätning av vattenkvalitet	Mätning av turbiditet, färg eller annan parameter som syftar till att övervaka att aktuell åtgärd fungerar som tänkt. Överskridande av kritisk gräns leder till larm och åtgärd utan tidsfördröjning:	
	On-linemätning saknas	-40 %
	Manuell åtgärd, t.ex. justering av pH eller fällningskemikaliedos, så att normaldriften återställs	-20 %
	Manuell avstängning av råvattentillförsel	-10 %
	Automatisk avstängning av råvattentillförsel	-0 %
Kontinuerlig övervakning av strömförsörjning	Kontinuerlig mätning och överföring av data till kontrollcentral angående strömtillförsel. Strömbortfall leder till larm och åtgärd:	
	Övervakning saknas	-40 %
	Manuell avstängning av råvattentillförsel	-20 %
	Automatisk avstängning av råvattentillförsel	-0 %
	Manuell start av reservaggregat	-20 %
Automatisk start av reservaggregat/UPS	-0 %	
<b>Maxavdrag</b>		<b>-80 %</b>

## 4 Steg 4: Inaktiverande barriärer

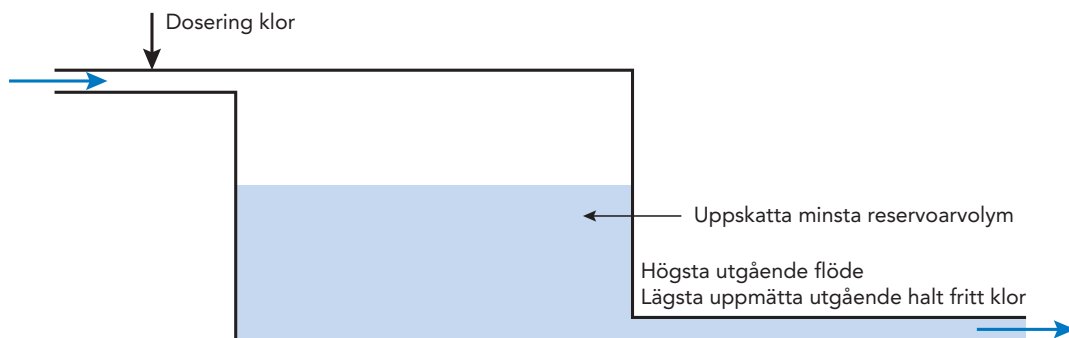
Beräkning av de inaktiverande barriärernas effektivitet och säkerställandet av att vattnet faktiskt desinficeras på rätt sätt vid varje tidpunkt utgör huvuddelarna i Steg 4: Inaktiverande barriärer. Detta steg delas upp i två huvudspår: kemisk desinfektion respektive UV-belysning. För bägge typerna av desinfektion beräknas inaktiveringseffektiviteten och log-reduktionen. Beräkningarna med UV-belysning skiljer sig från den kemiska desinfektionen och de beskrivs därför i separata avsnitt.

### 4.1 Inaktivering med klorgas och hypoklorit

När det gäller den kemiska inaktiveringen är detta beroende av vilken kemikalie som används. I den förenklade MBAn presenteras endast beräkningarna för klorgas och hypoklorit. Används ozon eller klordioxid hänvisas till beräkningar i publikationen P112 "Introduktion till Mikrobiologisk Barriär-Analys (MBA)" i stället. Monokloramin har så begränsad desinfektionseffekt att det enklaste är att bortse från det helt i den förenklade MBAn.

#### Uppehållstid och desinfektionseffektivitet

Den tid som klorlet påverkar mikroorganismerna är viktig för att det ska hinna ha avsedd effekt. Till de förenklade beräkningarna för den kemiska desinfektionens effektivitet behövs uppehållstiden i klorkontaktbassänger och reservoarer före första konsument. Om vattnet används på vattenverket är det endast reservoarsvolymerna före denna konsument som används i beräkningarna. För att bedöma de sämsta förhållandena så är det den minsta använda volymen (lägsta nivån) i reservoaren som behövs. Till det så är det högsta utgående flöde och lägsta uppmätta halt *fritt* klor som används i beräkningarna, se figur 4.1.



Figur 4.1 Reservoarvolym i klorkontakttankar

Tag fram följande data om desinfektionen:

- Minsta reservoarvolym (volym vid lägsta vattennivån) =  $V$  [ $\text{m}^3$ ]
- Högsta utgående flöde =  $Q$  [ $\text{m}^3/\text{min}$ ]
- Lägsta uppmätta utgående halt *fritt* klor =  $C_{\text{fri}}$  [ $\text{mg/l}$ ]

Beräkna uppehållstiden,  $t$  [min], enligt följande:  $t = (V/Q)$

Saknas det mätning av fritt klor bör detta mätas eftersom det endast är det fria klor som har en ordentlig desinfektionseffekt. Är det inte möjligt kan teoretiska beräkningar göras enligt beskrivning i publikationen P112 "Introduktion till MBA" men dessa är alltid sämre än verkliga mätningar. Andelen klor som är fritt varierar sannolikt under året om det är ett ytvatten som används.

Beräkna inaktiveringseffektiviteten,  $C_t$  [mg · min/l] enligt följande:  $C_t = 0,3 \cdot t \cdot C_{\text{fri}}$

Värdet 0,3 i beräkningen ovan är en hydraulisk faktor som finns med då det sällan är så att strömningen är helt lika genom hela reservoaren.

### Omräkning av inaktiveringseffektivitet (Ct) till log-reduktion för kemisk desinfektion

Den ovan beräknade inaktiveringseffektiviteten ( $C_t$ ) för ett kemiskt ämne anger hur mycket av ett ämne som mikroorganismerna upplever. Eftersom olika mikroorganismer är olika känsliga så krävs det olika  $C_t$ -värden för att uppnå en viss desinfektionseffekt (de dör olika lätt). Med hjälp av omräkning från  $C_t$ -värde till log-reduktion kan ett mått som går att jämföra mellan olika inaktiverande ämnen och mikroorganismer erhållas. Beräkningen syftar helt enkelt till att uppskatta hur mycket av de olika mikroorganismerna som dör av desinfektionen.

I tabell 4.1 presenteras vilket  $C_t$ -värde som krävs för att få 3 respektive 2 logs reduktion av olika mikroorganismer med hjälp av kemisk desinfektion. Ett lågt  $C_t$ -värde visar att organismen är känslig och det krävs inte så hög koncentration och/eller inte så lång kontakttid. Temperaturen är en viktig faktor där ett kallare vatten är svårare att desinficera. Ett högre  $C_t$ -värde visar att det krävs högre koncentrationer och/eller längre kontakttider för att uppnå samma effekt (log-reduktion) som vid högre temperatur. För klor syns även pH-beroendet tydligt, lägre pH ger lägre  $C_t$  vilket visar att desinfektionen är effektivare vid låga pH-värden. I praktiken är det mycket svårt att uppnå  $C_t$ -värden på >100. Den i princip obefintliga effekten av klor på parasiterna blir därmed tydlig.

Tabell 4.1 kan användas för omräkning från  $C_t$ -värden till aktuell log-reduktion eftersom sambandet mellan dem är linjärt. I kolumnerna anges  $C_{t_{\text{nödvändigt}}}$  för respektive mikroorganismgrupp. Med hjälp av formlerna i tabell 4.2 nedan erhålls log-reduktionen som motsvarar det tidigare beräknade  $C_t$ -värdet.

Tabell 4.1 Dimensionerande  $C_t$ -värde ( $C_{t_{\text{nödvändigt}}}$ , mg · min/l) för inaktivering av olika mikroorganismer

Dimensionerande värde för $C_{t_{\text{nödvändigt}}}$		3 log <sub>nödvändigt</sub> inaktivering bakterier		3 log <sub>nödvändigt</sub> inaktivering virus		2 log <sub>nödvändigt</sub> inaktivering Giardia		2 log <sub>nödvändigt</sub> inaktivering Cryptosporidium	
		4° C	0,5° C	4° C	0,5° C	4° C	0,5° C	4° C	0,5° C
Klor	pH <7	1,0	1,5	4,0	6,0	75	100	#	#
	pH 7–8	1,5	2,0	6,0	9,0	100	150	#	#
	pH >8	2,0	3,0	8,0	12,0	175	250	#	#

#  $C_t$ -värdet ej anggett, det är så högt att det är ointressant i praktiken

Den ursprungliga tabellen i "Introduktion till MBA" innehåller även värden för kloramin, klordioxid och ozon

Tabell 4.2 Formler för omvandling mellan Ct och log-reduktion

Grupp mikroorganismer	Formel
Bakterier	$\log_{\text{bakterier}} = 3 \cdot Ct_{\text{beräknat}} / Ct_{\text{nödvändigt, bakterier}}$
Virus	$\log_{\text{virus}} = 3 \cdot Ct_{\text{beräknat}} / Ct_{\text{nödvändigt, virus}}$
Parasiter	$\log_{\text{parasiter}} = 2 \cdot Ct_{\text{beräknat}} / Ct_{\text{nödvändigt, parasiter}}$

Efter beräkning av inaktiveringseffekten (Ct) och omräkning till log-reduktion skall även maxbegränsningar och säkerhetsåtgärder utvärderas. Vid höga kemikaliedoser kan log-reduktionen i vissa lägen bli mycket hög. För att upprätthålla säkerhetsmarginalen i beräkningarna och framhålla betydelsen av flera oberoende barriärer finns det i MBA maxbegränsningar, så även för kemisk desinfektion. Om det finns både för- och efterdesinfektion är det summan av dessa som skall maxbegränsas enligt nedan.

**Maximal inaktiveringsgrad vid kemisk desinfektion är 4b + 4v + 3p.**

### Avdrag för säkerhetsbrister i kemisk desinfektion

Förutsättningen för att desinfektionen i alla lägen skall ge den framräknade (eller maximala) log-reduktionen är att doseringen är korrekt i alla lägen. Så är sällan fallet eftersom oväntade situationer kan uppstå och därför behöver inaktiveringsgraden sänkas beroende på vilka normala säkerhetsåtgärder som saknas. Sänkningen görs efter justering för maxbegränsning och det finns två sätt att göra det på:

Tabell 4.3 Avdrag från den beräknade log-reduktionen för kemisk desinfektion på grund av säkerhetsbrister. Avdraget görs efter justering för maxbegränsning vid kemisk desinfektion.

Kategori	Åtgärd för säkerställande av kemisk desinfektion	Påverkan på log-reduktionen
A Kortvarigt doseringsbortfall	<b>Maximalt avdrag för kategorin</b> (Minimalt avdrag är 0 %)	-10 %
	Automatisk stängning av all vattenproduktion. (Krävs även att tillräcklig reservoarskapacitet finns i systemet för att undvika avdrag)	+10 %
	Larm och automatisk start av reservdoseringsutrustning	+5 %
B Minskad risk för doseringsbortfall	<b>Maximalt avdrag för kategorin</b> (Minimalt avdrag är 0 %)	-15 %
	Reservkraft eller batteribackup installerat	+10 %
	Reservdoseringsutrustning för desinfektion installerat	+5 %
	Reservoarskapacitet (efter desinfektions-anläggningen) som kan tillfredsställa behovet när produktionen stoppas på grund av doseringsbortfall (Volym för minst 12 timmars försörjning)	+10 %
C Andra åtgärder	<b>Maximalt avdrag för kategorin</b> (Minimalt avdrag är 0 %)	-10 %
	On-line mätutrustning installerat och knutet till larm samt åtgärder (restklor/restozon)	+5 %
	Lager av kritiska reservdelar (doseringspumpar, elektroder, cirkulationspumpar mm)	+5 %
	Rutiner för rengöring, kontroll och kalibrering av sensorer för mätning av restklor och/eller restozon (minimum månatlig kontroll/kalibrering)	+5 %
Summamax	<b>Totalt maximalt avdrag för säkerhetsbrister i kemisk desinfektion</b> (Minimalt avdrag är 0 %)	-35 %

1. Minska den beräknade och maxbegränsade desinfektionen med 35 %.
2. Tag det maximala avdraget för respektive kategori i tabell 4.3 och minska detta med de åtgärder som gjorts (avdraget kan inte bli ett tillägg). Summera resultatet för alla kategorierna och justera (minska) den tidigare beräknade och maxjusterade log-reduktionen för den kemiska desinfektionen.

## 4.2 Desinfektion med UV-ljus

Före det att biodosimetrisk dosbestämning började slå igenom några år in på 2000-talet var det upp till tillverkare och leverantörer att själva definiera sina UV-doser. Eftersom en entydig metod saknades är det oftast svårt att värdera vilken dos man egentligen erhåller med ett äldre UV-aggregat som inte är biodosimetriskt testat. Än i dag förekommer att UV-aggregat säljs med ”beräknad dos” eller liknande uttryck. Denna dos kan vara avsevärt skild från biodosimetrisk dos.

Den vanligaste dosen på nyare anläggningar både i Sverige och i Europa i övrigt är 400 J/m<sup>2</sup> (biodosimetriskt) men även 250 J/m<sup>2</sup> förekommer på en del vattenverk i Sverige. För äldre svenska anläggningar (eller anläggningar där biodosimetriskt bestämd dos saknas) måste det finnas en medvetenhet om att doserna är mycket osäkra.

Förutsättningen för att inaktiveringsberäkningarna ska gälla är att UV-anläggningen drivs enligt krav och specifikationer för den certifiering som anläggningen ska följa. I tabell 4.4 presenteras maxbegränsningar för inaktiveringsgraden hos UV-anläggningar med olika doser. Reduktionen av adenovirus är lägre än för de flesta andra virustyper.

Tabell 4.4 Maximal inaktiveringsgrad för UV-anläggningar, (före säkerhetsavdrag)

Biodosimetrisk dos	Maximal log-reduktion Exklusive Adenovirus	Maximal log-reduktion Inklusive Adenovirus
400 J/m <sup>2</sup>	4,0b + 3,5v + 4,0p	4,0b + 1,25v + 4,0p
300 J/m <sup>2</sup>	3,5b + 3,0v + 3,5p	3,5b + 1,0 v + 3,5p
250 J/m <sup>2</sup>	3,0b + 2,5v + 3,0p	3,0b + 0,75v + 3,0p

### Avdrag för säkerhetsbrister i UV-desinfektion

Förutsättningen för att UV-desinfektionen i alla lägen skall ge den maximala log-reduktionen är att doseringen är korrekt i alla lägen. Så är sällan fallet eftersom oväntade situationer kan uppstå och därför behöver inaktiveringsgraden sänkas beroende på vilka normala säkerhetsåtgärder som saknas. Det finns två sätt att göra det på:

1. Minska den beräknade och maxbegränsade UV-desinfektionen med 90 %.
2. Tag det maximala avdraget för respektive kategori i tabell 4.5 och minska detta med de åtgärder som gjorts (avdraget kan inte bli ett tillägg). Summera resultatet för alla kategorierna och justera (minska) den tidigare beräknade och maxjusterade log-reduktionen för UV-desinfektionen.

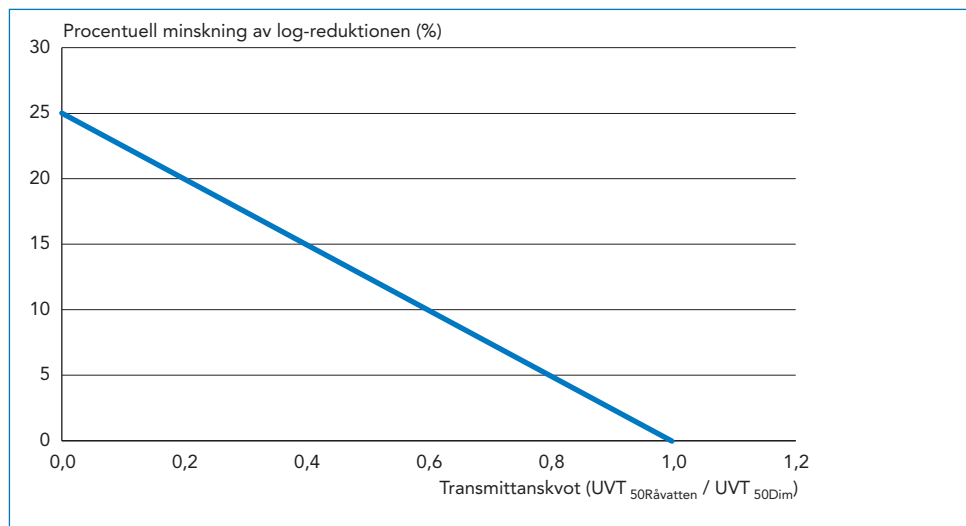
Tabell 4.5 Avdrag från den beräknade log-reduktionen för UV-desinfektion på grund av säkerhetsbrister.

Kategori	Åtgärd för säkerställande av UV-desinfektion	Påverkan på log-reduktionen
A Kortvarigt doseringsbortfall eller reducerad effekt	<b>Maximalt avdrag för kategorin</b> (Minimalt avdrag är 0 %)	-10 %
	Automatisk stängning av all vattenproduktion. (Krävs även att tillräcklig reservoarskapacitet finns i systemet för att undvika avdrag)	+10 %
	Larm och automatisk start av reservdesinfektion (Till exempel klorering)	+5 %
B Minskad risk för doseringsbortfall eller effektminskning	<b>Maximalt avdrag för kategorin</b> (Minimalt avdrag är 0 %)	-20 %
	Batteribackup (UPS) installerat	+10 %
	Reservkraft installerat	+10 %
	Dokumenterat god strömförsörjningskvalitet	+5 %
C Andra dimensionerande åtgärder	<b>Maximalt avdrag för kategorin</b> (Minimalt avdrag är 0 %)	-30 %
	Flera reaktorer så att full dos kan upprätthållas vid bortfall av en reaktor (Till exempel 2 st med 100 % kapacitet eller 3 st med 50 % kapacitet)	+5 %
	Separat flödesmätare för varje reaktor för att säkra god hydraulisk kontroll	+10 %
	On-line mätutrustning installerat med UV-intensitetssensorer korrekt placerade samt UV-transmissionsmätning. Knutet till larm och åtgärder	+5 %
	Reservoarskapacitet (efter desinfektionsanläggningen) som kan tillfredsställa behovet när produktionen stoppas på grund av doseringsbortfall (Volym för minst 12 timmars försörjning)	+10 %
	Reservdesinfektion (till exempel klor) installerat	+5 %
D Andra driftsmässiga åtgärder	<b>Maximalt totalt avdrag för kategorin</b> (Minimalt avdrag är 0 %)	-30 %
	Lager av kritiska reservdelar (Kvartsrör, lampor, o-ringar, borstar, borstdrivning, ballastkort, ballastkyllning, UV-sensorer, referenssensor och eventuell transmissionsmätare)	+5 %
	Automatisk stängning av all vattenproduktion i samband med uppstart av UV-aggregat till dess att full kapacitet nåtts	+10 %
	Bra doskontroll baserat på mätpunkter, UV intensitet, vattenflöde, eventuell UV-transmission och lampor i drift	+10 %
	Automatisk stängning av all vattenproduktion om driften är utanför valideringsområdet	+10 %
	Larm om driften är utanför valideringsområdet	+5 %
	Rutiner för rengöring, kontroll och kalibrering av sensorer (Minimum månatlig kontroll/kalibrering med referenssensor, årlig kalibrering av referenssensor)	+5 %
	Driftsdokumentation i form av kurvor för beräknad dos som funktion av procent av tiden, visar sannolikheten för fel i barriärfunktionen. Se Norsk Vann rapport 164	+5 %
Summamax	<b>Totalt maximalt avdrag för UV-säkerhetsbrister</b> (Minimalt avdrag är 0 %)	-90 %

## Dimensioneringsavdrag UV

En annan viktig del är hur UV-belysningen är dimensionerad. Kan rätt dos användas även om ett föregående steg fallerar? Här tillkommer alltså ett dimensioneringsavdrag. Titta på vilket vatten ( $UVT_{50Rävatten}$ ) som skulle kunna komma in till UV-aggregatet om ett föregående steg slutar fungera och dividera det med den transmittans som aggregatet är dimensionerat för ( $UVT_{50Dim}$ ). Läs av vilket avdraget blir i figur 4.2. Minska den log-reduktion som erhöles efter säkerhetsavdragen med detta värde.

Det hårdaste men snabbaste sättet att ta hänsyn till att ev försämrad vattenkvalitet kommer till UV-aggregatet är att dra av 25 % av log-reduktionen som erhållits (efter säkerhetsavdraget).



Figur 4.2 Avdrag för underdimensionering av UV aggregat

I de fall det verkar onödigt hårt att dra av 25 % görs beräkningen så här:

1. Definiera det vatten som kommer till UV aggregatet om en barriär innan inte fungerar. Finns endast en barriär innan blir det råvattnet. Finns det flera barriärer skall den barriär som förbättrar transmittansen mest tas bort.
2.  $UVT_{50Rävatten}$  för det dåliga vattnet som antas skall väljas så att max 10 % av värdena över året är högre än detta värde.
3. Dimensionerande  $UVT_{50Dim}$  skall vara bestämt för maximal vattenproduktion.
4. Beräkna  $UVT_{50Rävatten} / UVT_{50Dim}$  och läs av den procentuella reduktionen i figur 4.8
5. Reducera log-reduktionen (som tidigare reducerats för säkerhetsbrister) med den avlästa procentsatsen.

Ett alternativ för att slippa göra avdraget är att vattenflödet i stället reduceras så mycket att dosen och log-reduktionen bibehålls trots den sämre vattenkvaliteten. Observera dock att det lägsta flöde aggregatet är certifierat för måste upprätthållas annars fungerar det inte som avsett. En annan möjlighet för att undvika avdraget är att vattenproduktionen stängs av om vattenkvaliteten är sämre än aggregatets driftsområde.

Log-reduktionen för desinfektion med UV-ljus är färdigberäknad när den maximala log-reduktionen i tabell 4.4 minskats med säkerhetsavdrag från tabell 4.5 och därefter minskats med effekter av försämrad inkommande vatten med hjälp av figur 4.2.

## 5 Steg 5: Slutresultat förenklad MBA

Alla de förberedande stegen i proceduren är nu beräknade och det återstår endast att summera resultatet. Beräkningen presenteras i figur 5.1 nedan. Precis som tidigare beräknas varje grupp av mikroorganismer var för sig. Steg 2 som ingår i en fullständig MBA ingår inte i den förenklade versionen och saknas därför i figuren nedan.

Steg 1 Råvatten – Barriärhöjd	+ [x <sub>1</sub> b + y <sub>1</sub> v + z <sub>1</sub> p]
Steg 3 Avskiljande barriärer	- [x <sub>3</sub> b + y <sub>3</sub> v + z <sub>3</sub> p]
Steg 4 Inaktiverande barriärer	- [x <sub>4</sub> b + y <sub>4</sub> v + z <sub>4</sub> p]
Steg 5 Slutresultat MBA	= [xb + yv + zp]

Figur 5.1 Steg 5 i beräkningsproceduren – Beräkning av slutresultat

Ett slutresultat på

- plussidan indikerar att det krävs ytterligare åtgärder för att vattnet ska bli rimligt säkert
- den negativa sidan indikerar i stället att vattnet är rimligt säkert att använda

Eftersom resultatet baseras på bedömningar och antaganden i procedurens olika delmoment så ger det enbart en indikation på vattenkvaliteten. Resultatet, i kombination med motivering av gjorda antaganden och en väl genomgången risk- och sårbarhetsanalys, är ett stöd i bedömningen av vattnets kvalitets- och säkerhetsnivå. Med hjälp av beräkningarna och genom att testa olika driftssituationer är det även möjligt att dra slutsatser om vilka förändringar som kan vara effektivast för att höja kvaliteten.

Ett resultat som indikerar att vissa mikroorganismer kräver ytterligare åtgärder medan andra verkar ha bättre marginal är en fingervisning om vad ytterligare rening/avdödning bör vara verksamt mot. Om resultatet är mycket nära noll så finns det anledning att verkligen säkerställa att den antagna reningen faktiskt uppnås då marginalerna för oförutsedda händelser är små. Risk och sårbarhetsanalysen för tåkten och verket är viktig i kombination med MBA-resultatet. Då bedömningarna i MBA innehåller en del antaganden så är det rimligt att avrunda resultatet till heltal (möjligen kan halva logreduktioner användas, t.ex. 1,5). Decimalerna är egentligen ointressanta, det är den ökade kännedomen om de egna processerna och deras inbördes effektivitet mot olika mikroorganismgrupper som är största vinsten med MBA arbetet. Det allra viktigaste att ha med sig är att resultatet visar vad som sannolikt utgör störst risk, resultatet visar inte om dricksvattnet alltid är helt felfritt eller ej.



## 6 Lathund Förenklad MBA

Tabellen är justerad mot originalet i rapporten ”VASS Dricksvatten”

Steg	Ta reda på och beräkna	Resultat
1a	Klassa råvattnet till A eller Da enligt tabell 2.1	
1b	Ta reda på antal anslutna personer	pe
Barriärkrav	Fyll i nödvändig barriärhöjd enligt tabell 2.2	+ ( ___ b + ___ v + ___ p)
3a	Notera log-reduktionen enligt tabell 3.1 för den första barriären	___ b + ___ v + ___ p
3b	Eventuell barriär 2	___ b + ___ v + ___ p
3c	Eventuell barriär 3	___ b + ___ v + ___ p
3d	Summera och maxbegränsa eventuellt log-reduktionen för barriärerna	___ b + ___ v + ___ p
3e	Ange det procentuella säkerhetsavdraget för de avskiljande barriärerna, antingen max 80 % eller enligt tabell 3.2	%
Avskiljande	Slutlig log-reduktion för avskiljande barriärer efter säkerhetsavdrag	- ( ___ b + ___ v + ___ p)
4a	Notera minsta reservoarvolym, V ( m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup>
4b	Notera högsta utgående flöde, Q (m <sup>3</sup> /min)	m <sup>3</sup> /min
4c	Beräkna teoretisk uppehållstid, t = V/Q (min)	min
4d	Lägsta halten fritt klor ut från reservoaren, C <sub>fri</sub> (mg/l)	mg/l
4e	Beräkna inaktiveringseffektivitet, Ct = 0,3 · t · C <sub>fri</sub> (mg·min/l)	mg·min/l
4f	Läs av nödvändig inaktiveringseffektivitet Ct <sub>nödvändig</sub> utifrån temperatur och pH i tabell 4.1	___ b + ___ v + ___ p
4g	Beräkna log-reduktionen enligt tabell 4.2	___ b + ___ v + ___ p
4h	Korrigera den beräknade log-reduktionen för maxbegränsning (max 4b + 4v + 3v)	___ b + ___ v + ___ p
4i	Ange hur stort säkerhetsavdrag som används, antingen max 35 % eller lägre enligt tabell 4.3	%
Klorering	Slutgiltig logreduktion för klor efter säkerhetsavdrag	- ( ___ b + ___ v + ___ p)
4k	Notera använd UV-dos (J/m <sup>2</sup> )	J/m <sup>2</sup>
4l	Läs av maximal log-reduktion i tabell 4.4	___ b + ___ v + ___ p
4m	Ange hur stort avdrag som används. Ange avdragen för både säkerhet (tabell 4.5) och dimensionering (figur 4.2)	%
UV-ljus	Slutgiltig log-reduktion för UV efter säkerhetsavdrag	- ( ___ b + ___ v + ___ p)
5	Räkna ut den totala log-reduktionen <b>Om slutresultatet är på plussidan</b> så behövs mer rening <b>Om slutresultatet är på den negativa sidan</b> så är det OK	= ( ___ b + ___ v + ___ p)

## 7 Exempel

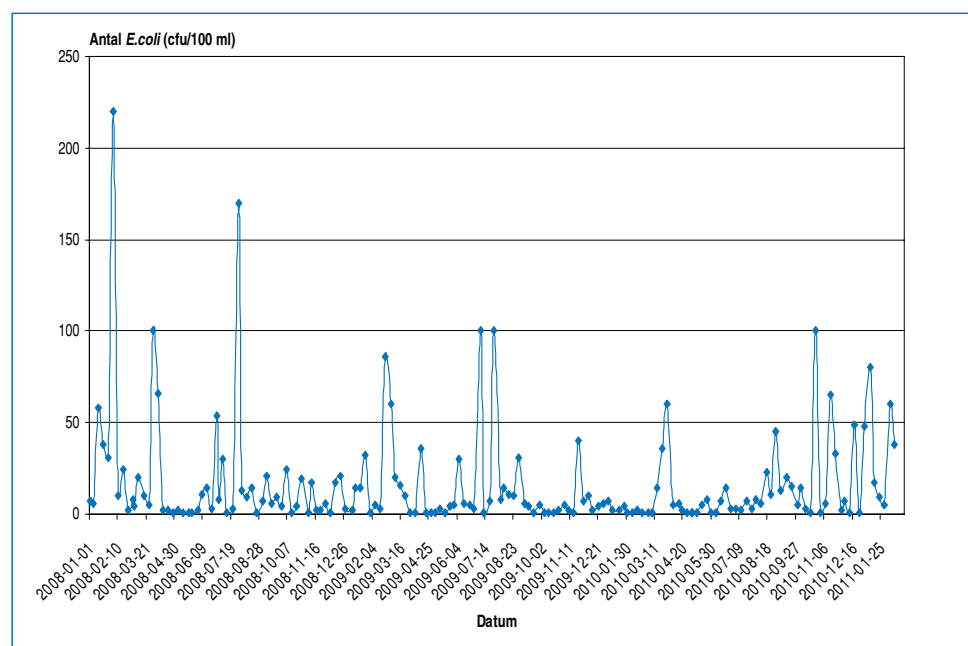
Ibland är det enklare att förstå hur en beskriven beräkningsgång fungerar med hjälp av konkreta exempel. De kan även vara en hjälp i tolkningen då egna data inte helt passar in i mallen. Exempelen är här uppdelade i de olika stegen för att det ska vara lätt att hitta den information som behövs just för tillfället. I vissa lägen är denna uppdelning ett problem då de olika delarna är starkt kopplade till varandra. Målsättningen är att de delar som är beroende av en annan framgår där det behövs. De fiktiva exemplen är desamma som i kapitel 6 i den svenska publikationen P112 ”Introduktion till Mikrobiologisk BarriärAnalys, MBA” men bedömda enligt den förenklade varianten i stället.

### 7.1 Exempel Steg 1: Råvatten – Barriärhöjd

#### 7.1.1 Exempel 1a: Större ytvattenverk, Grönköping

Grönköpings vattenverk är dimensionerat för att kunna producera 30 000 m<sup>3</sup> vatten/dygn. Detta motsvarar 100 000 personer. I dag distribueras vatten till 48 000 personer från vattenverket, vilket motsvarar ca 14 000 m<sup>3</sup> vatten/dygn.

Provtagning på råvattnet sker inne på vattenverket, innan råvattnet börjar behandlas. Analysdata från dessa provtagningar för de tre senaste åren har använts som underlag. Vid Grönköping vattenverk har *Escherichia coli* (EC) analyserats återkommande (1 gång/vecka) de senaste tre åren. Analysdata för *E.coli* redovisas i Figur 7.1. De värden som av labbet redovisats som *större än* har plottats som det värde de är större än, ex >100 har plottats som 100. På samma sätt har värden som av labbet redovisats som *mindre än* plottats som det värde de är mindre än, ex <1 har plottats som 1. Den stora majoriteten av analysvärdena har dock redovisats med exakt värde av labbet. Medelvärdet för *E.coli* för nedan presenterade analysvärden ligger på 16 cfu/100 ml. Av de 168 analyserade proverna under provtagningsperioden var 62 st  $\geq 10$ , detta motsvarar drygt 1/3 av proverna.



Figur 7.1 Analysdata för *E.coli* i råvattnet jan. 2008 till feb. 2011

## Bedömning av råvattenkvalitet Grönköping

Använd tabell 2.1: Klassificering av råvatten.

Eftersom Grönköping använder ett ytvatten hamnar råvattnet i klass Da.

## Bestämning av barriärhöjd Grönköping

Vattenverket försörjer fler än 10 000 personer och enligt tabell 2.2 blir då barriärhöjden  $6,0b + 6,0v + 4,0p$ , alltså den log-reduktion som krävs för att omvandla Grönköpings råvatten till rimligt säkert dricksvatten. 99,9999 % av alla inkommande bakterier och virus samt 99,99 % av parasiterna behöver tas bort från råvattnet.

Steg	Ta reda på och beräkna	Resultat
1a	Klassa råvattnet till A eller Da enligt tabell 2.1	Da
1b	Ta reda på antal anslutna personer	100 000 pe
Barriärkrav	Fyll i nödvändig barriärhöjd enligt tabell 2.2	+ $(6,0b + 6,0v + 4,0p)$

I en fullständig MBA hade vattnet hamnat i en sämre råvattenklass och det hade krävts 5 logs reduktion av parasiterna.

### 7.1.2 Exempel 1b: Mindre grundvattenverk, Småby

Vattenverket i Småby försörjer knappt 5 000 personer. Råvattnet tas från två grundvattenborrhör varifrån det tas prover för mikrobiologisk analys 1 gång i månaden. Endast data från 2011 finns tillgängligt och då registrerades inga fynd av *E. coli* (EC), intestinala *Enterokocker* eller *Clostridium perfringens* (CP). Odlingsbara mikroorganismer (både 3- och 7-dygns) påträffades endast i låga halter i enstaka prover.

## Bedömning av råvattenkvalitet Småby

Eftersom det är ett grundvatten utan fynd av fekala indikatorer hamnar råvattnet i kategori A enligt tabell 2.1. Dataunderlaget är tunt så fler prover vore önskvärt för bedömningen. Speciellt intressant är analysresultat efter riskhändelser som till exempel kraftig nederbörd.

## Bestämning av barriärhöjd Småby

Då Småby vattenverk försörjer knappt 5 000 personer hamnar barriärhöjden på  $3,5b + 3,5v + 1,5p$  enligt tabell 2.2 om den norska värderingen används. I Sverige rekommenderas dock att man alltid väljer den högre säkerhetsnivån vilket ger en barriärhöjd på  $4b + 4v + 3p$ .

Resultatet är detsamma som det som erhålls med en fullständig MBA.

Steg	Ta reda på och beräkna	Resultat
1a	Klassa råvattnet till A eller Da enligt tabell 2.1	A
1b	Ta reda på antal anslutna personer	5 000 pe
Barriärkrav	Fyll i nödvändig barriärhöjd enligt tabell 2.2	+ $(4,0b + 4,0v + 3,0p)$

## 7.2 Inga exempel Steg 2, förenklad MBA: Råvatten – Vattentäkten

Detta steg ingår inte i den förenklade MBAn och redovisas därför inte här. För en exempelbeskrivning hänvisas till publikationen P112 ”Introduktion till Mikrobiologisk BarriärAnalys, MBA”. Eftersom detta steg inte ingår i den förenklade MBAn så avviker givetvis resultaten här i jämförelse med den fullständiga versionen.

### 7.2.1 Exempel 2a, fullständig MBA: Ytvatten, Grönköping

Grönköpings råvatten tas från Älven, uppströms staden och passerar först en silstation med en roterande sil där grövre partiklar avskiljs. Vattnet når sedan en råvattenstation. Från råvattenstationen pumpas vattnet till vattenverket. När råvattnet nått vattenverket mäts dess turbiditet med on-line-mätare. Provtagning på råvattnet sker inne på vattenverket, innan råvattnet börjar behandlas. Turbiditeten styr den efterföljande doseringen av fällningskemikalier.

Vattenvårdsförbundet utför kontinuerlig mätning i Älven, inte långt från råvattentaget till Grönköping vattenverk. Turbiditet, konduktivitet och pH mäts on-line. Vid onormala värden i älven kontakter Vattenvårdsförbundet personal vid Grönköping vattenverk. Detta samarbete utgör ytterligare en säkerhet avseende råvattenkvaliteten.

#### Bestämning av barriärverkan i vattentäkten för Grönköping

I en fullständig MBA erhålls ingen reduktion varken för råvattentäkten eller för övervakningen. Trots att det inte ger något bidrag ens i en komplett MBA är övervakningen viktig och bidrar till både kunskap och säkerhet för driften.

### 7.2.2 Exempel 2b, fullständig MBA: Grundvatten, Småby

Småby försörjs av grundvatten i mark. Området runt Småbys grundvatten-borrar är inhägnat. Borrorna är belägna i olika delar av täkten. I den primära skyddszone får ingen anläggning som kan medföra att ytvatten kommer närmare än 3 meter från grundvattenytan installeras. Infiltrationsanläggningar är ej tillåtna, husdjursgödsel, naturgödsel och kloakslam får ej spridas. All byggnation är förbjuden. I den sekundära skyddszone finns kraftiga begränsningar för byggnation och eventuella befintliga avloppsledningar skall vara täta (till exempel tryckledning lagd i ett skyddsror) och leda ut ur zonen. Infiltration och spridning av husdjursgödsel, naturgödsel och kloakslam samt lagring av kemikalier är förbjudet i den sekundära zonen. I den tertiära zonen är avfallsdeponier, lagring av oljeprodukter och kemikalier samt infiltrering från större anläggningar förbjudet. Förorenande näringsverksamhet är också förbjudet.

#### Bestämning av barriärverkan i vattentäkten för Småby

I en fullständig MBA erhålls här  $1,5b + 1,5v + 0,25p$ .

## 7.3 Exempel Steg 3: Avskiljande barriärer

### 7.3.1 Exempel 3a: Kemisk fällning och långsamfilter, enkel övervakning, Grönköping

Grönköpings vattenverks process börjar med en silstation med roterande silar. På den till vattenverket inkommande råvattenledningen doseras sedan kalk och koldioxid för att höja vattnets hårdhet och alkalinitet. Därefter doseras fällningskemikalie till vattnet innan det fördelas över sex stycken flockningsbassänger. Uppbyggda flockar avskiljs

med sedimentering. Vattnet passerar sedan sex stycken snabbfilter (belastning 3,3 m/h vid dagens medelflöden). Därefter pH-justeras vattnet med natriumhydroxid till pH 8,2 innan det går till fyra stycken långsamfilter.

För att säkerställa god flockningskvalitet mäts pH on-line i början av flockningen och det hålls konstant med hjälp av justering av kalkvattendosen. Dosen fällningskemikalie styrs av råvattnets turbiditet. Förutom i råvattnet mäts turbiditeten på det sammanslagna snabbfiltrerade vattnet samt på utgående dricksvatten. Som komplement till turbiditetsmätningarna kontrolleras fällningseffektiviteten tre gånger i veckan med färg och UV-absorbansmätningar i samma punkter som turbiditeten – justeringar görs vid behov.

Turbiditeten efter snabbfiltreringen är <0,1 FNU som medel, fler än 10 % av proverna är >0,1 FNU men inget av dessa är >0,2 FNU. Råvattenpumparna stoppar automatiskt vid strömsvikt eftersom det inte finns reservkraft. Vattenverket är dock byggt med självfall genom beredningsprocessen och vid strömsvikt fortsätter vattnet att rinna genom verket till dess att handmanövrerade ventiler stängs för att t.ex. undvika torrläggning av snabbfilter och långsamfilter.

### Bestämning av barriärverkan för vattenverket i Grönköping

Fällningen ger enligt tabell 3.1 ett bidrag på  $2,5b + 1,75v + 2,5p$  eftersom fler än 10 % av proverna har en turbiditet > 0,1 FNU.

Bidraget till reduktionen av mikroorganismer från långsamfiltren enligt tabell 3.1 är  $2,0b + 2,0v + 2,0p$  i log-reduktion.

Eftersom flockningens turbiditet inte följs separat i varje flockningsbassäng före snabbfiltreringen kan inte övervakningen klassas som så bra att barriärerna kan anses oberoende av varandra. Summan för vattenverket blir  $4,5b + 3,75v + 4,5p$ . Maxbegränsningen från tabell 3.1 gör att resultatet för bägge barriärerna reduceras till  $3,0b + 3,0v + 3,0p$ .

### Säkerhetsavdrag för avskiljande barriärer vid vattenverket i Grönköping

I enlighet med tabell 3.2 behöver säkerhetsavdrag göras då det finns en förbättringspotential här. Turbiditetsmätningen efter fällningen är inte på varje enskild linje utan på det samlade snabbfiltratet så här kan det vara rimligt att ta 20 % i avdrag (hälften av vad total avsaknad av on-linemätning hade givit). Turbiditetsfel leder till manuella åtgärder för att återställa funktionen och ger därmed ett avdrag på 20 %. Eftersom råvattenpumparna stoppar automatiskt vid strömsvikt blir det inget säkerhetsavdrag för det. Summering av säkerhetsavdragen ger ett 40%igt avdrag på den sammanlagda maxbegränsade log-reduktionen för de avskiljande barriärerna vilket ger  $1,8b + 1,8v + 1,8p$  ( $=[3,0b + 3,0v + 3,0p] - [40\%]$ ).

Steg	Ta reda på och beräkna	Resultat
3a	Notera log-reduktionen enligt tabell 3.1 för den första barriären. Flockning, sedimentering och snabbfiltrering	$2,5b + 1,75v + 2,5p$
3b	Eventuell barriär 2. Långsamfiltrering	$2,0b + 2,0v + 2,0p$
3c	Eventuell barriär 3. Saknas	$0b + 0v + 0p$
3d	Summera och maxbegränsa eventuellt log-reduktionen för barriärerna	$3,0b + 3,0v + 3,0p$
3e	Ange det procentuella säkerhetsavdraget för de avskiljande barriärerna, antingen max 80 % eller enligt tabell 3.2	- 40 %
Avskiljande	Slutlig log-reduktion	$-(1,8b + 1,8v + 1,8p)$

Om vattenverket hade haft separat mätning på varje linje hade de avskiljande barriärerna kunnat betraktas som oberoende samtidigt som säkerhetsavdraget hade blivit mindre. Detta hade givit en log-reduktion på  $3,6b + 3,0v + 3,6p$  ( $= [4,5b + 3,75v + 4,5p$  utan maxbegränsning för beroende barriärer]  $- [20\%$  för manuella korrigeringar vid störningar]).

Resultatet är detsamma som med den fullständiga MBAn.

## 7.4 Exempel Steg 4: Inaktiverande barriärer

### 7.4.1 Exempel 4a: Klor, Grönköping

Vattnet desinficeras med natriumhypoklorit och går därefter till en lågreservoar. Klordosen är 0,5 mg Cl<sub>2</sub>/l. Halten totalt klor mäts on-line på utgående dricksvatten efter reservoaren. Reservoarens nivå varierade under vecka 8, 2011 mellan 3,7–4,1 m. Vid 4,1 m är reservoaren full och volymen är då 2 000 m<sup>3</sup>. Dock erhålls kortast uppehållstid vid den lägsta nivån vilket motsvarar en volym på 1 800 m<sup>3</sup>. Reservoaren är rektangulär, d v s den har ett högt längd/bredd-förhållande och den är försedd med ett flertal skärmväggar.

Dricksvattnets pH är 8,2 och temperaturen kan periodvis vara nere i 0,5° C. Vattenverket är dimensionerat för ett flöde på 30 000 m<sup>3</sup>/dygn men normalt produceras 14 000 m<sup>3</sup>/dygn.

Vid pumpfel finns det reservdelar och alternativa pumpar att tillgå. Tryckvakter och flödesmätare ger larm om det skulle uppstå problem med doseringsutrustningen för kemikalier. Doseringsutrustningen har inte UPS. Doserings- och analysutrustning underhålls, kontrolleras och kalibreras med täta mellanrum.

#### Uppehållstid och desinfektionseffektivitet för Grönköping

Minsta volym (V) i reservoaren är 1 800 m<sup>3</sup>

Det dimensionerande flödet Q är 30 000 m<sup>3</sup>/dygn och blir omräknat 20,83 m<sup>3</sup>/min

Uppehållstiden blir då  $t = V/Q = 1\,800 / 20,83 = 86,4$  min

Lägsta uppmätta halt utgående fritt klor är okänd men ett stickprov visade 0,14 mg/l

Inaktiveringseffektiviteten blir då

$$Ct_{\text{beräknat}} = 0,3 \cdot t \cdot C_{\text{fri}} = 0,3 \cdot 86,4 \cdot 0,14 = 3,6 \text{ mg} \cdot \text{min/l}$$

Saknas mätningar av fritt klor kan ett teoretiskt värde på halten beräknas enligt beskrivningar i rapporten ”Introduktion till Mikrobiologisk BarriärAnalys, MBA”. Ett sådant beräknat värde är dock betydligt sämre än faktiska mätningar.

#### Omräkning av inaktiveringseffektivitet (Ct) till log-reduktion för Grönköping

Med hjälp av tabell 4.1 bestäms  $Ct_{\text{nödvändigt}}$  för respektive grupp mikroorganismer vilket ger följande log-reduktioner i enlighet med tabell 4.2:

Parameter	Bakterier	Virus	Parasiter
Formel (tabell 4,2)	$3 \cdot Ct_{\text{beräknat}} / Ct_{\text{nödvändigt, bakterier}}$	$3 \cdot Ct_{\text{beräknat}} / Ct_{\text{nödvändigt, virus}}$	$2 \cdot Ct_{\text{beräknat}} / Ct_{\text{nödvändigt, parasiter}}$
$Ct_{\text{beräknat}}$	3,6	3,6	3,6
$Ct_{\text{nödvändigt}}$ (tabell 4,1)	3	12	250*
Resultat $\log_{\text{beräknat}}$	3,6	0,9	0,03*

\*Gäller *Giardia*, för *Cryptosporidium* blir det noll i log-reduktion

Maxbegränsningen för kemisk desinfektion (4,0b + 4,0v + 3,0p) påverkar inte resultatet. Avdrag för säkerhetsbrister i desinfektionen enligt tabell 4.3 blir som följer:

Kategori	Åtgärd	Resultat
A Kortvarigt doseringsbortfall	-10 % Larm men inte automatisk start av reservpump	-10 %
B Minskad bortfallsrisk	-15 % + 5 % Reservdoseringsutrustning finns	-10 %
C Andra åtgärder	-10 % + 2,5% + 5 % + 5 % Mätning av totalklor (ej fritt klor), reservdelar samt bra rutiner	0 %
<b>Totalt avdrag för säkerhetsbrister</b>		<b>-20 %</b>

Beräknad och maxbegränsad barriärverkan för desinfektionen var 3,6b + 0,9v + 0,03p (*Giardia*) vilket ska minskas med 20 % på grund av säkerhetsbrister.

Slutresultatet för inaktivering med klor blir 2,9b + 0,7v + 0,02p (endast *Giardia*)

Den fullständiga MBAn ger lite högre bidrag till reduktionen: 3,2b + 1,76v + 0,06p (endast *Giardia*)

Steg	Ta reda på och beräkna	Resultat
4a	Notera minsta reservoarvolym, V ( m <sup>3</sup> )	1 800 m <sup>3</sup>
4b	Notera högsta utgående flöde, Q (m <sup>3</sup> /min)	20,83 m <sup>3</sup> /min
4c	Beräkna teoretisk uppehållstid, t = V/Q (min)	86,4 min
4d	Lägsta halten fritt klor ut från reservoaren, C <sub>fri</sub> (mg/l)	0,14 mg/l
4e	Beräkna inaktiveringseffektivitet, Ct = 0,3 · t · C <sub>fri</sub> (mg·min/l)	3,6 mg·min/l
4f	Läs av nödvändig inaktiveringseffektivitet Ct <sub>nödvändig</sub> utifrån temperatur och pH i tabell 4.1	3b + 12v + 250p
4g	Beräkna log-reduktionen enligt tabell 4.2	3,6b + 0,9v + 0,03p
4h	Korrigera den beräknade log-reduktionen för maxbegränsning (max 4b + 4v + 3v)	3,6b + 0,9v + 0,03p
4i	Ange hur stort säkerhetsavdrag som används, antingen max 35 % eller lägre enligt tabell 4.3	-20 %
Klorering	Slutgiltig logreduktion för klor efter säkerhetsavdrag	– (2,9b + 0,7v + 0,02p)

#### 7.4.2 Exempel 4b: UV i Småby

Exempel 4 b motsvaras av 4c i publikationen P112 ”Introduktion till Mikrobiologisk BarriärAnalys, MBA”.

Den enda behandling av grundvattnet som finns i Småby är UV-belysning. Anläggningen är dimensionerad för 250 J/m<sup>2</sup> (biodosimetriskt). I händelse av strömbortfall finns reservkraft installerat. Det finns två UV aggregat som bägge kan hantera maxflödena ensamt och båda UV aggregaten har egen flödesmätare kopplat till styrningen. Nödvändiga reservdelar finns i lager och anläggningen servas, underhålls och kalibreras enligt plan. Vid avvikande drift finns larm då jourpersonal utan dröjsmål skall åtgärda fel. Eftersom det finns två separata UV-aggregat och två st grundvattenborror belägna

i olika delar av täkten så finns det stor möjlighet att lösa problem och ändå få ut vatten i nätet.

Barriärverkan för UV ( $250 \text{ J/m}^2$ ) är  $3,0b + 2,5v + 3,0p$  enligt tabell 4.4, skall dessutom hänsyn tas till adenovirus sjunker virusreduktionen till 0,75. Värdet från tabell 4.4 skall minskas med följande säkerhetsavdrag i enlighet med tabell 4,5.

Kategori och åtgärder	Reduktionspåverkan (%)
A: Ingen åtgärd finns	-10
B: Reservkraft	$-20 + 10 = -10$
C: $2 \cdot 100$ % kapacitet, Separata flödesmätare	$-30 + 5 + 10 = -15$
D: Reservdelslager, Larm vid avvikande drift, Rutiner för kalibrering mm	$-30 + 5 + 5 + 5 = -15$
<b>Summa säkerhetsavdrag (%)</b>	<b>-50</b>

Eftersom anläggningen är dimensionerad för råvattnet tillkommer inget ”dimensioneringsavdrag”. Resultatet blir att det återstår  $1,5b + 1,25v + 1,5p$  i barriärverkan för UV desinfektionen. För adenovirus är barriärverkan betydligt lägre ( $0,37v$ ). Fler säkerhetsåtgärder kan i princip fördubbla den teoretiska barriärverkan. Resultatet är identiskt med motsvarande exempel i publikationen P112 ”Introduktion till Mikrobiologisk BarriärAnalys, MBA”.

Steg	Ta reda på och beräkna	Resultat
4k	Notera använd UV-dos ( $\text{J/m}^2$ )	$250 \text{ J/m}^2$
4l	Läs av maximal log-reduktion i tabell 4.4	$3,0b + 2,5v + 3,0p$
4m	Ange hur stort avdrag som används. Ange avdragen för både säkerhet (tabell 4.5) och dimensionering (figur 4.2)	-50 % och -0 %
UV-ljus	Slutgiltig log-reduktion för UV efter säkerhetsavdrag	$-(1,5b + 1,25v + 1,5p)$

## 7.5 Exempel Steg 5: Slutresultat

### 7.5.1 Exempel 5a: Grönköping

Grönköping har ett större ytvattenverk som har kemisk fällning, långsamfilter och desinfektion med klor. Resultaten från exemplen som behandlar Grönköping tidigare i detta kapitel summeras i följande uppställning.

Steg	Log-reduktion Grönköping
Steg 1. Barriärhöjd. Exempel 1a, avsnitt 7.1.1	$+ [6,0b + 6,0v + 4,0p]$
Steg 3. Avskiljande barriärer. Exempel 3a, avsnitt 7.3.1	$- [1,8b + 1,8v + 1,8p]$
Steg 4. Inaktiverande barriärer. Exempel 4a avsnitt 7.4.1	$- [2,9b + 0,7v + 0,02p \text{ (Giardia)}]$
<b>Steg 5. Slutresultat</b>	<b><math>+ 1,3b + 3,5v + 2,2p \text{ (Giardia) och } 2,2p \text{ (Cryptosporidium)}</math></b>

Grönköpings vattenverk verkar således ha ett otillräckligt skydd mot alla grupperna av mikroorganismer, det saknas drygt 1 log för bakterier, drygt 3 log för virus och drygt 2 log för parasiterna.



I den fullständiga MBAn blir slutresultatet  $+1,0b + 2,4v + 3,1p$  (*Giardia*) och  $+3,2p$  (*Cryptosporidium*) och det saknas alltså barriärverkan mot alla tre grupperna av mikroorganismer även vid en noggrannare genomgång.

Eftersom det ingår många bedömningar i beräkningarna bör resultatet ses som en fingervisning om att vattenverket bör se över sina barriärval. För att förbättra situationen kan säkerheten för fällningen ses över samt att UV installeras istället för klor. Med en UV-dos på  $400 \text{ J/m}^2$  biosimetriskt testat ( $4,0b + 3,5v + 4,0p$  utan avdrag för säkerhet eller dimensionering) skulle barriärverkan då vara tillräcklig för det mesta utom adenovirus där det skulle saknas 2 log. Om kontrollen och styrningen blir så bra att de avskiljande barriärerna kan betraktas som oberoende av varandra så blir barriärverkan fullgod även för adenovirus.

## Förenklad MBA för Grönköping

Steg	Ta reda på och beräkna	Resultat
1a	Klassa råvattnet till A eller Da enligt tabell 2.1	Da
1b	Ta reda på antal anslutna personer	100 000 pe
Barriärkrav	Fyll i nödvändig barriärhöjd enligt tabell 2.2	$+ (6,0b + 6,0v + 4,0p)$
3a	Notera log-reduktionen enligt tabell 3.1 för den första barriären	$2,5b + 1,75v + 2,5p$
3b	Eventuell barriär 2. Långsamfiltrering	$2,0b + 2,0v + 2,0p$
3c	Eventuell barriär 3. Saknas	$0b + 0v + 0p$
3d	Summera och maxbegränsa eventuellt log-reduktionen för barriärerna	$3,0b + 3,0v + 3,0p$
3e	Ange det procentuella säkerhetsavdraget för de avskiljande barriärerna, antingen max 80 % eller enligt tabell 3.2	-40 %
Vattenverk	Slutlig log-reduktion för avskiljande barriärer efter säkerhetsavdrag	$- (1,8b + 1,8v + 1,8p)$
4a	Notera minsta reservoarvolym, $V$ ( $\text{m}^3$ )	$1\ 800 \text{ m}^3$
4b	Notera högsta utgående flöde, $Q$ ( $\text{m}^3/\text{min}$ )	$20,83 \text{ m}^3/\text{min}$
4c	Beräkna teoretisk uppehållstid, $t = V/Q$ (min)	86,4 min
4d	Lägsta halten fritt klor ut från reservoaren, $C_{\text{fri}}$ (mg/l)	0,14 mg/l
4e	Beräkna inaktiveringseffektivitet, $Ct = 0,3 \cdot t \cdot C_{\text{fri}}$ (mg·min/l)	3,6 mg·min/l
4f	Läs av nödvändig inaktiveringseffektivitet $Ct_{\text{nödvändig}}$ utifrån temperatur och pH i tabell 4.1	$3b + 12v + 250p$
4g	Beräkna log-reduktionen enligt tabell 4.2	$3,6b + 0,9v + 0,03p$
4h	Korrigera den beräknade log-reduktionen för maxbegränsning (max $4b + 4v + 3v$ )	$3,6b + 0,9v + 0,03p$
4i	Ange hur stort säkerhetsavdrag som används, antingen max 35 % eller lägre enligt tabell 4.3	-20 %
Avskiljande	Slutgiltig logreduktion för klor efter säkerhetsavdrag	$- (2,9b + 0,7v + 0,02p)$
4k	Notera använd UV-dos ( $\text{J/m}^2$ )	$\text{J/m}^2$
4l	Läs av maximal log-reduktion i tabell 4.4	$\_\_\_\_\_\_b + \_\_\_\_\_\_v + \_\_\_\_\_\_p$
4m	Ange hur stort avdrag som används. Ange avdragen för både säkerhet (tabell 4.5) och dimensionering (figur 4.2)	%
UV-ljus	Slutgiltig log-reduktion för UV efter säkerhetsavdrag	$- (\_\_\_\_\_\_b + \_\_\_\_\_\_v + \_\_\_\_\_\_p)$
5	Räkna ut den totala log-reduktionen <b>Om slutresultatet är på plussidan</b> så behövs mer rening <b>Om slutresultatet är på den negativa sidan</b> så är det OK	$= (-1,3b + 3,5v + 2,2p)$

### 7.5.2 Exempel 5b: Småby

Småby har ett mindre grundvattenverk som behandlar vattnet enbart med UV-desinfektion (250 J/m<sup>2</sup> biosimetriskt). Resultaten från de tidigare exemplen som behandlar Småby presenteras i följande uppställning.

Steg	Log-reduktion Småby
Steg 1 Barriärhöjd Exempel 1b, avsnitt 6.1.2	+ [4,0b + 4,0v + 3,0p]
Steg 4 Desinfektion Exempel 4c avsnitt 6.4.3	- [1,5b + 1,25v + 1,5p] utom för adenovirus
<b>Steg 5 Slutresultat</b> (avrundat till 1 decimal)	<b>+ 2,5b + 2,8v + 1,5p</b> utom för adenovirus

Småby har enligt beräkningarna i den förenklade MBAn inte tillfredsställande barriärverkan mot någon av mikroorganismgrupperna. Med en ökad UV dos till 400 J/m<sup>2</sup> samt förbättrade säkerhetsåtgärder blir säkerheten tillräcklig för bakterier och parasiter men det skulle fortfarande saknas 0,5 log för virus. Inkluderas även adenovirus skulle det saknas 3,2 log reduktion för dessa.

Vid en ordentlig genomgång enligt den fullständiga MBA versionen är barriärverkan inte heller tillräckligt tillräcklig för någon av mikroorganismgrupperna. Däremot så räcker det då att förbättra säkerheten kring UV-ljuset för att barriärverkan ska bli tillräcklig för det mesta utom adenovirus. Detta visar på att det är viktigt att ha kontroll på vattentäkt och vattenverk. Risk och sårbarhetsanalysen av vattentäkten är viktig för att veta om råvattenklassningen är riktig eller ej eftersom det är svårt att mäta parasiterna. De stora restriktionerna i vattentäkten kan i verkligheten vara svåra att uppnå på många ställen och då kan det krävas en ytterligare behandling i vattenverket för att resultatet skall bli tillfredsställande.

## Förenklad MBA för Småby

Steg	Ta reda på och beräkna	Resultat
1a	Klassa råvattnet till A eller Da enligt tabell 2.1	A
1b	Ta reda på antal anslutna personer	5 000 pe
Barriärkrav	Fyll i nödvändig barriärhöjd enligt tabell 2.2	+ (4,0b + 4,0v + 3,0p)
3a	Notera log-reduktionen enligt tabell 3.1 för den första barriären	___b + ___v + ___p
3b	Eventuell barriär 2	___b + ___v + ___p
3c	Eventuell barriär 3	___b + ___v + ___p
3d	Summera och maxbegränsa eventuellt log-reduktionen för barriärerna	___b + ___v + ___p
Vattenverk	Slutlig log-reduktion för avskiljande barriärer efter säkerhetsavdrag	- (___b + ___v + ___p)
4a	Notera minsta reservoarvolym, V ( m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup>
4b	Notera högsta utgående flöde, Q (m <sup>3</sup> /min)	m <sup>3</sup> /min
4c	Beräkna teoretisk uppehållstid, t = V/Q (min)	min
4d	Lägsta halten fritt klor ut från reservoaren, C <sub>fri</sub> (mg/l)	mg/l
4e	Beräkna inaktiveringseffektivitet, Ct = 0,3 · t · C <sub>fri</sub> (mg·min/l)	mg·min/l
4f	Läs av nödvändig inaktiveringseffektivitet C <sub>t,nödvändig</sub> utifrån temperatur och pH i tabell 4.1	___b + ___v + ___p
4g	Beräkna log-reduktionen enligt tabell 4.2	___b + ___v + ___p
4h	Korrigera den beräknade log-reduktionen för maxbegränsning (max 4b + 4v + 3v)	___b + ___v + ___p
4i	Ange hur stort säkerhetsavdrag som används, antingen max 35 % eller lägre enligt tabell 4.3	%
Klorering	Slutgiltig logreduktion för klor efter säkerhetsavdrag	- (___b + ___v + ___p)
4k	Notera använd UV-dos (J/m <sup>2</sup> )	250 J/m <sup>2</sup>
4l	Läs av maximal log-reduktion i tabell 4.4	3,0b + 2,5v + 3,0p
4m	Ange hur stort avdrag som används. Ange avdragen för både säkerhet (tabell 4.5) och dimensionering (figur 4.2)	-50 % och -0 %
UV-ljus	Slutgiltig log-reduktion för UV efter säkerhetsavdrag	- (1,5b + 1,25v + 1,5p)
5	Räkna ut den totala log-reduktionen <b>Om slutresultatet är på plussidan</b> så behövs mer rening <b>Om slutresultatet är på den negativa sidan</b> så är det OK	= (+ 2,5b + 2,8v + 1,5p)

## 8 Referenser

### VASS Dricksvatten

Mia Bodelind mfl (2013) VASS Dricksvatten, Utveckling av VASS Dricksvatten. Rapport, Svenskt Vatten 2013-XX. Språk svenska.

### MRA

Lundberg Abrahamsson J, Ansker J och Heinicke G (2009) MRA – Ett modellverktyg för svenska vattenverk. Rapport, Svenskt Vatten Utveckling 2009-05.

### Introduktion till Mikrobiologisk BarriärAnalys, MBA

*Introduktion till Mikrobiologisk BarriärAnalys*, MBA – Rapport/Publikation, Svenskt Vatten P112 (2015). Språk svenska.

### ODP I

Ødegaard H, Fiksdal L och Østerhus SW (2006a) *Optimal desinfeksjonspraksis for drick-evann*. Rapport, Norsk Vann 147-2006. Språk norska.

### ODP I-tillägg

Ødegaard H, Fiksdal L och Østerhus SW (2006b) *Optimal desinfeksjonspraksis for drick-evann, Tilläggsrapport*. Rapport, Norsk Vann 147-2006 Tillägg. Språk norska.

### ODP II

Ødegaard H, Østerhus S och Melin E (2009a) *Optimal desinfeksjonspraksis fase 2*. Rapport, Norsk Vann 169-2009. Språk norska.

### GDP-vägledning

Ødegaard H, Østerhus S och Melin E (2009b) *Veiledning till bestemmelse av god desinfeksjonspraksis*. Rapport, Norsk Vann 170-2009. Språk norska.

### MBA-vägledning

Ødegaard H, Østerhus S och Pott B-M (2014) *Veiledning till bestemmelse av god desinfeksjonspraksis*. Rapport, Norsk Vann 209-2014. Språk norska.







Svenskt Vattens skrifter beställs via:

[www.svenskvatten.se](http://www.svenskvatten.se)

Svenskt Vattens distribution

Box 262

591 23 Motala

© Svenskt Vatten AB

ISSN nr 1651-4947

Svenskt Vatten P112 FÖRENKLAD

2015-12



Box 14057, 167 14 Bromma

Tel 08 506 002 00

Fax 08 506 002 10

E-post [svenskvatten@svenskvatten.se](mailto:svenskvatten@svenskvatten.se)

[www.svenskvatten.se](http://www.svenskvatten.se)