

ATT DIMENSIONERA VATTENTORN

To design water towers

av KENNETH M PERSSON

SWECO VIAK AB, Hans Michelsengatan 2, 212 23 Malmö

e-post: kenneth.m.persson@sweco.se



Abstract

The article discusses how knowledge has been accumulated by water engineers for optimizing the size of water reservoirs in drinking water supply systems. The most important knowledge for proper sizing has always been to know the water demand. How much water is consumed per day in the net-work? Second most important fact is the production capacity. It is important to be able to produce water from a water resource at sufficient amount. Then comes the demand for fast distribution from the reservoir to the net-work. The earliest reservoirs were built to contain at least a day's water demand, or even more. A technical break-through came when electricity powered pumps could be used instead of steam-powered pumps. This opened for smaller reservoirs. Another technical change came with the reinforced concrete, that facilitated cost-effective larger reservoirs. Experiences from successful and less successful plants and reservoirs have always been very important for improving the rules of designing.

Key words – Water towers, water reservoirs, water history, Sweden

Sammanfattning

Artikeln redovisar hur kunskap för att dimensionera vattenreservoarnas storlek i ett dricksvattennät på bästa sätt successivt sammanställts av vatteningenjörer. Den viktigaste kunskapen för en korrekt dimensionering har alltid varit att känna till vattenbehovet. Hur mycket vatten förbrukas i dricksvattennätet under dygnet? Näst viktigast är produktionskapaciteten. Det gäller att kunna producera vatten från en vattentäkt i tillräcklig mängd. Sedan följer kravet på att snabbt kunna distribuera vattnet från reservoaren till ledningsnätet. De första reservoarnas dimensionerades för att inrymma en dygnsförbrukning eller till och med mera. Ett teknikgenombrott som öppnade för mindre reservoarer kom med den eldrivna pumpen. Ett annat teknikgenombrott kom med den armerade betongen, som möjliggör kostnadseffektiva stora behållare. Erfarenheter från lyckade och mindre lyckade anläggningar har i alla tider varit viktig för att förfinas dimensioneringsregler.

Inledning

För dricksvattenförsörjning behövs som regel flödesutjämning. För denna skull kan vatten endera lagras i låg-reservoarer eller högreservoarer. Nuförtiden finns det massor av erfarenheter att utgå ifrån då storleken på en reservoar skall bestämmas, men när de första moderna VA-teknikerna skulle lägga ut dricksvattennätet i en stad för första gången för såg 150 år sedan, fanns det ingen etablerad kunskap att bygga på. Så hur stor skulle då reservoaren vara? Inför skrivandet av en bok om vattentorn samlade jag några uppgifter om hur resonemang förts och hur vattentorn, andra högreservoarer och lågre-

servoarer dimensionerats i Sverige från mitten av 1800-talet och framåt. Bokens redaktör Erik Winnfors valde klokt nog att koncentrera texten och istället exponera dess bilder. För en mera tekniskt inriktad läsekrets torde dock ändå uppgifterna om vilka bevekelsegrunder som använts för dimensionering av torn och andra reservoarer kanske vara intressanta? Här följer de åtminstone.

En lågreservoar erfordrar tryckstegring för att vattnet skall nå dricksvattennätet, medan en högreservoar ligger så högt i nätet att vatten når nätet och förbrukaren genom självtryck. En specialvariant av högreservoaren är vattentornet, som tekniskt sett är en högreservoar som vilar på ben eller pelare. Många högreservoarer är för-

lagda på topografiskt gynnsamma naturliga höjder. Vattenreservoarer har på olika sätt funnits så länge som människor byggt vattenledningar men de dimensionerades för genomströmning av vatten, inte för lagring. Alla akvedukter under klassisk tid mynnade i ett vattenkastell, en genomströmningstank. Om akvedukten var lång, borde reservoarer byggas också vid källan och längs med överföringsledningen på 2400 fots avstånd från varandra – för att inte hela arbetet skall ruineras om det uppstår ett brott på ledningen någonstans, skrev Vitruvius (Vitruvius, 1989).

I Rom omkring år 100 eKr, på Frontinus tid, fanns 247 vattenkasteller. Varje akvedukt hade många olika fördelningstankar. Aqua Marcia hade 51, Aqua Vetus 35 osv. Romarna använde också vattenkastellerna som mellanlager och som noder där servisledningarna ut till olika slutförbrukare som badhus och fontäner försörjdes med vatten. Av den anledningen delar vissa klassicister upp vattenkastellerna i primära och sekundära vattenkasteller. De primära var reservoarer och tryckavlastare, medan de sekundära var centrumbehållare för servismatning. Vattentorn för mellanlagring av färdigberett vatten i modern mening användes inte av romarna, eftersom deras försörjning baserades på kontinuerlig genomströmning och ingen lagring skedde i systemet. Istället rann vattnet alltid i ledningarna och akvedukterna till dem som hade öppna kranar, oavsett om något vatten för tillfället efterfrågades eller inte. Bräddflödet från publika brunnar och fontäner hjälpte till att hålla rent på gator och torg och hjälpligt ta bort den evigt dåliga lukten i den eviga staden (Frontinus, 1986)

Reservoarer i liten skala fanns också i många städer där verksamheten så krävde det. Vattenreservoarer användes väl så ofta i hantverk och småskalig industri som i kommunal vattenförsörjning. Bryggerier och brännerier, garverier och slakterier, alla behövde de vatten. Inte sällan byggde hantverkare i vattenkrävande skrän behållare för att lagra något tusental liter vatten redan under tidig medeltid. Konstruktionsmaterialet kunde vara murad kalksten, vilket förekom i södra Europa, eller träbehållare som var i bruk i resten av Europa. I något fall användes kopparplåt, men inte förrän i slutet av 1700-talet fanns gjutjärnsbehållare att tillgå.

De första reservoärerna dimensionerades för en prognosticerad dygnsförbrukning eller mera. Störst marginal hade Linköpingsreservoaren med minst 2,5 dygns vattenlager. Så länge ånga var den viktigaste drivkraften behövdes stora reservoarer, eftersom ett produktionsbortfall var långtifrån ovanligt och brandreserven behövdes under alla dygnets timmar. Kanske försökte också ingenjörerna ta höjd för framtida ökad anslutningsgrad och större förbrukning, genom att överdimensionera från början.

Också de första vattentornen var förhållandevis stora, med nära ett dygns vattenlager i Kirsebergs vattentorn eller det äldsta av Kristianstads vattentorn. Men efterhand

som erfarenheter om hur vatten förbrukades i näten vanns kunde dimensioneringen göras mera precis.

Teoretiska beräkningsgrunder

Nils Westerberg noterar i Om vattenledningar (Westerberg, 1916) skillnaden mellan lågreservoarer och högreservoarer. Lågreservoarer utjämnar variationen mellan vattenverkens renvattenproduktion och pumparnas kapacitet att tryckstegra vattnet. De förekommer huvudsakligen vid ytvattenverk och placeras före pumparna, på en sådan höjd att dessa mäktar suga vatten utan kavitation. En lågreservoar bör dimensioneras efter hur pumpningstiden är fördelad under dygnets olika timmar. Om pumparna är utlagda så att de uppfordrar endast en gång per dygn fordras större lågreservoarvolym än om pumpning sker vid flera tillfällen varje dygn. Till beräknad volym bör i allmänhet läggas ett brandvattenförråd, mellan 220 och 420 m³, beräknat på en sex timmars brandsläckningsinsats med ett medelflöde på 24 l/s, men beroende på om högreservoaren ligger på marken eller är upphöjd som vattentorn. En markförlagd högreservoar skall innehålla minst 300 m³ vatten för brandsläckningsändamål. Ett vattentorn skall ha minst 100 m³.

Högreservoaren har till syfte att utjämna skillnaden mellan vattenuttag och vattentillförsel i nätet och dessutom ha ett reservförråd med släckvatten vid bränder. Högreservoaren skall vara så placerad att trycket även vid maximikonsumtion är tillräckligt för eldsläckningsändamål oavsett var i staden en eventuell brand må bryta ut.

Vattenuttaget är i allmänhet störst på dagen, kring middagstid, och lägst på natten, såvida inte någon industri dominerar i stadens vattenförbrukning. Westerberg anger en typtabell över förbrukningens växlingar från kl 00 till kl 24 (Tabell 1).

Tabell 1.

Klockan	Förbrukning %	Klockan	Förbrukning %
0–1	2	12–13	6,5
1–2	1,5	13–14	6,5
2–3	1,5	14–15	6
3–4	1,5	15–16	6
4–5	1,5	16–17	6
5–6	3	17–18	5
6–7	4	18–19	5
7–8	5	19–20	4
8–9	5	20–21	4
9–10	6	21–22	3
10–11	6	22–23	3
11–12	6	23–24	2

Tabell 2.

Klockan	Förbrukning	Pumpning	Tillförsel	Urtappning	Summa
0–1	17,2	–	–	17,2	
1–2	13	–	–	13	
2–3	13	–	–	13	
3–4	13	–	–	13	
4–5	13	–	–	13	
5–6	26	–	–	26	–198,8
6–7	34,4	72	37,6	–	
7–8	43	72	29	–	
8–9	43	72	29	–	
9–10	52	72	20	–	
10–11	52	72	20	–	
11–12	52	72	20	–	+155,6
12–13	56,2	–	–	56,6	
13–14	56,2	–	–	56,6	–112,4
14–15	52	72	20	–	
15–16	52	72	20	–	
16–17	52	72	20	–	
17–18	43	72	29	–	
18–19	43	72	29	–	
19–20	34,4	72	37,6	–	+155,6
20–21	34,4	–	–	34,4	
21–22	26	–	–	26	
22–23	26	–	–	26	
23–24	17,2	–	–	17,2	

Med kännedom om hur vattenförbrukningen varierar och med hänsyn tagen till vattenverkets distributionspumpars kapacitet, kan den nödvändiga reservoarvolymen beräknas. Reservoarvolymen behövde vara större om pumparna var ångdrivna jämfört med om de var eldrivna. Eldrivna pumpar kunde startas och stoppas enkelt. Ångdriften var mera omständlig och krävde att pannan eldades innan någon kraft kunde nyttiggöras. Som regel driftsattes pumparna två gånger per dygn, på morgonen och eftermiddagen. Westerberg redovisar ett räkneexempel på hur en högreservoar skulle dimensioneras utifrån tabellen ovan och med ett antagande om 10 l/s i maximiförbrukning. Då behövdes $0,01 \text{ m}^3/\text{s} \times 3600 \times 24 \text{ s/d} = 864 \text{ m}^3$ vatten i staden varje dygn. Förbrukningen varierar då enligt Tabell 2.

Nödvändig reservoarvolym blir den största av de volymer som mellanlagras under dygnet, vilket i räkneexemplet är $198,8 \text{ m}^3$. Till denna volym skall läggas

släckvattenreserven, som är 100 m^3 i vattentorn och 300 m^3 i markförlagd högreservoar. Vattentornet skall då minst rymma $198,8 + 100 \text{ m}^3$ och den markförlagda reservoaren $198,8 + 300 \text{ m}^3$, eller avrundat 300 m^3 respektive 500 m^3 . I procent räknat blir vattentornets lagringskapacitet 35 % och lågreservoarens 58 % av maximidygnsförbrukningen.

Dimensionering av dricksvattenförbrukning har alltid legat till grund för dimensionering av högreservoarer. Ett väl genomarbetat exempel på hur dimensionering kunde göras på 1930-talet redogör Bille för (Bille, 1934). För Norrköpings högtryckszon, där ca 65 % av stadens vattenförbrukning skedde, beräknades denna bli enligt Tabell 3.

Norrköpings vattentorn betjänade högtryckszonen. Tornet rymde 1500 m^3 . För utjämning av förbrukningens variation över dygnet behövdes 6 % av dygnsförbrukningen. Under maximidygnet 1955 minskas de

Tabell 3.

	1935	1945	1955	1965	1975
Medeldygnsförbrukning (m^3)	7600	9500	11000	12600	14000
Maximidygnsförbrukning (m^3)	11200	13900	16000	18100	20100
Minimidygnsförbrukning (m^3)	4700	6100	7100	8300	9400

1500 m³ med 960 m³ som behövs för utjämning och kvar är 540 m³ i egentlig reserv. I utredningen presenteras vattenuttaget från tornet och uppfordringen till det i tre figurer. Redan kl 5 finns 960 m³ tillgängliga i vattentornet. Från kl 7 tas mera vatten ut från tornet än vad som hinner uppfordras. Pumpningen måste ökas under totalt 14 timmar – dagpumpning. Därefter kan uppfordringen till vattentornet minska under dygnets kvarvarande 10 timmar – nattpumpning. Dagpumpningen skall räcka till 79 % av dygnsförbrukningen och nattpumpningen till kvarvarande 21 %. Pumparna för uppfordringen föreslås därför att fördelas på tre pumpar med olika kapacitet, samt en fjärde pump som reserv. Den minsta pumpen för nattpumpningen föreslås bli kapacitetsreglerad. Pumplistan blir som följer:

Högtryckspump 1	50–300 m ³ /h
Högtryckspump 2	300 m ³ /h
Högtryckspump 3	600 m ³ /h
Högtryckspump 4 (res.)	600 m ³ /h

Om de tre första högtryckspumparna är i drift samtidigt kan nominellt 1200 m³/h, eller 28 800 m³/d vatten tryckstegras. Detta räcker gott och väl till högtryckszonens beräknade maximiförbrukning 1955 på 16.000 m³/d och även till hela Norrköpings förbrukning, inklusive lågtryckszonens, som 1955 beräknas till 8.600 m³/d, eller totalt 24.600 m³/d.

Pumptrycket beräknades utifrån skillnaden mellan önskvärt tryck i ledningsnätet och lågreservoarernas vattentryck vid det nya vattenverket i Borg. Där kunde trycket som lägst vara +24,3 m och som högst +29,3 m. Vattenytan i tornet varierar mellan som högst +74,7 och som lägst +68,0 m. Beroende på ledningsnätets utseende och dimensioner tillkommer vissa tryckförluster som måste kompenseras för i pumptrycket. När flödet i befintligt nät uppgår till 600 m³/h blir tryckstegringen inklusive förluster 70 m (7 bar). Stora uttag dagtid ökar förlusterna ännu mer. Som högst 1955 prognostiserades tryckstegringen behöva bli 97 m (9,7 bar) om inte den nya 450-mm ledningen också läggs, då tryckstegringsbehovet begränsas till 75 m. Pumparnas uppfordringshöjd föreslås därför bli 75 m.

Den senaste dimensioneringshandboken för dricks-vattennät utgavs av VAV i mars 2001 (VAV, 2001). Eftersom den kan luta sig mot 140 års erfarenheter är den rik på exempel men dock flexibel i anvisningarna. I handboken konstaterades att de allmänna vattenverken i Sverige 1997 producerade 923 miljoner kubikmeter vatten, motsvarande en genomsnittlig vattenförbrukning om 330 liter per person och dygn. Då vattenförbrukningen i ett distributionsområde skall dimensioneras bör olika kundgruppers förbrukningsmönster analyseras: hushållsförbrukning, förbrukning i allmän verksamhet som skolor, sjukhus, turistanläggningar m.m.,

näringslivets förbrukning, läckage från ledningsnät och släckvattenförbrukning. Det har stor betydelse vid dimensionering att också göra framtida prognoser av områdets vattenbehov.

Hushållsförbrukningen beror mest av befolkningsutvecklingen, men också vilken bebyggelse som finns i området. Personer i småhus förbrukar något mindre vatten per dygn än personer i flerbostadshus. Variationen över året har också betydelse. Maximidygnsförbrukningen i relation till medelförbrukningen blir lägre ju större antal brukare som är anslutna till nätet det finns. Detta förhållande, som brukar kallas maxdygnsfaktorn, uppgår till mellan 1,5 till 2 för distributionsnät med cirka 500–50 000 anslutna. Ju större ort, desto jämnare vattenförbrukning över tiden.

För allmän förbrukning bör stora vattenförbrukare som sjukhus specialstuderas. Där detaljerad statistik saknas eller är svår att ta fram, kan vattenbehovet överslagsmässigt sättas till 30 liter per person och dygn. Maxdygnsfaktorn för allmän förbrukning kan sättas lika med den för hushållsförbrukningen. Vad gäller näringslivets förbrukning av vatten bör befintliga industriområden och kontorskomplex analyseras och utvärderas noga innan förändringar genomförs. Men för nya stadsdelar och näringsverksamheter med okänd vattenförbrukning, vilka kanske bara förekommer som förhoppningar i kommunens översiktsplan, kan verksamhet med måttlig vattenförbrukning dimensioneras efter tomtytan: 0,1 l/s och hektar, med en medelförbrukning under arbetstid på 0,4 l/s och hektar samt en maximal timförbrukning på 0,8 l/s och hektar. En större anläggning bör dimensioneras efter erfarenheter från liknande verksamheter och efter hur många människor som planeras att verka i anläggning.

Släckvattenförbrukningen via brandposter beror av vilka aktiviteter som finns i området. Flerbostadshus lägre än 4 våningar, friliggande hus och villor fordrar en vattentillförsel på 10 l/s. Höghus kräver tillgång på släckvatten på 20 l/s. Industriområden där mycket brännbart material hanteras som brädgårdar, flisanläggningar och dylikt bör ha tillgång på 40 l/s släckvatten. Industrianläggningar med exceptionell brandrisk, som oljehamnar, acetylenfabriker m.m. bör försörjas med mer än 40 l/s släckvatten. Vid dimensionering av den typen av släckvattenförsörjning bör också vattenverket diskutera med brandkåren innan ledningar och reservoarer bestäms.

Vattentornet bör placeras som återgångsreservoar inom distributionsområdet, så att ungefär 2/3 av förbrukningen sker mellan vattenverket och vattentornet. En sådan placering medför visserligen att vattentrycket varierar litet mer i nätet, eftersom uppfordringspumparna vid vattenverket måste ha högre lyfthöjd än vattentornets högvattenyta, annars kan inte tornet fyllas.

Men skulle en ledning gå sönder eller vattenverket inte kunna pumpa ut vatten, finns ändå färdigt trycksatt vatten i tornet till abonnenterna. En genomströmningsreservoar, som ligger placerad mellan vattenverket och förbrukningsområdet, får bättre omsättning, men ger något sämre säkerhet vid produktionsstörningar.

Högreservoarens storlek anpassades till att möta maximalförbrukningen. En stor stad med åtföljande stor vattenförbrukning fordrar mycket större reservoar, än en liten ort. Flackt belägna orter, med liten höjdskillnad inom distributionsområdet, behöver högre belägna reservoarer, oftast som vattentorn, än orter som ligger i kraftigt kuperad terräng där reservoaren kan placeras på naturliga höjdpunkter. Typiska reservoarstorlekar är lagringskapacitet motsvarande 8–12 timmars förbrukning i lågreservoarer och 4–8 timmars förbrukning i högreservoarer. Elen är så fundamental för vattenförsörjning, att VA-verken av beredskapsskäl får statsbidrag för att sätta in reservkraftverk. Eftersom flödesutjämning också är en central funktion av en reservoar, torde utvecklingen ha nått sin yttersta gräns. Om reservoaren blir ännu mindre ändrar den karaktär och blir en pumphump istället.

Med växande städer ökar efterfrågan på vatten

Vattenledningar började läggas i svenska städer under andra halvan av 1800-talet. Totalt driftsattes kommunala vattenledningar i 66 orter i Sverige under perioden 1861 till 1908 med en topp kring 1900 med 15 nya vattenledningsverk under mindre än tre år 1898–1900. Med tiden investerade också mindre orter i vattenledningar (Andersson, 1971).

Drivkrafterna var många bakom denna snabba utveckling. Utländska influenser spelade roll. Internationellt hade vattenledningar anlagts i de större städerna under förra halvan av 1800-talet med början i Skottland och England. Framstegstanken var också viktig. Karaktäristiskt för en modern ort var bland annat tillgången på järnväg och rinnande vatten och från cirka 1890 också elektricitet. Så kunde städernas nya blodomlopp manifesteras. Städerna fick också ett större självbestämmande i och med kommunreformen 1862. Deras styresmän fick legal rätt att själva fatta beslut om investeringar för att lyfta sina städer ur smuts och efterblivenhet till en ny, ren och lovande framtid, utan att behöva fråga Kungl. Majt. om lov. Om besluten i stadsfullmäktige likväl tog tid kunde det hända att enskilda välbärgade borgare donerade medel för att bekosta en vattenledning till staden, såsom skedde i Norrköping. Att låta bygga en vattenledning blev en mycket konkret symbolhandling för den moderna staden.

Men också regionala influenser verkar ha haft betydelse.

Om en vattenledning byggdes i den stora staden påverkades grannstäderna. Sedan Karlskrona med cirka 15 000 invånare hade anlagt vattenledning 1864 dröjde det inte mer än två år innan Ronneby med bara 1 100 invånare också hade en. Skövde första vattenledning tillkom 1871, då staden hade 2 100 invånare, och Hjos 1878 (1 400 invånare). I det mera isolerade Kalmar dröjde det däremot till år 1900 innan vattenledning lades, fast befolkningen då var nära 13 000. Norrlandskustens städer låg också litet vid sidan av. Umeås vattenledning driftsattes samma år som Kalmars och Luleås först år 1905.

Vattenförbrukningen ökade ganska snabbt under perioden 1880–1910. Industri och järnväg behövde tillgång på vatten för driften av ångmaskiner och i industrin för tillverkning och beredning av olika nyttigheter, som papper, textilier, öl och mjölk. Förbrukningen inne i hemmet ökade kraftigt under denna tid. Vattenklosetten fordrade 10–13 l vatten per spolning när den infördes. Sådana vattenmängder gick inte att bära upp för hand från brunnen – i stället blev ledningsburet vatten lösningen. Och två viktiga motiv för att lägga vattenledningar gick att argumentera för i alla städer oavsett konjunktur och utvecklingsgrad: kampen mot eld och sjukdomar. I många städer hjälpte brandförsäkringsbolagen till att bekosta vattenledningar vilket underlättade besluten i stadsfullmäktige.

När väl dricksvattennäten var lagda behövde de underhållas och kompletteras i takt med att städerna växte. Vid en viss storlek på staden, vattenförbrukningsnivå eller byggnadshöjd räckte inte tryckhållningen till i det ursprungliga nätet. Den enklaste lösningen på sådana problem var att bygga reservoarer. De första reservoarerna verkar ha dimensionerats för en prognostiserad dygnsförbrukning eller mera. Störst marginal av de reservoarer jag identifierat hade Linköpingsreservoaren, med minst 2,5 dygns vattenlager i förhållande till normalförbrukningen i Linköping 1879. Det verkar, vilket nog är ganska rimligt, som om tidsbehovet för att sätta igång de ångdrivna pumparna var dimensionerande för hur stora reservoarerna skulle vara. Så länge som ångan var central energikälla, behövdes stora reservoarer. När eldriften ersatte ångdriften kunde de byggas i mindre storlek. Eftersom per-capitaförbrukningen också ökade under perioden 1900–1970 blev totaleffekten att reservoarerna fortsatte att byggas större, med större vattenomsättning.

Om Stockholms vattenreservoarer

Först i Sverige med modern vattenförsörjning var Stockholm (Cronström, 1986). Systemet utreddes i omgångar efter svåra koleraepidemier i staden, först 1834 och se-

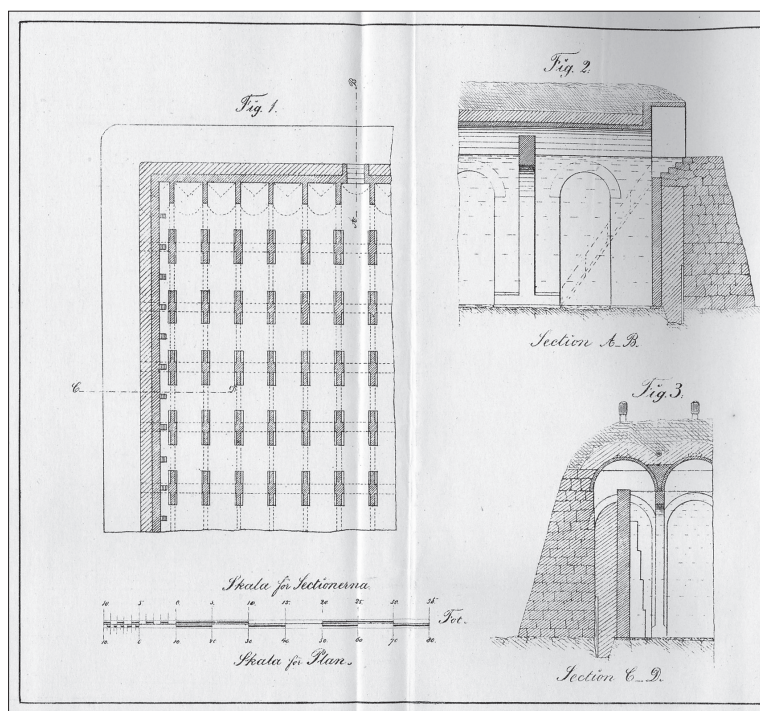
dan 1853. Detta senare år kunde läraren i praktisk byggnadskonst vid Högre Artilleriläroverket och Konstakademien, kaptenen i väg- och vattenbyggnadskåren F.W. Leijonancker presentera ett genomarbetat förslag på vattenledningar i Stockholm med ritningar på rörnät, pumpar, filter, bassänger och reservoarer samt tillhörande kostnadsberäkningar. För att få tillräckligt tryck i vattenledningarna föreslog han att två markförlagda vattenreservoarer skulle byggas: en stor på bergsplatån vid Rackarbergen (Årstalunden) med en lagringsvolym på 14.500 m³ vatten, en hälften så stor på Observatoriebacken. Lagringsvolymerna var dimensionerade efter en beräknad dygnsförbrukning på 30 kannor vatten per person och dygn, ca 78 l/pd. Vid en fullständig anslutning av alla Stockholms 92 000 invånare medförde detta att 2 760 000 kannor skulle distribueras (7.200 m³) per dygn. Den stora reservoaren rymde då cirka 2 dygns förbrukning och den lilla 1 dygns.

Leijonancker presenterade sitt förslag för Överståthållaren och stadens styresmän. Det prövades av olika instanser i staden. Först efter en betydande beslutsvanda, som särskilt innefattade den svåra frågan om hur vattenledningen skulle finansieras, kunde ett slutligt, nedbantat förslag börja förverkligas 1858. Då hade brandstodsbolaget lovat hjälpa till att betala hälften av vattenledningsnätets anläggningskostnader. Av budgetskäl togs reservoaren på Observatoriebacken bort och

Rackarbergens reservoarvolym krymptes. I slutligt utförande fick den en volym av drygt 5000 m³, en bottenyta på 30 x 30 m² och en takhöjd på 6 m. Den stod färdig 1860. Reservoarens innerväggar och pelare murades upp i tegel, medan de utvändiga väggarna byggdes av gråsten sedan bottenytan sprängts plan. Också taket uppfördes i tegel, som serievalv på pelarna. Mellan gråstens- och tegelväggarna fylldes puddlad lera. Botten tätades med lera täckt med ett lager sand medan tegeltaket täcktes över med jord (Figur 1). Avsikten var att isolera vattnet från omgivande temperaturpåverkan.

Lågvattenytan i reservoaren var 51 m över Slusströskeln, vilket med avdrag för tryckfall i ledningsnätet gav ett maximitryck i tappställena på +46 m.

Vattenverket var efterlängtat och skulle bringa renare och hälsosammare leverne till stadens innevånare. I Tidsskrift för Byggnadskonst och Ingeniörsvetenskap 1861 stod att läsa »Snart stundar den tid, då man kan börja att af Stockholms vattenledning, detta storartade och så allmänt nyttiga företag, draga praktisk fördel. Blotta medvetandet om den rika vattentillgången, om de digra ådrorna, hvilka i sina kolossala rör ligga för våra fötter, erbjudande oss de oskattbara välgörningar, som innebäras uti ett ymnigt nyttjande af rent och tjenligt vatten, utöfvar på samhället en moraliskt välgörande verkan. Denna skall dock snart aftyna, om de verkliga fördelarne länge åsidosätts uti – hvad vi här förnämligast afse –



Figur 1. Teglad lågreservoar. Plan och sektioner. Efter Richert (1869).

sanitärt hänseende. Att inleda vatten uti byggnader och bekosta den sålunda skeende vattenförbrukningen, torde vid första påseendet förefalla betungande såväl för tillfället som för framtiden; men de, hvilka inlett vatten i sine hus och bostäder, skola dock snart komma till visshet om – icke blott de stora fördelarne – utan äfven billigheten deraf.»

1874–1876 utvidgades Årstalundsreservoarens lagringsvolym med ytterligare 6000 m³. Byggsättet var lika den första reservoaren. De totalt 11000 m³ motsvarade ett dygns vattenförbrukning i Stockholm 1876. Efterhand som Norrmalm exploaterades under 1870-talet ökade behovet av vatten där. En ny vattenreservoar om 5000 m³ byggdes därför på Cederdalsbergen 1879. Denna fick namnet Vanadislundens 1885. Också Vanadislundens reservoaren byggdes på plansprängt berg med gråstensväggar utvändigt och tegelväggar och tegelpelare invändigt.

Vattenförbrukningen fortsatte att öka i Stockholm i takt med att staden växte och särskilt om somrarna var uttagen från nätet så stora att vattenbrist hotade. Därför kompletterades distributionssystemet 1893 med en 4000 m³ stor reservoar vid Stadshagen nedsprängd i berget.

Det första riktiga vattentornet i Stockholm var Mosebacke på det riktigt höglänta Södermalm. Arkitekt var den kände Ferdinand Boberg. Mosebacke vattentorn började byggas i april 1895 och stod klart sommaren 1896 (Sörenson, 1992). Det rymde 104 m³ och hade en maximal tryckhöjd 32 m över markytan. Det är ett åttakantigt torn i rött tegel som står stadigt på en sockel av granit. Till fönster- och dörrömfattningar hade Broberg valt kalksten. På de två nedersta planen i tornet fanns en tjänstebostad för vattentornsmaskinisten. Vatten pumpades upp av två gasdrivna motorer på 8 hästkrafter vardera. Teglet är murat i mönster på flera ställen på tornets fasad och graniten är omväxlande jämn och finhuggen i ytan.

När Norsborgs vattenverk byggdes kring 1900 kompletterades nätet i Stockholm med en reservoar på berget Utsigten ovanför sjön Trekanten vid Nybohov i sydvästra Stockholm. Trekantenreservoarens högvattenytan lades på +58 m. Inloppet från Norsborg lades i höjd med Trekantens högvattenyta medan utloppet placerades på motsatt sida i bassängens botten. På så sätt pumpades allt vatten från Norsborg genom Trekanten på väg in till Stockholm.

Reservoaren byggdes åren 1900–1904 i betong och rymde 18 000 m³. Platsen var hydrauliskt lämplig, men svårtillgänglig. Det fanns ingen väg dit och en särskild linbana fick uppföras från lossningsbryggan vid Liljeholmsviken upp till bygget för att effektivisera materialtransporten.

Göteborg – en stad med många reservoarer

Göteborg fick sin första dricksvattenreservoar i samband med att en vattenledning anlades 1787 från Kallebäck till Kungssporten (Bjur, 1988). För att utjämna flödet från Kallebäck byggdes en »med Cement murad Reservoir eller Cistern av 1000 tunnors rymd». Vattenledningsprojektet hade diskuterats i nära 100 år, men först 1784 fanns en konkret plan upprättad av stadsbyggnadsmästaren Friedrich August Rex om hur kallebäcksvatten skulle kunna ledas till Göteborg. Staden föreslogs få tre vattenposter, en vid Kungssporten, nästa vid Stora Torget och den tredje vid Lilla Torget. Varje vattenpost utrustades med 1 tums tappkranar för stadsbornas fromma, samt 2 tums tappkranar som skulle användas vid eldsvåda och till bunkrande fartyg. Med tiden utvidgades antalet vattenposter i staden. Domkyrkan fick ganska snart en egen fontän. Vid 1860-talets slut fanns femton allmänna tappställen och lika många enskilda servisledningar kopplade till ledningarna från Kallebäck till Göteborg. Kallebäcksvatten var högt skattat av göteborgarna. Ledningen dubblerades 1859–1860, samtidigt som ytterligare en reservoar uppfördes på Hagaheiden. 1881 kompletterades Kallebäckens reservoaren med en järncistern om 300 m³ för att ta vara på källans hela kapacitet.

Kallebäck var otillräcklig som ensam vattentäkt åt Göteborg redan på 1830-talet, men först på 1860-talet kunde göteborgarna enas om vilken vattentäkt som skulle användas för att komplettera Kallebäck. Det blev Delsjöarna. Förbrukningen beräknades till 35 kannor per person och dygn (91 l/pd). Vid Delsjön uppfördes ett vattenverk med långsamfilter och i maj 1870 kunde vatten därifrån ledas in till Göteborg och till en nybyggd vattenreservoar vid Landala. Den låg 54,4 m över älven och rymde inom sina med lerpuddel tätade dubbla gråstensmurar 4.900 m³ vatten. Då betjänades drygt 50 000 göteborgare med vattenledningsvatten. Återigen dimensionerades alltså reservoaren för drygt ett dygns förbrukning.

Malmös topografi talar för torn

Den förmodligen första kommunala vattenreservoaren i nuvarande Sverige byggdes i Malmö redan på 1580-talet, om än att staden var dansk när projekteringen genomfördes. I Malmö stördes den vanliga vattenförsörjningen från bäckar och grunda brunnar av att slottet Malmöhus byggdes ut under 1540-talet. Dess avlopp leddes ut till en damm som fram till slottets utbyggnad sannolikt använts som vattentäkt av många av stadens borgare. De hygieniska förhållandena blev med tiden

troligen allt värre. I början av 1580-talet beslöt stadens äldste att en dubbel 2000 m lång träledning skulle grävas ned från Korrebacken till Stortorget. Vid Korrebacken anlades samtidigt en damm, vars vall förstärktes med pilar. Dammen kom därför med tiden att helt enkelt kallas Pildammen. Ledningen var utförd av borrade träledningar, 4 till 6 m långa.

Fallhöjden de två kilometrarna från Pildammen till Stortorget kan uppskattas till 4 m, vilket gav ett litet bidrag till trycket vid en medeltida gemensam brunn som låg på Stortorget. Över brunnen byggdes en vattenbehållare (kumme) i trä, som hade en bottenyta på 33 m² och en höjd på minst 2 fot, drygt 60 cm. Kummen var i princip en blåkopia av ett romerskt sekundärt vattenkastell. Vattenvolymen var därmed minst ca 20 m³, nära stadens halva dygnsförbrukning vid denna tidpunkt. Tack vare behållarens höjd blev vattentrycket så högt att man kunde tappa ur vatten från två kopparkranar i stället för att spanna eller pumpa upp vatten från brunnens vattenyta.

Pildammarna var huvudvattentäkt för Malmö knappt 300 år. En liten lågreservoar fanns sedan tidigare vid Pildammarna, men denna räckte inte till för stadens ökade förbrukning och inte heller borgarnas önskemål om tryck i ledningsnätet under andra halvan av 1800-talet. Kirsebergs vattentorn i Malmö byggdes därför 1879. Vid konsultationer med majoren Richert i Göteborg erfor herr Vand-inspektör Poulsen att ett vattentorn med en högvattenyta på +104 fot placerad på den +42 fot höga backen i Kirseberg skulle ge ett tillräckligt högt vattentryck i stadens nät dag som natt. »Häri- genom skulle inte någon särskild högre pumpning om dagen erfordras». Men skulle elden bryta ut, behövdes en tryckhöjningsanordning, ett ständrör, »hvarigenom trycket kunde uppbågas till en höjd af +135 fot». Reservoa- ren av järnplåt vilade »på sammanhängande ram- ställning af 12" x 5" x ½" I-jern. Denna ramställning uppbåges åter af 55 stycken murade pelare, bestående under jordytan af concrete, derefter af hårdbrändt tegel i cement och öfverst af en granit platta. Reservoiren är således på alla ställen åtkomlig för rengörning af plåten och dess behöriga underhåll. Den har en diameter af 70 fot och 12 fots vattendjup till utlopps- röret, och rymmer sålunda 46 158 k.fot. (1125 m³ som vid en befolkning på ungefär 40 000 invånare med en specifik förbrukning om cirka 60 l/pd förbrukning räckte i knappt 12 timmar,) Dess högsta vattenyta ligger på höjdmåttet +90 fot. Från reservoiren finnes ett bottenaflopp med afstängningslucka, hvarigenom den kan tömmas vid rengörning eller reparation, äfvensom ett bräddaflopp, hvilka båda utmynna i en ledning med utlopp i ett nedanförvarande dike. Ständröret utgöres af 4 grenar, sammansatta af gjutna jernrör, hvilkas bottenstycken äro, medelst starka smidjernsbultar, förankrade vid stora

concrete block. Rören äro i öfvrigt sinsemellan väl förbundna med stag af valsat vinkeljern. Af de fyra grenarna äro endast 2ne, A och B, afsedda för vattnets framrin- nande. De öfvriga tjena blott såsom stag.»

Pildammstornet byggdes 1904 efter ritningar av stadsarkitekten Harald Boklund i Malmö. Tornet var litet och tryckhöjden obetydligt högre än Kirsebergs vat- tentorn. Troligtvis skulle reservoa- ren fungera som mel- lanlager och tryckgivare inne i staden, som hade vuxit i riktning bort från Kirseberg.

Men lösningen var mycket temporär. Det gamla Kirsebergs vattentorn var otillräckligt såväl i lagringsvo- lym som i höjd för det moderna Malmö som växte fram kring kanalerna. Pildammstornet var i tjänst endast 14 år. Ett nytt torn som gav högre tryckhöjd hade redan 1909 blivit lösningen på medborgarnas eftertryckliga krav. Besvikna stadsfullmäktigeledamöter rapporterade att vattentrycket inte räckte till för att fylla upp nyinstal- lerade vattenklosetters spolbehållare på de högre belägna våningsplanen i stadens bättre kvarter. Sent på året 1913 påbörjades det stora projektet att bygga nytt vattentorn. Ivar Wendt vid stadens vattenledningsverk redovisar stolt arbetet för höjande av vattentrycket i Malmö i Teknisk tidskrift 1916.

Vattentornet byggdes på Södervärn. Vissa vattenled- ningar med för små dimensioner lades också om och pumparna på Bulltofta vattenverk moderniserades och utrustades med elmotorer respektive dieseldrivna moto- rer. Svårigheter att importera olja till Sverige under för- sta världskriget gjorde att eldriften blev den viktigaste energikällan för tryckstegring. El kostade 3,60 öre/kWh 1916, men eftersom Malmö ägde 1/3 av Sydsvenska Kraft AB kunde man räkna med att 1/3 av årskostnaden för el gick tillbaka till staden i form av utdelning från kraftbolaget. Högreservoaren på Södervärn bestämdes till 2300 m³. Talet kan sägas vara godtyckligt valt, skriver Ivar Wendt. Om vattentillgången vid pumpverket och dettas kapacitet äro tillräckligt rikliga, kan en hög- reservoar strängt taget undvaras. Städer som Amsterdam har valt att inte bygga högreservoarer. Men fördelen med en högreservoar är att den ger en stor säkerhet om den har tillräcklig volym. Pumpningen kan också göras mera ekonomiskt, och pumpverket köras nattetid då den elek- triska strömmen betingar ett avsevärt lägre pris än om dagen. Så godtyckligt hade dock inte tornet dimensione- rats. Det byggdes för att rymma 15 % av beräknad max- imidygnsförbrukning år 1925. Att vattenreservoarerna kunde byggas mindre berodde mest på att eldrivna pum- par var mera tillgängliga än ångdrivna. Elens betydelse för snabbare tryckstegring kunde nog inte visas tydliga- re. Om Södervärns vattentorn dimensionerats på samma sätt som Kirsebergs en gång gjorde, hade reservoa- ren alltså behövt vara cirka 5 gånger större och möjligen bli- vit så dyr att den aldrig hade kunnat byggas.

Vattennivån i tornet bestämdes efter Städernas Allmänna Brandstodsbolags fordringar på vattenledningar för eldsläckning. »De däri skäligen olämpligt och ofullständigt framställda krafven hafva omskrifvits så, att manometrisk trycket i ledningen vid gatuplanet under samtidigt uttagande af eldsläckningskvantiteten, 1.600 min.l, och maximikonsumtionen för annat ändamål allestädes skall uppgå till 30 m. På grund af denna fordran har h.v.y. (högsta vattenytan) i tornet förlagts på +50,0 m och l.v.y. (lägsta vattenytan) på +42,8 m.»

Vid beräkningar av kostnaden för en högreservoar i armerad betong eller i järn, visade det sig att prisskillnaden inte var större än 3 % mellan järn och betong. Eftersom reservoaren var stor och grunden möjligen kunde ge upphov till sättningar valdes järncisternen. Olika cisternlösningar kostnadsberäknades, men Intzes system visade sig fördelaktigast. Vattenreservoaren utfördes på en ring av armerad betong som vilade på 8 strävor av armerad betong. Dessa vilade i sin tur på tegelmurverket. Med denna dimensionering som grund fick Salomon Sörensen, Malmös stadsarkitekt, därefter gestalta tornet (Tykesson och Magnusson-Staaf, 1996).

Ledningar läggs i Karlskrona och de flesta andra större städer i riket

Näst efter Stockholm och Göteborg var Karlskrona den stad som kom att lägga vattenledning (Jönsson, 1963). Projektet leddes av F.W. Leijonancker som hade ett etablerat anseende som vattenbyggare efter succén i Stockholm. Vattenreservoaren, »Vattenborgen», lades invid Stortorget mitt i staden 1863. Den bestod av en övertäckt vattenbassäng med ståndrör inbyggt i ett torn. Den var byggd i gråsten men fasaden var klädd i tegel. Ståndröret skulle användas vid en eventuell brand i staden. För att öka trycket i ledningarna pumpade den ångdrivna pumpen vatten via ståndröret. Vattentrycket ökade med samma nivå som ståndröret mynnade på. Fördelen med ett ståndrör var att vattentrycket ganska snabbt kunde ökas i ledningsnätet – det räckte att pumpen tryckte vattnet via röret. Nackdelen var att pumpen måste vara igång när branden började och att maskinisten behövde få besked från brandkåren om att han skulle pumpa via ståndröret. Eldsläckningseffekten ökade om branden begöts med vatten från ovan. Ståndröret gav 10–15 meters tryckhöjd.

Vattenborgen var en mycket representativ byggnad lämplig för örlogsstaden Karlskrona. Bottenytan i reservoaren var femkantig och ståndröret sexkantigt. Två små torn i de hörn på reservoaren som vätte mot torget fanns med som ren utsmyckning, medan två torn på reservoarens baksida användes till förråd. Reservoarens golv var berggrunden direkt. Den hade dubbla murade väggar,

yttervägg i gråsten och innervägg i hårdbränt tegel. Emellan murlagren fanns lerpuddel. Tegelväggen förstärktes av tjugoåtta strävpelare. Reservoaren hade ett plåttak på en takstol av trä, som stöttades av fyra kalkstens- och åtta järnpelare. Tornen var murade i gråsten men de bärande delarna var järn. Glasfönster i reservoar-taket och glastak på ståndrörstornet gjorde att dagsljus kunde flöda in till fromma för maskinskötaren.

Leijonancker medverkade också till Jönköpings vattenledning, som stod klar 1865. Junebäcken dämades upp så att vatten alltid fanns att leda till långsamfiltret. Långsamfiltret luftades med en fontän som sköt vattenstrålar upp i luften. Från filtret togs dricksvattnet ut till en 950 m³ stor reservoar som till hälften låg nedgrävd i marken till berggrunden, till hälften stack upp över markytan. Reservoaren var klädd med hårt packade jordvallar, vars insidor sluttade inåt och var klädda med kalksten. I staden bodde drygt 8500 personer, så med Leijonanckers förväntade percapitaförbrukning för Stockholm, 78 l/pd räckte reservoaren i Jönköping till ungefär 1,5 dygns förbrukning (Paulsson, 1950).

I Linköping behandlade stadens fullmäktige i januari 1879 ett förslag till vattenledning och dränering som tillförordnade borgmästaren Fredrik Stånggren lagt. Denne refererade till F.W. Leijonanckers betänkande om Stockholms stads vattenledning. Han noterade att en sådan anstalt som en vattenledning var tjänlig ej allenast till bekvämlighet och renlighet inom hus samt till större sundhet i allmänhet, utan även till tekniska ändamål och eldsläckning. Vattnet var behövt såväl till matlagning som till dryck. Förslaget till vattenförsörjningssystem för Linköping baserades på att befolkningstalet skulle stiga från 7000 till 10000 invånare, och att varje person som mest skulle förbruka 2 kubikfot eller 20 kannor vatten per dygn (52 l/pd), vilket var något lägre percapitaförbrukning än i Stockholm. För att klara försörjningen skulle en service-reservoir med en kapacitet på 50 000 kubikfot, eller en halv miljon kannor vatten, det vill säga 1300 m³, byggas på Kanberget. Det ligger i Linköping invid Vester tull och höjer sig 148 fot, ca 45 m över Stångåns vattenyta. Reservoarens högsta vattenyta planerades att nå 10 fot över bergets platå, i jämnhöjd med slottets takås och de förgyllda kulorna över urtavlor på Landskyrkotornet. Maximal uppföringshöjd från reservoaren blev då 127 fot relativt Landskyrkans grund. Reservoarens volym var generös och avpassades så att 4–6 dygns normalförbrukning och ungefär 2,5 dygns maximiförbrukning skulle rymmas där. Reservoaren byggdes i gråsten i en öppen sexkant, invändigt försedd med 18 verktums puddel och under denna 1 ½ fot tjock beklädnadsmur av kalksten. Den föreslogs byggas öppen, vilket enligt Stånggren inte borde förorsaka olägenheter. Men om anläggningskostnaderna tilläts bli högre, vore det särdeles förmånligt om tegelvalv välvdes

över reservoaren och den därpå kläddes med puddel och jord. Särskilt sommartid skulle vattentemperaturen bli svalare i sådant fall. Den dryga kostnaden för välvning avskräckte dock Stånggren från att förespråka detta. Ett staket runt reservoaren kunde vara tillräckligt för att skydda den – »ehuru ej ens det borde vara behöfligt». Den högt belägna reservoaren var i drift fram till 1930. Då revs den, stenarna högs upp och användes för skoning längs Stångåns strandpromenad.

I Kristianstad fanns som i andra städer privata brunnar grävda ned till grundvattenytan på tomterna men dessutom kunde vatten hämtas från två pumpar som stod på Stora Torg och uppförde vatten direkt ur den kanal, som låg där Nya Boulevarden nu går fram. En storbrand 1847 resulterade i att 34 gårdar i Kristianstads sydvästra del brann ned. Tio år senare utbröt en svår vattenburen koleraepidemi som tog 600 av stadens ca 5.800 innevånares liv. Behovet av en fungerande vattenledning i staden kunde nog inte demonstrerats tydligare. 1873 kunde stadens första vattenledningssystemet invigas. Vattenverk och vattentorn hade byggts i bastionen Drottningen på nuvarande vattenverkstomten av firma Hassel & Teudt, Köpenhamn. Råvattnet togs ur Norra kanalen. Vattnet filtrerades i långsamfilter innan det uppfördes till vattentornet eller ledde ut på nätet av prima gjutjärnsrör. Kronan upplät tomtmark till staden, med villkoret att kronan fick sitt vattenbehov tillfredsställt av staden mot skälig ersättning. Vattenledningen finansierades bl a genom bidrag från de skånska städernas brandstodsinnrättning. Kristianstads nya vattentorn invigdes 1900 i samband med att ett nytt vattenverk med nytt intag från Helgeå hade uppförts. Därefter revs det gamla vattentornet. Det nuvarande vattentornet i Kristianstad byggdes med glidformar. Tornet är ett av Sveriges högsta och togs i bruk 1965. Eftersom också detta torn ligger på Centrala vattenverkets tomt i Kristianstad revs vattentornet från 1900.

I Helsingborg utredde Josef Gabriel Richert år drätselkammaren redan 1881–1882 hur staden skulle lösa sin vattenförsörjning. Hans förslag innebar att Helsingborg skulle använda sig av grundvatten från landborgens sandlager i staden, att en lågreservoar för halva dygnsförbrukningen samt ytterligare 250 m³ skulle byggas vid Hildesdal, att ett vattentorn med en tryckhöjd på 55 m³ skulle anläggas och att en ångmaskin med 12 hästkrafter skulle köpas in för att driva pumpverk (Fredriksson, 1996). Planen godkändes av stadsfullmäktige 1883 och Bergalidsverket kunde börja byggas. Det stod klart 1885 men kompletterades med järnfilterbassänger 1886–1887. Ca 300 m norr om Bergalidsverket uppfördes Slottshagens vattentorn. Det var en 52 fot hög murad byggnad med en diameter på 51 fot och en behållare i plåt med höjden 12 fot och diamtern 45 fot. Den rymde totalt 76,3 m³, varav 62,6 m³ var nyttig

volym. Dess tryckhöjd blev med tiden otillräcklig när helsingborgarna började uppföra trevåningshus. 1905 höjdes kompletterades därför tornet med ett våningsplan ytterligare och reservoaren lyftes knappt fyra meter. Fortfarande var volymen mycket blygsam. 1905 stod Ringstorps vattentorn färdigt i Helsingborg. Reservoaren var en mäktig byggnad som påminner om en vasa-borg eller riddarborg i stil med Kvarnbergets vattenborg i Borås.

Eskilstunas första vattenverk kallades Tunaforsverket. Det stod färdigt 1887 och låg vid Eskilstunaån ungefär 900 m söder om staden. I Tunaforsverket behandlades vatten från ån och renades i långsamfilter. I början av 1900-talet infördes klorering av det behandlade vattnet, som trycktes ut på ledningsnätet med hjälp av en ångdriven pump. Eskilstunas första högreservoar byggdes vid samma tid på berget i det som numera kallas Thuleparken. Reservoaren rymde 800 m³.

Borås vattentorn invigdes den 1 juli 1900 och var sedan i bruk fram till slutet på 1960-talet. När tornet byggdes var Borås inne i en expansiv period. Det nitton år gamla vattenverket vid Pickesjön kunde inte längre leverera tillräckligt med vatten för stadens behov. Från Pickesjöns vattenverk ledde det renade vattnet med självtryck till en reservoar i Annelundsparken.

Civilingenjören Johan Gustaf Richert, VBB:s grundare och son till Josef Gabriel, utredde Borås olika vattenförsörjningsmöjligheter. Hans förslag var att låta bygga ett vattenverk vid Älgården och en högreservoar på Kvarnberget, 47 m högre. Råvattnet till Älgårdens vattenverk togs från rullstensåsen längs Viskans dalgång. Anläggningen bedömdes räcka till ungefär 40 000 invånare om det gamla verket vid Pickesjön bibehölls. Vid Älgården byggdes den gamla kvarnen om till pumphus.

Borås brandkår efterlyste ett högre tryck i ledningsnätet. Därför utröstades Kvarnbergets reservoar liksom Karlskrona och Malmö (Kirsebergs vattentorn) med ett 13 m högt ståndrör, som byggdes in i ett torn. Resten av vattenreservoaren kunde sprängas ned i berget. Lagringsvolymen blev 780 m³. Från 1923 kompletterades anläggningen vid Älgården så att den även kunde ta emot åvatten, som snabbfiltrerats och steriliserats med klor.

Örebro södra vattentorn stod klart 1888 och två ångdrivna pumpar uppförde vatten från en källa upp till tornets bassäng som rymde 462,4 m³. Därifrån levererades vattnet till örebroarna via ett centralt vattenledningssystem. Pumparna var i drift fyra dagar per vecka och lyfte upp vattnet för ungefär två dagars förbrukning åt gången. 1889 användes totalt 143 640 m³ vatten vilket motsvarade en specifik förbrukning på 28 l/p och dygn då folkmängden var 13 983 personer, eller en totalförbrukning på 390 m³/d. Återigen var lagringsvolymen drygt ett dygns förbrukning. Ångdriften ersattes av el-

drift 1895 när Skebäcks kraftstation stod färdig (Tekniska förvaltningen i Örebro, 1988).

Vattenklosetter fick lov att kopplas in på nätet 1912 mot en årlig avgift av 20 kr. Vattenklosetterna ökade vattenförbrukningen markant. Redan 1915 togs ett nytt vattentorn på Norr i drift och det södra tornet såg ut att gå i tidig pension. Eftersom Örebros folkmängd och därmed även vattenförbrukningen ökade kraftigt, behövdes snart ytterligare ett torn och det södra tornet fick åter träda i tjänst 1929. Dock krävdes att man höjde tornet fyra meter för att båda vattentornen skulle ha samma vattennivå och reservoaren på det södra tornet ökades till 550 m³.

Kalmars gamla vattentorn byggdes åren 1899 till 1900 av en byggnadsfirma från Helsingborg. Till grund för ritningarna låg flera skisser, bland annat av Johan Gustaf Richert. Projekteringen av tornet gjordes av Richert men i samråd med arkitekt Hans Hedlund i Göteborg. Tornet är 55 m högt och har en ytterdiameter som mest på 13 m och en innerdiameter på 8 m. Grunden är utförd i naturstenblock som är lagda sju meter under markytan. Vattencisternen på 400 m³ vilar på ytterväggarna. Väggarna är förstärkta med yttre kontreforer för att bli styvare. Cisternen var konstruerad i nitad stålplåt men tätad invändigt med cementputs. Den vilade på en betongkrans över ytterväggen. Ytterväggen är murad av engelskt tegel. Innanför ytterväggen följer en tegelmur av enklare tegel. Väggens totala tjocklek varierar mellan ca 2,5 m längst ned till 0,5 m runt cisternen. Vattenledningen till tornet hade en gren för tillopp, som mynnade högst upp i reservoaren och en gren för utlopp, som satt nära botten. När pumpning mot tornet pågick var tillloppsledningens tryck högre än utloppsledningen. En kulformig backventil stängde då utloppsledningen. När pumpningen upphörde, sjönk trycket i utloppsledningen och backventilen öppnade för vatten från tornet (Hörberg, 1997).

I Landskrona ritade stadsarkitekt Fredrik Sundbärg ett torn som en del av sin gestaltning av hela det moderna Landskrona som växte fram kring det förra sekel-skiftet (Blennow, 1990). Tornet godkändes av stadsfullmäktige i oktober 1902 och uppfördes 1903–1904 i omedelbar anslutning till vattenreservoarerna vid St Olovs sjö i utkanten av dåvarande stadsbebyggelse. Tornet rymde 490 m³ och reser sig 60 m över havsytan. Den 31 juli 1904 började dricksvatten distribueras från tornet. Det är uppfört i tegel som bryts i vattentornets övre del av vita kalkstensytor. Kanske som en inspiration från Mosebacketornet, eller kanske på eget initiativ avslutade Sundbärg tornet med ett litet spetsigt torn som fortsätter på sidan av det stora vattentornet. Det lilla tornet hade ingen speciell funktion utom den estetiska, som emellertid måste sägas är desto större. Tornet var i drift tills det nya vattentornet var uppfört 1970. Typiskt

för den gode stadsarkitektens holistiska syn på sina projekt är kanske att Sundbärg föreslog att platsen runt vattentornet skulle användas som lekplats. »Det för Landskrona-förhållandena höga läget skulle här möjliggöra anläggandet af en för stadens så välbehöflig källbacke», skrev han i kommentarer till Landskronas stadsplane-förslag 1902.

Lunds stad hade 1869–1870 låtit anlägga en modern vattenledning från Röglesbro vid Röglesbäcken till nord-östra Lund. Vattnet leddes med självfall i en tolvtnums gjutjärnsledning till ett sandfilter och en reservoar på Smörlyckan. När staden växte på höjden blev den icke obetydliga vattennivån i reservoaren likväl otillräcklig. 1905 beslöt stadsfullmäktige därför att ett vattentorn skulle uppföras på Smörlyckan. Arkitekt var Alfred Arwidius och tornet uppfördes 1909–1910. Det är byggt i brunrött helsingborgstegel med fyra bärande strävpelare i en stil som Bevarandekommittén i Lund klassificerat som kärv nationalromantisk. Sockeln smyckas med grova granitkvadar. Däröver följer två band av slät-huggna granitkvadar. Däröver följer två band av slät-huggna granit med sju rader tegelsten däremellan. Tornets mellanparti är slutet och bara utsmyckat med strävpelarna, lisener och smala gjutjärnsfönster. Överdelen, där vattenreservoaren vilade, är mera markerad med slät-huggna granitband och höga, smala blindingar. Vissa av blindingarna öppnades också upp med fönster. Strävpelarna avslutas med nätta gavelfält i granit. Hela tornet kröns av ett lågt bröstvärn med tinnar.

I bottenvåningen låg maskinrummet där två elektromaskiner och en petroleummotor kunde driva de två pumparna som uppförde vattnet till högreservoaren. Reservoaren hade cirkulärt tvärsnitt med rundade botten, var byggd i nitad järnplåt och rymde 550 m³. Tornet användes ända till dess det nya vattentornet vid Brunns-hög driftsattes 1975 (Bevaringskommitté, 1991). Efter att ha stått oanvänt en tid fungerar det som observatorium åt Astronomiska institutionen sedan 2001.

Sundbybergs, Hagalunds och Trelleborgs vattentorn beskrivs i Architekten, 1913 (Tengbom, 1913). Vattentornet i Hagalund ligger på en höjd i samhället och rymmer 250 m³. Medelvattenytan i tornet är 22 m.ö.h. Dess stomme är uppfört i tegel på en sockel av gråsten. Också fasaderna är utförda med tegel. Vattenreservoaren är gjuten i armerad betong. Takstolarna är byggda i trä och taket täckt med glaserade taktegelpannor. Sundbybergs vattentorn rymmer 480 m³. Medelvattenhöjden är 20 m.ö.h. Materialvalet är det samma som i Hagalund. De korta tjocka proportionerna i tornet ledde till att det fick avslutas med ett platt tak. Murarna runt taket avslutades med granitsten. Vattenreservoaren vilade på fyra armerade betongpelare inne i tornet. Reservoaren var utförd i armerad betong.

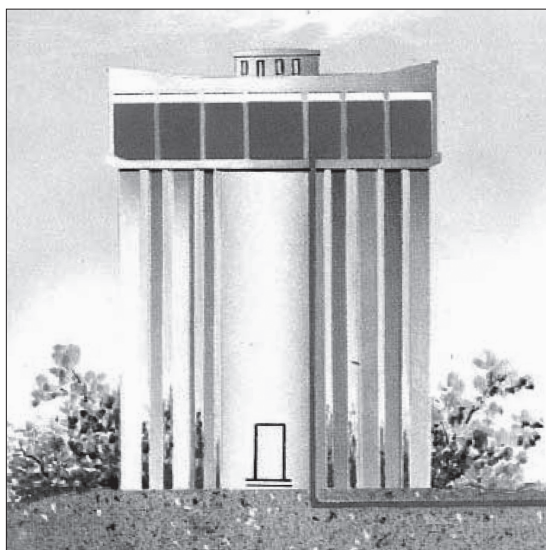
Trelleborgs vattentorn var en svår nöt att knäcka. Inom Trelleborgs stadsgräns fanns bara lera som grund-



Figur 2. Betongen blev dominerande. Vattentornet i Bollnäs byggt 1946 och taget ur drift 1969. Volym cirka 350 m³. Anpassat för östra Bollnäs-Ren, med en befolkning på ungefär 1000 invånare. Foto: Kenneth M Persson.

material och inte ens någon höjd inom lämplig omkrets att tillgå. Det var flackt överallt. Tornet byggdes därför 40 m högt. Grunden fick förstärkas av en utbredd platta av armerad betong. Teglet var viktigt också för Trelleborgs torn. Reservoarerna rymde 300 m³. Till skillnad från de andra vattentornen hade Trelleborgs vattentorn en gjutjärnsreservoar, inte armerad betong. Tornhuvarna kläddes in med kopparplåt. Tornet kostade 60 000 kr att bygga.

Det gamla vattentornet i Ystad ritades av arkitekt Gerdt Stendahl på Allmänna Ingenjörbyrå för Väg- och Vattenbyggnader år 1914. Tornet kallas allmänt för Nappflaskan eftersom torntaket smalnar av kraftigt i centrum till en topp som just liknar en napp. Tornet har ett tolvkantigt tvärsnitt och reser sig 40 m. över markplanet. Trycknivån relativt havet blir 65 m, då grunden ligger 25 m.ö.h. Grunden består av en armerad betongplatta. På denna står en 2,5 m hög betongmur som bär ytterväggarna. Muren är dekorerad med granitblock, som inte fyller någon bärande funktion. Vattenreservoaren vilar på 24 st betongpelare placerade i två koncentriska cirklar, där horisontella avstyvningsbalkar ligger på fyra nivåer under högreservoaren. Också denna är utförd i armerad betong. Ytterväggarna är utförda i tegel med varierande tjocklek. I hörnen ligger 2 ½ stens mur, i



Figur 3. Vattentornen blir allt större. Sättra vattentorn, 9 500 m³, byggår 1969. Efter Vattenförsörjning och avlopp i Stockholm, 1978.

väggfalten 1 ½ stens och ovanför cisternernas botten 2 stens mur. Reservoarvolymen uppgår till cirka 700 m³.

Linköpings vattenverk kompletterades med ett vattentorn 1910. Det hade ritats av arkitekt Axel Brunskog och byggdes upp under ledning av stadsingenjören J.B. Carlsson (Gradvall, 1999). Tornet reser sig 32 m över markytan på Kanberget och totalt 86,5 m över vattenytan i Linköpings hamn. Grunden är lagd rätt på berget och sockeln däröver består av en meterhög granitmur, 11,5 meter i fyrkant med något avrundade hörn. Över sockeln murade 26 man upp tegelfasaden med tegel från Helsingborgs ångtegelbruk. De tjocka murarna stärks av strävpelare i innerhörnen, där järnplåtcisternen vilar och där en spiraltrappa fästs in. De horisontala banden och vertikala nischerna samt mönstrade ytor murades med fasadsten från Hyllinge. Från Tornby kalkstenbrott i Fornåsa socken hämtades kalksten till dörröverstycke, utkragningar under burspråken samt taklist. Taket täcktes med tegelpannor från Hyllinge. Alla nockar och täckningen av burspråken gjordes med kopparplåt av Linköpings plåtslageribolag. Järnplåtcisternen som rymmer 900 kubikmeter vatten byggs och monteras av Forsviks aktiebolag i Karlsborg. Vattentornet fungerade fram till 1950-talet, då det lades i malpåse och ersattes av det nya vattentornet som rymmer 6000 m³ och stod färdigt 1958 (Figur 2). Det nya tornets högvattennivå når 39 m över markplan. Tornet uppfördes efter ritningar av VBB och arkitekt Sten Westerholm. Det är byggt i förspänd armerad betong som en högreservoar vilken vilar på höga pelare.

År 1904 anlades en pumpstation vid kvarteret Paradiset i Västervik. Samtidigt gjordes ett vattentorn, som var 42 meter högt och ligger på ett litet berg i Västervik. I reservoaren rymdes 500 m³ vatten. Till vattenverket var 43 badrum och 307 toaletter anslutna. Större tillgång till vatten behövdes, och år 1917 bestämde sig stadsfullmäktige för att dra en ledning till sjön Hjorten. Ledningen var klar att tas i bruk två år senare. År 1923 anlades en filteranläggning vid sjön. Det gamla vattentornet lades ner år 1958 när det nya vattentornet var klart. Det projekterades av VBB och byggdes av entreprenören Armerad Betong till en sammanlagd kostnad av 655 000 kr (Figur 3). Tornet ligger vid infarten till Västervik och rymmer 2.100 m³ vatten. Högvattenytan ligger 17 m över marknivån.

LITTERATUR

- Anna-Lena Andersson: Svenska vattenledningar och vattenreservoarer, 1860–1910. 3-betygsuppsats i konstvetenskap, HT 1971, Uppsala universitet.
- K.V. Bille: Utredningen och förslag angående vattenverk vid Borg för Norrköpings stad, Norrköping, 1934.
- Hans Bjur: Vattenbyggnadskonst i Göteborg under 200 år, Göteborgs VA-verk 1988.
- Anna-Maria Blennow: Stadsarkitekternas epok – fyra porträtt. Statens råd för byggnadsforskning R23:1990, Stockholm 1990.
- Anders Cronström: Vattenförsörjning och avlopp. Stockholms tekniska historia 3, Stockholm 1986.
- Jan Fredriksson: Vatten och avlopp i Helsingborg, VA-verket i Helsingborg 1996.
- Sextus Julius Frontinus: Roms akvädukt, Museum Tusculanum Forlag, Köpenhamn 1986.
- Sten Gradvall: Linköpings gamla vattentorn – från vattenreservoar till bostäder, Linköping 1999.
- Rosemarie Grahll: Landskronas två vattentorn, Landskrona-boken 1992.
- Thomas Hall och Katarina Dunér (red): Den svenska staden, Stockholm 1997.
- Ingvar Hörberg: Vårt välsignade vatten. Kalmars vattenförsörjning 1897–1997. Kalmar Vatten och Renhållning AB, 1997.
- Edvard Jönsson: Ett sekel sedan Karlskronas vattenledningsverk kom till, i Karlskrona stads vattenledningsverk 1863–1963, Karlskrona 1963.
- Lund utanför vallarna, del 1. Lunds kommuns bevaringskommitté 1991.
- Greger Paulsson: Svensk stad del 1 och 2. Stockholm 1950 (faksimil Lund 1976).
- Josef Gabriel Richert: Om vattenledningar och vattenaflopp, Stockhoöm 1869.
- Ulf Sörenson: Ferdinand Boberg. Arkitekten som konstnär, Wiken, Höganäs 1992.
- Tekniska förvaltningen i Örebro: Några glimtar ur Örebro vatten- och avloppsverks historia under 100 år. Örebro 1988.
- Tekniska förvaltningen i Örebro: Älskade Svamp. En presentation av vattentornet Svampen i Örebro, Örebro 2003.
- Ivar Tengbom: Tre vattentorn, i Arkitekten. Meddelelser fra akademisk arkitektforening, Köpenhamn, 20 december 1913.
- Tyke L Tykesson och Björn Magnusson Staaf: Arkitekterna som formade Malmö, Carlssons bokförlag, Stockholm/Malmö, 1996.
- Nils Westerberg: Om vattenledningar, Stockholm 1916.
- Vattentorn i Sverige. Kungliga Väg- och vattenbyggnadsstyrelsen Meddelande VA 19, 1967.
- VAV: P83 Allmänna vattenledningsnät. Anvisningar för utformning, förnyelse och beräkning, mars 2001.
- Vattenverket i Vomb, Malmö 1951.
- Vitruvius Om arkitektur, Byggförlaget, Stockholm 1989.
- Örebro 700 år. En krönika från äldre tid och nutid, Örebro 1965.

