

PM. Dimensionering av anläggningar för utjämning av dagvattenflöden. StormTac, v. 2013-02

Bakgrund

Anläggningar kan behöva utformas med en volym för fördröjning av större och mer intensiva flöden som behöver utjämnas av kapacitetsskäl för transportsystemet nedströms och för att förhindra översvämningar. Utjämningsvolymen (V_d) kan dimensioneras för att uppehålla och minska ett toppflöde från ett regn med en viss återkomsttid (N), t. ex. 10 år (1-100) år (Larm, 2011a). Vanligt är även att räkna upp volymen med en klimatfaktor (f_c) inför kommande prognosticerade klimatförändringar och då för svenska förhållanden justera med en faktor 1,05-1,3, enligt Svenskt Vatten (2011a) och StormTac (2012-05).

Metoder. Beräkning av utjämningsvolym

Dimensionerande avtappning (utflöde, Q_{out}) från ett utjämningsmagasin styr erforderlig utjämningsvolym, som blir den maximala volymen mellan dimensionerande inflöde (Q_{dim}) och utflöde vid den regnvaraktighet (t_r) som ger maximal volym (V_d) vid dimensionerande återkomsttid. Generellt ger både mindre utflöde och längre återkomsttid en längre dimensionerande varaktighet, se Ekv. (1).

Q_{dim} beräknas i Ekv. (2), men om kapaciteten i transportsystemet uppströms utjämningsanläggningen är begränsad till ett visst maxvärde så används detta istället för större beräknade flöden, men för längre varaktigheter som ger mindre flöde än detta maxvärde så används det mindre flödet.

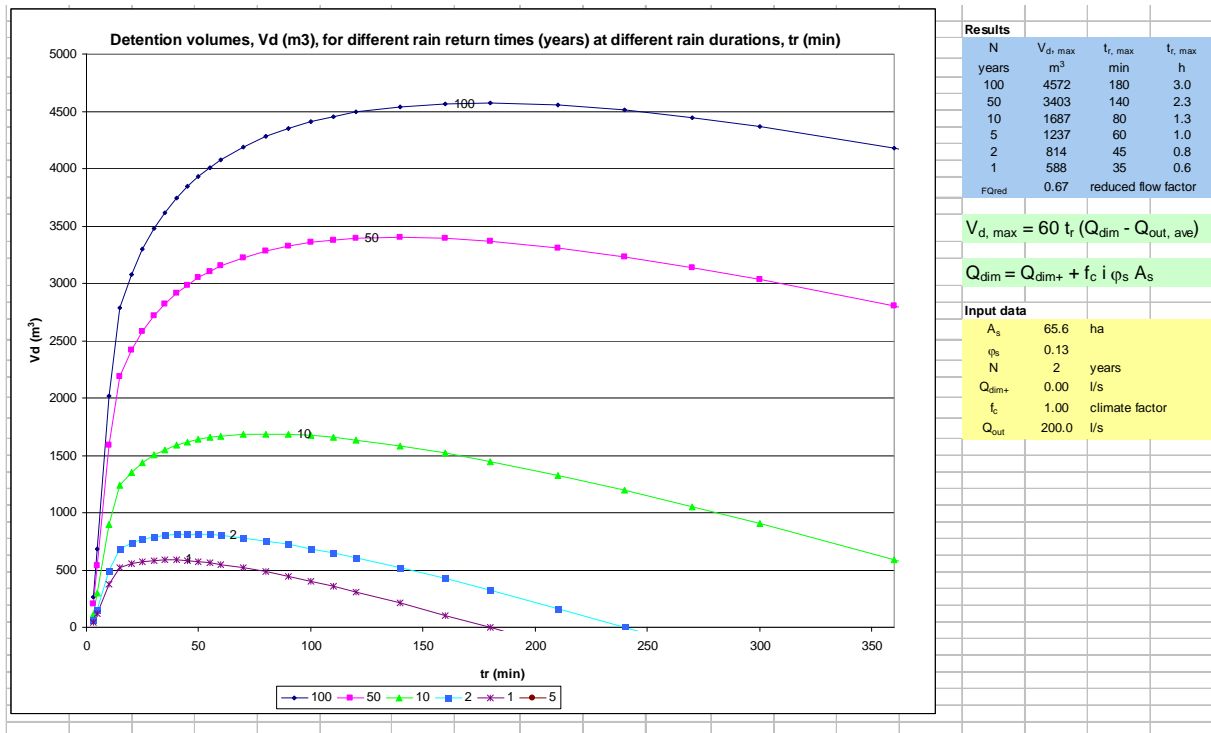
Utjämningsvolymen (V_d) dimensioneras i StormTac för att utjämna flödet vid ett regn med dimensionerande återkomsttid, t.ex. 10 år, ner till önskat utflöde, med hänsyn till flödeskapaciteten nedströms.

$$V_{dmax} = 60 * t_r * (Q_{dim} - Q_{out,ave}), \text{ där:} \quad (1)$$

$$Q_{dim} = Q_{dim+} + f_c * i * \phi_s * A_s \quad (2)$$

$$Q_{out,ave} = Q_{out} * f_{Qred} \quad (3)$$

| | |
|---------------|---|
| V_{dmax} | Maximalt erforderlig utjämningsvolym (m^3) |
| t_r | Regnvaraktighet (min) |
| f_{Qred} | Faktor för minskning av dimensionerande utflöde med hänsyn till att utloppsflödet inte är maximalt annat än vid max reglerhöjd. Normalt: 2/3, om flödesregulator: 0,95, om pumpat utflöde: 1.0. |
| Q_{dim} | Dimensionerande inflöde (l/s) |
| $Q_{out,ave}$ | Dimensionerande utflöde, medelutflöde enligt Svenskt Vatten P104 och P90 (l/s) |
| Q_{out} | Maximalt utflöde (l/s) |
| Q_{dim+} | Adderat inflöde till Q_{dim} i fall med flöde från utjämningsanläggning uppströms eller i fall med annat konstant (t.ex. pumpat) inflöde. |
| f_c | Klimatfaktor (1,05-1,3) |
| i | Regnintensitet (l/s/ha) vid visst t_r |
| ϕ_s | Dimensionerande avrinningskoefficient enligt svenskt Vattens publikation P90 |
| A_s | Dimensionerande specifik avrinningsyta (ha) |



Figur 1 Utjämningsvolym (V_d , m³) för regn med olika återkomsttider (N, år) och regnvaraktigheter (t_r, min)

Helt eller delvis materialfyllda magasin

Erforderlig utjämningsvolym behöver ökas för att kompensera för mindre effektiv volym i helt eller delvis fyllda magasin med olika material. En överslagsmässig bedömning är att öka utjämningsvolymen med en faktor enligt följande:

| | |
|---------------------------|------|
| Torra dammar | 1,0 |
| Kasettmagasin | 1,05 |
| Makadamfyllda magasin | 3,0 |
| Skelettjordfyllda magasin | 8,6 |

Hänsyn till exfiltration

Om grundvattennivån bedöms hamna minst 0,5 meter under magasinbotten kan man räkna med ökat utflöde via exfiltration genom magasinets sidoytor (och vidare perkolation till grundvattnet), förutsatt att omgivande mark inte är helt tät. Detta kan ge minskad magasinetsstorlek. Vid höge grundvattennivå bör magasinerna tätas mot omtilliggande mark så att hela magasinetsvolymen kan utnyttjas. Då blir det ingen exfiltration att räkna med. På grund av en med tiden ackumulerad avsättning av partiklar bör man inte dimensionera för någon exfiltration genom bottenytan. Endast halva sidoytan rekommenderas att medräknas enligt svenskt Vattens publikationer. Dessutom rekommenderas att räkna med halva den bedömda eller uppmätta perkolationshastigheten (K-värdet). Detta eftersom marken inte är homogen. Totalt dimensionerande utflöde blir alltså utflödet via ledning plus medräknat utflöde via exfiltration. Utflödet genom exfiltration kan beräknas enligt Ekv. (4):

$$Q_{\text{exf}} = A_{\text{sida}} * 0,5 * K * 0,5 * 1000 \quad (4)$$

| | |
|-------------------|---|
| Q_{exf} | Utflyde genom exfiltration (l/s) |
| A_{sida} | Magasinets sidoyta (m^2) |
| K | Exfiltrationshastighet genom magasinets sidoyta (m/s) |

Diskussion

Enligt Svenskt Vatten publikationer VAV P46 och VAV P65 har mätdata på utflöden från utjämningsanläggningar visat att beräknad utjämningsvolym underskattas med 5-30%, beroende på reducerat utflöde, Q_{red} (l/s/ha). Detta innebär att erforderlig utjämningsvolym behöver ökas för att kompensera för denna underskattning. Enligt Arnell (1991) medför metoden ett dimensionera utjämningsvolymerna med hänsyn till rinntid en generell underskattning av volymen med 5-20%; ca 5% vid utflöden om ca 30 l/s/ha och ca 20% vid utflöden om ca 5 l/s/ha. Detta kan kompenseras genom att öka nederbördsintensiteten eller öka den erforderliga volymen. Alternativt kan utloppsflödet minskas. Maximalt angivet utflöde kan endast uppnås vid maximal vattennivå (tryckhöjd) i utjämningsanläggningen.

Men, å andra sidan överskattas beräknat dimensionerande inflöde för stora avrinningsområden (>65 ha) vad gäller dessa beräkningsmetoder. Erforderlig volymökning blir mindre ju större området är och ju större utflödet är, tvärtom så kan dimensionerande utjämningsvolym närma 30% ökad volym för mindre områden med kraftigare ströpta utlopp.

Andra parametrar påverkar också dimensionerande max utjämningsvolym, t.ex. hur stor del av avrinningsområdet som bidrar och vilken dimensionerande avrinningskoefficient som används. I ett urbant område som ligger nedströms ett långsträckt flackt skogsområde så kan det vara så att skogsområdet inte hinner bidra till inflödet till utjämningsanläggningen innan maximal utjämningsvolym uppnås, men det beror i sin tur på hur kraftigt ströpt utloppet är. För vissa områden bör vissa delar av naturmarksytorna inte inräknas. Om de ligger längst uppströms så bör dimensionerande rinnsträcka minskas och dimensionerande hastighet ökas.

Alternativet till att öka utjämningsvolymen med 5-30% är att reducera utflödet, dvs att utjämningsvolymen beräknas utifrån ett mindre utflöde än vad som maximalt kan uppkomma och än vad som maximalt får släppas ut från anläggningen. Detta har med tiden utretts i olika Svenskt Vattens Publikationer.

I P31 användes först ett beräknat medelutflöde ($Q_{\text{out,ave}}$), se Ekv. (5) som är en tolkad ekvation från beskrivningen i publikationen:

$$Q_{\text{out,ave}} = Q_{\text{cap}} * Q_{\text{out}} / 2 \quad (5)$$

| | |
|----------------------|---|
| $Q_{\text{out,ave}}$ | Medelutflöde (l/s) |
| Q_{cap} | Utloppsledningens ouppdämda kapacitet (l/s) |
| Q_{out} | Maxutflödet (l/s) |

I P46 användes samma utflöde som i P31 om utflödet är större än motsvarande $7,5 \text{ l/s/ha}_{\text{red}}$, där ha_{red} är reducerat area i hektar (reducerad area är area multiplicerad med avrinningskoefficient). För mindre utflöden används medelavtappningen som definieras som utflödet från ett till hälften fyllt magasin. Detta skulle även innebära att inverkan av för- och efterregn inkluderas.

Enligt P90 används ett genomsnittligt utflöde vilket antas vara 2/3 av maximalt utflöde, $f_{Q_{\text{red}}} = 2/3$, se Ekv. (3). Det är detta antagande som används som standardvärde i StormTac sedan version 2012-09, men som kan ändras av användaren. I tidigare versioner av modellen användes en funktion för att automatiskt räkna upp volymen med en faktor för mindre områden än 65 ha. Detta gav 0 - ca 30 % ökad volym. Numer reduceras istället maximalt angivet utflöde till ett medelutflöde. Detta ger normalt ca 15-20% ökad volym, men variationen kan bli större eller mindre än så beroende på återkomsttid och utflödets storlek.

I den senaste utgivna P104 (senare utgåvor gäller före tidigare) ansätts utflödet som avtappningen från ett till hälften fyllt magasin, liksom för P46. Där anges även att om Dahlströms äldre regndata från 2006 skulle användas så skulle en underdimensionerad volym erhållas vid lågt utflöde ($<5-10$ l/s/ha_{red}) och lång dimensionerande regnvaraktighet (> 2 h). Enligt P104 rekommenderas dock användningen av Dahlströms regndata från 2010. Ekvationer för beräkning av utjämningsvolym för dessa regndata togs inte fram i samband med P104, men dessa finns inarbetade i StormTac. Diagram för bestämning av utjämningsvolym utifrån dess nya regndata finns dock presenterade i P104. Diagrammen visar att utjämningsvolymen överskattas markant om man jämför med att använda regndata från Hernebring (2006) för kraftigt strypta utlopp ($<3-4$ l/s/ha_{red}) och om långvariga regn blir dimensionerande (lång regnvaraktighet). Dahlströms nya regndata bör alltså användas med försiktighet i fall med kraftigt strypta utlopp och om lång varaktighet blir dimensionerande.

Implementering i StormTac

I StormTac används som default Dahlströms regndata från 2010, i enlighet med rekommendationerna i P104. Andra (valfria) regndata kan också användas. Valfritt utflöde kan användas vid dimensionering av utjämningsmagasin, men som default används ett lägre utflöde enligt P104 (utflödet vid medefyllt magasin). Eftersom bestämning av storleken av detta utflöde inte anges i P104 så används medelutflödet angivet i P90, dvs normalt $2/3$ av maximalt utflöde, se Ekv. (3). Användaren anger i StormTac av praktiska skäl ett maxutflöde, så beräknas volymen automatiskt fram utifrån ett beräknat medelutflöde. Användaren kan sedan version 2013-02 om så önskas ange ett maximalt inflöde som begränsas av kapaciteten i transportsystemet uppströms utjämningsanläggningen, detta ersätter det dimensionerande flödet upp till de varaktigheter där beräknat flöde är mindre än det maximala inflödet. Metodiken kommer att ses över efter kommentarer på detta PM och efter erfarenheter av användning av StormTac i olika projekt.

Thomas Larm, StormTac AB, www.stormtac.com, info@stormtac.com