

## **TB del I, Bilaga 3.7**



**Swedavia, Stockholm-Arlanda Airport**

---

# **Halmsjön vid förlängning av bana 3**

**PM avseende hydrologiska förhållanden i  
Halmsjön**

---

**Kalmar den 28 mars 2011**

**VATTEN OCH SAMHÄLLSTEKNIK AB**



## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. Avrinningsområden	sid 3
2. Nederbördsförhållanden	sid 4
3. Mätta och beräknade flöden	sid 6
4. Halmsjöns volym, uppehållstid och utskov	sid 7
4.1 Förändringar vid förlängning av bana 3	sid 9

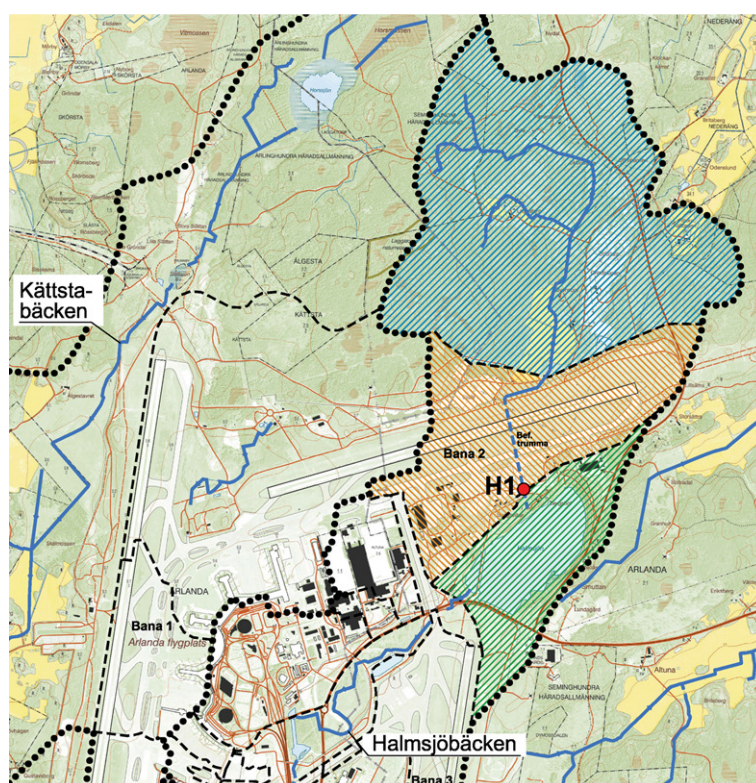
Denna PM redovisar de hydrologiska förhållandena i Halmsjön i dag respektive vid en eventuell förlängning av bana 3.

## 1 Avrinningsområden

Avrinningsområdenas storlekar och andelarna av olika markanvändningar är ett viktigt underlag för att kunna beräkna hur stora flöden som rinner av från områdena. Avrinningsområdet vid Halmsjöns utlopp kan delas upp i tre delar;

- ett område uppströms bana 2,
- ett område bestående av östra halvan av bana 2 samt några verksamhetsytor och
- ett område runt själva Halmsjön.

I **figur 1** visas de tre områdena och i **tabell 1** redovisas områdenas ytor och andelen hårdgjorda ytor och grönytor. Avrinningsområdet som ligger norr om bana 2 är opåverkat av flygplatsens verksamhet.



**Figur 1.** De tre delavrinningsområdena till Halmsjön.

**Tabell 1.** Beräknade avrinningsytor med andelen hårdgjort respektive grönyta.

Delavrinningsområde	Yta (ha)	Hårdgjord yta (ha)	Andel hårdgjord av total yta	Grönyta (ha)	Sjöyta (ha)
Norr om bana 2	336	9,0	3%	327	0
Östra bana 2 med omgivning	155	48	31%	107	0
<i>H1</i>	<i>491</i>	<i>57</i>	<i>12%</i>	<i>434</i>	<i>0</i>
Halm sjön med omgivning	95	7,0	7%	53	36

Med hårdgjord yta avses landnings- och taxibanor, vägar, parkeringar och andra ytor som är asfalterade eller hårdgjorda på annat sätt samt tak och dylikt.

## 2 Nederbördsförhållanden

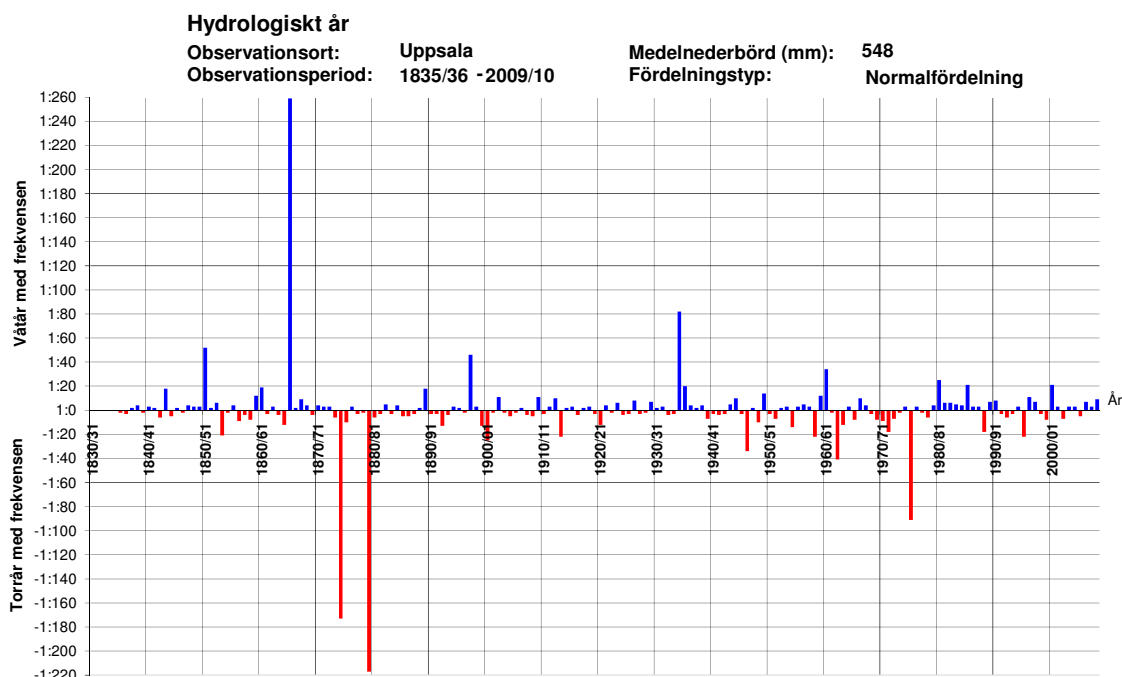
En annan viktig faktor för hur mycket vatten som kommer till Halm sjön är hur stor nederbörden är. Årsnederbörden växlar från år till år. Torrår förekommer omväxlande med våtar liksom även en serie torrår med en serie våtar. Med utgångspunkt från statistisk bearbetning av nederbördsdata kan man beräkna med vilken frekvens en viss nederbörd uppkommer.

Vid beräkningarna av nederbörden har SMHI:s mätstation vid Uppsala med mätperioden 1835-01 - 2010-12 använts. Baserat på officiella nederbörds-mätningar har data bearbetats statistiskt enligt Pearsons frekvensfunktion III. Resultatet redovisas i form av sannolikheten för att ett visst regn ska överskridas respektive underskridas, uttryckt som en gång per xx antal år (t.ex. hydrologiska året 1865/66 var ett våtar med sannolikheten 1:262 innebär att ett hydrologiskt år med denna nederbörd inträffar med sannolikheten 1 gång på 262 år), se **tabell 2** och **figur 2**.

**Tabell 2.** Beräknad nederbörd utifrån uppmätt nederbörd – frekvens våtar och torrår (kalenderår) samt för våtaste månaden (augusti) för Uppsala 1835-2010.

Återkomsttid	Nederbörd (mm/år)		Nederbörd (mm/augusti)	
	Våtar	Torrår	Våtmånad	Torr månad
Extremaste 1835-2010	812	301	183	3
1:100	771	341	170	0
1:50	743	364	157	5
1:20	703	399	137	15
1:10	667	430	120	26
1:5	625	469	101	39
Medelnederbörd 1835-2010	549		71	

Våtaste månaden under mätperioden 1835-2010 var juli med en maximal nederbörd på 200 mm. Augusti är den månad som har högst nederbörd vid ett 1:100 regn, 170 mm.



**Figur 2.** Nederbördens återkomsttider under hydrologiskt år (oktober-september) under perioden 1835-2010.

Av **figur 2** framgår betydelsen av att använda sig av så långa mätserier som möjligt för att fånga upp extrema år på våta respektive torra sidan. Flertalet år (hydrologiska år) ligger relativt nära medelvärdet (korta staplar).

I **tabell 3** redovisas som dimensioneringsunderlag statistiskt beräknad nederbörd och nederbördsintensitet per dygn och timme vid olika återkomsttid. Nederbördsintensiteten är beräknad utifrån Dahlströms formel för dagvattenberäkningar.

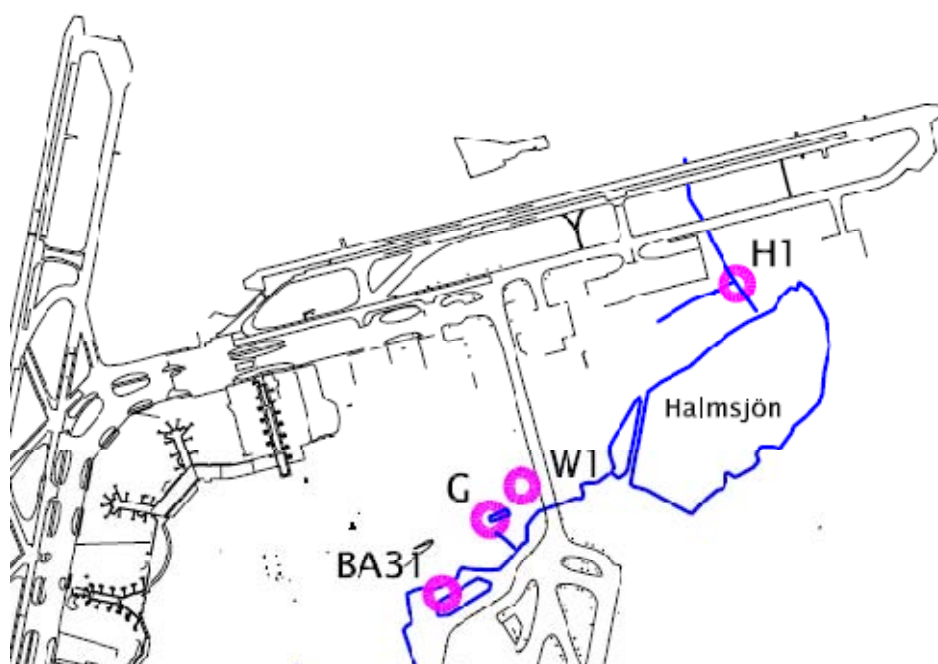
**Tabell 3.** Beräknad nederbördsintensitet vid olika återkomsttider och varaktigheter på regnen (mm resp. l/s/ha).

Återkomsttid (våtperiod)	Nederbörd 1 dygn		Nederbörd 60 min	
	mm/dygn	l/s, ha	mm/ timme	l/s, ha
1:100	143	17	59	163
1:50	107	12	44	122
1:20	75	9	31	86
1:10	58	7	24	67
1:5	46	5	19	52
Medelår	28	3	11	31

Under perioden 2003-01-01 till 2009-03-01 var maximal uppmätt dygnsnederbörd vid Arlanda 35,5 mm.

### 3 Mätta och beräknade flöden

I Swedavias egenkontroll av verksamheten sker mätningar av flödet bland annat strax uppströms Halmsjön, punkten H1 i *figur 3*. I denna punkt mäts det sammanlagda flödet från östra delen av bana 2 och från avrinningsområdet uppströms bana 2. Flödet mäts genom kontinuerlig nivåregistrering som räknas om till ett flöde. Under perioden oktober 2003 till och med september 2010 var medelflödet i H1 19 l/s, se *tabell 4*. Flödet från östra delen av bana 2 beräknas utgöra ca 45 % av det uppmätta flödet i punkt H1.



**Figur 3.** Några av de befintliga mätstationerna för dagvatten.

**Tabell 4.** Uppmätt vattenföring i mätstation H1 för kontroll av dagvatten.

Aspekt	Enhet	Uppmätt av Swedavia i H1 (2003-2010)
Högsta högvattenföring	l/s	516
Dygnsmedelvattenföring	l/s	19
Lägsta lågvattenföring	l/s	3,1

För att kartlägga Halmsjöbäckens vattenföring har även en jämförelse utförts baserat på SMHI:s pegelstation Stabby, 61-1742. Stationen ligger i Stabbybäcken som ingår i flodområdet Mälaren-Norrström. Stabbybäcken är lokaliserad ca 4 mil nordväst om Broby. Stabbybäckens avrinningsområde är 6,6 km<sup>2</sup> och saknar sjöar. Utifrån data för perioden 1959-2009 har vattenföringen i Halmsjöbäcken vid utloppet från Halmsjön och nedströms flygplatsen (uppströms Broby) beräknats genom proportionering, se *tabell 5*. I Halmsjöbäcken, vid båda beräknade punkter, bedöms dock vattenföringen vara något högre under sommarmånaderna då andel hårdgjorda/dränerade ytor inom avrinningsområdet är större än inom Stabbybäckens avrinningsområde. Dessa ytor inom

flygplatsområdet påskyndar avrinningsförloppet och medför att en större andel av regnvattnet når Halmsjöbäcken i stället för att avdunsta eller tas upp av växtligheten som annars sker i ett opåverkat avrinningsområde med naturmark.

**Tabell 5.** Beräknad vattenföring i Halmsjöbäcken nedströms flygplatsen (uppströms Broby) och vid Halmsjöns utlopp.

	Enhet	Stabbybäcken	Halmsjöbäcken nedströms flygplatsen	Halmsjöbäcken vid Halmsjöns utlopp
Avrinningsområde	km <sup>2</sup>	6,6	20	5,9
Sjöandel	%	0,0	2,0	7,3
Högsta högvattenföring	l/s	1 147	3 441	1 019
Högvattenföring, medelåret	l/s	563	1 689	500
Medelvattenföring, medelåret	l/s	43	129	38
Vattenföring med 50 % varaktighet	l/s	10	31	9,3
Vattenföring med 75 % varaktighet	l/s	1,6	4,7	1,4
Lågvattenföring, medelåret	l/s	0,29	0,87	0,26
Lägsta lågvattenföring	l/s	0,0	0,0	0,0

För att skapa ett bättre underlag för uppskattning av vattenmängder har även en ”traditionell” dagvattenberäkning utförts. Härvid har andelen hårdgjord yta, tak, gräsyta respektive naturmark uppskattats. De avrinningskoefficienter som använts för olika marktyper vid beräkningarna varierar mellan de olika avrinningsområdena. Flödet är sedan beräknat utifrån nederbördsdata för åren 1835-2010. I **tabell 6** finns en sammanställning över de beräknade och uppmätta flödena.

**Tabell 6.** Sammanställning av beräknade ytor och flöden samt mätta flöden.

Delavrinningsområde	Mät-punkt	Yta (ha)	Hårdgjord yta (ha)	Grön yta (ha)	Sjö yta (ha)	Årsmedelflöde beräknat utifrån deltagande ytor				Medelflöde i augusti beräknat utifrån deltagande ytor				Beräknat utifrån SMHI:s station Stabbybäcken Årsmedelflöde Halmsjöns utlopp (l/s)	Uppmätt flöde medel av	
						Medel år (l/s)	Våtår 1:10 (l/s)	Våtår 1:100 (l/s)	Våtast 1835-2009 (l/s)	Medel augusti (l/s)	Våt augusti 1:10 (l/s)	Våt augusti 1:100 (l/s)	Våtast 1835-2009 (l/s)		årsmedelflöden 00-10 (l/s)	dygnsmedelflöden 03-10 (l/s)
Norr om bana 2	HI	336	9,0	327	0	12	14	17	18	19	32	45	48		22	19
Östra bana 2		155	48	107	0	13	16	19	20	21	35	51	54			
<b>Summa vid HI</b>		<b>491</b>	<b>57</b>	<b>434</b>	<b>0</b>	<b>25</b>	<b>31</b>	<b>35</b>	<b>37</b>	<b>40</b>	<b>67</b>	<b>95</b>	<b>102</b>			
Halmsjön	Saknas	95	7,0	53	36	11	13	16	16	17	30	42	45		ej mätt	ej mätt
<b>Summa ut från Halmsjön</b>		<b>587</b>	<b>64</b>	<b>486</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>44</b>	<b>51</b>	<b>54</b>	<b>57</b>	<b>97</b>	<b>138</b>	<b>147</b>	<b>38</b>	<b>ej mätt</b>	<b>ej mätt</b>

## 4 Halmsjöns volym, uppehållstid och utskov

Halmsjön är idag delad i två delar av den befintliga ljusrampen för bana 3, den större sjödelen har en area på 34 ha och den mindre har en area på 1,6 ha. Genom ljusrampens sprängstensfyllning finns två stycken trummor (vardera Ø 1000 mm) som leder sjövattnet från den större sjödelen till den mindre. Utloppet från sjön finns i den mindre sjödelens sydvästra hörn. Med en förslagen

grundläggningsteknik (påldäck) för den förlängda bana 3 avses dessa trummor bibehållas.

Enligt SMHI:s databas Svenskt Vattenarkiv (SVAR) har Halmsjön medeldjupet 3,6 m, maxdjupet 5,4 m och en vattenvolym på 1,37 miljoner m<sup>3</sup> (<http://www.smhi.se/klimatdata/hydrologi/sjoar-och-vattendrag>).

Halmsjöns nuvarande area och volym har nu även beräknats översiktligt utifrån befintliga ritningar och sjöns djup har bedömts utifrån de geundersökningar som gjorts av Vectura under 2010. Den vattenvolym som nu har beräknats stämmer väl överens med tidigare beräkningar av sjöns vattenvolym.

Uppehållstiden i sjön beror på hur stort flödet ut från sjön är. Baserat på beräkning av flödet enligt ovan har årsmedelflödet ut från sjön i nuläget bedömts vara ca 35-40 l/s och uppehållstiden blir då ca 1,1-1,3 år.

SMHI har gjort klimatanalyser som är baserade på resultat från beräkningar med klimatmodeller för perioden 1961-2100. SMHI:s modeller pekar mot ett varmare klimat för Stockholms län. Nederbörden beräknas öka med 10-15 % på årsbasis, med den största ökningen (30-50 %) under vintern. Sommartid beräknas nederbörden minska, även om extremnederbörden (den maximala nederbörden under 7 sammanhängande dagar) beräknas öka med 5-10 %. Vår och höst beräknas nederbörden öka med 10-20 % respektive 20-25 %.

I **tabell 7** finns en sammanställning över beräknade flöden med klimatförändringar medtagna, jämför med **tabell 6**. Klimatförändringarna bedöms kunna öka flödet ut från sjön och minska uppehållstiden i sjön, men förändringen gäller oberoende av om här aktuell förlängning av bana 3 genomförs eller ej. Med anpassning till klimatförändringarna beräknas sålunda uppehållstiden i Halmsjön bli ca 0,9-1,1 år.

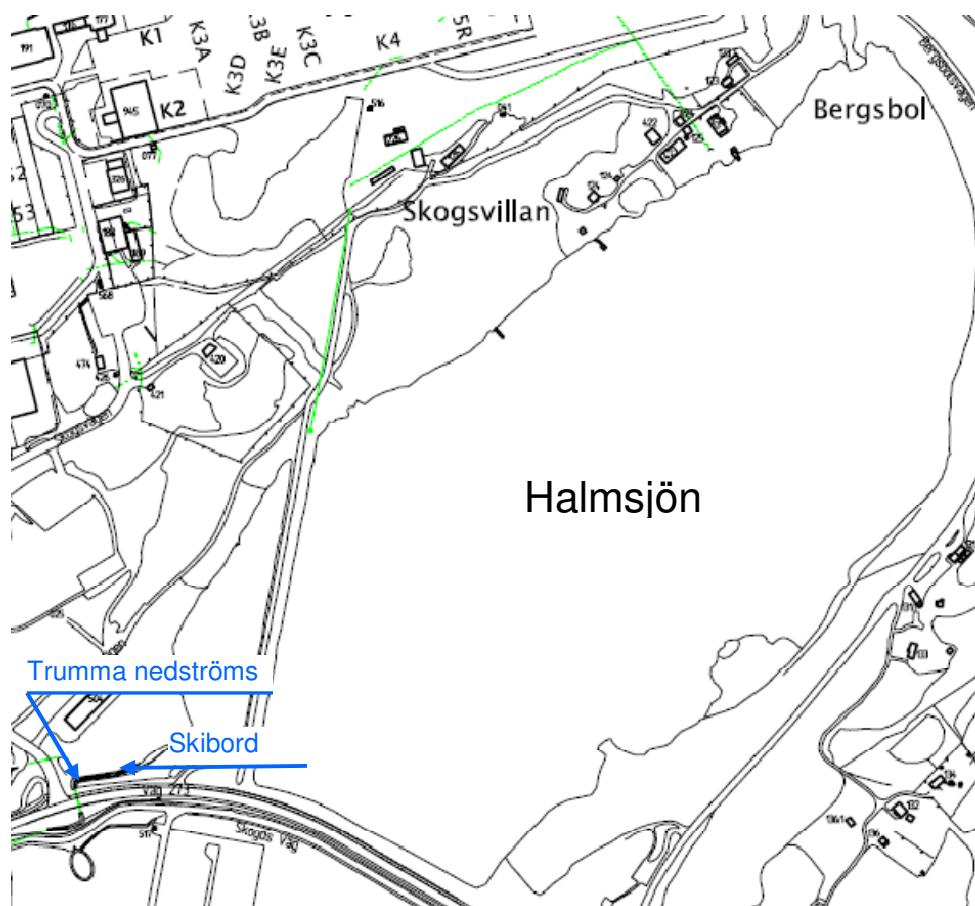
**Tabell 7.** Sammanställning av beräknade ytor och flöden med hänsyn till klimatförändringar.

Delavrinningsområde	Mät-punkt	Yta (ha)	Hårdgjord yta (ha)	Grön yta (ha)	Sjö yta (ha)	Årsmedelflöde beräknat utifrån deltagande ytor				Medelflöde i augusti beräknat utifrån deltagande ytor				Beräknat utifrån SMHI:s station Stabbybäcken Årsmedelflöde Halmsjöns utlopp (l/s)
						Medel år (l/s)	Våtår 1:10 (l/s)	Våtår 1:100 (l/s)	Våtast 1835-2009 (l/s)	Medel augusti (l/s)	Våt augusti 1:10 (l/s)	Våt augusti 1:100 (l/s)	Våtast 1835-2009 (l/s)	
Norr om bana 2	H1	336	9,0	327	0	14	17	20	21	22	38	54	58	
Östra bana 2		155	48	107	0	16	19	22	24	25	43	61	65	
<b>Summa vid H1</b>		<b>491</b>	<b>57</b>	<b>434</b>	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>37</b>	<b>42</b>	<b>45</b>	<b>48</b>	<b>80</b>	<b>115</b>	<b>123</b>	
Halmsjön	Saknas	95	7,0	53	36	13	16	19	20	21	35	51	54	
<b>Summa ut från Halmsjön</b>		<b>587</b>	<b>64</b>	<b>486</b>	<b>36</b>	<b>43</b>	<b>53</b>	<b>61</b>	<b>64</b>	<b>69</b>	<b>116</b>	<b>165</b>	<b>177</b>	<b>46</b>

I utloppet från Halmsjön finns idag ett rektangulärt skibord. Överfallet i skibordet är 1,2 m brett. Nivån på utskovet kan regleras med plank mellan nivåerna +22,70 och +23,45. Nivån är inmätt i Sweref 99, 18.00 under september



2010 och skibordet hade då nivån +23,436 m. Vid mättillfället låg vattenytan i bäcken 8 m nedströms på nivån +22,55 m, det vill säga 0,9 m lägre än skibordet, vilket bedöms vara den normala nivån nerströms skibordet. Befintligt skibord bibehållas under det aktuella påldäcket, möjligen med en mindre flyttning p g a eventuell konflikt med enstaka pålar.



**Figur 4.** Karta med skibord och trumma nedströms.

Det ökade flödet som klimatförändringarna bedöms kunna medföra innebär att vattennivån över skibordet skulle kunna höjas med 3 cm vid högsta högvattenföring ut från sjön. Eftersom inga konkurrerande intressen finns i anslutning till sjön bedöms sådana förändringar vara försumbara.

#### 4.1 Förändringar vid förlängning av bana 3

Det dagvatten som kommer att rinna av från förlängningen av bana 3 avses vintertid ledas till den planerade Halmsjöbäckens dagvattenanläggning. En förlängning av bana 3 bedöms idag öka flödet till dagvattenanläggningen med omkring 20 %, men ökningen har beaktats vid utformningen av Halmsjöbäckens dagvattenanläggning. Förlängningen av bana 3 medför således att tillflödet

till Halmsjön minskar vintertid. Sommartid avses vattnet ledas till Halmsjön, men det skulle även kunna ledas direkt till Halmsjöbäcken.

Beskrivningarna i dokumentet "Arlanda, förlängning av bana 3" (Vectura/Bredenberg Teknik, 2011-03-01) har använts för att beräkna sjöns area och vattenvolym om bana 3 förlängs. Det blir cirka 8,1 ha av Halmsjöns yta som kommer att ligga under påldäcket för förlängningen av bana 3. Resultaten av beräkningarna innebär att sjöns minskade area och volym på grund av pålarna är marginell (mindre än 1 %) i jämförelse med hela sjöns area och volym.

En förlängning av bana 3 medför inte att själva sjöytan ändras nämnvärt men den sjöyta varifrån nederbörd rinner av blir mindre eftersom delar av sjön kommer att ligga under påldäcket till den förlängda bana 3. Det maximala flödet i samband med kraftiga regn styrs av aktuella avrinningsytor och eftersom avrinningen från en "blandad" yta av asfalt och gräs har lägre avrinningskoefficient än en sjöyta blir den maximala dagvattenavrinningen något lägre vid en utbyggd bana 3 över sjön. Detta motverkas dock av att den totala hårdgjord ytan inom avrinningsområdet ökar något. Totalt sett bedöms förändringarna av flödet ut från sjö på grund av förlängning av bana 3 bli marginella och är så små att de ligger inom felmarginalerna för gjorda beräkningar. Den vattenvolym som per år rinner av från området för den förlängda bana 3 utgör omkring 10 % av avrinningen ut från sjön.

Flödet ut från sjön och vattenvolymen i sjön bedöms sålunda inte påverkas nämnvärt av en förlängning av bana 3. Däremot gör flödet från den förlängda bana 3 som vintertid (oktober-april) ska ledas via Halmsjöbäckens dagvattenanläggning att medelflödet till sjön minskar med ca 5 % per år. Därmed ökar uppehållstiden i sjön med ungefär en månad till ca 1,2-1,4 år. Leder man bara vatten till HDA under januari-mars motsvarar det endast 2 % av årsflödet till sjön och det ger endast marginell skillnad i uppehållstid i sjön.

Sammantaget bedöms inga nya eller ökade problem uppstå för vattenbyggnadstekniska konstruktioner nedströms, varken vid skibordet i Halmsjöns utlopp eller längre nerströms i Halmsjöbäcken. Inte heller bedömda framtida klimateffekters påverkan på vattenflödena bedöms ge märkbara eller besvärande effekter på hydrologin i sjön eller i bäcken nerströms sjön.

Kalmar den 28 mars 2011

**VATTEN OCH SAMHÄLLSTEKNIK AB**

Lars Kylefors

Anna Bellner