

Svartvattensystem i Hammarby sjöstad

Förstudie och principförslag



Stockholm, 2003-08-07

SCANDIACONSULT SVERIGE AB

Erik Kärrman

Anders Lundqvist

Jan Dammberg

PoV, Pump- och Vakuumsystem AB

SV rapport 10-2003

SCC uppdrag 201295

Antal sidor: 34

Antal bilagor: 2

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning	2
Sammanfattning	4
Förord	6
Bakgrund och syfte	7
Bakgrund	7
Syfte	8
Lagar och ansvarsfördelning	9
Erfarenheter av svartvattensystem och dess komponenter	10
Vakuumsystem	10
Vakuumtoalettsystem i Bälinge, drifterfarenheter	10
Vakuumtoalettsystem i Ås, Norge, driftserfarenheter	12
Vakuumtoalettsystem i Flintenbreite, Lübeck, Tyskland	12
Vakuumtoalettsystem i Huddingeområdet	14
Självfällssystem	15
Snålspolande svartvattensystem i Vibyåsen, Sollentuna kommun	15
Urinsortering	16
Köksavfallskvarnar	17
Förslag till tekniskt utförande i Hammarby sjöstad och kostnadsberäkning	18
Alternativ 1: Vakuumsystem, blandat svartvatten	18
Kostnader avseende det allmänna VA-systemet	19
Kostnader för fastighetsägare	19
Alternativa lösningar	19
Alternativ 2: Vakuumsystem med urinsortering	20
Kostnader avseende det allmänna VA-systemet	21
Kostnader för fastighetsägare	21
Alternativ 3: Snålspolande system, blandat svartvatten	21
Kostnader avseende det allmänna VA-systemet	22
Kostnadsberäkning för fastighetsägare	22
Alternativ 4: Snålspolande system med urinsortering	22
Kostnader avseende det allmänna VA-systemet	23

Kostnadsberäkning för fastighetsägare	23
Uppskattning av flöden	24
Förutsättningar för flödesberäkningar	24
Matavfall	24
Urin	24
Fekalier	24
Toapapper	24
Spolningar	25
Transport av svartvatten och urin från fastighet till pilotreningsverket.....	26
Sammanfattande diskussion	27
Teknik	27
Ekonomi.....	28
Referenslista	30
Bilaga 1: Investeringskostnader avseende det allmänna VA-systemet.....	31
Alternativ 1: Vakuumsystem, blandat svartvatten.....	31
Alternativ 2: Vakuumsystem, urinsortering	32
Alternativ 3: snålspolande system, blandat svartvatten.....	32
Alternativ 4: Snålspolande system med urinsortering	33
Bilaga 2. Plan- och profilritningar	34

Sammanfattning

Denna studie omfattar en sammanställning av erfarenheter från andra projekt samt översiktlig beskrivning av systemlösningar för att transportera svartvatten (som i denna studie består av klosettavlopp och organiskt hushållsavfall) från 250 lägenheter i kvarteret Henriksdalshamnen till behandlingsanläggningen på Henriksdalsberget. Systemlösningarna har beskrivits tekniskt och kostnadsbedömts. Transport av svartvatten från fyra typer av uppsamlingssystem har studerats:

1. Vakuumsystem, blandat svartvatten
2. Vakuumsystem med urinsortering
3. Snålspolande system, blandat svartvatten
4. Snålspolande system med urinsortering

Nermalt matavfall leds tills samtliga system via köksavfallskvarnar.

Bad- disk- och tvättvatten (BDT) har förutsatts anslutas till ett separat konventionellt avloppssystem och ingår således inte i denna utredning, med undantag av en bedömning av investeringskostnader för BDT-system inom fastighet som finns med för att göra kostnadsjämförelser mellan svartvattensortering och konventionell avledning av blandat hushållsspillvatten.

Från erfarenhetsinsamlingen i Sverige, Norge och Tyskland samt studier i litteratur fann vi exempel som tekniskt sett påminner om systemalternativ 1,3 och 4. Det bör dock påpekas att vi inte fann något exempel på system där nermalt matavfall leds samman med klosettavloppet via köksavfallskvarnar. Vi fann inte heller något exempel som liknar alternativ 2 och därför har detta system endast studerats översiktligt.

En av knäckfrågorna vid ett införande av svartvattensystem tycks vara hur man minimerar antalet driftsstopp. Detta problem kommer sannolikt att kunna reduceras i Hammarby sjöstad eftersom förutsättningarna är mer gynnsamma än i samtliga andra exempel som vi studerat. Framförallt eftersom:

- de för ledningstransporten kritiska horisontella ledningsdragningarna är korta
- nya innovativa systemkomponenter har utvecklats på senare tid och kan tillämpas i kommande svartvattensystem
- många personer bor på en koncentrerad yta, vilket ger ett relativt stort flöde och därmed en god genomspolning av ledningar
- på grund av avvattningsmöjligheter i pilotreningsverket behöver inte extremt snålspolande system införas (vilket kan vara kritiskt för ledningstransporten)

För omhändertagandet av svartvatten är det i allmänhet en fördel om volymen svartvatten är så liten som möjligt. I jämförelse mellan de studerade alternativen ger vakuumsystemen ett betydligt mer koncentrerat svartvatten än självfallssystemen. Erfarenhetsvärden omräknade till Hammarby sjöstad-exemplet ger 7 m³ insamlad volym per dygn för vakuumsystemet och 16 m³ för självfallssystemet. Införande av urinsortering tycks inte medföra någon minskning av flödet i ett självfallssystem om

inte ett system med papperskorgar för använt toapapper vid urinering införs (mycket vatten används annars för att spola ner papper).

En annan knäckfråga är hur utfällningar kan undvikas på insidan av rörledningar samt att finna bra metoder för att avlägsna utfällningar som uppkommit. Underhållsåtgärder såsom mekanisk rensning eller syratvätt har fram tills nu varit nödvändiga. Idag finns emellertid biologiska produkter på marknaden innehållande aeroba och anaeroba bakterier som doseras i systemet för att förebygga utfällningar. Framtiden får utvisa hur effektiva dessa produkter är.

Kostnadsbedömning av alternativen har delats upp i kostnader på fastighetsägaren och kostnader för VA-huvudmannen.

Fastighetsägaren bedöms få en investeringskostnad på 5,0-10,3 Mkr för svartvattensystemet i de 250 lägenheterna i de tre kostnadsberäknade fallen där vakuumsystemet är ungefär dubbelt så kostnadskrävande som ett blandat självfallssystem. Ett konventionellt självfallssystem för både grå- och svartvatten inklusive inkopplad köksavfallsvarn beräknas kosta 5,8 Mkr i investering. Ett separat gråvattensystem (som måste införas i samtliga studerade alternativ) beräknas kosta 2,4 Mkr. På basis av detta har fastighetsägarnas merkostnader för investering beräknats till mellan 1,6 Mkr (blandat självfallssystem) och 6,9 Mkr (blandat vakuumsystem). Fastighetsägarnas drifts- och underhållskostnader beräknas inte variera lika mycket mellan systemen.

Kostnaderna för VA-huvudmannen (i det här fallet Stockholm Vatten) varierar mindre mellan systemen, jämfört med fastighetssidan, och driftskostnaderna förväntas bli relativt små. Erfarenheterna från andra exempel och litteratur visar att problem med stopp i ledningar av olika anledningar uppstår framförallt på fastighetssidan. Det som krävs av huvudmannen är en regelbunden mekanisk rensning av tryckledningarna med renspropp.

Vår samlade uppfattning är slutligen att det ur teknisk synpunkt bör fungera med ett gemensamt insamlingssystem för matavfall och klosettwater. På grund av avsaknaden av erfarenheter föreslår vi dock att ett pilottest genomförs med endast ett dussintal lägenheter för att hämta in mer erfarenhet innan försöket med 250 lägenheter sätts igång.

Förord

Denna rapport redovisar en förstudie och principförslag för överföring av svartvatten från Hammarby sjöstad till Henriksdals pilotreningsverk. Projektet har utförts av Scandiaconsult Sverige AB (SCC) på uppdrag av Stockholm Vatten AB.

Projektgruppen har bestått av Erik Kärman (uppdragsledare), Anders Lundquist, Stig Norman, Tomas Holmquist, Ove Fägersten och Mats Rostö från SCCs Stockholmskontor. Vidare har underkonsulten Jan Dammborg från POV, Pump- och Vakuumsystem AB deltagit. Författare till rapporten är Erik Kärman, Anders Lundquist och Jan Dammborg.

Knut Bennerstedt har varit Stockholm Vattens projektledare. Vid projektmöten har även Daniel Hellström, Per Hådel och Nils-Erik Andersson medverkat.

Projektgruppen vill rikta ett varmt tack till Stockholm Vattens medarbetare samt till uppgiftslämnare från aktörer kring svartvattensystem i Sverige, Norge och Tyskland som på ett generöst sätt har bidragit med information och kunskap.

För projektgruppen,

Erik Kärman, Stockholm 2003-03-27

Bakgrund och syfte

Bakgrund

Hammarbysjöstadsprojektet ambition är att skapa förutsättningar för de boende och de verksamheter som etablerar sig i sjöstaden att leva och verka på ett sätt som är så miljöanpassat och attraktivt som möjligt.

Som en grund för planeringsförutsättningarna för området har ett miljöprogram med en rad miljömål tagits fram. Beslut om miljöprogram togs i Kommunstyrelsen i juni 1996. De mest relevanta målen för avloppshanteringen i Hammarby sjöstad är följande:

- avloppsvattnets innehåll av tungmetaller och andra miljöskadliga ämnen ska minska med 50%
- 95% av fosfor i BDT-vatten, urin och fekalier ska återföras till jordbruket
- en livscykelanalys (LCA) skall utföras för att avgöra lämpligheten ur energi- och emissionssynpunkt av att återföra kväve till jordbruket
- 80% av det utvinningsbara energiinnehållet i avfall och avloppsvatten ska utnyttjas, dock med prioritering efter återanvändning, materialåtervinning och fastighetsknuten energiåtervinning.
- Vattenförbrukning (exkl. recirkulerat vatten) per personekvivalent ska minska med 60% jämfört med genomsnitt för nyproduktion i innerstaden

Med dessa miljömål som grund har så kallat svartvattensystem blivit en intressant teknik för Stockholm Vatten att undersöka närmare.

Ett projekt, Svartvattenprojektet, har därför initierats med följande mål:

Att ta fram underlag för beslut för byggande av system för separat insamling och behandling av klosettavlopp och matavfall från Henriksdalshamnen i Hammarby sjöstad. Den tänkta nyttan med systemet är ökad återföring av växtnäring till jordbruk, ökad biogasproduktion samt minskad vattenanvändning. Systemet ska i övriga avseenden vara lika bra eller bättre än konventionella avloppslösningar. Projektet är ett paraplyprojekt som ska samordna olika delprojekt samt utifrån dessa, i en förstudie, ta fram ett förslag på avloppssystem för områdena Lugnet och Henriksdalshamnen i Hammarby sjöstad.

Delprojekten är:

1. en fastighetsknuten del (LIP:s tekniktävling för svartvattensystem)
2. förstudie angående allmänna ledningsnätet i Hammarby sjöstad och transport till försöksreningsverket på Henriksdalsberget
3. undersöka marknadsförutsättningar för avsättning till jordbruket av restprodukter från svartvattensystemet
4. undersöka driftsstrategier och driftsätt för behandling av svartvatten i behandlingsanläggning på Henriksdalsberget

Denna rapport gäller delprojekt 2: en förstudie angående det allmänna ledningsnätet för svartvatten i Hammarby sjöstad och transport till försöksreningsverket på Henriksdalsberget.

Syfte

Syftet med denna studie var att sammanställa erfarenheter av andra projekt samt översiktlig beskriva systemlösningar för att transportera svartvatten (som i denna studie består av klosettavlopp och organiskt hushållsavfall) från 250 lägenheter i kvarteret Henriksdalshamnen till behandlingsanläggningen på Henriksdalsberget. Systemlösningarna har beskrivits tekniskt och kostnadsbedömts.

Transport av svartvatten från fyra typer av uppsamlingssystem har studerats:

5. Vakuumsystem, blandat svartvatten
6. Vakuumsystem med urinsortering
7. Snålspolande system, blandat svartvatten
8. Snålspolande system med urinsortering

Nermalt matavfall leds tills samtliga system via köksavfallskvarnar. Bad-disk- och tvättavloppsvatten (BDT) förutsetts anslutas till konventionellt system och ingår således inte i denna utredning.

Lagar och ansvarsfördelning

Bland de lagar som har betydelse för svartvattensystemet i Hammarby sjöstad finns *Miljöbalken*. Eftersom anläggningen har färre än 2000 personekvivalenter klassas den i prövningsnivå C, enligt förordningen om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd (1998:899). Kraven på kategori C är anmälningsplikt till kommunala nämnden. Tillstånd behöver inte sökas från länsstyrelse eller miljödomstol.

Lagen om allmänna vatten- och avloppsanläggningar (va-lagen) anger ansvarsfördelningen mellan huvudmannen (här Stockholm Vatten AB) och fastighetsägaren. Vidare innehåller va-lagen regler om brukande av va-anläggning, VA-kostnader, taxor, prövning av va-frågor m. m.

Ansvarsfördelningen mellan huvudmannen och fastighetsägarna regleras i *Allmänna bestämmelser för brukande av den allmänna vatten- och avloppsanläggningen* (ABVA). Ansvarsgränsen mellan Stockholm Vatten och fastighetsägaren utgörs av förbindelsepunkten som normalt är belägen 0,5 meter från fastighetsgränsen. Fastighetsägaren ansvarar således för den delen av systemet som ligger inom fastighetsgräns av förbindelsepunkten medan Stockholm Vatten ansvarar för den delen av systemet som är beläget utanför fastighetens förbindelsepunkt.

Om ett vakuumsystem blir aktuellt så skall vakuumpumparna placeras inom fastighetsgräns. I enlighet med ABVA skall i detta fall vederbörande fastighetsägare ansvara för vakuumsystemet.

Erfarenheter av svartvattensystem och dess komponenter

Detta kapitel redovisar en erfarenhetsinsamling från ett urval av svartvattensystem i Sverige, Norge och Tyskland. Informationsinsamlingen har framförallt skett via telefonintervjuer samt från skriftlig dokumentation där sådan funnits. Kapitlet innehåller dessutom korta referat från tidigare publicerade erfarenhetssammanställningar kring urinsorterande system och köksavfallskvarnar.

Vakuumsystem

Vakuumtoalettsystem i Bälinge, drifterfarenheter

Allmänt

Drift och service för anläggningen i Bälinge är uppdelad så att kommunen sköter om ledningar och vakuumstationer medan de boende själva ansvarar för vakuumtoaletter och servisledningar.

Anläggningen började byggas på slutet av 1960-talet och var planerad för en anslutning av ca 1000 vakuumtoaletter. Det är ett rent vakuumtoalettsystem då BDT-vatten förs bort i egna självfallsledningar. Den främsta orsaken till ett vakuumsystem var att man hade ett lokalt reningsverk och en liten recipient och önskade därför ett vattensnålt system.

Någon gång i början av 1980-talet så togs det lokala reningsverket ur drift och avloppet pumpas sedan dess (blandat BDT- och svartvatten) till kommunens stora reningsverk. Det har inneburit att de boende givits möjlighet att installera vanliga spoltoaletter och koppla in sig på BDT-vattennätet. Man uppskattar att fram tills nu har ca 20% utnyttjat detta.

Idag är ca 550 toaletter anslutna till svartvattensystemet.

Yttre ledningssystem

Anläggningen har idag 3 vakuumstationer, en huvudstation vid det gamla reningsverket och två s.k. slavstationer ute på slingorna. Slavstationerna kom till då man märkte att huvudstationen inte klarade av maxbelastningar.

Enligt uppgift förekom omfattande byggslarv vid anläggningsarbetena. Ledningssystemet är utfört av tunnväggiga PVC-rör, som på den tiden kunde uppvisa vissa kvalitetsbrister. Arbetena utfördes också under vinterperioden och återfyllning skall ha skett med tjälade massor. Det har medfört många ledningsbrott och därför höga kostnader för reparation av ledningar. Nu anser man sig fått bukt på problemen med ledningsbrott. Det läckage som eventuellt förekommer är i s.k. inspektionsrör. Ledningssystemen försågs på den tiden alltid med inspektionsrör på lämpliga ställen för att förenkla åtkomlighet vid rengöring av ledningarna.

Ett vakuumsystem är alltid känsligt för läckage. Det betyder att ”egna hem fixare” kan ha orsakat problem när man mixtrat med sin toalett. Det har även saknats tillräckligt

med avstängningsventiler på ledningarna. Idag har man ordnat så att vissa kvarter kan stängas av och man har t.ex. 4 separata ledningar ut från huvudvakuumstationen.

Viss lukt har förekommit vid vakuumstationerna. Detta har man löst genom att dra upp utblåsningsröret på högre höjd.

På huvudstationen finns en ljuddämpare monterad.

En gång per år tvättar man vakuumledningarna med saltsyra för att få bort beläggningar på rörväggarna. Man använder 32%-ig saltsyra, som späds med lika delar vatten. Syran får stå i ledningarna under minst 3 timmar och tas sedan upp i en separat tank för vidaretransport till SAKAB. Syraåtgång per år är ca 3,5-4 m³ till en total kostnad av ca 180.000 kr.

Övrigt yttre underhåll är ca: 120.000 kr vilket motsvarar 16 driftstörningar
Driftunderhållet av systemets tre vakuumstationer kostar ca 1 miljon kronor per år. BDT-vattennätet måste p.g.a. dåligt fall rensas till en kostnad av ca 30.000 kr per år. Man anger att tidsåtgång för drift och skötsel av stationer och ledningsnät inte kräver fullt en heltidstjänst.

Vakuumtoaletter och serviser

Det har visat sig att problem med yttre ledningar och problem med vakuumtoaletter och serviser gått hand i hand. I början när vakuumkapaciteten inte räckte till och det fanns läckage på ledningssystemet uppstod även en mängd problem med vakuumtoaletterna. Idag när man har bättre kontroll på ledningssystemet fungerar även det övriga bättre.

Man anger även avlagringar i servisledningarna som ett problem. Man har ett hårt vatten i Bälinge (16 tyska grader) och får kalkavlagringar på rörväggarna (om det i första hand är kalkavlagringar eller urinsten är oklart).

Idag upplevs funktionen som god men man anger höga reparationskostnader som något negativt. Visserligen har många av de boende under årens lopp lärt sig att själv reparera sin toalett, men inte alla. Det har blivit kostsamt att anlita utomstående arbetskraft.

Ett problem man uppger är "hemmafixaren" som inte vet vad han gör. Det kan ställa till läckage om man demonterar toaletten och inte förstår att sätta en plugg på utgående servisledning.

Uppgifter angående yttre ledningar kommer från Kenneth Lindberg och Ove Östling, Uppsala kommun och angående vakuumtoaletter och serviser från Tommy Andersson, Uppsala kommun.

Vakuumtoalettsystem i Ås, Norge, driftserfarenheter

Anläggningen i Ås byggdes år 1998. Systemet omfattar 26 toaletter i 4 intilliggande hus. Vakuumstationen består av vakuumpumpar, som både suger och pumpar den luft och vätska som transporteras i vakuumledningssystemet. Luften avleds genom ett biologiskt filter med mull och bark medan vattnet pumpas till en 15 m³ sluten tank, vilken hämtas av en tankbil en gång i månaden och transporteras till ett jordbruk för stabilisering, hygienisering och spridning på åkermark.

Vakuumtoaletterna är av golvmodell, som är försedda med en s.k. EFD ventil. Det innebär att den styrs elektroniskt genom att en magnetventil för luft tillför ledningssystemets undertryck till ventilhuset vid toalettens tömning och en annan magnetventil för vatten öppnar för renspolning av porslinet och bildandet av ny vattenspegel.

Erfarenheterna är över lag goda. Såväl vakuumcentral som toaletter har fungerat på ett utmärkt sätt med få driftstörningar. I början uppstod en del problem med det biologiska filtret då det saknade dränering och blev täppt på grund av frysning.

En gång per år utförs en rengöring av ledningssystemet med saltsyra för att ta bort urinsten.

Uppgifter från Petter Jenssen, Norges lantbrukshögskola

Vakuumtoalettsystem i Flintenbreite, Lübeck, Tyskland

År 2000 byggdes Lübecks nya stadsdel Flintenbreite ut. Denna stadsdel är planerad för ekologiskt boende för ca 350 personer. Området är inte anslutet till centralt va-nät utan istället finns tre separata uppsamlingssystem för svartvatten (toalettavfall samt matavfall), BDT-vatten respektive dagvatten. Svartvattensystemet är ett vakuumsystem kopplat till en lokal bioagsanläggning. Argumenten för att välja just ett vakuumsystem var enligt leverantören Roediger Vakuum- & Haustechnik framförallt att få en låg investeringskostnad samt ett gott grundvattensskydd. Utbyggnadstakten i Flintenbreite har dock varit låg. I början av år 2003 hade endast 30 hushåll flyttat in i området.

Ursprungligen var idén att matavfall skulle ledas tillsammans med toalettavloppsvattnet via vattensnåla avfallskvarnar men då sådan teknik inte gick att finna på marknaden valdes istället insamling av matavfall i kärl som sedan tillfördes svartvattnet i en central punkt se Figur 1 och 2.



Figur 1. Till vänster: Station för tillförsel av matavfall med kvarn. Till höger: vakuumpumpstation (Foto: Martin Oldenburg, OtterWasser)



Figur 2. Hygieniseringssteg till vänster och blandningstank för normalt matavfall och klosettatten till höger (Foto: Martin Oldenburg, OtterWasser)

Vakuumtoaletterna är utrustade med en tioliters uppsamlingstank för att undvika stopp i ledningar samt reducera buller (Figur 3). Enligt systemdesignern Ralf Otterpohl så är uppsamlingstankarna väldigt effektiva på att hindra oväsen och att hålla ledningarna torra och därmed hindra stopp. När det har skett stopp så har det varit i mellanliggande tankar och dessa har varit enkla att åtgärda.



Figur 3. Uppsamlingskammare i anslutning till vakuumtoalett (centralt i bilden). (Foto: Martin Oldenburg, OtterWasser)

Som ledningsmaterial används helsvetsade HDPE (High Density Polyethylene) för att undvika stopp. Vid en inspektion av ledningarna i slutet av år 2002 noterades att tunna utfällningar på insidan av vakuumledningar i endast två av de trettio hushållen. Orsaken till att utfällningen har bildats just här har inte kunnat utredas. Dricksvattnet i Lübeck har hög hårdhet vilket borde kunna ge större problem med utfällningar än vad som påträffats. Underhållsbehovet för vakuumsystemet för de trettio hushållen har varit ca 1 timme per vecka.

Uppgifter från Ralf Otterpohl, Hamburgs tekniska universitet, Martin Oldenburg, Otterwasser consultants i Lübeck samt från Roediger Vakuum- & Haustechnik hemsida.
--

Vakuumtoalettsystem i Huddinge häktet

Huddinge häktet har ett vakuumsystem för 130 toaletter i lika många celler fördelade över 4 våningsplan (plan 4-7 i byggnaden). Syftet med valet av ett vakuumsystem är att hindra kommunikation mellan de intagna (det finns inte någon stamledning som passerar flera celler). Vakuumledningarna är samlade till ett vertikalt schakt som leder till vakuum pumpstationen, som står på plan 1.

Vakuumcentralen har två vakuum pumpar av "On-Line" typ. Det innebär att avloppet inte bara sugas från toaletterna utan även pumpas vidare till kommunalt avlopp med samma pumpar. Dessa är också utrustade med en skäranordning som finfördelar fasta partiklar i avloppsvattnet. Vakuum pumparna är av vätskeringstyp och kräver tätningsvatten, som fram tills nu tagits från färskvattennätet med en hög vattenförbrukning som följd. Det har även varit vissa problem med att "dosera" rätt. Man skall inom kort installera två nya vakuum pumpar som inte kräver externt tätningsvatten. De nya pumparna har en vätsketank monterad på sina utlopp där

tillräckligt med avloppsvatten stannar kvar för att säkerställa en god sugförmåga hos pumparna.

Erfarenheterna kring anläggningen är positiva så till vida att de elektroniskt styrda magnetventilerna har varit helt underhållsfria och att pumpstationen har varit relativt driftssäker. Systemet har dock stora driftskostnader beroende på att ovidkommande saker spolats ner i toaletten som t ex handdukar, plastbestick, medicinmuggar m. m. Detta har orsakat stopp och har lett till en årlig driftskostnad på ca 300 tkr. Hittills har man inte rensat ledningarna från utfällningar men det börjar bli alltmer akut. Man söker nu efter en entreprenör som kan utföra arbetet.

I samband med att nya vakuumpumpar installeras kommer även en doseringsutrustning för ett biologiskt rengöringsmedel sättas i bruk. Medlet skall enligt uppgift hindra nybildandet av utfällningar.

Uppgifter från Bengt Pettersson, Specialfastigheter och Bengt Nilsson, Dalkia

Självfällssystem

Snålspolande svartvattensystem i Vibyåsen, Sollentuna kommun

I de drygt 130 hushållen i bostadsområdet Vibyåsen skedde fram till år 2002 lokalt omhändertagande av spillvatten. Med detta menas att hushållens toalettavfall och BDT-vatten tas om hand i och i nära anslutning till området. Toalettavfallet hämtades av en lantbrukare från en gård i närheten som utnyttjade närsalterna som gödning på åkern.

Vattnet från hushållens BDT-vatten renades i en lokal behandlingsanläggning innehållande slamavskiljare, biofilmsreaktor, markbädd och damm. Därefter släpptes det renade vattnet till en bäck.

Enligt Sollentuna Vattens VA-chef Björn Gutfelt så har svartvattnet i vissa delar av området sedan en tid tillbaka varit anslutna till centralt avloppsnät med rening vid Käppalaverket. Under december 2002 kopplades återstående delar till det centrala nätet. Det lokala omhändertagandet av spillvattnet är alltså avvecklat.

Orsakerna till att man upphörde med lokalt omhändertagande var att

- Drifts- och underhållsbehovet var orimligt stort på grund av kapacitetsbrist pumpar, brunnar m. m.
- Lantbrukaren fick kapacitetsproblem eftersom klosettvattnet hade oväntat stor utspädning. Teknik för avvattning fanns men hade driftsproblem
- Besvärande lukt, vilken tycks ha kommit framförallt från dammarna i BDT-vattenreningssystemet

I södra delen av Vibyåsen bestod svartvattensystemet av snålspolande toaletter som kunde användas med 2 respektive 4 liters spolning. Från toaletterna leds svartvattnet

med hjälp av LPS-pumpar i en ledning som börjar med en klen slang, Ø 40 mm längst ut i området och som sedan ökar till Ø 63 mm när ledningen övergår till den norra delen av området. I norra delen leds svartvattnet med självfall och en flödesförstärkare i form av en pump. Initialt fanns farhågor om att igensättningar skulle ske i de klena slangarna t ex på semestertid när innehållet i ledningarna riskerar att torka och fastna, men några problem av detta slag har inte observerats. Däremot beskrev Björn Gutfelt svartvattnet som allt för "tjockt" för LPS-pumparn vilket resulterade i ett stort antal driftsstopp. I en utvärdering av LOS-systemet i Vibyåsen (Aquakonsult, 2001) framgår att det ofta har varit problem med igensättning och trasiga tätningar i LPS-pumparna. Stopp uppträdde ofta också i punkter i systemet som avviker från en jämn lutning i ett likformigt tvärsnitt, t ex i flödesförstärkare, brunnar och andra komponenter i systemet. På grund av stoppen tvingades man spola ledningarna varannan eller var tredje vecka. Aquakonsult (2001) fann också att det förekom stopp i tryckledningar till uppsamlingstankarna för svartvatten och de antog att detta hade att göra med urinbetingad kristallbildning.

På grund av Björn Gutfelts erfarenheter från Vibyåsen säger han att för framtida tillämpningar av självfallssystem för svartvatten bör man undvika "öppna system" och försöka åstadkomma så få avvikelser som möjligt på en ledningssträcka med jämn lutning. Vidare bör man, om det är möjligt för den vidare behandlingen av svartvattnet, tillåta att mer spolvatten används än vad som var fallet i Vibyåsen för att få mer transportmedia och därmed öka flödet i ledningarna.

Uppgifter från Björn Gutfelt, VA-chef, Sollentuna Vatten samt från Aquakonsults utvärdering från 2001

Urinsortering

Kunskapsläget kring urinsortering rapporterades år 2000 av Jönsson m fl. (2000). I rapporten belyses ett antal aspekter på urinsortering, men här tas endast upp de delar som är relevanta för denna förstudie nämligen uppsamlad mängd urinlösning med urinsorterande toaletter samt driftsaspekter på vattenlås och ledningssystem.

Vad gäller uppsamlad urinlösning (urin+spolvatten) så visar undersökningarna att systemen bör dimensioneras för 1,5 – 2,5 liter per person och dygn (beroende på vilken typ av toalett som väljs). Den genomsnittliga hemmavaron var i dessa studier 15 timmar per person.

Med dagens teknik för urinsorterande toaletter kan man räkna med att stopp i vattenlås regelbundet uppträder någon eller några gånger per år. Stoppen orsakas av organiskt material som hår och papper samt utfällning av kalcium- och magnesiumfosfater. Flertalet stopp kan enkelt rensas mekaniskt med en manuellt driven roterande rensvajer, men en del stopp är så hårda att de måste rensas med kemiska metoder. I rapporten rekommenderas natriumhydroxid. Vidare drar man slutsatsen att fler stopp bildas ju hårdare vattnet är. Ökat spolvattenflöde och användning av surt spolvatten motverkar

bildningen av stopp, men medför nackdelar i form t ex ökade transporter (om t ex urinlösningen skall transporteras i tankbil ut till jordbruk).

Vad gäller ledningssystem så är slambildning svår att undvika. Ledningssystem bör byggas så att inspektion samt renspolning av ledningarna är möjlig och byggas med minst 1% lutning och större diameter än 50 mm (helst 110 mm). Renspolning av ledningarna kan göras med normalt vattentryck eller högtrycksspolning.

Uppgifter från Jönsson m. fl. (2000). Källsorterad humanurin i kretslopp. VA-Forsk rapport 2000-1.

Köksavfallskvarnar

En sammanställning av erfarenheter kring köksavfallskvarnar rapporterades år 2001 (Kärrman m. fl. 2001). Rapporten innehåller en handfull aspekter men här tas endast upp de delar som är relevanta för denna förstudie nämligen vattenförbrukning, energianvändning och teknisk funktion.

Vattenförbrukningen i en konventionell köksavfallskvarn varierar efter behov. Två litteraturreferenser pekade dock på att en satsvis matad kvarn i medeltal kräver ca 3 liter vatten per malningstillfälle. Vid normal användning kan ett hushåll förväntas förbruka 5 kWh per år för malning med kvarn.

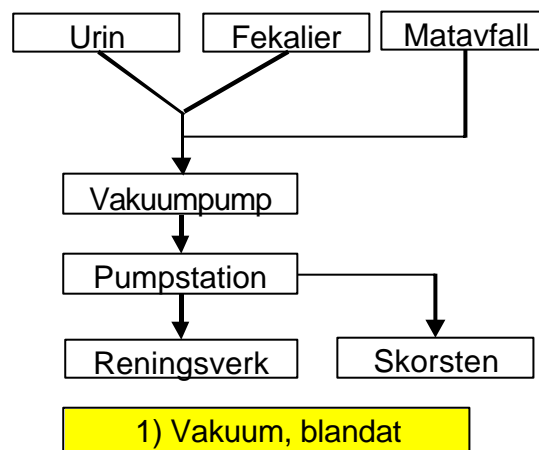
Ur teknisk synpunkt kan eventuella tekniska problem med ett införande av köksavfallskvarnar främst uppstå i fastighetens rörinstallationer där ökade antal igensättningar och stopp kan uppträda och i avloppsreningsverket där ökade mängder slam genereras jämfört med konventionellt avloppssystem. Om ledningssystemet är i dålig kondition och t ex svackor uppträder kan det finnas risk för ökad frekvens av stopp och svavelvätebildning.

Uppgifter från Kärrman m. fl. (2001). Köksavfallskvarnar – en teknik för uthålligresursanvändning? En förstudie i Göteborg. VA-Forsk rapport 2001-2.

Förslag till tekniskt utförande i Hammarby sjöstad och kostnadsberäkning

Alternativ 1: Vakuumsystem, blandat svartvatten

I samtliga lägenheterna installeras vakuumtoaletter och köksavfallskvarn (placerad i egen ho i diskbänk). Vakuumledningarna utförs som PE Ø50 för horisontell delar och PE Ø63 för stammar. Klosettvattnet och matavfall sugts till en vakuumpumpstation och trycks vidare till Stockholm Vattens pumpstation. Därifrån trycks svartvattnet i en PE Ø90 ledning till pilotreningsverket på Henriksdalsberget. Luften transporteras vidare i en Ø110 ledning som ansluts till lämplig avluftningskanal i Henriksdalsverket. En principiell figur över systemet visas i Figur 4.



Figur 4. Alternativ 1: Vakuumsystem för blandat svartvatten

För uppsamling av klosettvattnet och matavfall föreslås en anläggning med tre vakuumpumpar av s.k. ”On Line pump”, en vakuumpump som inte bara evakuerar luft från ett vakuumledningsnät utan också pumpar det uppsamlade avloppsvattnet vidare.

Pumpen är av vätskeringtyp och även försedd med en skäranordning som finfördelar innehållet i avloppsvattnet.

Varje pump har en kapacitet motsvarande 520 spolningar per timme.

Teoretisk skulle därför 2 pumpar kunna klara 250 lägenheter à 2,2 personer. För reserv- och maxbelastningar bör antalet pumpar vara minst 3 st.

Pumparna kräver ringa utrymme och kan enkelt ställas upp i ett källarplan för att pumpa avloppet direkt till en intilliggande pumpstation.

Det som talat mot denna typ av station är att pumparna tidigare krävt tätningsvatten för att kunna skapa vakuum (se rapport angående anläggningen i Huddingeområdet). Enligt uppgift från leverantören har man nu tagit fram en ny serie pumpar som inte kräver

något externt tillskott av tätningsvatten. Istället används avloppsvattnet. Teoretiskt sett kan det innebära ett något ökat slitage av pumparna (författarnas spekulation) eftersom en renvattentillförsel bör ge en rening av skäranordning, rotor och rotorhus. Om leverantören ger tillfredsställande garantier är detta dock utan tvekan ett mycket intressant alternativ.

Pumparna är utrustade med en motor på 5,5 kW med ett effektuttag på ca 3,5 kW. Kapaciteten vid aktuellt arbetsvakuum är ca 30 m³/h fri luft.

Denna station kräver en separat pumpstation för avloppets vidare pumpning till reningsverket.

Kostnader avseende det allmänna VA-systemet

Investeringskostnaden för systemet för överföring av svartvatten till pilotreningsverket har uppskattats till 3,5 Mkr (se Bilaga 1).

Driftskostnader för elförbrukning blir marginella (under 1 tkr per år). Drift och underhåll av pumpstation och tryckledning beräknas uppgå till ca 50 tkr per år. Tryckledningen beräknas kunna rensas effektivt från utfällningar och slambildning genom att skicka en renspropp genom ledningen vid några tillfällen per år.

Kostnader för fastighetsägare

Investeringskostnaden för systemet beräknas bli ca 10,3 Mkr och den årliga drifts- och underhållskostnaden beräknas bli ca 160 tkr.

Den största delen av investeringskostnaderna (ca 7,3 Mkr) är lagda inne i lägenheterna i form av stamledningar, horisontella ledningar, vakuumtoaletter, avfallskvarn, magnetventiler o.s.v. medan on-line pumparna med tillhörande styrsystem står för en betydligt mindre del av investeringen (2,8 Mkr).

Driftskostnaderna domineras av driftsbehov vid tillfälliga stopp som uppskattas till 16 timmars arbetstid per månad (58 tkr/år), därefter följer vattenförbrukningen (51 tkr/år) som baseras på en uppskattad vattenförbrukning på 7 m³ per dygn från området (se Tabell 1). Vidare ingår elförbrukning (32 tkr/år) samt en årlig underhållskostnad för rensning av utfällningar på insidan av ledningar som beräknas bli 19 tkr/år. Rensning antages ske vart tredje år.

Alternativa lösningar

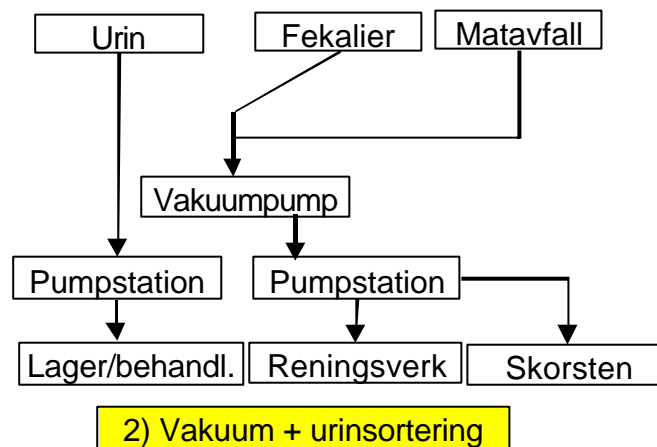
En annan möjlig lösning för ett vakuumsystem är det vinnande tävlingsbidraget i LIP-kansliets och Stockholm Vattens tekniktävling för svartvattensystem i Hammarby sjöstad. Detta förslag består av en vakuumstation med 4 vakuumpumpar, 2 vakuumtankar och 2 tömningspumpar. Stationen var utformad så att en vakuumtank åt gången fylldes medan den andra under tiden hade atmosfäriskt tryck och kunde tömmas. Det bör påpekas att LIP-tävlingen inte omfattade en kompakt huskomplex som nu utvalts utan hade ett typhus med 16 lägenheter. Tävlingen omfattade 500 lägenheter vilket således motsvarar ca 30 hus. Stationen var därför tänkt placerad som en separat byggnad på ett lämpligt ställe inom detta område. Eftersom det nu inte rör sig om 30

utspridda hus behövs inte något markförlagt vakuumledningsnät. Vakuumstationen kan även nu placeras i en separat byggnad utanför aktuellt huskomplex men mycket väl också någonstans i dess källarplan. Den principiella lösningen från tekniktävlingen står sig i övrigt väl trots de nya förutsättningarna.

Ytterligare ett alternativ är att skapa vakuum genom att pumpa uppsamlat avloppsvatten genom en vattenejektor. En avloppspump suger avloppsvattnet från en pumpsump och trycker det genom ett munstycke i ejektorn. I ejektorhuset skapas då ett högt vakuum så att det relativt högre trycket i ledningsnätet öppnar en backventil så att luft och toalettwater sugas in i ejektorhuset och följer med vattenstrålen in i pumpsumpen.

Alternativ 2: Vakuumsystem med urinsortering

En principiell bild av alternativ 2 ges i figur 5.



Figur 5. Alternativ 2: Vakuumsystem för fekalier och matavfall. Urinsortering med självfallssystem

Det fanns vid tiden för denna utredning inte någon färdigutvecklad urinsortande vakuumtoalett som samtidigt ser modern och snygg ut. Det bör dock nämnas att det på svenska marknaden finns en urinsortande toalett med viss vakuumfunktion, och som används främst i fritidshus. Toaletten är inte en renodlad vakuumtoalett så till vida att den skall anslutas till ett vakuumledningsnät. Istället används för varje toalett en s.k. vakuumenhet, som suger ut vattenlåset direkt till en självfallsledning.

För fallet Henriksdalshamnen så krävs är att en helt ny produkt tas fram. Man måste då fråga sig om det skall vara en funktion i enlighet med PoV, Pump- och Vakuumsystem ABs tävlingsbidrag eller om det skall vara en ”konventionell” vakuumtoalett, dvs. med tömningsventilen placerad i porslinet och med en extra främre avdelning. Kanske har den första varianten en större flexibilitet då den kan byggas in i vakuumsystem med tömningsventiler i ett trapphus men också kan användas med en separat vakuumenhet.

De flesta urinsortande toaletter som idag finns på marknaden är i princip en vanlig spoltoalett som försetts med en separat främre avdelning för urin. En urinsortande

vakuumtoalett skulle mycket väl kunna vara uppbyggd på samma sätt. Det som skiljer en spoltoalett och en vakuumtoalett, förutom själva spoltekniken, är att vakuumtoalettens utlopp och vattenlås har en betydligt mindre volym. Anslutande ledning till vakuumtoaletten är 50 mm mot 110 mm för spoltoaletten. Ledningssystemet har också helt olika dimensioner. Små ledningsdimensioner är som regel en förutsättning för en god transport i ett vakuumtoalettsystem.

En prototyp till en urinsortierande vakuumtoalett har utvecklats av Otter-Wasser GMBH det tillsammans med tillverkaren Roediger från Tyskland. Lösningen fick ett hedersomnämmande i tekniktävlingen för uppsamling av matavfall och klosettavfall i Hammarby sjöstad, men fanns inte ute på marknaden vid tiden för denna utredning och har därmed inte undersökts närmare.

Kostnader avseende det allmänna VA-systemet

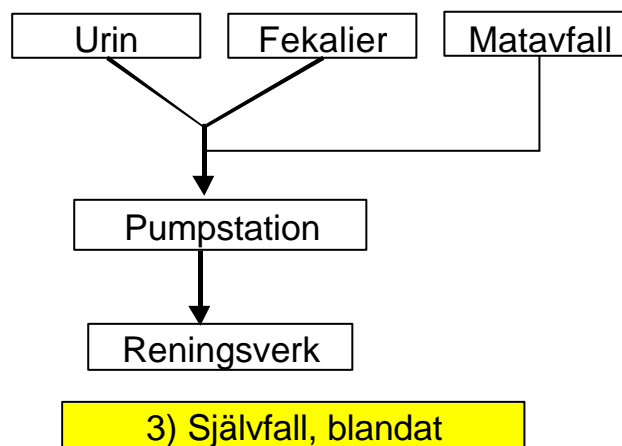
Genomförs ej p.g.a. brist på komponenter på marknaden.

Kostnader för fastighetsägare

Genomförs ej p.g.a. brist på komponenter på marknaden.

Alternativ 3: Snålspolande system, blandat svartvatten

I detta system installeras en dubbelspolande toalett med 2 respektive 4 liters spolning. Vidare installeras en konventionell köksavfallsskvarn till en separat ho för malning och transport av matavfall. Horisontella delar av systemet i lägenheterna utförs som MA-rör 75 och stammar som MA rör 100. Avloppsvatten från avfallsskvarn och toalett leds samman i stamledning och leds vidare i en självfallsledning till Stockholm Vattens pumpstation. Avluftning av toaletter sker via stamledningar över taken på husen. Från pumpstationen trycks svartvattnet till pilotreningsverket i en PE Ø90 ledning. En principiell bild av alternativet ges i figur 6.



Figur 6. Alternativ 3: Självfallssystem för blandat svartvatten

Kostnader avseende det allmänna VA-systemet

Investeringskostnaden för systemet för överföring av svartvatten till pilotreningsverket har uppskattats till 3,0 Mkr (se Bilaga 1).

Driftskostnader för elförbrukning blir marginella (under 1 tkr per år). Drift och underhåll av pumpstation och tryckledning beräknas uppgå till ca 50 tkr per år. Tryckledningen beräknas kunna rensas effektivt från utfällningar och slambildning genom att skicka en renspropp genom ledningen vid några tillfällen per år.

Kostnadsberäkning för fastighetsägare

Investeringskostnaden för systemet beräknas bli ca 5,0 Mkr och den årliga drifts- och underhållskostnaden beräknas bli 150 tkr.

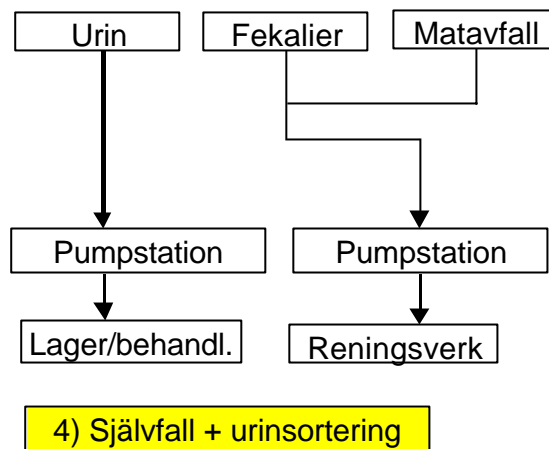
Detta system har betydligt färre komponenter än vakuumsystemet, bl. a. ingen pumpstation och inget styrsystem och innehåller därmed mindre investeringar.

Systemet har också lägre drifts- och underhållskostnader vilket beror på att ingen kontinuerlig tillsyn krävs av självfallsystemet. Totalt beräknas 8 arbetstimmar per åtgång för drift (29 tkr/år). Alternativets elförbrukning, ca 2 tkr/år består av drift av avfallskvarnar. Den största driftskostnaden i detta alternativ är vattenförbrukningen (117 tkr). Denna kostnad baseras på en uppskattad vattenförbrukning på 16 m³ per dygn från området (se Tabell 1).

Alternativ 4: Snålspolande system med urinsortering

I detta system installeras en urinsorterande toalett. Urinen samlas upp separat i en främre skål och leds med små mängder spolvatten via horisontell ledning PE Ø50 och stamledningar PE Ø75 för vidare transport i en självfallsledning som för urinen från hela kvarteret till en separat pumpstation (Stockholm Vattens).

Fekalier och toapapper spolas på konventionellt sätt till en horisontell ledning MA Ø75 och stamledning MA Ø100. Till samma stamledning leds även normalt matavfall via konventionell köksavfallskvarn. Fekalier, toapapper, matavfall och spolvatten transporteras i en självfallsledning till en separat pumpstation (Stockholm Vattens). Avluftning från toaletter sker via stamledningar över taken på huset. En principiell bild över alternativet ges i figur 7.



Figur 7. Alternativ 4: Urinsortering. Självfallssystem för fekalier och matavfall och självfallssystem för urin.

Kostnader avseende det allmänna VA-systemet

Investeringskostnaden för systemet för överföring av svartvatten till pilotreningsverket har uppskattats till 4,0 Mkr (se Bilaga 1).

Driftskostnader för elförbrukning blir marginella (under 1 tkr per år). Drift och underhåll av pumpstation och tryckledning beräknas uppgå till ca 75 tkr per år. Tryckledningarna beräknas kunna rensas effektivt från utfällningar och slambildning genom att skicka en renspropp genom ledningarna vid några tillfällen per år.

Kostnadsberäkning för fastighetsägare

Investeringskostnaden för systemet beräknas bli ca 6,5 Mkr och den årliga drifts- och underhållskostnaden beräknas bli ca 190 tkr.

Investeringarna är högre i detta system än i alternativ 3 beroende på den dyrare toaletten med två skålar samt dubbel ledningsdragning. Även drifts- och underhållskostnaderna är högre vilket beror på att vi antar att det behövs driftspersonal för att åtgärda stopp i vattenlås och klena ledningar speciellt från urinskålen (uppskattat till 58 tkr/år).

Kostnaden för vattenförbrukning på 124 tkr/år är likvärdig som alternativ 3.

Uppskattningen baseras på en 17 m³ vattenförbrukning på per dygn från området (se Tabell 1).

Vidare antages rensningen för att undvika uppbyggnad av utfällningar kosta 10 tkr per år.

Uppskattning av flöden

Förutsättningar för flödesberäkningar

Det kvarter som har valts ut som aktuellt för tillämpning av svartvattensystemet är beläget i nordvästligaste delen av Henriksdalshamnen. Kvarteret beräknas innehålla 250 lägenheter. Vidare beräknas varje lägenhet ha i genomsnitt 2,2 boende vilket stämmer överens med förutsättningarna för tekniktävlingen *System för separat uppsamling av matavfall och avloppsvatten från klosetter* (LIP-kansliet och Stockholms stad, 2001).

Matavfall

I alternativen med snålspolande självfallssystemet beräknas mängden malbart matavfall vara 0,14 kg/person, dygn (två tredjedelar av mängden genererat matavfall) samt innehålla 35% torrsubstans. Vidare antages att hushållen i genomsnitt använder avfallskvarnen 2,4 gånger per dygn och mal i genomsnitt 30 sekunder samt förbrukar 3,0 liter vatten per malningstillfälle. Samtliga dessa uppgifter är hämtade från rapporten *Köksavfallskvarnar – en teknik för uthållig resursanvändning?* (Kärrman m. fl. 2001).

I alternativen med vakuumsystem används den matavfallskvarn som fanns med i det vinnande bidraget i tekniktävlingen från Pump- och Vakuumsystem AB (2002). Denna kvarn använder 2,0 liter vatten per hushåll och dygn. Mängden matavfall förutsätts vara samma som i alternativen med snålspolande självfallssystem.

Urin

Mängd som beräknas genereras är 1,5 kg/ person, dygn. Detta värde är hämtat från en studie med insamling av dygnsurinprover från vuxna personer (Hellström och Kärrman, 1996). Torrsubstansmängden i urin antages vara 58 g TS per person och dygn i enlighet med Vinnerås (2002). Mängden urin som genereras per person har reducerats på grund av att personerna förväntas vara hemma i genomsnitt 15 timmar per dygn samt att utsöndringen är proportionell mot tiden (Jönsson m. fl. 2000). Vidare beräknas 30% av den genererade mängden urin felsorteras och hamna i fekaliefractionen. Detta är ett medelvärde baserat på mätningar på uppsamling av urin från urinsorterande toaletter av Jönsson m. fl. (2000).

Fekalier

Mängd som beräknas genereras är 0,14 kg/ person, dygn varav 0,027 kg torrsubstans (Vinnerås, 2002). Mängden fekalier som genereras per person har reducerats på grund av att personerna förväntas vara hemma i genomsnitt 15 timmar per dygn samt att utsöndringen är proportionell mot tiden (Jönsson m. fl. 2000).

Toapapper

Beräknad användning av toapapper är 0,09 kg/dygn varav 0,0085 kg torrsubstans (Vinnerås, 2002). Mängden toapapper som används har reducerats på grund av att personerna förväntas vara hemma i genomsnitt 15 timmar per dygn (Jönsson m. fl. 2000) samt att toalettbesöken antas vara jämnt fördelade över dygnet.

Spolningar

Antalet spolningar per person under tiden de är hemma i sin lägenhet beräknas vara 6 st. Då dubbelspolande toaletter utan urinsortering nyttjas beräknas 2 av dessa vara ”stor spolning” och övriga 4 ”liten spolning”. I alternativen med urinsortering antages att toaletten spolas separat för urin respektive fekalier. I dessa fall beräknas varje brukare spola 6 gånger för urin och 2 gånger för fekalier under hemmavarotiden per dygn.

I det snålspolande självfallssystemet förutsätts att dubbelspolande toaletter används med liten spolning: 2 liter/spolning och stor spolning: 4 liter/spolning. Föreslagen vakuumpolett för blandat svartvatten är en revidering av bidraget till tekniktävlingen från PoV, Pump- och Vakuumsystem AB (2001). Toaletten använder 0,4 liter för liten spolning och 1,2 liter för stor spolning.

De urinsorterande toaletter (såväl i snålspolande självfallssystem som i vakuumsystemet) beräknas använda 0,2 liter vatten per spolning vilket ungefärligen överensstämmer med produktblad från leverantörer av urinsorterande toaletter (WostMan Ecology, 2003; BB Innovation, 2003).

Tabell 1. Sammanställning av beräknat och uppmätt dygnsflöde och TS-halt i de fyra systemen för 250 lägenheter i Henriksdalshamnen

	1) Vakuum, blandat	2) Vakuum, urinsortering	3) Självfall, blandat	4) Självfall, urinsortering
Beräknat dygnsflöde för svartvatten	3,4 m ³ TS: 2,5%	1,6 m ³ TS: 3,4%	10,0 m ³ TS: 0,9%	5,2 m ³ TS: 1,1%
Uppmätt dygnsflöde för svartvatten ¹	7 m ³ TS: 0,75%		16 m ³ TS: 0,6%	17 m ³ TS: 0,1%
Beräknat dygnsvärde för urin		1,0 m ³		1,0 m ³
Uppmätt värde för urin ²		0,7-1,2 m ³		0,7-1,2 m ³

1) Uppmätt värde för alternativ 1 baseras på flödesmätningar i Bältinge med ett tillägg för ett teoretiskt flöde från köksavfallskvarnar (Palmquist, 2001), Uppmätt värde från alternativ 3 baseras på flödesmätningar i Vibyåsen (Ove Östling, Uppsala kommun, muntligen) med ett tillägg för ett teoretiskt flöde från köksavfallskvarnar. Uppmätt värde från alternativ 4 baseras på mätningar i Ekoporten (Björn Vinnerås, SLU, muntligen) med ett tillägg för ett teoretiskt flöde från köksavfallskvarnar

2) Uppmätt värde av flöde från urinsorterande system är baserat på Jönsson m. fl. (2000).

I tabell 2 har förutom beräknade dygnsflöden även uppmätta flöden sammanställts. Det visar sig att uppmätta värden är högre än de beräknade. Detta beror troligen på att det tillkommer flöden i ett verkligt system som vi förbiset i beräkningarna och att det finns ”barnsjukdomar” i de relativt unika systemen där mätningarna har gjorts. För att vara på säkra sidan utgick vi från de uppmätta värdena när vi dimensionerade de tekniska komponenterna och beräknade driftskostnaderna i föregående kapitel.

Transport av svartvatten och urin från fastighet till pilotreningsverket

Ett svartvattensystem införs i det nordvästra kvarteret, enligt översiktsplan, i Henriksdalshamnen. Svartvattnet och eventuellt utsorterad urin från kvarteret leds till en pumpstation som pumpar till befintlig pilotreningsanläggning på Henriksdalsberget.

Befintligt ledningsnät som berörs på sträckan i mark antas läggas om i samband med produktion av nytt bostadsområde.

Ledningssträckan med numrering enligt bilagda ritningar:

- 1-2 Pumpstation intill befintlig kaj och normal ledningsförläggning i gatumark till vägslänt.
- 2-3 Förläggning i foderrör som drivs under vägen till infartstunnel Henriksdalsverket med hammarborring.
- 3-4 Ledningsförläggning på tunnelvägg. Anslutning av avluftningsledning till lämplig frånluftskanal ansluten till Henriksdalsverkets skorsten
- 4-5 Ledningsförläggning i nytt borrhål från Henriksdalsberget utanför befintlig pilotreningsanläggning till tunnel.

Alternativt utnyttjas befintligt borrhål Ø150 ovanför försedimentering F2. Detta borrhål nyttjas idag fram till år 2007 för 2 stycken ledningar Ø63 till pilotanläggningen.

Sammanfattande diskussion

Teknik

Från erfarenhetsinsamlingen i Sverige, Norge och Tyskland samt studier i litteratur fann vi exempel som tekniskt sett påminner om systemalternativ 1) vakuumsystem för blandat svartvatten, 3) självfallssystem för blandat svartvatten och 4) självfallssystem för svartvattensystem med urinsortering (två ledningar - en för urin och en för svartvatten utan urin). Vi fann däremot inte något exempel som liknar alternativ 2-vakuumsystem med urinsortering och därför har detta system endast studerats översiktligt.

Det bör dock påpekas att vi inte har hittat något genomfört system med ett gemensamt system för normalt matavfall (via köksavfallskvarn) och klosettatten. Det närmaste vi kom detta var exemplet från Flintenbreite i Lübeck där man i ett sent skede valde att inte införa köksavfallskvarnar på grund av att de kvarnar som då fanns på marknaden (år 2000) krävde alltför stor mängd spolvatten som ledde till för stor utspädning av svartvattnet för att den lokala biogasanläggningen skulle fungera. För att hålla nere volymen valde man då istället att samla upp matavfall i kärl och tömma dessa i en mottagningsstation med avfallskvarn i anslutning till den lokala biogasanläggningen.

Det vinnande förslaget i LIP-kansliets och Stockholm stads tekniktävling för svartvattensystem innehöll en konventionell köksavfallskvarn med en låg vattenförbrukning genom att kombinera vakuumteknik med en styrd malningsprocess. Vi tror att idén med ett gemensamt insamlingsystem för matavfall och klosettatten är utvecklingsbart men på grund av avsaknaden av erfarenheter föreslås att det först genomförs ett pilottest med omkring ett dussintal lägenheter för att hämta in mer erfarenhet inför det större försök som är förutsättningen i denna rapport (250 lägenheter).

En av knäckfrågorna vid ett införande av svartvattensystem är hur man minimerar antalet driftsstopp. Detta problem kommer sannolikt att kunna reduceras i Hammarby sjöstad eftersom förutsättningarna är mer gynnsamma än i samtliga andra exempel som vi studerat. Framförallt eftersom:

- de för ledningstransporten kritiska horisontella ledningsdragningarna är korta
- nya innovativa systemkomponenter har utvecklats på senare tid (se vidare i kapitlet *Erfarenheter av svartvattensystem och dess komponenter*)
- många personer bor på en koncentrerad yta, vilket ger ett relativt stort flöde och därmed en god genomspolning av ledningar
- på grund av avvattningsmöjligheter i pilotreningsverket behöver inte extremt snålspolande system införas (vilket kan vara kritiskt för ledningstransporten)

För omhändertagandet av svartvatten är det i allmänhet en stor fördel om volymen svartvatten är så liten som möjligt. I jämförelse mellan de studerade alternativen ger vakuumsystemen ett betydligt lägre flöde än självfallssystemen. Erfarenhetsvärden omräknade till Hammarby sjöstad-exemplet ger 3.4 m³ insamlad volym per dygn för

vakuumsystemet och 16 m³ för självfallssystemet. Införande av urinsortering tycks inte medföra minskning av flödet i ett självfallssystem om inte ett system med papperskorgar för använt toapapper vid urinering införs (mycket vatten används annars för att spola ner papper).

En annan knäckfråga är hur man undviker utfällningar på insidan av rörledningar och/eller finner bra metoder för att avlägsna utfällningar. Underhållsåtgärder såsom mekanisk rensning eller syratvätt har fram tills nu varit nödvändiga. Vid Huddinge häktat kommer man framöver testa en produkt innehållande aeroba och anaeroba bakterier som doseras i systemet för att förebygga utfällningar. Resultat från användning av detta medel i Norge har varit goda men det finns ännu ingen systematisk utvärdering gjord över produktens effektivitet.

Ekonomi

Kostnaderna för svartvattensystemen för fastighetsägarna varierar för de olika alternativen, se tabell 2. De antagna förutsättningarna för de 250 lägenheterna ger en investeringskostnad på 5,0-10,3 Mkr för svartvattensystemet i de tre kostnadsberäknade fallen där vakuumsystemet är ungefär dubbelt så kostnadskrävande som ett blandat självfallssystem. Ett konventionellt självfallssystem för både grå- och svartvatten inklusive inkopplad köksavfallskvarn beräknas kosta 5,8 Mkr i investering. Ett separat gråvattensystem (som måste införas i samtliga studerade alternativ) beräknas kosta 2,4 Mkr. På basis av dessa beräkningar har fastighetsägarens merkostnad för investering kunnat beräknas (se tabell 2). Merkostnaden varierar från 1,6 Mkr (blandat självfallssystem) till 6,9 Mkr (blandat vakuumsystem).

Fastighetsägarna kommer också få drifts- och underhållskostnader i form av vatten- och energiförbrukning samt för att åtgärda stopp och underhålla systemet. Dessa förväntas dock inte variera särskilt mycket mellan alternativen (se tabell 2).

Kostnaderna för VA-huvudmannen (i det här fallet Stockholm Vatten) varierar mindre mellan systemen och driftkostnaderna förväntas bli relativt små (Se tabell 3). Erfarenheterna från andra exempel och litteratur visar att problem med stopp i ledningar av olika anledningar uppstår framförallt på fastighetssidan. Det som krävs av huvudmannen är en regelbunden mekanisk rensning av ledningarna genom att släppa en renspropp i ledningen. Energikostnaderna för pumpning blir låga.

Tabell 2. Sammanställning av kostnader för fastighetsägare

	Konv ¹ .	1) Vakuum blandat	2) Vakuum, urinsortering	3) Självfall, blandat	4) Självfall, urinsortering
Fastighetsägares investeringskostnad för svartvattensystem	-	10,3 Mkr		5,0 Mkr	6,5 Mkr
Fastighetsägares investeringskostnad för BDT-system	-	2,4 Mkr		2,4 Mkr	2,4 Mkr
Fastighetsägares totala investeringskostnad och merkostnad för svartvattensystem inom parentes	5,8 Mkr	12,7 Mkr (6,9 Mkr)		7,4 Mkr (1,6 Mkr)	8,9 Mkr (3,1 Mkr)
Fastighetsägares drifts- och underhållskostnad för svartvattensystem	-	160 tkr/år		150 tkr/år	190 tkr/år

1) "Konv." är en konventionell lösning där samtliga flöden (WC, avfallskvarn och BDT leds i en och samma ledning).

Tabell 3. Sammanställning av kostnader för VA-huvudman

	1) Vakuum, blandat	2) Vakuum, urinsortering	3) Självfall, blandat	4) Självfall, urinsortering
Investeringskostnad för det allmänna VA-system (exkl. BDT-system)	3,5 Mkr		3,0 Mkr	4,0 Mkr
Drifts- och underhållskostnader för det allmänna VA-systemet (exkl. BDT-system)	50 tkr/år		50 tkr/år	75 tkr/år

Referenslista

- Aquakonsult (2001). Södra Vibyåsens spillvattenanläggning. Utvärdering av lokalt omhändertagande av spillvatten
- BB Innovation. WC-dubletten. www.dubbletten.nu (hämtat från web 2003-01-15).
- Hellström, D., och Kärrman, E. (1996). Nitrogen and phosphorus in fresh and stored urine. Environmental Research Forum Vol. 5-6, sid. 221-226.
- Jönsson, H., Vinnerås, B., Höglund, C., Stenström, T.-A., Dalhammar, G., Kirchmann, H. (2000). Källsorterad humanurin i kretslopp. VA-Forsk rapport 2000-1.
- Kärrman, E., Olofsson, M., Persson, B., Sander, A., Åberg, H. (2001). Köksavfallsvarnar - en teknik för uthållig resursanvändning? VA-Forsk rapport 2001-2.
- LIP-kansliet och Stockholms stad (2001). System för separat uppsamling av matavfall och avloppsvatten för klosetter. Instruktion för deltagare i Tekniktävling.
- Palmquist, H. (2001). Hazardous Substances in Wastewater Systems – a delicate issue for wastewater management. Licentiatavhandling 2001:65 vid avdelningen för VA-teknik, Luleå tekniska universitet.
- PoV, Pump- och Vakuumsystem AB (2001). Bidrag till tekniktävlingen *System för separat uppsamling av matavfall och avloppsvatten för klosetter*.
- Vinnerås, B. (2002). Possibilities for Sustainable Nutrient Recycling by Feecal Separation Combined with Urine Diversion. Agraria 353. Doktorsavhandling vid institutionen för lantbruksteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU).
- Wost Man Ecology AB. WM-DS Sorterande toalett www.wost-man-ecology.se (Hämtat från web 2003-01-15).

Bilaga 1: Investeringskostnader avseende det allmänna VA-systemet

Alternativ 1: Vakuumsystem, blandat svartvatten

Alternativet att ledningar dras via med nytt borrhål redovisas.

	Längd (m)	à pris (kr/m)	Kostnad (kr)
Punkt 1			
Pumpstation med överbyggnad	-	-	1 000 000
Pumpar: 2 st. pumpar DP3152 HT-281 inkl startutrustning och rör+ventil	-	-	250 000
Ledningssträcka 1-2			
Svartvattenledning PE 90 och luftledning PE 110 i ledningsgrav	220	3000	660 000
Ledningssträcka 2-3			
Hammarborrning, foderrör Ø400 inkl. schackt vid båda sidor av vägen	50	10000	500 000
Svartvattenledning PE 90 och luftledning PE 110 i foderrör	50	1000	50 000
Ledningssträcka 3-5			
Upphängning av PE 90 och PE 110 ledningar i bergrum och tunnlar	150	2000	300 000
Anslutning av avluftningsledning till befintlig frånlufts kanal	-	-	5 000
Punkt 5			
Hammarborrning	50	10000	500 000
Ledningsdragning	50	2000	100 000
Svartvattenledning PE 90 i reningsverk	50	2000	100 000
Summa investeringskostnad			3 465 000

Alternativ 2: Vakuumsystem, urinsortering

Alternativet kostnadsuppskattas ej eftersom den önskade typen av urinsorterande vakuumtoalett saknas på marknaden.

Alternativ 3: snålspolande system, blandat svartvatten

Alternativet att ledningar dras via med nytt borrhål redovisas.

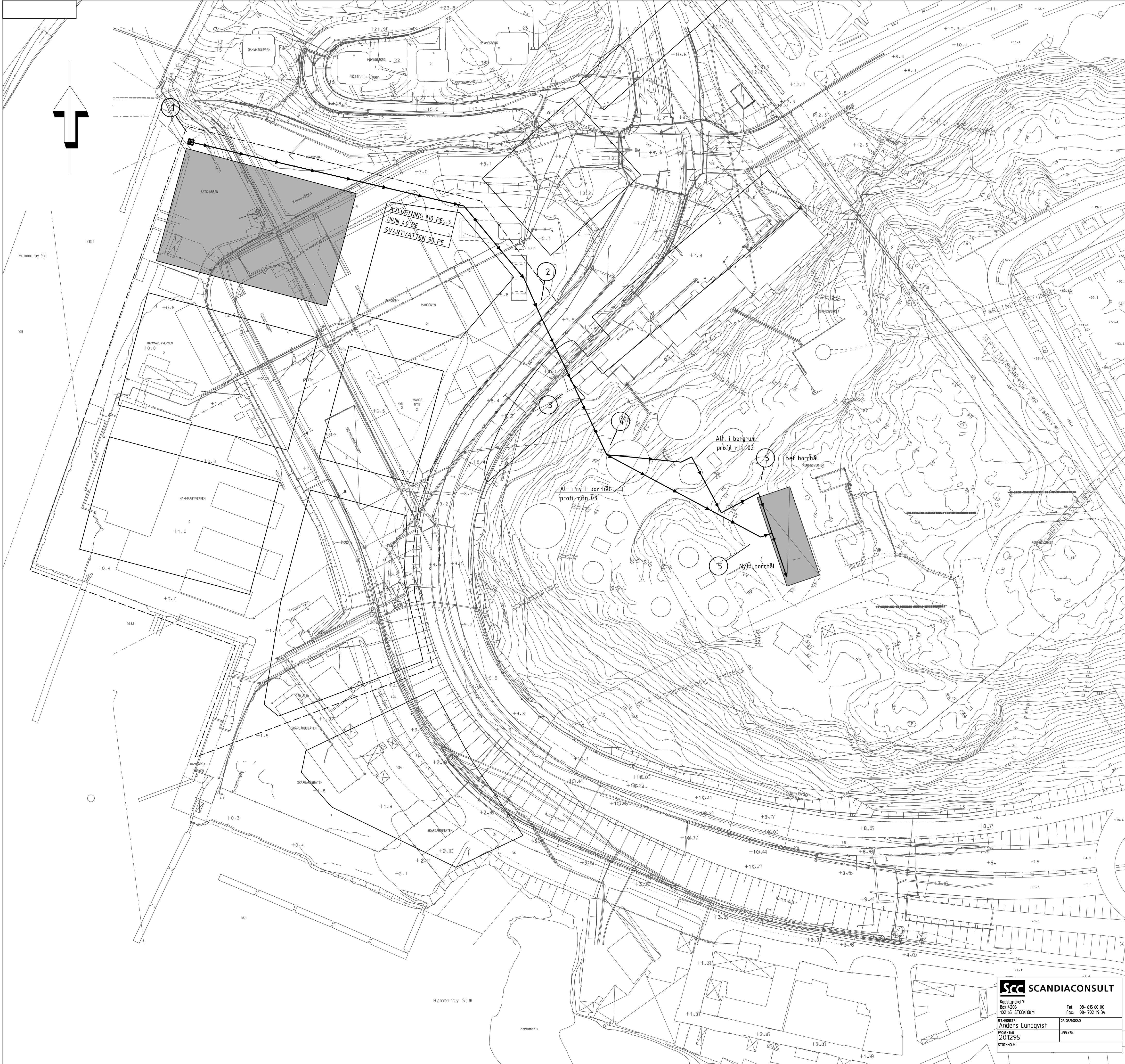
	Längd (m)	à pris (kr/m)	Kostnad (kr)
Punkt 1			
Pumpstation med överbyggnad, 1 st.			1 000 000
Pumpar 2 st. DP3152 HT-281 inkl starutrustning och rör+ventil	-	-	250 000
Ledningssträcka 1-2			
Svartvattenledning PE 90	220	2000	440 000
Ledningssträcka 2-3			
Hammarborrning, foderrör Ø400 inkl. schackt vid båda sidor av vägen	50	10000	500 000
Svartvattenledning P90 i foderrör	50	500	25 000
Ledningssträcka 3-5			
Upphängning av ledning i bergrum och tunnlar	150	500	75 000
Punkt 4-5			
Hammarborrning	50	10000	500 000
Ledningsdragning	50	2000	100 000
Svartvattenledning PE 90 i reningsverk	50	2000	100 000
Summa investeringskostnad			2 990 000

Alternativ 4: Snålspolande system med urinsortering

Alternativet att ledningar dras via med nytt borrhål redovisas.

	Längd (m)	à pris (kr/m)	Kostnad (kr)
Punkt 1			
2st. Pumpstationer med en överbyggnad			1 500 000
Pumpar: 2 st. DP3152 HT-281 inkl startutrustning och rör+ventil (för svartvatten)	-	-	250 000
Pumpar: 2 st. HX 5-9 med startutrustning (för urinvatten)	-	-	50 000
Ledningssträcka 1-2			
Svartvattenledning PE 90 och urinledning PE 40 i ledningsgrav	220	3000	660 000
Ledningssträcka 2-3			
Hammarborrning, foderrör Ø400 inkl. schakt vid båda sidor av vägen	50	10000	500 000
Ledningssträcka 3-4			
Upphängning av svartvatten ledning PE 90 och urinledning PE 40 i bergrum och tunnlar	150	2000	300 000
Punkt 4-5			
Hammarborrning	50	10000	500 000
Ledningsdragning	50	2000	100 000
Svartvattenledning PE 90 och urinledning PE 40 i reningsverk	50	3000	150 000
Summa investeringskostnad			4 010 000

Bilaga 2. Plan- och profilritningar



- BETECKNINGAR OCH FÖRKORTNINGAR**
- BD - Bräddvattledning
 - BR - Brädd- och avloppsledning
 - KL - Källvattenledning
 - LE - Ledningsledning
 - KE - Kollektiv avloppsledning
 - SK - Spälvattledning som i v fungerar som spillvattledning
 - SV - Svartvattledning
 - VA - Vattentjänstledning
 - VR - Vattentjänstledning (reducerad)
 - VN - Vattentjänstledning (normal)
 - VV - Vattentjänstledning
- PLANERAD LEDNING, TUNNEL, BRUNN ELLER ANDRÖNING**
- Ledning eller anordning av befintlig ledning för alla dim vid skala 1:200
 - Ledning eller anordning av befintlig ledning för alla dim vid skala 1:400
 - Ledning eller anordning av befintlig ledning för alla dim vid skala 1:800
 - Ledning eller anordning av befintlig ledning för dim 400 vid skala 1:400 och för dim 200 vid skala 1:200
 - Ledning som skall stoppas/är ur funktion
 - Propagadledning
 - Framtida ledning eller på annan ritning redovisad ledning
 - Tryckledning för avlopp
 - Dimensionsförändring för vattenledning
 - Nedstigningsbrunn för tillverkad
 - Nedstigningsbrunn eller ventilkammare plattsjuten
 - Nedstigningsbrunn med sandfänge och galler
 - Nedstigningsbrunn med sandfänge och lock
 - Tällningsbrunn TBII normal 315-400mm Iperkolationsbrunn/PIeller rennsbrunn RInormal 225mm
 - Dagvattnetsbrunn Iservis 225mm
 - Avsättningsanordning
 - Brandpost
 - Luftränningsanordning
 - Avtappningsanordning
 - VIK - Vattenkastare
 - SP - Spölpöst
 - DR - Dricksfontän
 - Bergtunnel, Tunnelfunktion och dimension anges
 - Sänke
 - Stigtätt
 - Borrhål
 - Tunnelinslag
- BEFINTLIG LEDNING, TUNNEL, BRUNN ELLER ANDRÖNING**
- Ledning med osäkert läge
 - Längre motsvarande beteckning som för planerad tunnelledning, brunn eller andröning men i riktning i en eller annan sydväst med undantag av TBII normal perkolationsbrunn eller rennsbrunn som även har betecknas med fylld symbol.

LEDNINGSTRÄCKA 1-2
Pumpstation för svartvatten samt pumpstation för urin i alt. 2 och 4. Förläggning av ledningar i ledningsgräv.

LEDNINGSTRÄCKA 2-3
Förläggning av ledningar i foderrör som drivs under väg med hammarborrning

LEDNINGSTRÄCKA 3-4
Anslutning till verkets västligaste infartstunnel nedanför rotsläms för tjockarna. Anslutning av avluftningsledning till lämplig frånluftskanal, vidare till skorsten

LEDNINGSTRÄCKA 4-5, ALT I BERGRUM
Ledning/är fasts på tunnelvägg till sydvästra gångstråket intill försedimenfering F3-F4. Ledning för svartvatten och ev. urin dras i befintlig 150 mm ledning vid punkten 5

LEDNINGSTRÄCKA 4-5, ALT I NYTT BORRHÅL
Ledning för svartvatten och ev. urin dras i nytt 165 mm borrhål.

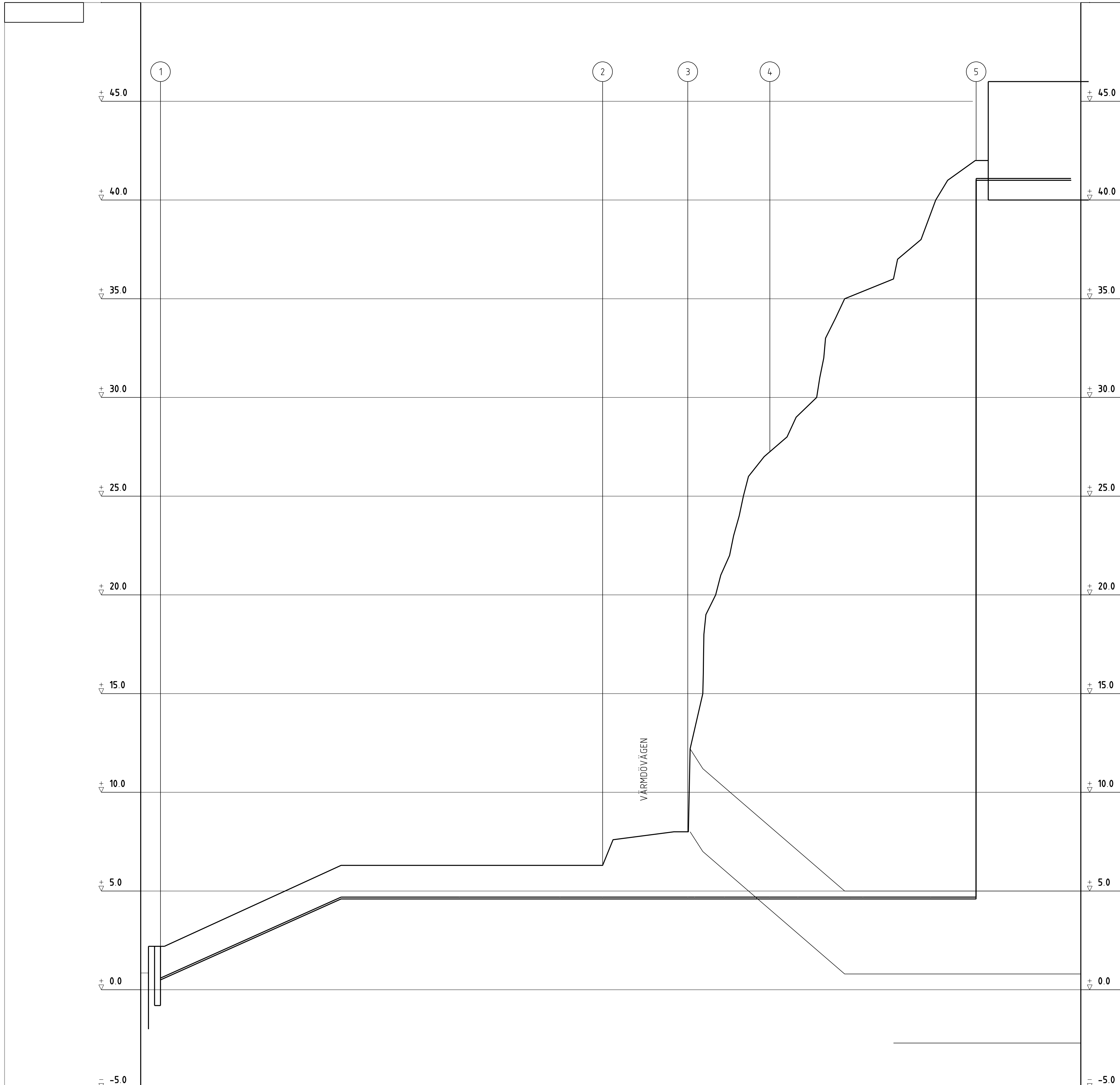
LEDNING I RENINGSVERK
Ledning/är dras genom reningsverket till svartvattentank och ev. urintank

SCANDIACONSULT
Koppligränd 7
Box 4205
102 65 STOCKHOLM
Tel: 08-65 60 00
Fax: 08-702 99 34

PROJEKTANTEN
Anders Lundqvist
201295
STOCKHOLM

DA GRANSKAD
UPP. 15/04

Hänv		E									
Hänv		D									
Gr		C									
Gr		B									
Gr		A									
Gr			Rev	Revideringen avser	Datum	Konstr	Gr	Gr	Godk		
STOCKHOLM Vatten TEKNIKAVDELNINGEN			HENRIKS DAL HENRIKSDALS HAMNEN RENINGSVERKET			Konstr	Ritad	PLAN			
Godkänd	Enhet	Datum	Skala	Nr	Rev	Reg	1:1000 01				



- BETECKNINGAR OCH FÖRKORTNINGAR**
- PLANERAD MARKYTÅLEDNING, TUNNEL, BRUNN ELLER ANÖRNING**
- Markyta
 - Vattenledning eller inledning av befintlig vattenledning
 - Avloppsledning eller inledning av befintlig avloppsledning
 - Bergtunnel med 1-borrhål resp 2-stigort eller sänke dimension anges
 - Ledning som skall stoppas/är ur funktion
 - Nedsättningsbrunn skalenlig
 - Tillsynsbrunn (B) eller normal 315-400mm/perkolationsbrunn (P) eller renbrunn (B) eller normal 225)
 - Avstängningsanordning
 - Branddörr med resp utan avstängningsanordning
 - Ventilkammare skalenlig
 - Lufningsanordning
 - Avloppningsanordning
- BEFINTLIG MARKYTÅLEDNING, TUNNEL, BRUNN ELLER ANÖRNING**
- Motsvarande beteckning men med tunn linje eller ofylld symbol
- GEOTEKNIK**
- GW — Grundvattennivå-ytalmätetal anges om så erfordras
 - - - Sannolik gräns mellan jordarter eller mellan jord och berg
 - Sondringen avbruten utan att stopp erhållits
 - Sonden kan ej neddrivas ytterligare enligt normalt förfarande
 - Sannolikt sten eller block
 - Block eller berg
 - Sannolikt berg
 - Berg
 - Jord-bergsgränserna belägen hitom resp bortom profilplanet
 - Seismisk hastighet i berg
 - F Fyllning
 - Fr Friktionsjord
 - Le Lera
 - Le? Torrskorpa av lera
 - T_{min} Lägsta sjuvåttfasthet

SCANDIA CONSULT

Koppligränd 7
Box 4205
102 65 STOCKHOLM

Tel: 08-65 60 00
Fax: 08-702 99 34

PROJEKTLEDARE
Anders Lundqvist

DA BRANSKAD
UPPLYS

PROJEKT
201295
STOCKHOLM

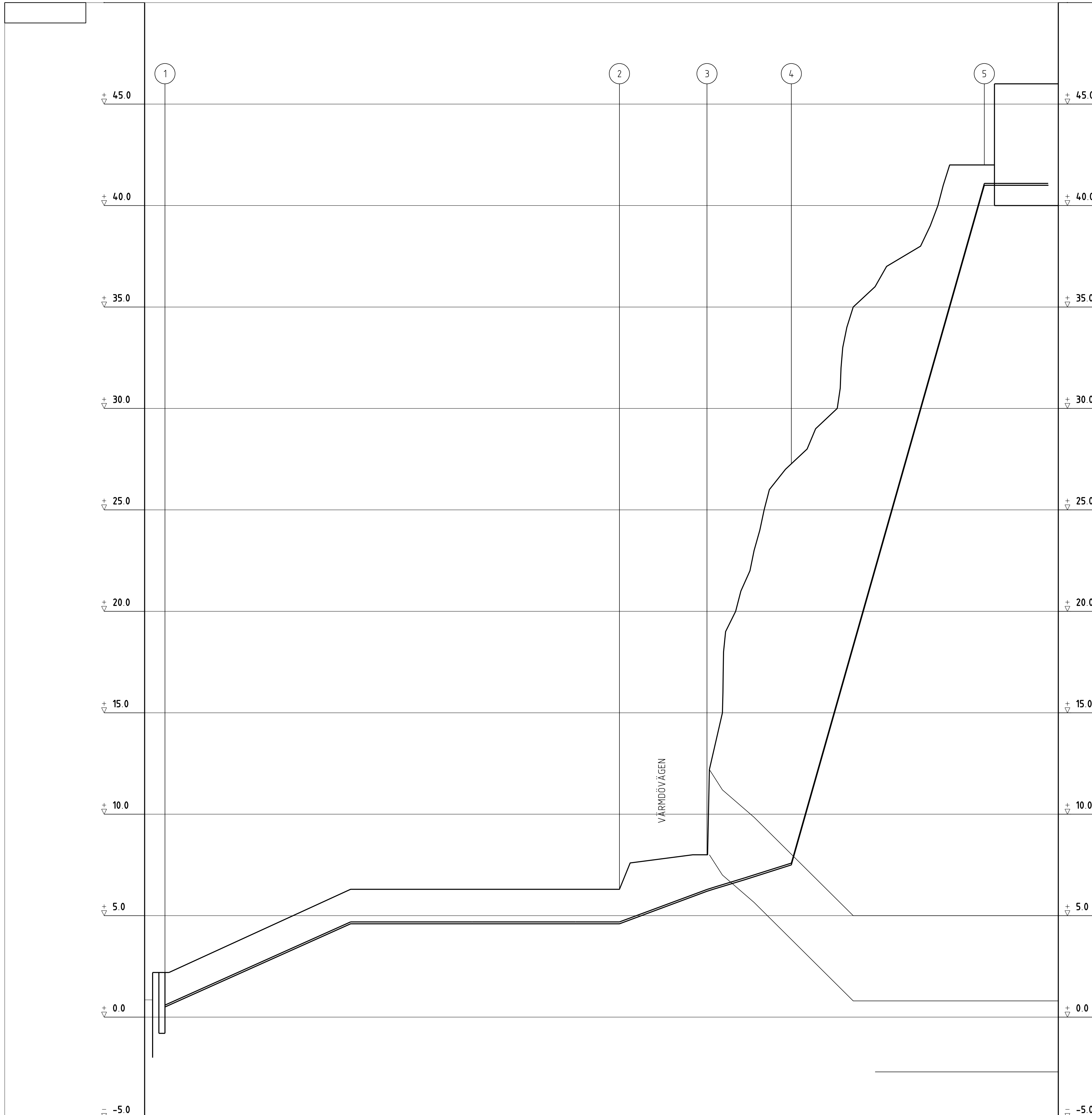
Hän v		E					
Hän v		D					
Gr		C					
Gr		B					
Gr		A					
Gr		Rev	Revideringen avser	Datum	Konstr	Gr	Godk



HENRIKS DAL
HENRIKS DALSHAMNEN
RENNINGSVERKET

LINGDSEKTION		M	0.0	20.0	40.0	60.0	80.0	100.0	120.0	140.0	160.0	180.0	200.0	220.0	240.0	260.0	280.0	300.0	320.0	340.0	360.0	380.0	400.0	420.0	440.0	460.0			
VATTEN och annat	Dimension	MM	SVARTVATTEN 90 + URIN 4.0 + AVLUFTNING 110																										
	Vattengångsniv	M	0.50	4.60																					SVARTVATTEN 90 + URIN 4.0				41.00
	Rörtyp		PE63 PN10																										
	Grundläggning																												

Konstr	Ritad	PROFIL	
Godkänd	Enhet Datum	Skala 1:1000	Nr 02
			Rev Reg



- BETECKNINGAR OCH FÖRKORTNINGAR**
- PLANERAD MARKYTÅLEDNING, TUNNEL, BRUNN ELLER ANÖRNING**
- Markyta
 - Vattenledning eller inledning av befintlig vattenledning
 - Avloppsledning eller inledning av befintlig avloppsledning
 - Bergtunnel med 1-borrhål resp 2-stigort eller sänke dimension anges
 - Ledning som skall stoppas/är ur funktion
 - Nedsättningsbrunn skalenlig
 - Tillsynsbrunn (B) eller normal 315-400mm/perkolationsbrunn (P) eller renbrunn (B) eller normal 225)
 - Avstängningsanordning
 - Brandstos med resp utan avstängningsanordning
 - Ventilkammare skalenlig
 - Lufningsanordning
 - Avloppningsanordning
- BEFINTLIG MARKYTÅLEDNING, TUNNEL, BRUNN ELLER ANÖRNING**
- Motsvarande beteckning men med tunn linje eller ofylld symbol
- GEOTEKNIK**
- GW — Grunvattennivå-ytalmätetal anges om så erfordras
 - — Sannolik gräns mellan jordarter eller mellan jord och berg
 - — Sondringen avbruten utan att stopp erhållits
 - — Sonden kan ej neddrivas ytterligare enligt normalt förfarande
 - — Sannolikt sten eller block
 - — Block eller berg
 - — Sannolikt berg
 - — Berg
 - — Jord-bergsgränserna belägen hitom resp bortom profilplanet
 - — Seismisk hastighet i berg
 - F — Fyllning
 - Fr — Friktionsjord
 - Le — Lera
 - Let — Torrskorpa av lera
 - T_{min} — Lägsta sjuvåttfasthet

SCANDIACONSULT
 Koppargränd 7
 Box 4205
 102 65 STOCKHOLM
 Tel: 08-645 60 00
 Fax: 08-702 99 34

PROJEKT
 Anders Lundqvist
 DA BRANSKAD

PROJEKT
 201295
 UPPLYS

Hän v		E					
Hän v		D					
Gr		C					
Gr		B					
Gr		A					
Gr		Rev	Revideringen avser	Datum	Konstr	Gr	Godk

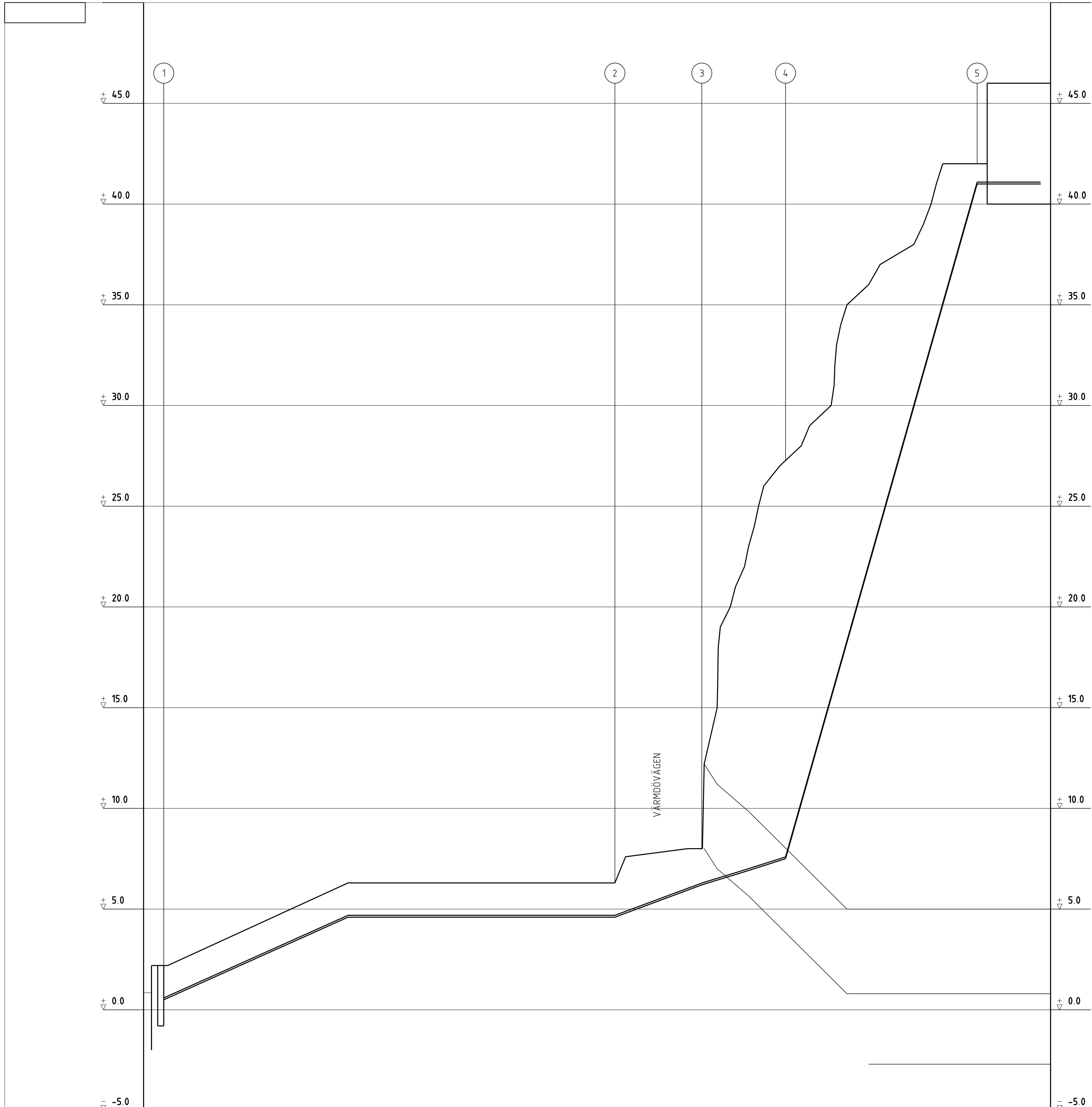


HENRIKS DAL
 HENRIKS DALSHAMNEN
 RENINGSVERKET

Dimension	MM	0.0	20.0	40.0	60.0	80.0	100.0	120.0	140.0	160.0	180.0	200.0	220.0	240.0	260.0	280.0	300.0	320.0	340.0	360.0	380.0	400.0	420.0	440.0
Vattengångsniv	M	0.50																						41.00
Grundläggning																								

VATTEN och annat

Konstr	Ritad	PROFIL
Godkänd	Enhet Datum	Skala 1:1000 Nr 03



- BETECKNINGAR OCH FÖRKORTNINGAR**
- PLANERAD MARKYTÅLEDNING, TUNNEL, BRUNN ELLER ANÖRNING**
- Markyta
 - Vattenledning eller inledning av befintlig vattenledning
 - Avloppsledning eller inledning av befintlig avloppsledning
 - Bergtunnel med 1-borrhål resp 2-stigort eller sänke dimension anges
 - Ledning som skall stoppas/är ur funktion
 - Nedslagningsbrunn skalenlig
 - Tillsynsbrunn (B) eller normal 315-400mm/perkolationsbrunn (P) eller renbrunn (B) eller normal 225)
 - Avstängningsanordning
 - Branddörr med resp utan avstängningsanordning
 - Ventilkammare, skalenlig
 - Lufningsanordning
 - Avloppningsanordning
- BEFINTLIG MARKYTÅLEDNING, TUNNEL, BRUNN ELLER ANÖRNING**
- Motsvarande beteckning men med tunn linje eller ofylld symbol
- GEOTEKNIK**
- GW — Grunvattennivå-ytalmätetal anges om så erfordras
 - — Sannolik gräns mellan jordarter eller mellan jord och berg
 - — Sondringen avbruten utan att stopp erhållits
 - — Sonden kan ej neddrivas ytterligare enligt normalt förfarande
 - — Sannolikt sten eller block
 - — Block eller berg
 - — Sannolikt berg
 - — Berg
 - — Jord-bergsgränserna belägen hitom resp bortom profilplanet
 - — Seismisk hastighet i berg
 - F — Fyllning
 - Fr — Friktionsjord
 - Le — Lera
 - Let — Torrskorpa av lera
 - T_{min} — Lägsta sjuvåttfasthet

SCANDIACONSULT
 Koppargränd 7
 Box 4205
 102 65 STOCKHOLM
 Tel: 08-645 60 00
 Fax: 08-702 99 34
 PROJEKTLEDARE: Anders Lundqvist
 PROJEKT: 201295
 STOCKHOLM

Hän v		E					
Hän v		D					
Gr		C					
Gr		B					
Gr		A					
Gr		Rev	Revideringen avser	Datum	Konstr	Gr	Godk



HENRIKS DAL
 HENRIKS DALSHAMNEN
 RENINGSVERKET

Dimension	MM	0.0	20.0	40.0	60.0	80.0	100.0	120.0	140.0	160.0	180.0	200.0	220.0	240.0	260.0	280.0	300.0	320.0	340.0	360.0	380.0	400.0	420.0	440.0	
Vattengångsniv	M	0.50																							
Grundläggning																									41.00

Konstr	Ritad	PROFIL
Godkänd	Enhet Datum	Skala 1:1000 Nr 03