

LÄKEMEDELSRENING LINDHOLMEN ARV

Norrtälje kommun

Principförslag

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1.	SAMMANFATTNING	sida 4
2.	INLEDNING - BAKGRUND	sida 5
3.	PILOTFÖRSÖK	sida 6
3.1	Beskrivning pilotanläggning	sida 6
3.2	Genomförda mätningar	sida 7
3.3	Sammanfattning analysresultat	sida 8
3.3.1	Kemiska ämnen – befintligt reningsverk	sida 8
3.3.1.1	Koncentrationsprofiler	sida 8
3.3.1.2	Koncentrationer i inkommande och utgående avloppsvatten	sida 9
3.3.1.3	Rening av läkemedelsrester på Lindholmens reningsverk idag	sida 12
3.3.2	Kemiska ämnen – avskiljning pilotförsök	sida 13
3.3.3	Zebrafisk	sida 13
3.3.4	Snäckor	sida 14
3.3.5	Celltester	sida 14
4.	TEKNIKVAL FRAMTIDA FULLSKALEANLÄGGNING	sida 15
4.1	Beskrivning av möjliga tekniker	sida 15
4.1.1	Granulerat Aktivt Kol (GAC)	sida 15
4.1.2	Ozon och sandfilter	sida 16
4.2	Multikriterieanalys	sida 18
4.3	Designparametrar	sida 19
4.4	Integrering med Lindholmens avloppsreningsverk	sida 21
5.	FRAMTIDA LÄKEMEDELSRENING	sida 22
5.1	Beskrivning av framtida läkemedelsrening	sida 22
5.2	Dimensionerande data	sida 24
5.3	Maskin- och processinstallationer	sida 25
5.3.1	Installationer och arbeten för anläggande av läkemedelrening	sida 25
5.3.2	Energiåtgång och förbrukning av aktivt kol	sida 27
5.3.3	Skötsel och underhåll	sida 27
5.4	Byggnadsfunktioner	sida 27
5.4.1	Mark och schakt	sida 27
5.4.2	Beskrivning maskinhus	sida 28
5.5	El- och automationsinstallationer	sida 30
5.5.1	Allmänt	sida 30
5.5.2	Kraftförsörjning	sida 30
5.5.3	Belysning och allmänkraft	sida 31
5.5.4	Automatikskåp	sida 31
5.5.5	Automationskoncept (PLC-system och driftövervakning)	sida 32
5.6	VVS-installationer	sida 34
5.7	VA-ledningsarbeten och anslutning till avloppsreningsverket	sida 35

6.	ENTREPRENAD OCH PROJEKTKOSTNADER	sida 36
6.1	Investeringskostnader	sida 36
6.2	Driftkostnader	sida 37
6.3	Årskostnader	sida 38
6.4	Känslighetsanalys kostnader	sida 39
7.	TIDPLAN	sida 40

BILAGOR

Bilaga 1: Principritningar framtida läkemedelreningssteg

Bilaga 2: PM Geoteknik Principförslag, Geoteknik för läkemedelsrening

Bilaga 3: Principritning ventilation

1. SAMMANFATTNING

Ett principförslag för ett avslutande steg med läkemedelsrening har utarbetats för Lindholmens reningsverk i Norrtälje. Förslaget ansluter till förutsättningarna med ett utbyggt reningsverk för 50 000 personekvivalenter. Reningen bygger på nedströmsfiltrering genom granulerat aktiverat kol (GAC) vilken valdes som metod efter pilotkörningar och en multi-kriterieanalys utförd av projektmedlemmar från NVAA och konsulter.

Principförslaget redovisar förutsättningar, utformning och ekonomi för ett framtida läkemedelsreningssteg.

Investeringskostnaderna för föreslagen anläggning har bedömts uppgå till i storleksordningen 120 MSEK. Uppskattade kostnader inkluderar byggherreomkostnader, d v s kostnader för projektering, upphandling samt projekt- och byggledning, kontroller och besiktningar. Driftkostnaden, som till ca 90% utgörs av kostnaderna för aktivt kol, har uppskattats till 8,1 MSEK. Kostnaderna för aktivt kol har ökat med ca 60-70% det senaste året, från ca 23 kr/kg till 40 kr/kg, vilket är orsaken till att kostnaderna för aktivt kol utgör en så stor andel av den totala driftkostnaden.

Med ovanstående uppskattade investerings- och driftkostnader skulle det kosta ca 2,2 kr att rena en kubikmeter vatten i föreslagen läkemedelsreningsanläggning.

2. INLEDNING - BAKGRUND

Lindholmens reningsverk, som är det största av flera kommunala reningsverk i Norrtälje kommun, ska byggas om och till i syfte att möta framtida reningskrav och kunna behandla spillvatten från 50 000 personekvivalenter (pe) innan det reade vattnet leds till Norrtäljeviken. Kommunen utreder också möjligheterna att komplettera reningsverket med ett reningssteg för att avskilja läkemedelsrester. Under det senaste halvåret har försök i pilotskala genomförts med olika tekniker för att ta fram förslag på framtida läkemedelsreningssteg. Försöken påbörjades i mitten av september 2021 och avslutades i mars 2022. Utifrån erhållna resultat, som sammanfattas under pkt. 3 och redovisas i en separat rapport (B² Processteknik ”Pilotförsök med läkemedelsrening vid Lindholmens reningsverk i Norrtälje”, 2022), har ett förslag till framtida fullskaleanläggning utarbetats. Anläggningens utformning samt en indikerad kostnad för föreslagen anläggning presenteras i denna rapport.

För uppdragets genomförande har en konsultgrupp satts samman bestående av följande företag med respektive ansvarsområde:

- Treatcon AB: Uppdragsledning samt maskininstallationer
- B² Processteknik: Underlagsmaterial processutformning/-dimensionering
- Ramböll: Byggnadskonstruktion, mark, VVS-installationer
- Norconsult: Kraft-, el- och styrinstallationer

Innefattande principförslag, med tillhörande indikering av genomförandekostnad, är utarbetat på sådan nivå att det kan utgöra underlag för beslut om genomförande av föreslagna arbeten. För en mer detaljerad kostnadsbedömning bör precisering av den tekniska redovisningen ske genom fortsatt projektering, t ex utarbetande av systemhandlingar eller detaljprojektering.

3. PILOTFÖRSÖK

3.1 Beskrivning pilotanläggning

En pilotanläggning med behandlingsenheter i form av förbehandling, läkemedelavskiljning med aktiverat kol respektive ozonering, samt olika efterbehandlingar för ozonerat vatten sattes upp på Lindholmens reningsverk i september 2021. Pilotanläggningen beskickades med utgående vatten från reningsverket. Det i pilotanläggningen behandlade avloppsvattnet återfördes till utgående vatten, efter ordinarie provtagningspunkt.

Försöken kompletterades med ett nitrifikationssteg för att i första hand oxidera kvarvarande ammoniumkväve i utgående vatten från Lindholmens reningsverk och därmed säkra att de planerade exponeringsförsök med zebrafisk och dammsnäckor, för att utvärdera de extra rena avloppsvattnets kvalitet, inte skulle störas av höga ammoniumhalter.

Fem parallella labfilter med granulerade aktiverade kol (GAC) installerades för att kunna utvärdera olika produkters kapacitet. Pilotanläggningen kompletterades med ultrafilter och UV-enhet för att utvärdera några olika desinfektionsmetoder för avloppsvatten. Slutligen innehöll pilotanläggningen kylar och frysbox för att möjliggöra provinsamling och provförvaring i väntan på analys, figur 1 och figur 2. Pilotanläggningen inrymdes i en inredd 20 fots container, men vissa delar av ozoneringen placerades utomhus av plats- och säkerhetsskäl, figur 3.1.1 och figur 3.1.2.



Figur 3.1.1: Pilotanläggningen med en 5 m hög ozonkontaktkolonn. Akvariecontainern för fisk- och snäckexponering till höger



Figur 3.1.2: Interiör av pilotanläggningen. Förbehandling och pilotlinjer till vänster, labkolfilter till höger.

3.2 Genomförda mätningar

Pilotförsök med läkemedelsrening och tillhörande fiskexponering genomfördes på Lindholmens reningsverk under hösten och vintern 2021-2022. Försöken förlöpte i stort sett bra, men fördröjdes och förlängdes pga leveransproblem av komponenter och aktiverat kol som en följd av Corona-pandemin. Pilotlinjerna drevs kontinuerligt med samma inställningar åtminstone för hela kalenderveckor. Kontinuerlig insamling av provvatten gjordes med slangpump, till förvaring i kylskåp. Ett urval från de insamlade veckoproven sändes till externt laboratorium för analys av huvudsakligen läkemedelsrester. Veckoproven analyserades intern med avseende på TOC och DOC. Utöver detta gjordes mätningar av temperatur, konduktivitet, pH och UV-ljusabsorbans vid 254 nm, de tre första parametrarna registrerades i många fall kontinuerligt med loggar. Under försöksveckorna tog också i medeltal tre stickprov per behandling för bestämning av konduktivitet, pH och UV-ljusabsorbans. Hydrauliska flöden och nivåer mättes och registrerades för att bestämma uppehållstider, belastningar, doser och igensättningshastigheter mm.

3.3 Sammanfattning analysresultat

Resultaten bedöms vara relevanta för dimensionering av ett läkemedelsreningssteg som det presenteras i ett principförslag. Utvärderingen visar att avskiljningen av kvarvarande läkemedelsrester i reguljärt utgående vatten kan uppgå till 95% med granulerat aktiverat kol (GAC) och 90 % med ozonering med efterföljande sandfiltrering. Ett framtida reningskrav för läkemedelsrester kan formuleras på många sätt såsom att kräva att en grupp utvalda och relevanta läkemedelsrester avskiljs till 80%. Förbrukningen av GAC för att uppnå denna avskiljning uppgick till 30 g/m³, medan ozonering kräver en ozondos av 7 g O₃/m³ motsvarande 0,73 g O₃/g DOC. Det aktiva kol som föll bäst ut i både satsvisa och kontinuerliga labtester var Jacobi Aquasorb 5000 och det var den typen som testades i pilotlinjerna, både för GAC och PAC (5000P). Nitrifikationssteget enligt MBBR konceptet hade begränsad avskiljning av läkemedelsrester, ca 17 %, men steget var i första hand installerat för att nitrifiera utgående vatten och effekten på läkemedelsrester mättes som en bonus.

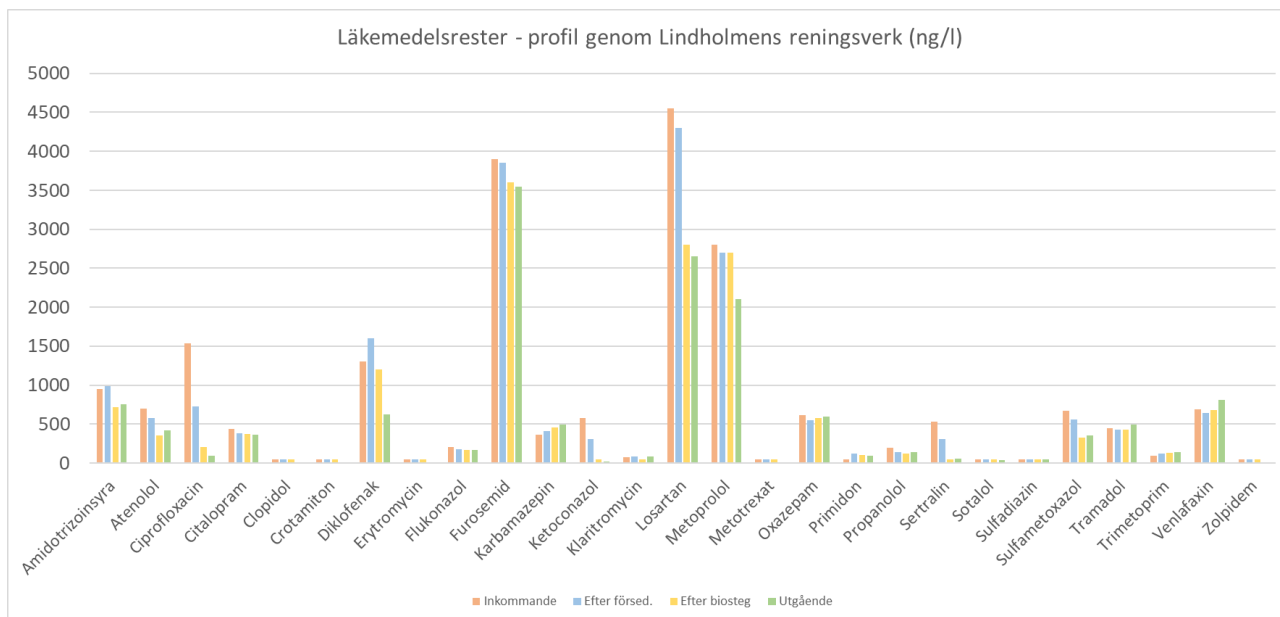
Försöken med pulveriserat aktiverat kol, PAC, visade att en PAC-dos av 27 g/m³ erfordrades för att uppnå 80 % avskiljning medan 33 g/m³ var tvunget att doseras för att uppnå 90 % avskiljning.

3.3.1 Kemiska ämnen – befintligt reningsverk

Vid två tillfällen samlades flödesproportionella prover för att med dygnsprover bestämma koncentrationsprofiler för läkemedelsrester genom Lindholmens olika reningssteg. Därutöver samlades korresponderande veckoprover på inkommande och utgående avloppsvatten in vid ytterligare fyra tillfällen. Analysresultaten sammanställdes för att dels tydliggöra koncentrationer och specifika belastningar av läkemedelsrester till och från dagens reningsverk, dels beräkna reningsgraden av läkemedelsrester idag.

3.3.1.1 Koncentrationsprofiler

Koncentrationerna av läkemedelsrester minskar generellt sett genom reningsverket, men för vissa ämnen kan koncentrationerna stiga, t.ex för karbamazepin, figur 3.3.1.1.1.



Figur 3.3.1.1.1 Koncentrationer av utvalda läkemedelsrester genom Lindholmens reningsverk.

Anledningen till att koncentrationerna stiger för vissa ämnen är oftast att de i människokroppen biologiskt kompletterade läkemedelsmolekylerna återbildas, dekonjugeras, av bakteriernas enzymer som finns framförallt i det biologiska reningssteget, i Lindholmen benämnd OCO-reaktor.

Det är viktigt att läkemedelsreningen dimensioneras efter koncentrationer och mängder i det avloppsvatten som skall behandlas.

3.3.1.2 Koncentrationer i inkommande och utgående avloppsvatten

Under projektet analyserades de insamlade avloppsvatten vid SGS Analytics enligt deras analyspaket FARMNS. Koncentrationerna av analyserade läkemedelsrester i inkommande och utgående avloppsvatten varierade mycket från substans till substans. De genomsnittliga koncentrationerna framgår av tabell 3.3.1.2.1

De uppmätta halterna relaterades till aktuella flöden och ansluten befolkning så att specifika mängder kunde beräknas för inkommande och utgående avloppsvatten, tabell 3.3.1.2.2.

Koncentrationer Ämne ng/l	Lindholmen INK Medel (min-max)	Lindholmen UTG Medel (min-max)
Amidotrizoinsyra	1775 (50-3900)	2476 (50-12000)
Atenolol	528 (220-790)	348 (190-480)
Ciprofloxacin	753 (150-2700)	48 (12-170)
Citalopram	340 (150-530)	241 (23-390)
Clopidol	50 (50-50)	35 (5-50)
Crotamiton	50 (50-50)	35 (5-50)
Diklofenak	970 (340-1300)	511 (53-1300)
Erytromycin	51 (50-50)	46 (5-120)
Flukonazol	112 (50-290)	128 (27-270)
Furosemid	2297 (480-4100)	1909 (120-3900)
Ibuprofen	12750 (4900-21000)	320 (34-1200)
Karbamazepin	353 (140-610)	377 (19-700)
Ketoconazol	252 (50-910)	31 (2-50)
Klaritromycin	60 (50-100)	82 (39-200)
Losartan	3000 (1100-4900)	1573 (83-3100)
Metoprolol	2162 (970-2900)	1667 (51-2900)
Metotrexat	50 (50-50)	35 (5-50)
Naproxen	11667 (6400-18000)	511 (36-1800)
Oxazepam	365 (120-670)	436 (120-620)
Paracetamol	34573 (440-190000)	45 (5-110)
Primidon	82 (50-210)	66 (19-120)
Propanolol	98 (50-290)	85 (50-160)
Sertralin	248 (50-840)	73 (35-100)
Sotalol	50 (50-50)	39 (19-73)
Sulfadiazin	50 (50-50)	50 (50-50)
Sulfametoxazol	475 (50-940)	275 (19-550)
Tramadol	403 (160-520)	391 (41-660)
Trimetoprim	138 (50-230)	125 (10-270)
Venlafaxin	592 (300-780)	504 (21-900)
Zolpidem	50 (50-50)	35 (5-50)
Summa	124343	12497
Summa exkl 3 stora	15353	11620

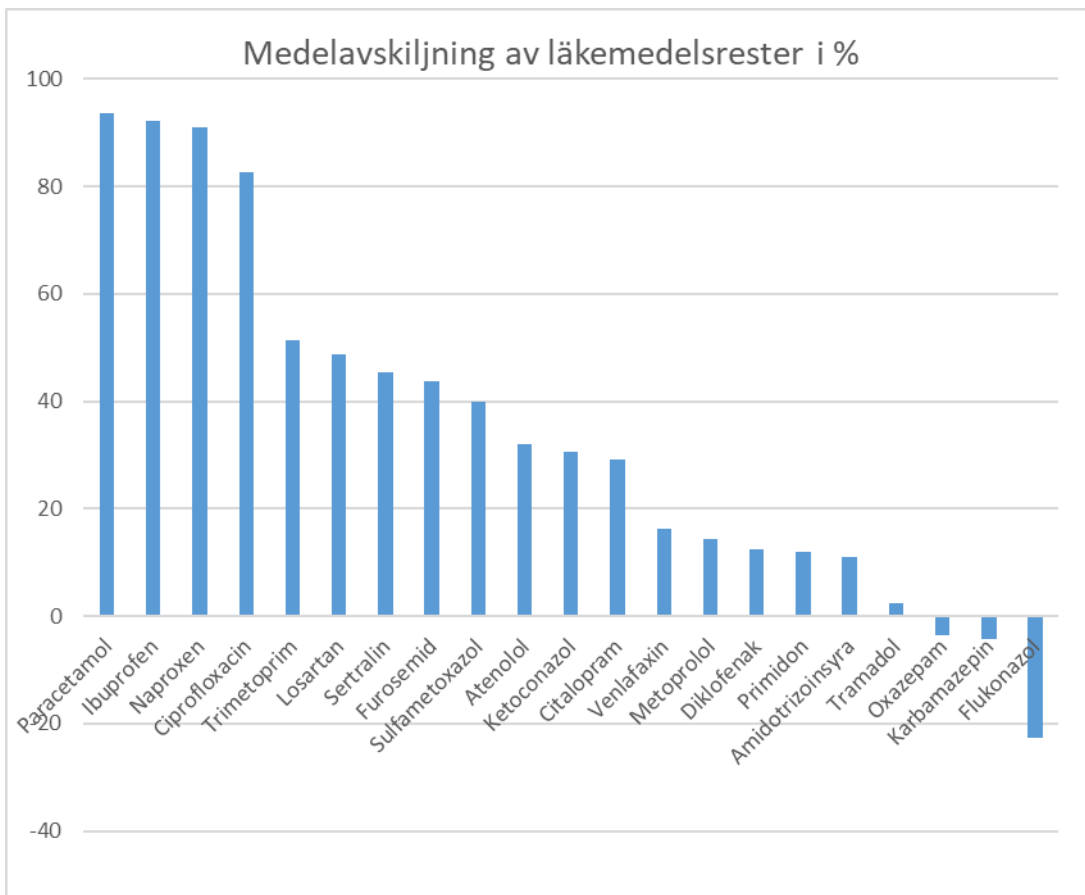
Tabell 3.3.1.2.1: Koncentrationer analyserade läkemedelsrester i inkommande och utgående avloppsvatten på Lindholmens reningsverk

Spec. mängd Ämne	Lindholmen INK Mängd ng/pe, d	Lindholmen UTG Mängd ng/pe, d
Amidotrizoinsyra	397	560
Atenolol	123	84
Ciprofloxacin	154	12
Citalopram	79	57
Clopidol	14	10
Crotamiton	14	10
Diklofenak	224	121
Erytromycin	14	11
Flukonazol	25	30
Furosemid	496	436
Ibuprofen	2913	93
Karbamazepin	81	89
Ketoconazol	51	9
Klaritromycin	15	19
Losartan	682	375
Metoprolol	505	393
Metotrexat	14	10
Naproxen	2760	149
Oxazepam	81	101
Paracetamol	17056	14
Primidon	22	16
Propanolol	22	20
Sertralin	50	18
Sotalol	14	10
Sulfadiazin	14	13
Sulfametoxazol	102	66
Tramadol	94	91
Trimetoprim	34	31
Venlafaxin	140	118
Zolpidem	14	10
Summa	26200	2978
Summa exkl 3 stora	3472	2721

Tabell 3.3.1.2.2: Specifika mängder av analyserade läkemedelsrester i inkommande och utgående avloppsvatten på Lindholmens reningsverk

3.3.1.3 Rening av läkemedelsrester på Lindholmens reningsverk idag

Reningsgraden är högst för de ämnen som förekommer i högst koncentrationer i inkommande avloppsvatten dvs ämnena paracetamol, ibuprofen och naproxen, som alla är alla smärt- lindrande och inflammationsdämpande. Den genomsnittliga reningsgraden räknas lämpligen ämne för ämne och inte på summan av analyserade substanser eftersom koncentrationerna skiljer sig så mycket för olika ämnen. I Lindholmen är den genomsnittliga reningsgraden av analyserade ämnen 38% över befintligt reningsverk. Skulle reningsgraden ha baserats på summorna i inkommande (124343 ng/l) och utgående (12497 ng/l) avloppsvatten, blir reningsgraden 90% om alla ämnen räknas med, inklusive de tre substanser som har de högsta koncentrationerna. Borträknas de tre ämnena med högst koncentrationer blir reningsgraden baserad på summorna (15353 respektive 11620 ng/l) 24%. I det fall reningen är effektiv och halterna hamnar under kvantifieringsgränsen görs beräkningarna med halva kvantifieringsgränsen.



Figur 3.3.1.3.1 Reningsgrader för analyserade läkemedelsrester

3.3.2 Kemiska ämnen – avskiljning pilotförsök

Avskiljningen av läkemedelsrester, eller reningsgraden, var i allmänhet god, mer än 80%, med aktiverat kol i antingen granulerad form (GAC) eller pulverform (PAC) respektive ozonering följt av sandfiltrering. Klassiska undantag var flukonazol som inte avskiljs så bra med ozonering respektive sulfametoxazol som inte avskiljs med aktiverat kol.

Antalet prover med detekterade halter av nonylfenol var för lågt för att dra några egentliga slutsatser. Med mycket hög ozondos reducerades nonylfenol med knappt 60%. Det enda provet med detekterade halter för nonylfenol för vid GAC-filtrering visade negativ avskiljning.

Elva utvalda PFAS substanser reducerades med ca 30% med GAC-filtrering, men med ozonering ökade halterna upp till 150%, speciellt pga ökning av 6:2 FTS, (Fluortelomer-sulfonsyra).

PFOS ökade 25-45 % efter ozonering men minskade med 80 % efter GAC-filtrering. PFOA påverkades inte av ozonering och reducerades med knappt 70 % med GAC.

Bromidhalten var låg, under detektionsgränsen i samtliga prov. Bromat-halten låg som förväntat under detektionsgränsen för reguljärt utgående avloppsvatten, men i ett av de tagna proven på ozonerat vatten var bromathalten 40 µg/l, vilket är högre än gränsvärdet för bromat i dricksvatten. Värdet understiger dock rekommendationen/föreslag till miljö kvalitetsnormen 50 µg bromat/l. Orsaken till det höga värdet var en stresstest där ozondosen var så hög (16 gO₃/m³), så att medelavskiljningen av läkemedelsrester nådde 99%.

3.3.3 Zebrafisk

Hos zebrafisk resulterar behandling med ozon eller aktiverat kol av reguljärt utgående avloppsvatten i en bättre reproduktionsförmåga med kumulativt fler lagda ägg per hona jämfört med reguljärt utgående avloppsvatten eller dricksvatten, skillnaderna är dock inte statistiskt signifikanta.

Hos zebrafisk orsakar ozonering påverkan på simbeteende, både hos honor och hanar. (SLU, Utvärdering av avancerad läkemedelsrening med biologiska tester vid Lindholmens reningsverk, Norrtälje, 2022).

3.3.4 Snäckor

Det var en tendens till sämre överlevnad hos snäckor som levde i aktivt kol behandlat avloppsvatten, men den är inte statistiskt säkerställt. I övrigt sågs inga effekter i kroppsstorlek eller reproduktionsförmåga mellan snäckorna som levde i ozonerat, aktivt kol-behandlat- eller reguljärt utgående avloppsvatten. Uttrycket av genen Cyp3a som indikerar en typ av avgiftningsmetabolism var signifikant lägre uttryckt i GAC-gruppen jämfört med alla de andra grupperna men betydelsen av detta är oklar. (SLU, Utvärdering av avancerad läkemedelsrening med biologiska tester vid Lindholmens reningsverk, Norrtälje, 2022).

3.3.5 Celltester

Resultaten för de cellbaserade in vitro-metoderna visar på begränsad reduktion av effekter för de studerade reningsmetoderna ozonering och GAC-filtrering jämfört med UT. (SLU, Utvärdering av avancerad läkemedelsrening med biologiska tester vid Lindholmens reningsverk, Norrtälje, 2022).

4. TEKNIKVAL FRAMTIDA FULLSKALEANLÄGGNING

4.1 Beskrivning av möjliga tekniker

De två vanligaste teknikerna för reduktion av läkemedelsrester är filtrering av vattnet genom granulerat aktiverat kol (GAC eller GAK), ett s k aktivt kol steg eller en GAC-anläggning, samt ozonering följt av sandfilter. Som tidigare nämnts har pilotförsök med de båda teknikerna utförts på utgående vatten från Lindholmens avloppsreningsverk. Båda teknikerna beskrivs översiktligt nedan.

4.1.1 Granulerat Aktivt Kol (GAC)

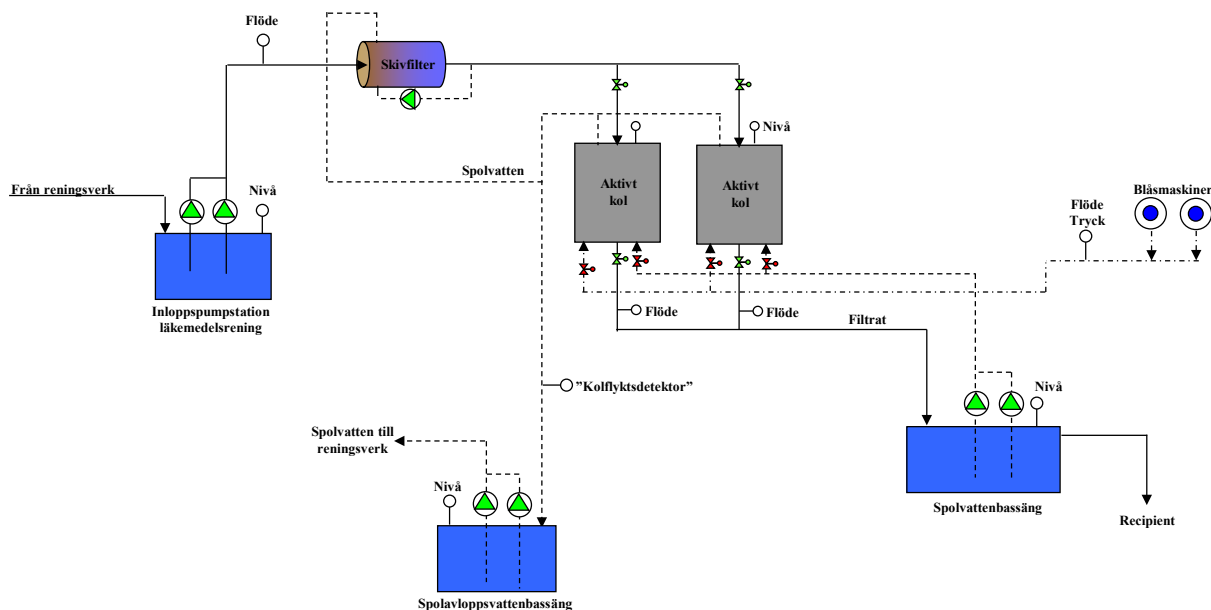
En principskiss för en läkemedelsreningsanläggning utformad som en GAC-anläggning framgår av figur 4.1.1.1 nedan.

Som framgår av figuren pumpas vattnet till GAC-anläggningen via någon form av partikelavskiljare, i detta fall ett skivfilter. Partikel-avskiljningssteget säkerställer att tiden för backspolning av filtren minimeras och att därmed filtrens gångtid maximeras. Genom att kolfiltrera ett partikelfritt vatten optimeras också kolfiltrens funktion samtidigt som förbrukning av granulerat kol minimeras.

Kolfilteranläggningen består av nedströms filter, vilket innebär att vattnet leds in i toppen på filtren och filtreras genom en ca 1,25 meter djup kolfilterbädd. Det filtrerade vattnet avleds från botten av filtren till en spolvattenbassäng och vidare till recipienten. Flödet genom filtren styrs vanligtvis av en reglerventil på, den från filtret, utgående ledningen samt en nivågivare som håller en konstant vattennivå i filtren. För att erhålla ett avvägt driftryck över filterbädden samt för att inte vattnet som pumpas till filtren ska virvla upp kolbädden kommer vattenytan i filtren hållas ca 1 meter över kolbädden. Allt eftersom filtret sätts igen öppnar utloppsventilen och vid en förinställd öppningsgrad på ventilen och/eller en förinställd gångtid backspolas filtret. Vid backspolning stängs tillflödet till filtret av. Backspolning sker med det filtrerade vattnet, som samlats upp i spolvattenbassängen, utifrån en förinställd backspolningscykel. För optimal backspolningseffekt som t ex bryta sönder eventuella slamkakor som byggts upp i filterbädden, samt för att minimera åtgången av spolvatten så backspolas även filtren med luft. För att undvika att stora mängder kol följer med spolavloppsvattnet vid backspolning är anläggningen försedd med en "kolflyktsdetektor". Om kol detekteras i spolavloppet kommer såväl backspolningspumparna som blåsmaskinerna att automatiskt varvas tills förekomsten av kolkorn i spolavloppsvattnet upphör.

När spolcykeln är avslutad leds återigen ofiltrerat avloppsvatten till filtret.

Då kolet i filtren förbrukats, vilket vanligtvis tar 1-2 års drift, ersätts det med nytt kol. Det förbrukade kolet transporteras det bort för regenerering alternativt deponering.



Figur 4.1.1.1: Principskiss läkemedelsreningsanläggning utformad som en GAC-anläggning

4.1.2 Ozon och sandfilter

I figur 4.1.2.1 nedan visas en principskiss hur en anläggning för läkemedelsrening med ozon och sandfilter kan utformas.

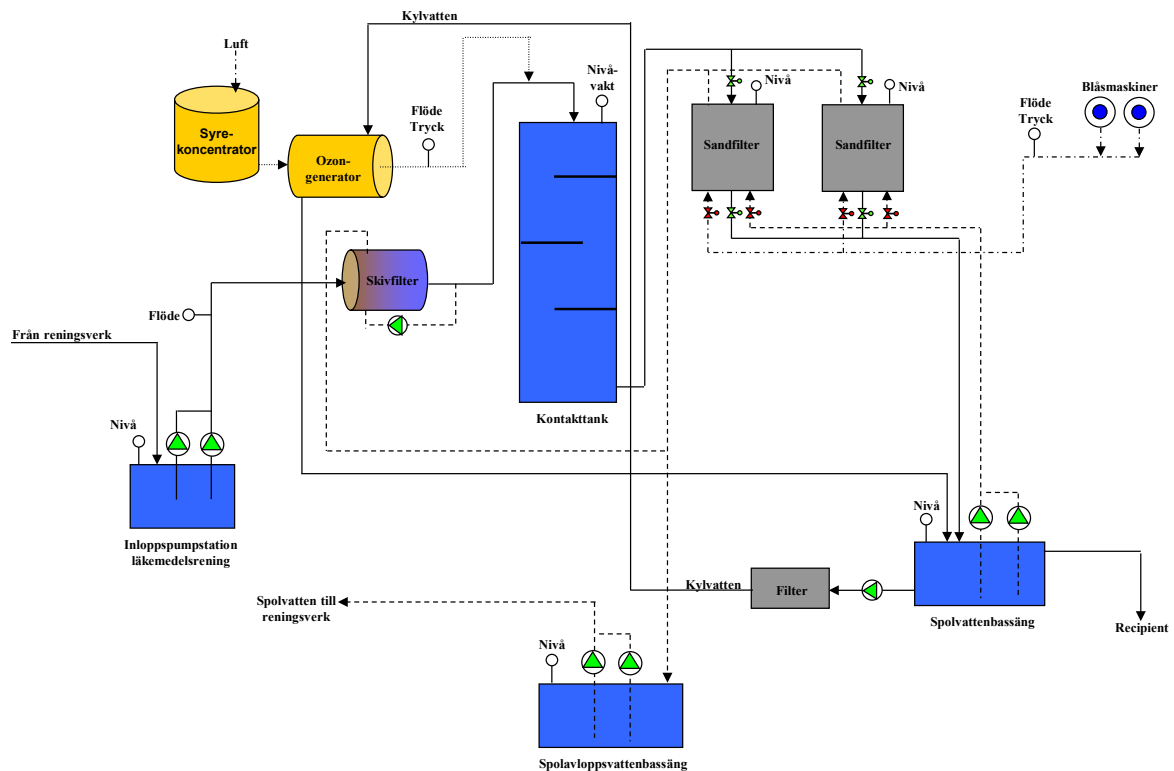
Utgående vatten från reningsverket avleds till en pumpstation. Från pumpstationen pumpas vattnet, via ett partikelavskiljningssteg, t ex skivfilter, till en ca 5 meter hög kontakttank. På ledningen från pumpstationen, strax innan vattnet når kontakttanken, doseras ozon. Ozonet produceras av syrgas som tillsammans med elektricitet och kylvatten förs till en ozongenerator. Syret har anrikats på plats i en s k syrekonzentrator. Ozonet doseras flödesproportionellt mot inkommande avloppsvatten utifrån en förinställd kvot.

I kontakttanken mixas ozon med avloppsvattnet för optimal inlösning av ozonet och ge en tillräckligt lång kontakttid mellan läkemedelsrester i avloppsvatten och ozonet, innan det leds till sandfilter. Uppehållstiden i kontakttanken bör uppgå till minst 30 minuter. Sandfiltren är av typen nedströms filter med antingen ett eller två sandlager s.k.en- eller två-media filter med en ca 1,2 -1,5 meter hög sandbädd som det ozonbehandlade vattnet leds igenom. Utgående vatten från sandfiltren avleds till recipienten via en spolvattenbassäng. För att inte vattnet som pumpas till filtren ska virvla upp sandbädden kommer vattenytan i filtren hållas ca 1 meter över sandbädden. Vattennivån medverkar till drifttrycket över filtret. Allt eftersom filtren sätts igen av partiklar öppnar utloppsventilen, vilket styrs av nivågivare i filtren, så att nivån hålls konstant.

När utloppsventilen är fullt öppen, alternativt när den inställda gångtiden löpt ut, backspolas filtret med utgående vatten som samlats upp i spolvattenbassängen. För optimal backspolningseffekt samt för att minimera åtgången av spolvatten så kan filtren även backspolas med luftinblandning. Använt spolvatten, s k spolavloppsvatten, samlas upp i en spolavloppsvattenbassäng där det utjämnas innan det pumpas vidare till reningsverket. Vid backspolning stoppas tillflödet till filtret som ska backspolas med filtrets inloppsluckor.

Använt spolvatten, spolavloppsvattnet, samlas upp i en spolavloppsvattenbassäng där det utjämnas innan det pumpas tillbaka reningsverket för behandling.

Ozongeneratoren kan antingen matas med syre för bäst effekt. I detta exempel används luft som först behandlas i en syrekonzentrator innan det leds in i ozongeneratoren. Då värme alstras vid produktionen av ozon kyls generatoren med en delström filtrerat, ozonerat avloppsvatten.



Figur 4.1.2.1: Principskiss läkemedelsreningsanläggning utformad som en ozon-/sandfilter-anläggning

4.2 Multikriterieanalys

I syfte att utröna vilken läkemedelsreningsteknik som är den mest optimala lösningen för Lindholmens reningsverk har en multikriterieanalys genomförts.

Multikriterieanalysen baserades på utvalda och betydelsefulla parametrar för implementering och drift. Projektmedlemmarna i Lindholmens läkemedelsreningsprojekt kompletterade och värderade parametrarna och kriterierna samt genomförde multikriterieanalysen under ledning av Berndt Björleinius. Preliminära data från labförsöken var inarbetade i faktaunderlaget till varje parametrar. Kostnadsbedömningar var anpassade till Lindholmen, men baserades på nyligen genomgångna projekt i Sverige.

Parameter	Viktning [%]
Favorit av process sedan tidigare som funkar för organisationen (om relevant)	0,0%
Ytbehov	7,5%
Kostnader (6 parametrar uppdelade och värderade var för sig)	51,5%
Reningsgrad och biprodukter (6 parametrar uppdelade och värderade var för sig)	15,0%
Klimatpåverkan	5,0%
Elenergi	5,0%
Personalrelaterat - (3 parametrar uppdelade och värderade var för sig)	15,0%
Referenser, antal	1,0%
Summa	100,0%

Tabell 4.2.1: Grupperade parametrar i multikriterieanalysen (skall formateras)

De tekniker som jämfördes var teknik var ozonering med sandfilter, granulerat aktiverat kol och pulveriserat aktiverat kol (PAC) med sandfilter. Förbehandling före läkemedelsreningen förutsattes vara lika för alla alternativ och planeras att ingå som avslutande partikelavskiljningssteg i Lindholmens reningsverk för att klara tuffa utsläppskrav på fosfor. Bedömningen gjordes i en 5 gradig skala som relaterades till vad jämförande teknik: Mycket bättre +2, Bättre +1, Lika 0, Sämre -1, Mycket sämre -2.

Resultatet av multikriterieanalysen blev att granulerat aktiverat kol, GAC, bedömdes som mest relevant för implementering som läkemedelsreningssteg vid Lindholmens reningsverk. Skillnaden mot ozonering var dock marginell, men GAC föll ut som något mer lämplig än ozonering (referensalternativet), som i sin tur föll bättre ut än PAC. De relativa och viktade bedömningssiffrorna var GAC 0,1; ozonering 0,0; PAC -0,4. Utfallet var något oväntat och berodde på bl a höga poäng för arbetsrelaterade frågor och energibehov vid drift.

NVAAs medarbetare sammanfattade, efter en kontemplationstid efter multikriterieanalysen, ställningstagandet för GAC som, ”Ozon är/känns onaturligt men är utvecklingsbart, risk för osäkra biprodukter, stor elkonsumtion, risker i arbetsmiljön. GAC känns säkrare och det borde kunna bli mindre miljöpåverkan med tiden då det finns stora möjligheter att i framtiden kunna korta transporter, byta råämne, hitta återanvändningsområden, återvinna värme och el vid förbränning. GAC är också okänsligare för störningar och är därmed säkrare och ger dessutom bättre rening så länge kolet byts vid behov.”

Utvecklingen i världen sedan multikriterieanalysen gjordes i början av mars 2022 har visat på en hög inflation och kraftigt stigande priser på el och speciellt granulerat kol, vilket det senare stigit med 75% under året. Det fortsatta kriget i Ukraina med sanktioner mm gör det framtida kostnadsläget mycket osäkert. En grov känslighetsanalys gjord i september 2022 med justerade poäng för drift- och totalkostnader för GAC och PAC visar att utfallet av multi-kriterieanalysen skulle blivit annorlunda i dagsläget, ozonering hade varit mest fördelaktigt följt av GAC och sist PAC med indikativa siffrorna 0; -0,2; -0,5.

I principförslaget redovisas ändå en anläggning för GAC eftersom beslutet togs under delvis andra förutsättningar och en omarbetning i rapporteringsläget inte inryms av tids- och kostnadsskäl. En översiktlig dimensionering för Lindholmens reningsverk gjordes dock för huvudalternativen GAC respektive ozonering i juni 2021 av B² Processteknik.

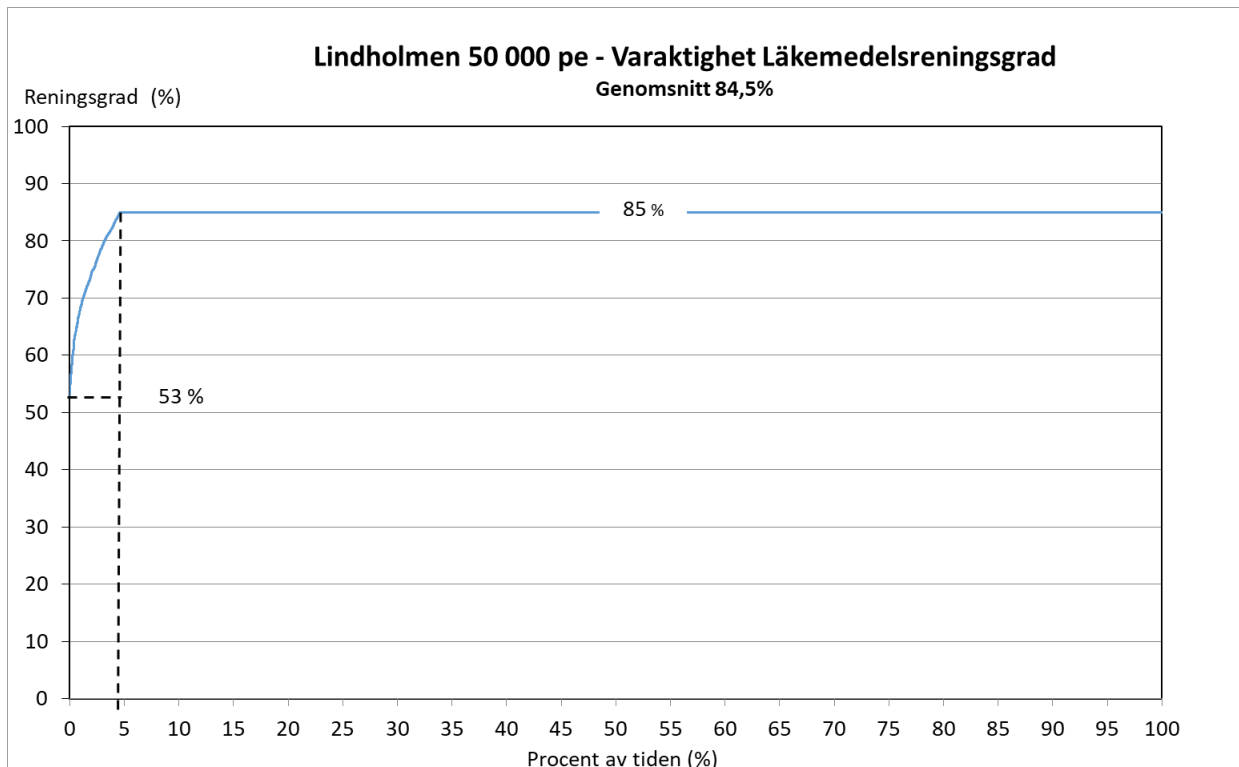
4.3 Designparametrar

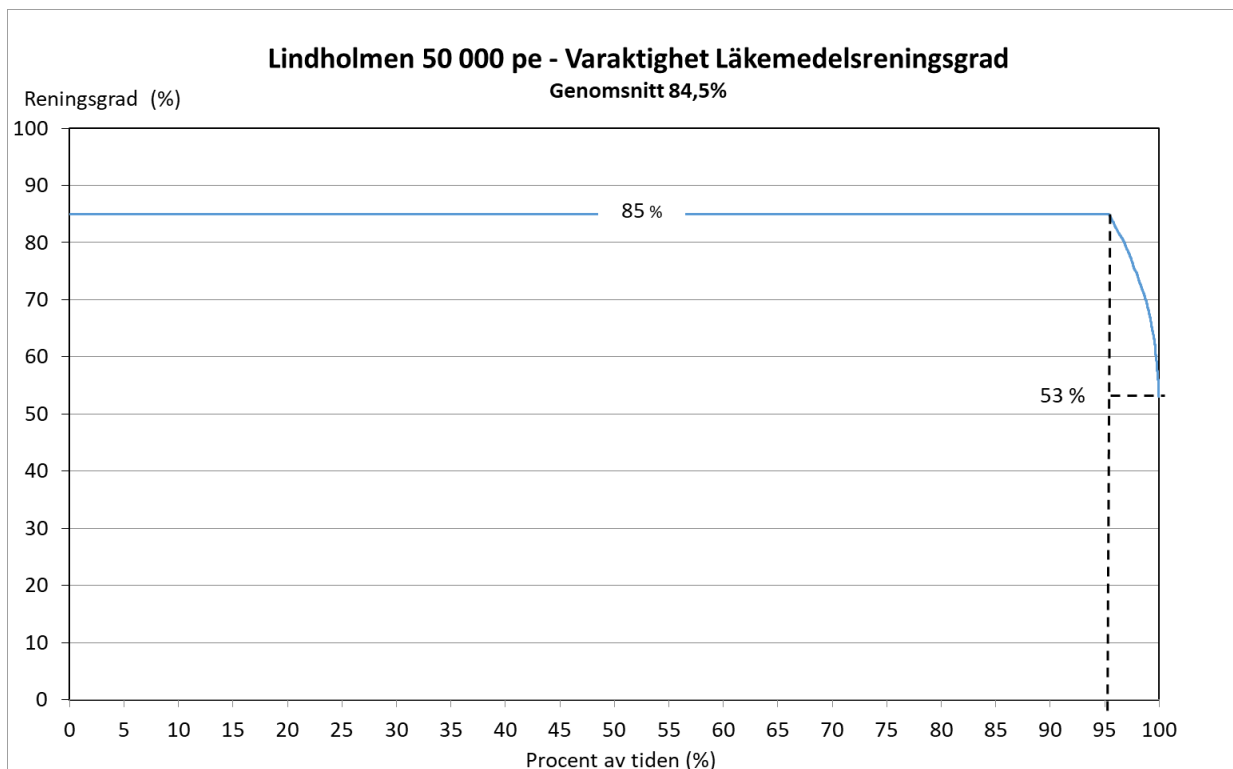
Läkemedelsreningssteget är dimensionerat för att klara en anslutning av 50 000 pe. Dimensionerande värden för har tagits fram baserat på pilotförsöken samt interna och externa erfarenheter, se tabell 4.3.1 nedan.

Dimensioneringsunderlag	Värde	Enhet
Flöde, q _{max} =2 q _{dim}	1800	m ³ /h
TOC	12,5	g/m ³
DOC	10,9	g/m ³
Summan av 30 läkemedelsrester i dagens utgående	12500	ng/L
Ozondos	7	gO ₃ /m ³
Ozondos	0,73	gO ₃ /mg DOC
Uppehållstid, UHT Ozonkontakttank q _{dim} (q _{max})	30 (15)	minuter
Vattendjup ozon	5	m
Ytbelastning GAC,, q _{dim}	3	m/h
Kolfilteryta	300	m ²
Bäddhöjd, GAC	1,25	m
Uppehållstid, kolfilter q _{dim} (q _{max})	25 (12,5)	minuter
Backspoltid, kolfilter	15	minuter
Backspolhastighet, kolfilter	13	m/h
Spolvattenbassäng, volym	130	m ³
Spolavvattenbassäng, volym	120	m ³
Lagringsvolym material till ett filter, m ³	50	m ³

Tabell 4.3.1: Dimensioneringsunderlag läkemedelsrening

Läkemedelsreningen har dimensionerats för att klara en genomsnittlig reningsgrad (avskiljningsgrad) av 80% för ett avloppsvattenflöde upp till 2 Qdim. Vid flöden därutöver kommer en del avloppsvatten ledas förbi och renas i en högflödesrening i ordinarie reningsverk och den har en mycket begränsad avskiljning av läkemedelsrester. Baserat på varaktighetsdata för timflöden för det framtida Lindholmen 50 000 pe har ett varaktighetsdiagram för den genomsnittliga reningsgraden för läkemedelsrester över Lindholmen tagits fram, figur 4.3.1.





Figur 4.3.2: Varaktighetsdiagram för reningsgraden för läkemedelsrester

Beräkningarna visar att den genomsnittliga reningsgraden över Lindholmen blir 84,5 % på årsbasis. Reningsgraden ligger på minst 85% under 95,5% av tiden under ett år. När flödet är som högst, 3000 m³/h, blir reningsgraden 53% sett över reningsverket beroende på att 40% av inkommande flöde bräddas förbi på den biologiska reningen och läkemedelsreningen.

4.4 Integrering med Lindholmens avloppsreningsverk

Lindholmens avloppsreningsverk kommer att renoveras samt byggas om och till i syfte att klara en högre belastning och samtidigt högre reningskrav. För att klara framtida reningskrav, vilket bl a föreskriver en utgående totalfosforhalt understigande 0,20 mg/l, måste utgående suspalt understiga ca 5 mg SS/l. Därför kommer bl a utgående vatten slutpoleras i en skivfilteranläggning, vilket i sin tur medför att föreslagen kolfilteranläggning inte behöver föregås av ett suspavskiljningssteg vilket i sin tur haft en inverkan på teknikvalet. Reningsverkets utloppsledning kommer att utformas så att vattnet på ett enkelt sätt kan avledas till läkemedelsreningsstegets inloppspumpstation. Utloppet från läkemedelsreningssteget kommer också anslutas till reningsverkets utloppsledning.

5. FRAMTIDA LÄKEMEDELSRENING

Som framgått av multikriterieanalysen, pkt. 4.2, kommer framtida läkemedelsrening vid Lindholmens avloppsreningsverk att utformas som en GAC-anläggning. Under pkt. 5.1 nedan beskriv hur anläggningen kommer att utformas och under pkt. 5.2 framgår vad den dimensionerats för. Då reningskraven för det ombyggda reningsverket vid Lindholmen är höga måste framtida reningsverk förses med ett slutpoleringssteg, oavsett om reningsverket utformas med ett läkemedelsreningssteg eller ej, som bl a syftar till att reducera susphalten i det behandlade vattnet så att den understiger ca 5mg/l. Således förutsätts i beskrivningarna nedan att vattnet som ska behandlas i läkemedelsreningssteget har en susphalt på maximalt 5 mg/l. Detta innebär att framtida läkemedelsreningssteg inte behöver föregås av någon form av partikelskiljningssteg.

5.1 Beskrivning av framtida läkemedelsrening

Utformningen av framtida GAC-anläggning, som framgår av figur 5.1.1 nedan, innefattar följande huvuddelar:

- Pumpstation
- Kolfilter, 10 filter á 30 m² d v s totalt 300 m²
- Spolvattenbassäng, 130 m³
- Spolavloppsvattenbassäng, 120 m³
- Bassäng för förbrukat kol, 50 m³

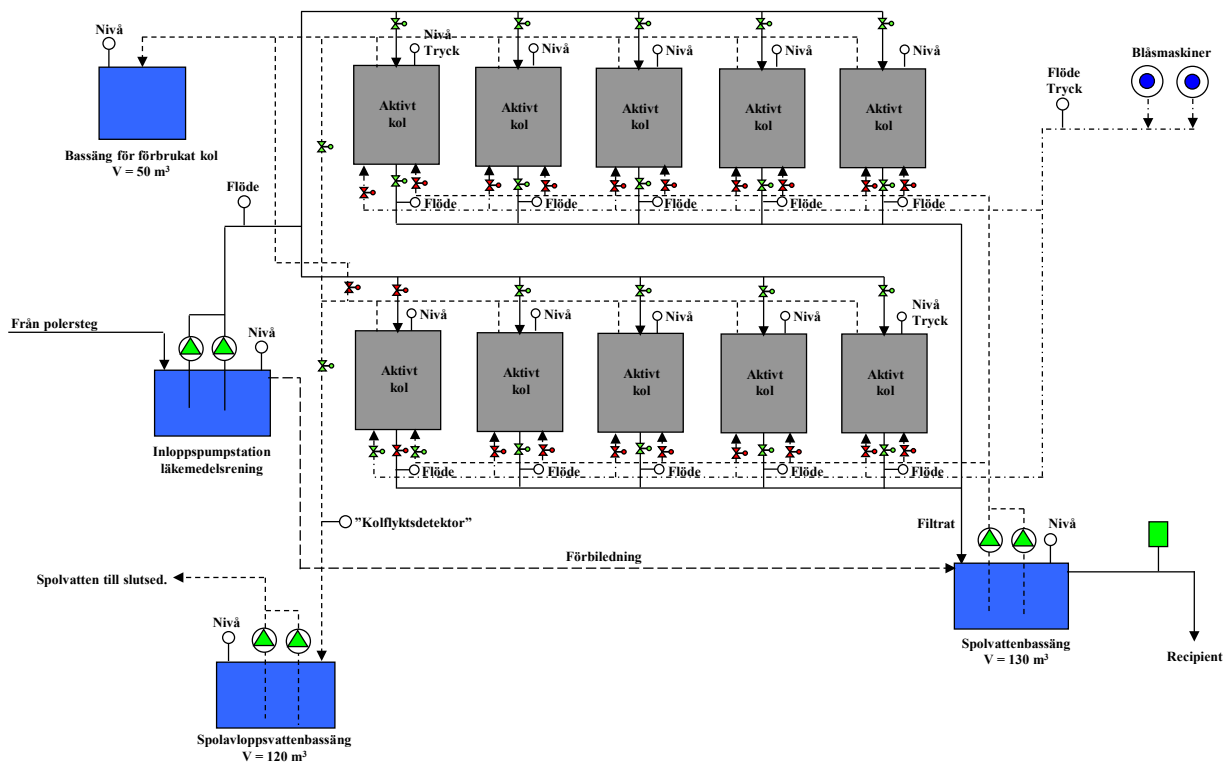
Utgående vatten från Lindholmens reningsverk avleds till en pumpstation som utgör första delen i läkemedelsreningen. Från pumpstationen pumpas vattnet till GAC-anläggningen där det fördelas på två filterlinjer, som vardera innefattande 5 parallella kolfilter. Som tidigare nämnts behövs ingen förfiltrering eller annan partikelavskiljning innan vattnet leds till kolfiltren då reningsverket kommer att förses med skivfilter eller motsvarande partikelavskiljning vid kommande ombyggnation.

Varje kolfiltren har en yta på ca 30 m², vilket ger en total yta av ca 300 m². Vattnet filtreras genom den 1,25 meter höga kolbädden innan det renade vattnet avleds till recipienten via en spolvattenbassäng.

Vardera kolfilter är försedd med nivågivare och dessutom är två av filtren, ett per linje, försett med tryckgivare för att följa processen kort- och långsiktigt. För att erhålla ett drifttryck över filterbädden samt för att inte vattnet som pumpas till filtren ska virvla upp kolbädden kommer vattenytan i filtren hållas ca 1 meter över kolbädden. Allt eftersom filtren sätts igen av partiklar öppnar utloppsventilen, vilket styrs av nivågivare i filtren, så att nivån hålls konstant. När utloppsventilen är fullt öppen, alternativt när den inställda gångtiden löpt ut, backspolas filtret med utgående vatten som samlats upp i spolvattenbassängen. För optimal backspolningseffekt som för att t ex bryta sönder eventuella slamkakor som byggts upp i filterbädden, samt för att minimera åtgången av spolvatten så backspolas även filtren med luft. Vid backspolning stoppas tillflödet till filtret som ska backspolas genom att inloppsluckorna stängs. För att undvika att stora mängder kol följer med spolavloppsvattnet vid backspolning är anläggningen försedd med en "kolflykts-detektor". Om kol detekteras i spolavloppet kommer såväl backspolningspumparna som blåsmaskinerna att automatiskt varva ner tills kolrester i spolavloppsvattnet upphör.

Använt spolvatten, s k spolavloppsvatten, samlas upp i en spolavloppsvattenbassäng där det utjämnas innan det pumpas vidare till reningsverket.

Då kolet har förbrukats, vilket beräknas ta ca 1-2 års drift, kommer det att pumpas till en förvaringsbassäng, kolfilterbassängen, innan det transporteras bort för regenerering alternativt deponering.



Figur 5.1.1: Läkemedelsreningsanläggning utformad som en GAC-anläggning

Filteranläggningen kommer att placeras inomhus i ett nybyggt hus, som innefattar två plan och innefattar följande:

- GAC-anläggning
- Inloppspumpstation
- Spolvatten- och spolavloppsvattenbassäng
- Bassäng för lagring av uttjänt kol
- Elrum, kontrollrum, blåsmaskinrum, pumprum, vvs-rum samt förråd med våtrumsvyta för hantering av prover och mät-/provtagningsutrustning

Byggnadsytan för den nya läkemedelsreningsanläggningen beräknas uppgå till ca 700 m².

5.2 Dimensionerande data

Lindholmens om- och tillbyggda reningsverk är dimensionerat för en belastning motsvarande 50 000 pe. I tabell 5.2.1 nedan redovisas flödesbelastningen till det framtida reningsverket. Allt vatten som behandlats biologiskt och kemiskt, motsvarande 2 Q_{dim}, kommer också behandlas i läkemedelsreningssteget, vilket framgår av tabellen nedan.

Parameter	Enhet	Kommunalt avlopp	Anmärkning
Antal anslutna	pe	50 000	Ca 8 500 pe utgörs av brunnsslam
Flödesbelastning			
Dygnsflöde	l/pe, d	333	
	m ³ /d	16 650	
Maxflöde, mekanisk rening	m ³ /h	3 600	
Maxflöde, biologisk och kemisk rening	m ³ /h	1 800	
Maxflöde, slutpoleringssteg	m ³ /h	1 800	
Dygnsflöde läkemedelsrening	m ³ /d	16 650	
Maxflöde, läkemedelsrening	m ³ /h	1 800	

Tabell 5.2.1: Dimensionerande flödesbelastning, Lindholmens reningsverk

Utgående vatten från reningsverket, d v s vattnet som leds till läkemedelreningssteget, måste uppfylla reningskraven enligt tabell 5.2.2.

Parameter	Enhet	Framtida villkor	Anmärkning
BOD ₇	mg/l	≤ 10	Begränsningsvärde Kalenderårsmedelvärde
N _{tot}	mg/l	≤ 8	Begränsningsvärde Kalenderårsmedelvärde
P _{tot}	mg/l	≤ 0,20	Begränsningsvärde Kalenderårsmedelvärde
NH ₄ -N	mg/l	≤ 5,0	Medelvärde under perioden april-oktober

Tabell 5.2.2: Framtida reningskrav, Lindholmens reningsverk

För att klara ovanstående reningskrav bedöms att susphalten i behandlat vatten inte får överstiga i medeltal 5 mg/l, vilket tagits hänsyn till vid utformningen av såväl reningsverket som läkemedelreningssteget.

5.3 Maskin- och processinstallationer

De maskin- och processinstallationer som behövs för anläggande av processsystem för läkemedelreningsanläggningen föreslås generellt utföras syrafast rostfritt stål. Generellt föreslås att ledningar och övriga komponenter dimensioneras för ett tryck på 10 bar (PN 10).

5.3.1 Installationer och arbeten för anläggande av läkemedelrening

För anläggande av läkemedelreningsanläggningen föreslås att följande installationer och arbeten utförs.

Processutrustning

- Kolfilter: Filter av nedströmstyp (10 st.). Filtren, som är byggda i betong, har vardera en yta motsvarande 30 m² (preliminärt 5*6 meter) och är vardera dimensionerade för ett dimflöde på 90 m³/h och ett maxflöde på 180 m³/h. Filtren placeras i en ny byggnad.

Tankar mm

- Inloppspumpstation: Betongtank med volym om ca 10 m³ (vätskedjup ca 3m). Försedd med nivågivare och nivåvakt för styrning av inloppspumparna.
- Spolvattenbassäng: Betongtank med volym om ca 130 m³ (vätskedjup ca 3 m) för uppsamling av kolfiltrerat vatten. Försedd med nivågivare och nivåvakt för styrning av spolvattenpumparna.
- Spolavloppsvattenbassäng: Betongtank med volym om ca 120 m³ (vätskedjup ca 3 m) för uppsamling och utjämning av spolavloppsvatten från kolfiltren. Försedd med nivågivare och nivåvakt för styrning av spolavloppsvattenpumparna.
- Bassäng för förbrukat kol: Betongtank med volym om ca 50 m³ (vätskedjup ca 3 m) för uppsamling och lagring av förbrukat kol. Försedd med nivågivare.

Pumpar, mm

- Inloppspumpar (2 st.) av typ torrumpställda centrifugalpump med frekvensstyrning, vardera pump med kapacitet om 1000 m³/h vid ca 3 mvp, för transport av utgående avloppsvatten från inloppspumpstationen till kolfiltren. Installerad effekt 12 kW vardera, totalt 24 kW.
- Spolvattenpumpar (2 st.) av typ torrumpställda centrifugalpump med frekvensstyrning, vardera pump med kapacitet om 300 m³/h vid ca 3 mvp, för backspolning av kolfiltren med utgående vatten från kolfilteranläggningen. Installerad effekt 3 kW vardera, totalt 6 kW.
- Blåsmaskiner (2 st.) med frekvensstyrning, vardera maskin med kapacitet om 200 Nm³/h vid ca 3 mvp, för backspolning av kolfiltren. Installerad effekt 4 kW vardera, totalt 8 kW.

- Spolavloppsvattenpumpar (2 st.) av typ torruppställda centrifugalpump med frekvensstyrning, vardera pump med kapacitet om 40 m³/h vid ca 5 mvp, för transport av använt spolvatten, s k spolavloppsvatten från spolavloppsvattenbassängen till reningsverket. Installerad effekt 1,1 kW vardera, totalt 2,2 kW.

Processledning och automatventiler, luckor

- Ledning från inloppspumpstation till fördelningskanal kolfilter skivfilter (preliminärt 10 meter DN600).
- Inloppsluckor till respektive kolfilter (10 st Kvad 400).
- Utloppsventiler, typ vridspjällsventiler, från respektive kolfilter (10 st, preliminärt DN250).
- Utloppsledning från kolfilteranläggning till spolvattenbassäng (preliminärt 20 meter DN250 och 25 meter DN800).
- Utloppsledning från spolvattenbassäng till utloppsledning reningsverk (preliminärt 10 meter DN600).
- Spolvattenledning från spolvattenbassäng till kolfilteranläggning (preliminärt 40 meter DN250).
- Spolvattenventiler, typ vridspjällsventiler, till respektive kolfilter (10 st, preliminärt DN250).
- Luftledning från blåsmaskiner till kolfilteranläggning (preliminärt 40 meter DN100).
- Luftspolningsventiler, typ vridspjällsventiler, till respektive kolfilter (10 st, preliminärt DN100).
- Spolavloppsvattenledning från kolfilteranläggning till spolavloppsvattenbassäng (preliminärt 30 meter DN350).
- Ventiler spolavloppsvattenledning för transport förbrukat kol från kolfilteranläggning till bassäng för förbrukat kol (2 st, preliminärt DN350).
- Spolavloppsvattenledning från spolavloppsvattenbassäng till reningsverk (preliminärt 10 meter DN100).
- Skibord för möjliggörande av bräddning från inloppspumpstation till spolvattenbassäng.

5.3.2 Energiåtgång och förbrukning av aktivt kol

För att driva anläggningen åtgår energi och aktivt kol. Energiåtgången har beräknats utifrån angivna installerade effekter enligt pkt. 5.3.1 ovan, och drifttider som har beräknats vid angivet dygnsflöde enligt pkt. 5.2, d v s 16 650 m³/d.

Den huvudsakliga driftkostnaden härrör dock från förbrukningen av aktivt kol. Förbrukningen av aktiverat kol uppmättes till ca 30 gram/ m³ filtrerat vatten vid genomförda pilotförsök, vilket också är den siffra som använts för framtida fullskaleanläggning.

5.3.3 Skötsel och underhåll

Föreslagen anläggning har automatiserats i största möjliga mån, men trots detta måste instrument rengöras, maskiner underhållas etc. Personalbehovet har därför uppskattats till en halvtidstjänst. Underhållet har uppskattats till 2% av maskinkostnaden. Vid beräkningen av underhållskostnaderna har dock ej det aktiva kolet inkluderats i maskinkostnaderna, till skillnad från redovisade investeringskostnader där aktivt kol ingår.

5.4 Byggnadsfunktioner

5.4.1 Mark och schakt

Underlag för bedömning av mark- och schaktarbetena framgår av Rambölls dokument ”PM Geoteknik – Principförslag, Geoteknik för läkemedelsrening” revideringsdatum 2022-09-07.

Grundvatten har påträffats mellan 0,5 och 1,1 m djup under markytan, vilket motsvarar nivå +0,5 till +1,1. Med nivå -0,3 m på underkant betong och ett behov av bärighet på den schaktbotten som behövs under byggtiden ca 0,5 m krossmaterial på schaktbotten, kan antas en schaktnivå ca -0,8 m. Detta i sin tur innebär att grundvattnet ska temporärt under hela byggtiden sänkas till -1,3 m innan schaktarbetena påbörjas. Risk för sättningar i befintliga byggnader finns vid grundvattensänkning, beroende på hur dessa är grundlagda. För temporära grundvattensänkningar utförs undersökningar av influensområde och risker för sättningar i omgivande konstruktioner, exempelvis genom beräkningar, slugtest eller provpumpning.

Väster om läkemedelsreningsbyggnaden finns planer på att uppföra en dagvattendamm och norr om byggnaden planeras en byggnad för skivfilterrening. Dessutom kommer schakter för ledningar utföras runt byggnaden som kan innebära risker beroende på i vilken ordning de olika konstruktionerna uppförs. Detta utförs genom stabilitetsberäkningar och kompletterande sonderingar samt provtagningar. Stabilitetsrisker utreds för uppfyllnaden runt byggnaden och där ska betänkas att riskerna är beroende av i vilken ordning olika konstruktioner byggs.

På platsen för framtida läkemedelsrening finns en befintlig slamplatta som tidigare varit i bruk. Jordlagren utgörs av fyllning på sedimentjord på morän på berg. Fyllningsmassorna är ca 1,0–1,5 m mäktiga och består av grusig sand med varierande inslag av silt eller sten. Bergnivå har inte undersökts i delområdet. Utförda sonderingar har nått mellan 5,0–10,0 m djup under markytan, vilket motsvarar nivå mellan -3,5 och -8,6 utan att påträffa berg.

Läkemedelsreningsbyggnaden grundlägges på pålar i ett rutnät om 3,0x3,0. För framkomlighet av påmaskin läggs ett bärlager av större fraktioner ut. Under plattan placeras en geotextil bruksklass 2 med 200 mm makadam. Underkant betongplatta är (-0,30). Grundläggningsnivån för konstruktion är (-0,50). Den pålade plattan skall dimensioneras för ett upptryck på 30 kPa. Pålarna skall dimensioneras för påhängslaster enligt gällande geotekniska förutsättningar. Pålängder uppskattas till 5–10 meter.

Känslighetsanalyser har utförts gällande sättningar. De sättningkänsliga jordarna är ca 6,9 m mäktiga. Där beräknas sättningarna uppgå till ca 0,2, 0,4 och 0,7 m, när last motsvarande 1, 2 respektive 3 m krossmaterial påförts (20kPa, 40kPa resp. 60kPa). Vidare utredning erfordras gällande sättningsrisker pga. grundvattensänkningar och uppfyllnad runt byggnaden.

Stabilitetsförhållanden har inte undersökts i detta skede, varför stabilitetsrisker för ytor där uppfyllning utförs runt byggnaden måste utredas. Likaså måste hantering av jordmassor med innehåll av sulfider utredas. Ej heller projektering av geokonstruktioner har utförts. Därför tas parametrar för grundläggning fram i senare projekteringskede.

5.4.2 Beskrivning maskinhus

För dimensionering och utförande av framtida byggnad, där läkemedelsreningen ska inrymmas, gäller följande bestämmelser:

- EKS 11 (boverkets föreskrifter om tillämpningar av europeiska konstruktionsstandarder, Eurokoder)
- BBR 29, Boverkets byggregler

Byggnaden dimensioneras för följande laster:

- Egentyngder från byggnad, installationer, innerväggar mm
- Nyttiga laster hämtat från SS-EN 1991-1-1/3/4 med nationell bilaga
Vindlast: $V_b = 24 \text{ m/s}$ Terrängtyp II
Snölast: $2,5 \text{ kN/m}^2$
- Trafiklast BK2
- Utöver de generella nyttiga lasterna tillkommer laster från blåsmaskiner, pumpar, traverser och vatten.

Laster övre plan (+5,20):

- Lokaltyp E1
- $Q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$
- $Q_k = 7,0 \text{ kN}$

Utöver de generella nyttiga lasterna tillkommer laster från vatten enligt:

- Vatten 35 kN/m^2

Följande säkerhetsklasser gäller för byggnaden:

- Säkerhetsklass 3: Stabiliserande struktur samt pelare
- Säkerhetsklass 2: Bjälklag och fundament
- Säkerhetsklass 1: Golv på mark

Byggnaden dimensioneras och konstrueras för följande livslängd:

- 100 år för ej inspekterbara delar
- 50 år för inspekterbara delar

För byggnaden gäller brandklass EI30 och korrosivitetsklass C3 enligt ISO12944-4. Inngjutningsgods i kontakt med vatten skall vara av syrafast stål EN 1.4404.

Stommen i det nedre planet och upp till nivå (+5,20) utgörs av platsgjuten och vattentät betong, vilket ställer särskilda krav på sprickfrihet och genomföringar. Dilatationsfogar ska därmed utföras med tätade gjutfogar. Väggar till vattengångar skall dimensioneras för enkelsidigt vattentryck. Bjälklaget över kolfiltervolymerna (+1,70) byggs upp med plint och balksystem, på balkarna placeras Prefab plattor med pågjutning. Armeringsjordning skall utföras i betongstommen. Varmförzinkade ställinor förbinds mellan stålstomme och fästs till armeringen så att god kontakt erhålls. Linorna ansluts sedan till jordningspunkt enligt EL-handlingar.

Bjälklaget över spolvattenvolymerna (+5,20) görs av prefabricerade håldäckselement typ HD/F. Övrig vertikal stomme består av stålpelare c/c max 6000mm, d v s stomme i gavelväggar och för överbyggnaden. Stomstabilisering sker i det nedre planet av de bärande betongväggarna medan det i det övre planet enbart sker med snedstag i ytterväggar.

Mellanväggar kring EL-rum, blåsmaskinrum och VVS utgörs med upp stolpade stålreglar och isolering.

Takkonstruktionen utgörs av fackverkstakstolar typ Maku eller likvärdiga och stålbalkar. Luftad takkonstruktion: Bärplåt skruvas till skivverkan med ovanliggande isolering. Takduken är av typen protan med brandklass BROOF(t2). Lutningen på taket böra vara minst 1:10. Takkonstruktionen ska bära en kättingtelfer monterad i manuell blockvagn, med en lyftkapacitet på ca 5 ton.

Till ytterväggar föreslås plåtsandwichelement med fasadbeklädnad enligt A. Utanpå betongväggar i nedre plan monteras isolerade sockelelement.

Trappor utförs i varmförzinkat stål och skyddsräcken i aluminium.

5.5 El- och automationsinstallationer

5.5.1 Allmänt

Den nya anläggningen skall utföras så att konstruktion, märkning, kretsutbyggnad, program etc. utförs enligt "Teknisk kravspecifikation Norrtälje Vatten och Avfall AB, VA-Avdelningen El och Automation" daterad 2022-06-07 eller eventuellt senare version.

Centralutrustningarna skall delas upp och "renodlas", så att det blir centraler av allmän karaktär för till exempel belysningsystem, elvärmessystem, allmänna uttag etc, samt apparatskåp för motorgrupper, givare etc som har att göra med reningsprocessen

5.5.2 Kraftförsörjning

Nytt elrum anordnas i den nya maskinbyggnaden. Kraftförsörjningssystemet består i huvudsak av följande delar:

1. Lågspänningsställverk som skall matas från befintlig anläggning via ny huvudledning. Huvudledning och ställverk dimensioneras preliminärt för 160A, exakt dimensionering utförs i detaljprojektering.
2. Långspänningsställverket utförs säkringslöst med borttagbara effektbrytare som matar större belastningsobjekt, VVS-utrustning samt allmän elcentral och apparatskåp för process.
3. För VVS-utrustning anordnas separat automatiskåp med styrutrustning ingående i VVS-entreprenad. Även kablage etc. för VVS förutsätts ingå i separat del.
4. För allmänkraft och belysning anordnas en dvärgbrytarcentral.
5. Elenergimätning anordnas till PLC-systemet, separata mätning för fastighetsbunden förbrukning och processförbrukning. Från samtliga frekvensomformardrifter ansluts analog signal för strömförbrukning till PLC-systemet och energiförbrukning beräknas i PLC-systemet. Det skall vara möjligt att avläsa energiförbrukning samt momentan effekt för samtliga energimätningar. Nätvakt anordnas som ger signal till PLC-system vid spänningsbortfall.

6. Anläggningen utförs med åskledare och potentialutjämning. Byggnadens armeringsjärn och ståldetaljer ansluts liksom processanläggningen och VVS-systemet.
7. Överspänningsskydd i form av grovskydd i lågspänningsställverk samt i form av mellan-skydd och finskydd i automatikskåp anordnas.

5.5.3 Belysning och allmänkraft

1. Förläggning av kablage utförs i huvudsak på kabelstegar. Stegarna ansluts till potential-utjämningssystemet.
2. Ytterbelysning styrs av ljusrelä och tider via PLC-systemet. Ytterbelysning utförs med armaturer på fasad.
3. Belysning i processutrymmen, förråd mm utförs med kapslade lysrörsarmaturer på armaturskenor. I kontrollrum används nedpendlade kontorsarmaturer med tänd/släckbart uppljus samt allmänbelysning i övriga utrymmen med normal standard.
4. I maskinbyggnad anordnas nödbelysning via handlampor som placeras på strategiska punkter bl a i VVS-rum, elrum samt erforderligt antal i processutrymme så att personal kan utrymma vid spänningsbortfall med ledljus.
5. Uttag i maskinbyggnad anordnas i huvudsak i uttagslådor med lokala jordfelsbrytare. I kontrollrum anordnas uttag i fönsterbänkskanaler och på väggar.

5.5.4 Automatikskåp

1. Nytt automatikskåp anordnas för processutrustningar. Automatikskåp placeras i den nya maskinhallens elrum.
2. Automatikskåp utförs i huvudsak med säkringslös teknik, motorskydds-brytare och dvärg-brytare skall vara monterade så att de kan utbytas utan att demontera skenbryggor och dyl. dylikt för att minimera driftstopp, t ex genom att montera utrustning på skenbryggor o dyl.
3. Motorgrupper och instrumentgrupper skall avskiljas objektsmässigt så att komponenter ej blandas mellan objekt i större omfattning än nödvändigt, se även teknisk kravspecifikation.
4. Frekvensomformare placeras i första hand i elrum. Frekvensomformare ansluts till PLC-systemet via I/O-signaler.
5. Samtliga motorobjekt och ventilobjekt förses med lokal-0-fjärromkopplare vilka placeras antingen samlade i manöverlådor på strategiska punkter eller lokalt vid det enskilda objektet.
6. Konstruktionen anpassas så att likhet råder med beställarens befintliga anläggningar och Märksystem

7. Ventilationsanläggning utförs med eget automatikskåp.

8. PLC-system förses med 24V batterilikriktarsystem.

5.5.5 Automationskoncept (PLC-system och driftövervakning)

1. Nytt PLC-system samt operatörspanel anordnas i enlighet med teknisk kravspecifikation. Systemet kopplas även mot beställarens SCADA-system via Ethernet. Kommunikationsprotokoll anpassas så att kompletteringar ej krävs i SCADA-systemet.
2. I elrum anordnas ställ med switch och patchpanel dit inkommande fiber ansluts samt PLC-system, operatörspanel och allmänna nätverksuttag i kontrollrum.
3. För respektive objekt skall minst följande fysiska IO finnas:
 - 1 digital ingång per vakt eller larmobjekt
 - För motorobjekt framgår signalutbyte i teknisk kravspecifikation. För flerhastighetsmotorer och fram-backfunktioner skall IO ökas motsvarande ökad funktionalitet. Om objektet är försett med vakt skall separata ingångar för varje tryckvakt, hastighetsvakt, etc. finnas. Vakter som utgör säkerhetsfunktioner skall alltid kopplas elektriskt i krets förutom signal till PLC-systemet.
 - För varje icke tvåtrådsmatat instrument skall 4-20mA signalingång och digital felingång anordnas.
 - För tvåtrådsmatade givare skall 4-20mA signalingång anordnas. Vid signal under 4mA eller över 20mA skall fellarm avges separat för varje givare.
 - PLC-systemet skall förses med 20% in- och utgångar i reserv, dock minst en av varje. Systemet skall utöver angiven reserv kunna utökas med ytterligare 20% via extra I/O-moduler.
 - Programminne och variabelminne skall vid fullt driftsatt anläggning vara nyttjat till max 60%.
4. Det skall förutsättas att all funktionalitet löses i PLC-systemet. Som exempel kan nämnas att samtliga gränsvärden kontrolleras i PLC-systemet men att gränsvärden skall vara inställbara från SCADA-system och operatörspanel.
5. Programmering utförs så att varje objekt kan manövreras Hand-Automatik via operatörsdisplay eller SCADA-system. Vid Hand-drift skall operatör kunna välja om objektet skall vara till eller från. Samtliga förreglingar skall vara aktiva även om objektet är ställt i Hand-drift och till.
6. Samtliga gränsvärden, larmgränser, regulatorparametrar etc skall vara åtkomliga från operatörsdisplay och SCADA-system.
7. Analoga mätvärden förses alltid med larm för lågt och högt värde med inställbar gemensam tidsfördröjning.
8. För motorobjekt skall drifttid idag, igår och totalt lagras med minutupplösning samt skall även starter idag, igår och totalt lagras. För frekvensomformarobjekt lagras energi idag, igår och totalt.

9. PLC-system och program anpassas så att anläggningen följer beställarens standard. Rikligt med förklarande kommentarer skall finnas. Vid genomförande av program skall tätt samarbete ske med processansvarig eller motsvarande för reningsprocessen.
10. Strömförsörjning till PLC-system skall ske via avbrottsfri kraftkälla. Kraftkällan skall föregås av nätfilter och om sidordnade kraftkällor anordnas för strömförsörjning av t ex analoga kretsar så skall även dessa föregås av nätfilter. Nätfilter anordnas även på kraftkällans sekundärsida
11. För att minimera störningar skall systemets ingående delar jordas enligt systemleverantörens anvisningar.
12. Spänningsnivå skall vara 24V och sektionering skall ske med automatsäkringar med optisk och potentialfri relä-indikering. Indikering kopplas till PLC-system för larm-indikering. Alla 24V-spänningar som ansluts utanför skåp (t ex till externa vakter) skall förses med separat säkring så att fel i en extern enhet ej orsakar totalt driftstopp. Varje kort/modul skall dessutom förses med separat avsäkring.
13. Referensnollpunkt skall vara jordad så att felsökning kan ske med hjälp av mätning mot jord.
14. Analoga ingångsenheter skall vara utförda för aktuell mätpunkts signaltyp. I första hand skall 4-20mA signal användas. Analog ingång skall vara galvaniskt skild från systemets interna spänningar.
15. Digitala utgångsenheter skall anslutas via interfacerelän. Relän skall vara med lysdiods- och flaggindikering samt med möjlighet till manuell påverkan.

5.6 VVS-installationer

Byggnaden som inrymmer läkemedelsrening kommer att försörjas med brutet vatten och värme från centrala system via reningsverkets byggnad som inrymmer skivfilteranläggningen och är placerad intill läkemedelsreningen.

Byggnaden förses med följande funktioner:

- Spolpost i pumprum (1 st) och i bassängplanet (2 st)
- Tvättställ (1 st) som förses med varmvatten från en genomströmningsberedare (Metrotherm typ Minex 11e, 400 V/11 kW)
- Utslagsback för städ och tvättbänk för provhantering och rengöring av provtagningsutrustning mm.
- Spillvatten leds med självfall till pumpgrop placerat i pumprummet, varifrån det pumpas med dränkbar pump till tryckavloppssystemet som är gemensamt för hela reningsverket.

Byggnaden värms med fläktluftvärmare som kopplas till centralt värmesystem för hela reningsverket.

Luftbehandling sker med ett luftbehandlingssystem av typen FTX med roterande värmeväxlare. Preliminärt luftflöde 810 liter/s. Elrum förses med separat tilluftsaggregat.

Luktrensning av frånluft sker ej men däremot renas tilluft till elrum m a p svavelväte.

I det fall då föreslagna elektriska don till luckor och ventiler ersätts av pneumatiska don, eller om föreslagna instrument erfordrar tryckluft, måste anläggningen kompletteras med ett tryckluftssystem som antingen försörjs med luft från ny kompressor alternativt från närliggande byggnad.

5.7 VA-ledningsarbeten och anslutning till avloppsreningsverket

Innan läkemedelsreningen är driftsatt rinner vattnet med självfall från skivfilterbyggnaden till recipienten via en ny ledning DN1200. När läkemedelsreningen byggs monterar man en lucka (normalt stängd när läkemedelsreningen är i drift) på utloppsledningen bredvid läkemedelsreningen. Uppströms luckan drar man en ledning till läkemedelsreningens inloppspumpstation och nedströms luckan drar man en ledning från spolvattenbassängen. På båda dessa ledningar monteras luckor för att kunna stänga av läkemedelsreningen. Vattennivån i spolvattenbassängen hålls av ett 4 m långt skibord som leder vattnet till en kanal innan det rinner genom en ledning ut till utloppsledningen. Om inloppspumparna till läkemedelsreningen skulle stanna stiger vattennivån i pumpstationen och rinner till slut över en överfallskant och vidare till kanalen nedströms spolvattenbassängen och vidare genom ledningen beskriven ovan och vidare till recipienten.

6. ENTREPRENAD OCH PROJEKTKOSTNADER

6.1 Investeringskostnader

Baserat på de åtgärder som redovisas i kapitel 5 har en indikativ uppskattning gjorts av investeringskostnaden för anläggande av den nya läkemedelsreningen vid Lindholmens reningsverk. Kostnaden är baserad på inhämtning av uppgifter från leverantörer samt tillämpande av schabloner och erfarenhetsmässiga å-priser för installations-, mark- och byggnadsarbeten. Då ingen detaljerad projektering genomförts i detta skede, har oförutsedda kostnader motsvarande ca 20% av uppskattad kostnad påförts respektive delsumma. Samtliga redovisade entreprenadkostnader inkluderar montage.

Som framgår av tabellen har byggherreomkostnader, d v s kostnader för projektering, upphandling samt projekt- och byggledning, kontroller och besiktningar, antagits uppgå till ca 20% av uppskattad investeringskostnad.

Investeringskostnaderna för anläggande av framtida läkemedelsrening, inklusive byggherreomkostnader har bedömts uppgå till totalt **ca 120 MSEK**.

I detta sammanhang är det viktigt att påpeka att det för närvarande sker en kontinuerlig justering av priser på maskiner och material. Således kan nedanstående bedömda kostnader ändras i närtid.

Parameter	Enhet	Investeringskostnader GAC-anläggning
Maskin	tkr	23 000
Oförutsett (ca 20%)	tkr	4 600
Summa maskin	tkr	27 600
Mark och bygg	tkr	51 000
Oförutsett (ca 20%)	tkr	10 200
Summa bygg	tkr	61 200
El, styr, regler	tkr	4 200
Oförutsett (ca 20 %)	tkr	1 000
Summa el, styr, regler	tkr	5 200
VVS och Vent	tkr	5 000
Oförutsett (ca 20%)	tkr	1 000
Summa bygg	tkr	6 000
Summa entreprenadkostnader	tkr	100 000
Byggherreomkostnader (ca 20%)	tkr	20 000
Summa investeringskostnader	tkr	120 000

Figur 6.1.1: Uppskattade investeringskostnader för läkemedelsreningsanläggning utformad som en GAC-anläggning

6.2 Driftkostnader

Driftkostnaderna för föreslagen läkemedelsrening har bedömts utifrån redovisade dimensioneringsförutsättningar, föreslagen utrustning och den i pilotförsöken visade förbrukning av aktivt kol. För drift och skötsel av anläggningen har bedömts att det åtgår en halvtid. Underhållskostnaden har beräknats schablonmässigt utifrån antagandet om 2% på maskininvesteringen.

I tabellen nedan redovisas bedömda driftkostnader samt vilka kostnader som antagits för el och aktivt kol. Den totala **driftkostnaden** har därmed bedömts uppgå till **ca 8,1 MSEK**.

Parameter	Enhet	Driftkostnader GAC-anläggning	Anmärkning
Elkostnader	kr/år	250 000	Antaget 2 kr/kWh
Aktivt kol	kr/år	7 200 000	40 kr/kg
Personalkostnader	kr/år	250 000	En person halvtid
Underhåll	kr/år	400 000	Ca 2% av maskininv. (exkl. aktivt kol)
Summa driftkostnader	kr/år	8 100 000	

Tabell 6.2.1: Uppskattade driftkostnader för läkemedelsreningsanläggning utformad som en GAC-anläggning

Som framgår av tabellen utgör förbrukningen av aktivt kol nästan 90% av den totala driftkostnaden. Priset för aktivt kol har stigit kraftigt (> 70%) det senaste halvåret, vilket till stor del beror på omvärldsläget med ukrainakrisen och ekonomiska ”turbulensen” som för tillfället råder. En återgång till en mer normal situation, och förhoppningsvis lite mer normala kostnader avseende framför allt aktivt kol, skulle kunna få en positiv påverkan på ovan redovisade driftkostnader.

6.3 Årskostnader

Årskostnaderna har beräknats utifrån en avskrivningstid på 15 år för maskin, el (el, styr, regler) och vvs samt 50 års avskrivningstid för bygg. Internräntan har ansatts till 2,0%. Såväl avskrivningstider som räntenivå har erhållits från Norrtälje Vatten och avfall.

Som redovisas i tabell 6.3.1 nedan har **årskostnaden** bedömts uppgå till **ca 13,2 MSEK**.

Kostnaderna för att rena en kubikmeter vatten i föreslagen läkemedelsreningsanläggning uppgår till ca 2,2 kr, utifrån det dimensionerade dygnsflödet på 16 650 m³.

Parameter	Enhet	Årskostnader GAC-anläggning	Anmärkning
Kapitaltjänst kostnad maskin (15 års avskrivningstid, 2,0% ränta)	tkr/år	2 200	
Kapitaltjänst kostnad bygg (50 års avskrivningstid, 2,0% ränta)	tkr/år	2 000	
Kapitaltjänst kostnad el, styr (15 års avskrivningstid, 2,0% ränta)	tkr/år	400	
Kapitaltjänst kostnad VVS (15 års avskrivningstid, 2,0% ränta)	tkr/år	500	
Driftkostnader	tkr/år	8 100	
Summa årskostnad	tkr/år	13 200	
Årskostnad per m³ behandlat vatten	kr/m³	2,2	Årsflödet har beräknats utifrån det i tabell 5.2.1 angivna dygnsflödet.

Tabell 6.3.1: Beräknad årskostnad för läkemedelsreningsanläggning utformad som en GAC-anläggning

6.4 Känslighetsanalys kostnader

Då så stor andel av driftkostnaderna utgörs av förbrukningen av aktivt kol och då priset på aktivt kol ökat från ca 25 kr/kg till 40 kr/kg under senaste året har en känslighetsanalys genomförts för att belysa vad en återgång till ett mer ”normalt” kolpris skulle innebära. Kostnaderna på aktivt kol påverkar:

- Investeringskostnaderna, huvudsakligen kostnaderna för maskin
- Driftkostnaderna
- Årskostnaderna

Vid en kostnad på 25 kr/kg skulle investeringskostnaderna minska från nuvarande uppskattad kostnad på 120 MSEK till 117 MSEK.

Driftkostnaderna beräknas minska från redovisad uppskattad driftkostnad på 8,1 MSEK till 5,5 MSEK.

Om årskostnaderna beräknas utifrån ett pris på det aktiva kolet på 25 kr/kg skulle de uppgå till i storleksordningen 10,4 MSEK, d v s en minskning på ca 2,8 MSEK. Kostnaderna för att rena en kubikmeter vatten skulle därmed uppgå till 1,7 kr, d v s en sänkning med ca 50 öre per kubikmeter renat vatten.

7. TIDPLAN

Framtida projekt indelas i tre huvudfaser; projektering, entreprenadupphandling och anläggningsfas. Nedan har tiden för respektive fas uppskattats under förutsättning att man ej gör någon systemprojektering först utan genomför en detaljprojektering baserat på detta principförslag.

- *Projektering*
Tiden för detaljprojektering samt upprättande av förfrågningsunderlag bedöms uppgå till ca 10-12 månader. Normalt brukar detaljprojekteringen även inkludera en kostnadsbedömning.
- *Entreprenadupphandling*
Upphandling av entreprenader bedöms ta ca 4–5 månader från publicering av förfrågningsunderlag fram till kontraktstecknade.
- *Anläggningsfas*
Total tid för utförande av entreprenadarbetena uppskattas till ca 18–24 månader.

Ovanstående tider innebär, med inkluderande av ställtider, att projektet i sin helhet bör kunna slutföras på ca 3,5-4 år räknat från tidpunkt för projekteringsstart. I uppskattad tidsåtgång har ingen hänsyn tagits till möjliga överklaganden av upphandling av de olika entreprenadkontrakten.

Avsedd för
Norrtälje Kommun
Projektering Lindholmen 50 000pe

Typ av dokument
PM Geoteknik

Datum
2022-04-14, Rev 2022-09-07
Granskningshandling

PM GEOTEKNIK PRINCIPFÖRSLAG, GEOTEKNIK FÖR LÄKEMEDELSRENING



PM GEOTEKNIK PRINCIPFÖRSLAG, GEOTEKNIK FÖR LÄKEMEDELSRENING

Projektnamn **Projektering Lindholmen 50 000 pe**
Projekt nr **1320051439**
Status **Granskningshandling**
Datum **2022-04-14, Rev 2022-09-07**
Handläggare **Jesper Perälä**
Granskad av **Carl Olof Modin**
Ansvarig **Mattias Karlsson**

Ramboll
Dragarbrunnsgatan 78B
753 20 Uppsala

T +46 (0)10 615 60 00
<https://se.ramboll.com>

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1.	Sammanfattning	3
2.	Objekt och uppdrag	3
3.	Detta dokument	4
3.1	Styrande dokument	4
4.	Utförd undersökning	4
4.1	Geotekniska undersökningar	4
4.2	Miljötekniska markundersökningar	6
5.	Befintliga förhållanden	6
5.1	Omgivning	6
5.2	Befintliga konstruktioner	7
5.2.1	Byggnad 3, Försedimentering	7
5.2.2	Byggnad 3, Bio-pst (kompressor- och klorhus)	8
5.2.3	Byggnad 5, Bioreaktor och biosedimentationsbassänger	8
5.2.4	Byggnad 6 Slutsedimentering	8
5.2.5	Byggnad 10, Slamhus med slamplattor	8
5.2.6	Byggnad 12, Kemtank 1	8
5.2.7	Byggnad 21, Grovrening	8
5.2.8	Byggnad 22, Driftcentral	9
5.2.9	Byggnad 23, Rötkammare	9
5.2.10	Byggnad 23, Gasklocka	9
5.2.11	Byggnad 24, Biobädd	9
5.2.12	Byggnad 25, Personalbyggnad 1	9
5.2.13	Befintliga ledningar	9
5.3	Topografi	9
5.4	Grundvatten	9
5.5	Övergripande geotekniska förhållanden	9
5.6	Geotekniska förhållanden för Läkemedelsrening	10
5.6.1	Plats för Läkemedelsrening	10
5.7	Sättning	10
5.7.1	Plats för Läkemedelsrening	10
5.8	Stabilitet	11
6.	Grundläggning	11
6.1	Planerade konstruktioner	11
6.1.1	Plats för läkemedelsrening	11
6.1.2	Marköverbyggnad	11
6.2	Förslag konstruktion	11
6.3	Schakt	12
6.3.1	Schakt med slänter	12
6.3.2	Schakt med spont	12
6.4	Parametrar för grundläggning	12

7. Rekommendationer för vidare projektering och kommentarer**12****Bilagor**

Bilaga	Namn	Dokumenttitel

Dokumenthistorik

Version	Datum	Version avser

1. SAMMANFATTNING

Den västra delen av befintlig anläggning ligger på en mindre moränrygg orienterad i nord-nordvästlig riktning. Den östra delen av verket är placerad på tidigare jordbruksmark. Väster om befintligt reningsverk består marken av jordbruksmark. Från nordost till sydost om befintligt reningsverk består marken av jordbruksmark, vilket övergår till vassmarker, och jordarterna utgörs av gyttja på kohesionsjord av lera och silt. Direkt syd till sydväst om reningsverket återfinns Lindholmens naturreservat.

Jordarterna i området består generellt av sedimentjord på morän på berg. Fyllnadsmassor överlagrar de naturligt lagrade jordarna i anslutning till befintlig anläggning. Jorddjupet är störst främst i de västra och östra delarna av undersökningsområdet. Sedimentjordarna består av 0 till 10 m mäktig torrskorpelera på gyttja på lera. Mäktigheten är störst i de västra och östra delarna av undersökningsområdet, där jorddjupen är större. Gyttjan varierar i mäktighet mellan 0 och 3,2 m. Kohesionsjordarna, lera/silt eller variationer däremellan, är upp till 8,1 m mäktiga. Gyttjan och lera/silt är i varierande grad sulfidhaltiga. Moränen är en siltig sandmorän och varierar i mäktighet från 0 till 3,5 meter. Bergets överyta varierar i området från att finnas i dagen, till mer än 10 meters djup under markytan.

Läkemedelsreningen kommer pålas med slagna pålar av betong eller stål ner till fast morän eller berg. Alternativt utförs pålning med borrarade stålörspålar ned till berg om upptryckskrafter vid högt vattenstånd bedöms vara risk. Schaktdjup bedöms till ca 2 m, och grundvattennivå avsänks temporärt under byggtiden. Schakt med flacka slänter är möjligt om denna byggnad uppförs innan planerad dagvattendamm byggs.

Dagvattendammen väster om Läkemedelsreningen utförs som en kombination av schakt och uppfyllnad av dammvallarna. För att undvika att dammvallarna utvecklar sättningar kommer antingen förbelastning utföras alternativt att de byggs med överhöjning så att de efter utvecklade sättning har tillräcklig nivå. Om förbelastning genomförs kan det med fördel utföras samtidigt som förbelastning utförs runt läkemedelsreningens uppfyllnad runt byggnaden.

Sulfidhaltiga jordmassor kan komma att behöva hanteras där schakt utförs i sedimentjord. Dessa schakter innefattar schakt för Läkemedelsreningen och intilliggande dagvattendammen och ledningsschakter.

2. OBJEKT OCH UPPDRAG

På uppdrag av Norrtälje Vatten och Avfall, har Ramboll Sweden AB utfört översiktliga geotekniska undersökningar för utbyggnad av Lindholmens avloppsreningsverk för 50 000 personekvivalenter i Norrtälje kommun, Stockholms län.

Syftet med undersökningarna har varit att utreda de geotekniska förhållandena inom aktuellt område som underlag för projektering av utbyggnad av avloppsreningsverket, samt tillhörande byggnader och hårdgjorda ytor.

I maj 2022 utfördes kompletterande geotekniska fältundersökningar för att belysa ett bantat utbyggnadsprogram där endast en ny skivfilterbyggnad, bioreaktorerna B1, B2, A1 och Bio-P samt

rötkammare med teknikbyggnad utförs i väntan på att ett nytt reningsverk byggs på annat ställe i kommunen.

Denna PM Geoteknik omfattar endast byggnad för Läkemedelsrening i det undersökta områdets sydöstra del.

3. DETTA DOKUMENT

Denna PM är ett projekteringsunderlag och behandlar rekommendationer och synpunkter för projekteringskedet vad gäller byggnad för Läkemedelsrening. Rapporten utgör även underlag för detaljplan.

3.1 Styrande dokument

Styrande dokument i denna handling är:

- AMA Anläggning 20
- IEG 6:2008 rev. 1, Tillämpningsdokument för slänter och bankar
- IEG 2:2008 rev. 3, Tillämpningsdokument för grunder
- SS EN 1997-1, Eurocode för geokonstruktioner

Rådgivande dokument i denna handling är:

- TK Geo 13 ver. 2, Trafikverkets krav för geokonstruktioner
- TR Geo 13 ver. 2, Trafikverkets råd för geokonstruktioner
- SGI Information 1, Jords egenskaper

Dimensionering:

- Grundläggning utförs i säkerhetsklass 2 (SK2)
- Dimensionering utförs i geoteknisk kategori 2 (GK2)

4. UTFÖRD UNDERSÖKNING

4.1 Geotekniska undersökningar

Som underlag till PM har tillhandahållet underlag, och undersökningar vilka utförts i augusti till september 2021 av Ramboll Sweden AB, använts. Kompletterande undersökningar utfördes i maj 2022 i läge för skivfilterbyggnad, Bioreaktorer och för rötkammare.

Följande dokument, ritningar och kartor har använts som underlag:

- Jordartskarta 1:25 000 (Sveriges Geologiska Undersökning)
- Jorddjupskarta 1:25 000 (Sveriges Geologiska Undersökning)

Tidigare utförda geotekniska undersökningar:

- Avloppsreningsverk Lindholmen utbyggnadsetapp II, Geotekniskt utlåtande, VIAK AB (daterad 1974-12-20)

- Geoteknisk undersökning för utbyggnad av avloppsreningsverket Lindholmen för ökad belastning samt kvävereduktion, VBB Viak (daterad 1997-05-29)
- Markteknisk undersökningsrapport Geoteknik, Planerad utbyggnad av sedimenteringsbassäng vid VA-verket i Lindholmen, Norrtälje kommun, Geotekniska byggnadsbyrå HÅPE AB (daterad 2019-05-09)
- PM Geoteknik, Planerad utbyggnad av sedimenteringsbassäng vid VA-verket i Lindholmen, Norrtälje kommun, Geotekniska byggnadsbyrå HÅPE AB (daterad 2019-05-09)
- Markteknisk undersökningsrapport Geoteknik, Tälje 3:289 Lindholmens Reningsverk, Norrtälje kommun, Bjerking AB (daterad 2019-11-21)
- Projekterings PM Geoteknik, Tälje 3:289 Lindholmens Reningsverk – Parkeringsyta, Norrtälje kommun, Bjerking AB (daterad 2019-11-21)
- Projekterings PM Geoteknik, Tälje 3:289 Lindholmens Reningsverk – Upplag, Norrtälje kommun, Bjerking AB (daterad 2019-11-21)

Utöver tidigare geotekniska underlag har ritningsunderlag tillhandahållits från beställaren. Det urval av ritningar vilka använts som underlag för bedömda grundläggningar och geotekniska förhållanden är följande:

VIK AB:

- 13.2132-117
- 13.2132-118
- 12.2132-129
- 13.2132-141A
- 13.2132-143
- 13.2132-153
- 13.1232-165
- 13.2132-314
- 13.2132-333
- 13.2132-341
- 13.2132-343
- 13.2132-352
- 13.2132-361
- 13.2132-362
- 13.1232-365
- 13.2707-503

LTB Byggkonsult AB:

- K33:1

COBAB:

- K14.1-100

Structor AB:

- K15.1-100
- K20.2-001

Byggstatik AB:

- K20.2-001
- K24.1-001

4.2 Miljötekniska markundersökningar

Tio jordprover från tidigare utförd geoteknisk jordprovtagning skickades till ALS Scandinavia AB för analys och bedömning av eventuella föroreningar. Utförande och resultat redovisas i separat dokument, *Översiktlig miljöteknisk markundersökning* (daterad 2022-02-22), Ramboll Sweden AB. Kompletterande provtagning utfördes i maj 2022, se "Kompletterande miljöteknisk markundersökning (Granskningshandling)", Ramboll Sweden AB, dat 2022-06-27.

5. BEFINTLIGA FÖRHÅLLANDEN

5.1 Omgivning

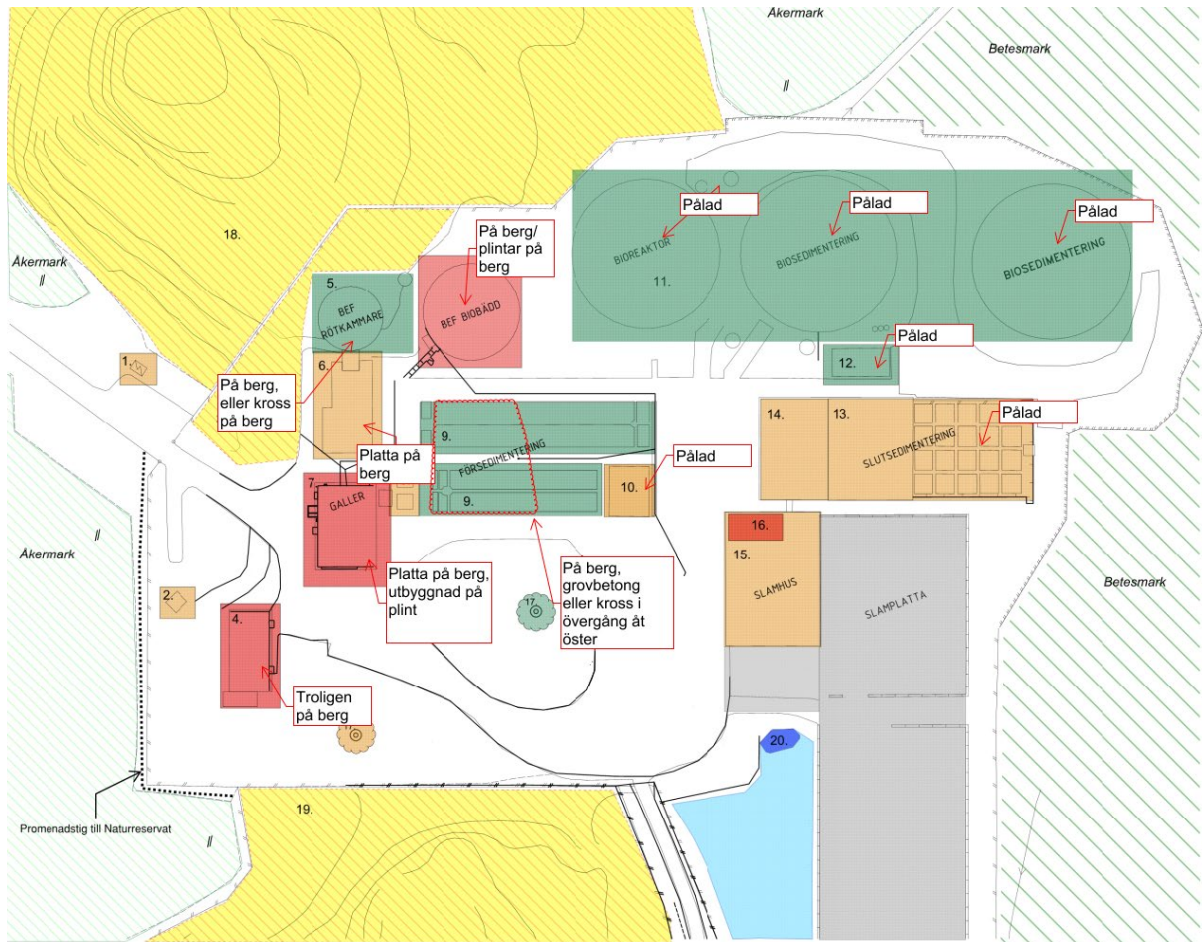
Landskapet utgörs i huvudsak av jordbruks- och skogsmark (Figur 1). Den västra delen av befintlig anläggning ligger på en mindre moränrygg orienterad i nord-nordvästlig riktning. Den östra delen av verket är placerad på tidigare jordbruksmark. Väst och norr om befintligt reningsverk finns jordbruksmark vilket brukas i dagsläget. I nordväst finns ett skogsparti som är en nyckelbiotop, vilket bevaras vid utbyggnaden. Direkt syd till sydväst om reningsverket återfinns Lindholmens naturreservat. Nordost om reningsverket finns betesmark, och öst till söder finns en mindre vik med vassmarker vilka ansluter till Norrtäljeviken vidare söderut. Cirka 300 till 500 meter från reningsverket finns bostadsområden i väst till nordost.



Figur 1. Ortofoto över befintligt reningsverk (©Lantmäteriet).

5.2 Befintliga konstruktioner

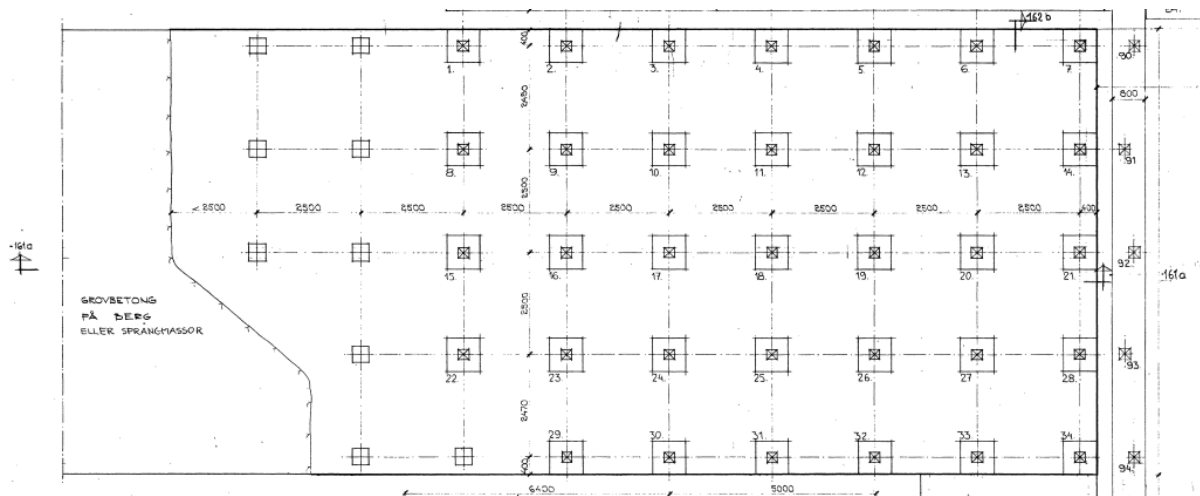
Den befintliga anläggningen består av ett flertal byggnader och ledningar med skilda grundläggningsnivåer och olika metoder för grundläggning (se Figur 2). Bland annat finns röttkammare, bioreaktor, biosedimentation, slamplattor, personalbyggnader och hårdgjorda ytor.



Figur 2. Sammanställning av befintliga grundläggningar på situationsplan befintliga byggnader (2020-12-17).

5.2.1 Byggnad 3, Försedimentering

Förluftning- och försedimentationsbassängerna, byggda år 1963–1964, är enligt ritningsunderlag (VIAK AB ritningar 13.2132-141A, 13.1232-165, 13.2132-341, 13.2132-343, 13.2132-361 och 13.2132-362) grundlagda på berg i den västra halvan och med slagna betongpålar i den östra halvan. I övergångszonen mellan grundläggningarna är bassängerna grundlagda med grovbetong på berg och plintar (se Figur 3). Ytan mellan de norra försedimenteringsbassängerna (tidigare klarbassäng) och de södra försedimenteringsbassängerna, samt under ventilbrunn är även grundlagda med slagna pålar (se ritningar VIAK 13.1232-165 och 13.1232-365).



Figur 3. Urklipp från 13-2132-165.

5.2.2 Byggnad 3, Bio-pst (kompressor- och klorhus)

Byggnaden, byggd 1963–1964, är enligt ritningsunderlag (VIAK AB ritningar 13.2132-143) grundlagda med pålar ned till berg.

5.2.3 Byggnad 5, Bioreaktor och biosedimentationsbassänger

Bioreaktor (OCO-sedimentationsbassäng) och biosedimentation byggda år 1998 är grundlagda med betongpålar (LTB Byggkonsult AB ritning K33:1). Betongbrunnar och ledningar är grundlagda med rälpålar (LTB Byggkonsult AB ritning K33:1).

Biosedimentationsbassäng byggd år 2019 är grundlagd med slagna betongpålar (COBAB ritning K14.1-100).

5.2.4 Byggnad 6 Slutsedimentering

Byggnaden, byggd 1973–1974, är enligt ritningsunderlag (VIAK AB ritningar 13.2707-503) grundlagd med pålar.

5.2.5 Byggnad 10, Slamhus med slamplasser

Underlag gällande grundläggning för slamhus och slamplasser fanns ej tillgänglig vid skrivande stund. Utförda sonderingar och provtagning indikerar att slamplasserna utförts med uppfyllnadsmaterial på mark.

5.2.6 Byggnad 12, Kemtank 1

Kemikaliebyggnad, byggd år 2019, är enligt ritningsunderlag (Structor AB ritningar K15.1-100 och K20.2-001) grundlagda med pålar. Vid ombyggnation förstärktes befintlig pålad platta med spetsburna stålörspålar, ca 15 m långa.

5.2.7 Byggnad 21, Grovrening

Byggnaden, byggd år 1969, är enligt ritningsunderlag (VIAK AB ritningar 13.2132-333) grundlagd med platta på berg. 2014 utfördes en ombyggnation där bland annat nya silar installerades. Grundläggningen för den tillkommande byggnadsdelen förstärktes med infäst betongplint i den nordvästra delen av tillbyggnaden, vilken i övrigt grundlades med platta på berg (Byggstatik AB ritningar K20.2-001 och K24.1-001).

5.2.8 Byggnad 22, Driftcentral

Byggnaden, byggd 1963–1964, är enligt ritningsunderlag (VIAK AB ritningar 13.2132-117, 13.2132-118 och 13.2132-314) grundlagd på berg. Byggnaden dräneras i dagsläget med dräneringsbrunn och pump till 5,3 m under markyta, vilket motsvarar nivå ca -1,1.

5.2.9 Byggnad 23, Rötkammare

Byggnaden, byggd 1963–1964, är enligt ritningsunderlag (VIAK AB ritningar 13.2132-117, 13.2132-118 och 13.2132-314) grundlagd på berg. Byggnaden dräneras i dagsläget med dräneringsbrunn och pump till 5,3 m under befintlig marknivå.

5.2.10 Byggnad 23, Gasklocka

Gasklocka, byggd 1963–1964, är enligt ritningsunderlag (VIAK AB ritning 12.2132-129) grundlagd på berg eller på kross på berg.

5.2.11 Byggnad 24, Biobädd

Grundläggning framkommer ej i tillhandahållna ritningar för biobädden (VIAK AB 13.2132-153 och 13.2132-352). I ritning 13.2132-153 refereras till att byggnaden är grundlagd på plintar. Djup ned till berg framkommer på ritningen, mellan ca +1,6 och -0,3 (0,7–2,7 m djup under underkant platta). Detta tyder på att byggnaden är grundlagd delvis med platta på berg, och delvis med plintar.

5.2.12 Byggnad 25, Personalbyggnad 1

Underlag gällande grundläggning för personalbyggnader fanns ej tillgänglig vid skrivande stund. Enligt personlig kommunikation (e-post, Jennie Åberg, 2022-01-19) är den troligen grundlagd med platta på berg.

5.2.13 Befintliga ledningar

För befintliga ledningar hänvisas till ledningsunderlag och samordningsmodell.

5.3 Topografi

Markytan väster om reningsverket ligger på nivå mellan +1,0 och +1,8, och sluttar svagt sydväst. Inom reningsverkets område är markytan kring +4,0 i de västra delarna, och lägre i de östra delarna, mellan +1,3 och +3,7. Öster om reningsverket är markytan kring +1,0. Markytan sluttar där svagt söderut mot Norrtäljeviken.

5.4 Grundvatten

Grundvattenrör har installerats i 8 punkter i undersökningsområdet. Grundvattenrörens filter är installerade i friktionsjord under gyttja/lera eller i skiktet mellan friktionsjord och berg. Grundvatten har påträffats på 0,0–3,2 m djup under markytan, vilket motsvarar nivå mellan +0,5 och +2,2. Grundvattenytan lutar svagt åt syd till sydost och strömningsriktningen bedöms vara åt syd till sydost mot Norrtäljeviken.

5.5 Övergripande geotekniska förhållanden

De naturliga jordarterna i området består av sedimentjord på morän på berg i de östra och västra delarna av undersökningsområdet. Sedimentjordarna tunnare ut mot moränryggen i den centrala delen av området, och även moränlagren tunnare ut och blottar berg i dagen. I anslutning till befintliga anläggningar är de naturliga jordarna täckta av utfyllda delvis asfalterade ytor.

Sedimentjordarna består av torrskorpelera på gyttja på lera, från 0–10 m mäktig.

Kohesionsjordarna (lera/silt) har varierande halt av organiskt material (gyttja och sulfidjord), och har ställvis skikt av sand.

Gyttjan varierar i mäktighet mellan 0 och 3,2 m, där mäktigheten är störst där jorddjupet är störst, främst i de västra och östra delarna av undersökningsområdet. Gyttjan har varierande halt av sulfidhaltigt material, lera och silt, samt kan ha skikt av skalrester.

Kohesionsjordarna, lera/silt eller variationer däremellan, är upp till 8,1 m mäktig. Mäktigheten är störst i de västra och östra delarna av undersökningsområdet, där jorddjupen är större. Kohesionsjordarna har en varierande halt av sulfidhaltigt material eller skikt av sulfidjord eller sand.

Moränen är en siltig sandmorän och varierar i mäktighet från 0 till 3,5 meter. Moränen är ställvis lösare i de ytligare fåtal metrarna och har då en lägre lagringstäthet.

Bergets överyta varierar i området från att finnas i dagen till mer än 10 meters djup under markytan. I jord-bergsonderingar har vattenförande sprickor observerats ytligt i berget.

Fyllnadsmassorna varierar från omlagrade naturliga jordar av varierande innehåll till friktionsmaterial av grus och sand.

5.6 Geotekniska förhållanden för Läkemedelsrening

5.6.1 Plats för Läkemedelsrening

På platsen för framtida läkemedelsrening finns en befintlig slamplatta som tidigare varit i bruk. Jordlagren utgörs av fyllning på sedimentjord på morän på berg.

Fyllningsmassorna är ca 1,0–1,5 m mäktiga och består av grusig sand med varierande inslag av silt eller sten.

Sedimentjordarna består av lerig gyttja (ställvis sulfidgyttja) på sulfidlera eller sulfidhaltig lera/silt, mellan 3,4 och 6,9 m mäktiga. Gyttjan har en vattenkvot på ca 113-130% samt en konflytgräns på ca 142-154%. Leran har en vattenkvot på ca 81-85% samt en konflytgräns på 70-75%. Sedimentjordarna har mycket låga värden på skjuvhållfasthet, från 3–13 kPa i lösare jordlager och 18–26 kPa eller mer i ytligare lager där jorden är av torrskorpekaraktär. Dessa skjuvhållfastheter är baserade på tolkning av utförda CPT-sonderingar och fallkonsförsök i laboratorium på kolvprover från ostörd provtagning.

Moränen består av en siltig sandmorän, där de ytligare 1–3 m har en mycket låg till medelhög lagringstäthet och friktionsvinkeln är mellan 26 och 32°. Den fasta moränen har en hög till mycket hög lagringstäthet och friktionsvinkeln är mellan 33 och 40°.

Bergnivå har inte undersökts i delområdet. Utförda sonderingar har nått mellan 5,0–10,0 m djup under markytan, vilket motsvarar nivå mellan -3,5 och -8,6 utan att påträffa berg.

Grundvatten har påträffats mellan 0,5 och 1,1 m djup under markytan, vilket motsvarar nivå +0,5 till +1,1.

5.7 Sättning

5.7.1 Plats för Läkemedelsrening

Känslighetsanalyser har utförts gällande sättningar för planerad ny läkemedelsrening. De sättningssänsliga jordarna är ca 6,9 m mäktiga. Där beräknas sättningarna uppgå till ca 0,2, 0,4

och 0,7 m, när last motsvarande 1, 2 respektive 3 m krossmaterial påförts (20kPa, 40kPa resp. 60kPa).

5.8 Stabilitet

Stabilitetsförhållanden har inte undersökts i detta skede.

6. GRUNDLÄGGNING

6.1 Planerade konstruktioner

Byggnad för läkemedelsrening planeras med nivå färdigt golv ± 0 med underkant betong $-0,3$ m. Runt byggnaden utförs uppfyllnad till $+2,7$ m för att undvika översvämning vid högvattentillstånd i Östersjön sett i ett 100-års perspektiv. Grundläggning för planerad byggnation av läkemedelsrening utförs enligt 6.1.1.

6.1.1 Plats för läkemedelsrening

Byggnad för läkemedelsrening kan grundläggas med slagna pålar av stål eller betong. Om lyftkrafter ska hanteras, t ex vid kraftig nederbörd som ger en lyftkraft motsvarande en grundvattenyta i nivå med markytan $+2,7$ m, så kan de uppgå till ca 30 kPa upptryckskraft under byggnaden.

För grundläggning med underkant betong på $-0,3$ m krävs pållängder mellan ca 7–8,5 m. Planerad grundläggningsnivå $-0,3$ innebär ca 1,5–2 m djup schakt från dagens markyta.

Grundvatten sänks temporärt till minst 0,5 m under djupaste planerade schaktnivån före schaktarbeten påbörjas. Med nivå $-0,3$ m på underkant betong och ett behov av bärighet på den schaktbotten som behövs under byggtiden ca 0,5 m krossmaterial på schaktbotten, kan antas en schaktnivå ca $-0,8$ m. Detta i sin tur innebär att grundvattnet ska temporärt under hela byggtiden sänkas till $-1,3$ m innan schaktarbetena påbörjas. Risk för sättningar i befintliga byggnader finns vid grundvattensänkning, beroende på hur dessa är grundlagda.

Den markyta som planeras på nivå $+2,7$ innebär ca 1,2–1,5 m uppfyllnad från dagens markyta. Om den utförs med krossmaterial innebär det ca 25–30 kPa belastning vilket orsakar sättningar i storleksordningen 0,3–0,4 m i gyttjan och leran. Detta kan hanteras antingen genom förbelastning av hela området för byggnaden innan byggnationen påbörjas. Alternativt utförs förstärkning av gyttjan/leran genom KC-pelare eller pålning. Ett annat alternativt kan vara att uppfyllnaden utförs med lättfyllning av lättklinker, glasskum eller cellplast. Vilken metod som är lämpligast utreds i nästa projekteringskede.

Om uppfyllnad utförs felaktigt kan, förutom sättningar, även tillkomma påhängslaster på pålarna, vilket kan innebära att pålarna blir underdimensionerade.

6.1.2 Marköverbyggnad

Vid dimensionering av överbyggnader av hårdgjorda ytor, t.ex. infarter och parkeringsytor ska terrassmaterialet hänföras till materialtyp 5A och tjälfarlighetsklass 4 enligt tabell CE/1 i AMA Anläggning 20.

6.2 Förslag konstruktion

Projektering av geokonstruktioner har ej utförts i detta skede.

6.3 Schakt

6.3.1 Schakt med slänter

Schakt utförs i fyllning, gyttja, silt/lera, sand, morän och berg. Block och sten kan förväntas i moränlagret och fyllningen.

Temporära schakter (schakter som står öppna enstaka arbetsdag) i silt/lera bedöms kunna utföras med släntlutning 1:2 förutsatt att grundvattenytan avsänkts till minst 0,5 m under planerad schaktbottennivå innan schaktarbeten påbörjas och att släntkrön ej belastas.

Permanenta slänter, och slänter som står öppna längre tid än någon enstaka dag, utförs i släntlutning 1:2,5 eller flackare.

Observera att alla jordlager har stort innehåll av silt vilket medför att jorden är starkt flyt- och erosionsbenägen vid vattenmättat tillstånd.

I schaktmassor finns sannolikt sulfidhaltiga ler- och siltlager som ska hanteras, se separat handling.

Entreprenören ska bedöma alla schakters släntlutningar ur arbetsmiljösäkerhetssynpunkt utifrån Svensk Byggtjänst och SGI:s skrift "Schakta säkert".

Terrassen utformas så att vatten avleds och att stående vatten undviks.

Uppluckrad jord ska bortschaktas innan uppfyllnad påbörjas.

6.3.2 Schakt med spont

Schakt med spont bedöms inte vara aktuellt för byggnaden för läkemedelsrening. Dimensionering för spont har därför inte utförts i detta skede.

6.4 Parametrar för grundläggning

Tas fram i senare projekteringsskede.

7. REKOMMENDATIONER FÖR VIDARE PROJEKTERING OCH KOMMENTARER

Kompletterande undersökningar erfordras i nästa projekteringsskede.

Vidare utredning erfordras gällande sättningsrisker pga. grundvattensänkningar och uppfyllnad runt byggnaden. Stabilitetsrisker för ytor där uppfyllning utförs runt byggnaden måste utredas, likaså hantering av jordmassor med innehåll av sulfider.

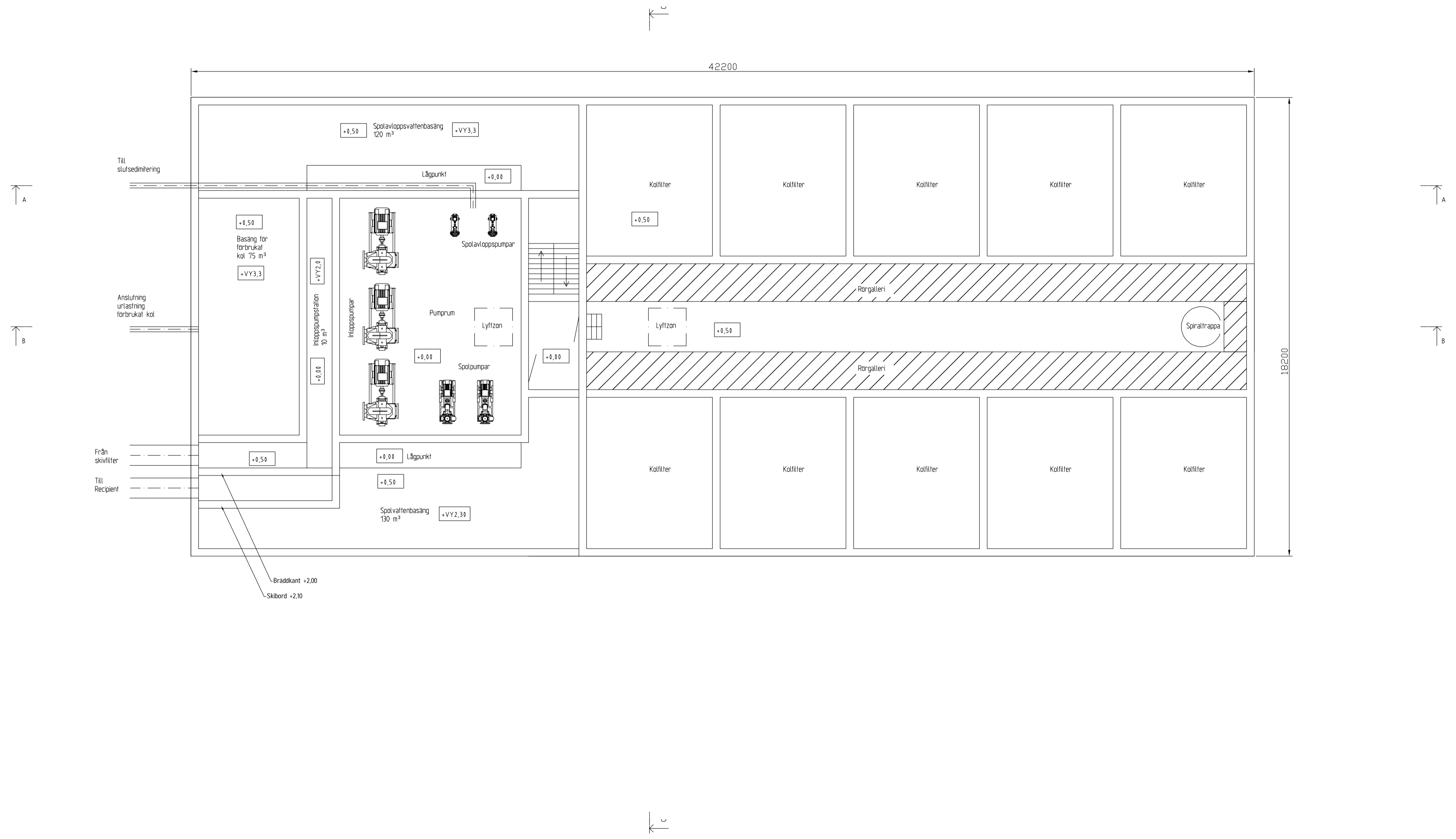
För temporära grundvattensänkningar utförs undersökningar av influensområde och risker för sättningar i omgivande konstruktioner, exempelvis genom beräkningar, slugtest eller provpumpning.

Stabilitetsrisker utreds för uppfyllnaden runt byggnaden och där ska betänkas att riskerna är beroende av i vilken ordning olika konstruktioner byggs. Väster om läkemedelsreningsbyggnaden finns planer på att uppföra en dagvattendamm och norr om byggnaden planeras en byggnad för



skivfilterrening. Dessutom kommer schakter för ledningar utföras runt byggnaden som kan innebära risker beroende på i vilken ordning de olika konstruktionerna uppförs. Detta utförs genom stabilitetsberäkningar och kompletterande sonderingar samt provtagningar. Undersökning av markförhållanden, spontdjup och dimensionering av sponter utförs där schakt med spont planeras utföras. Undersökningar av markförhållanden där pålning planeras, genom hejar- och eller jordbergsonderingar. Provtagning och laboratorieundersökning av sulfidförande jordmassor, såsom sulfidhalt och lakningstest för områden där schakt av sulfidjord planeras utföras.

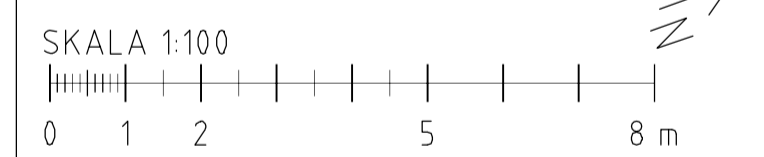
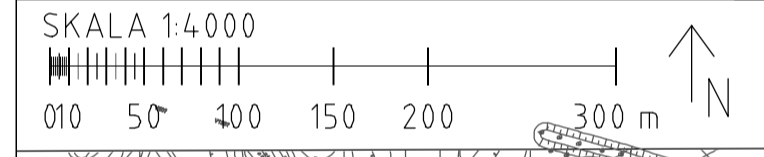
Samråd ska ske mellan geotekniker, markprojektör och konstruktör i det fortsatta projekteringsarbetet.

Källarplan 09



FÖRKLARINGAR


-  Befintlig betong
-  Ny betong
-  Stålkonstruktion/lättväggar
-  BORTOM SNITT SKYMD
-  HITOM SNITT SYNLIIG



BET	ANT	ANDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN

PRINCIPFÖRSLAG

Lindholmen Läkemedelsrening

Ramboll Sverige AB 

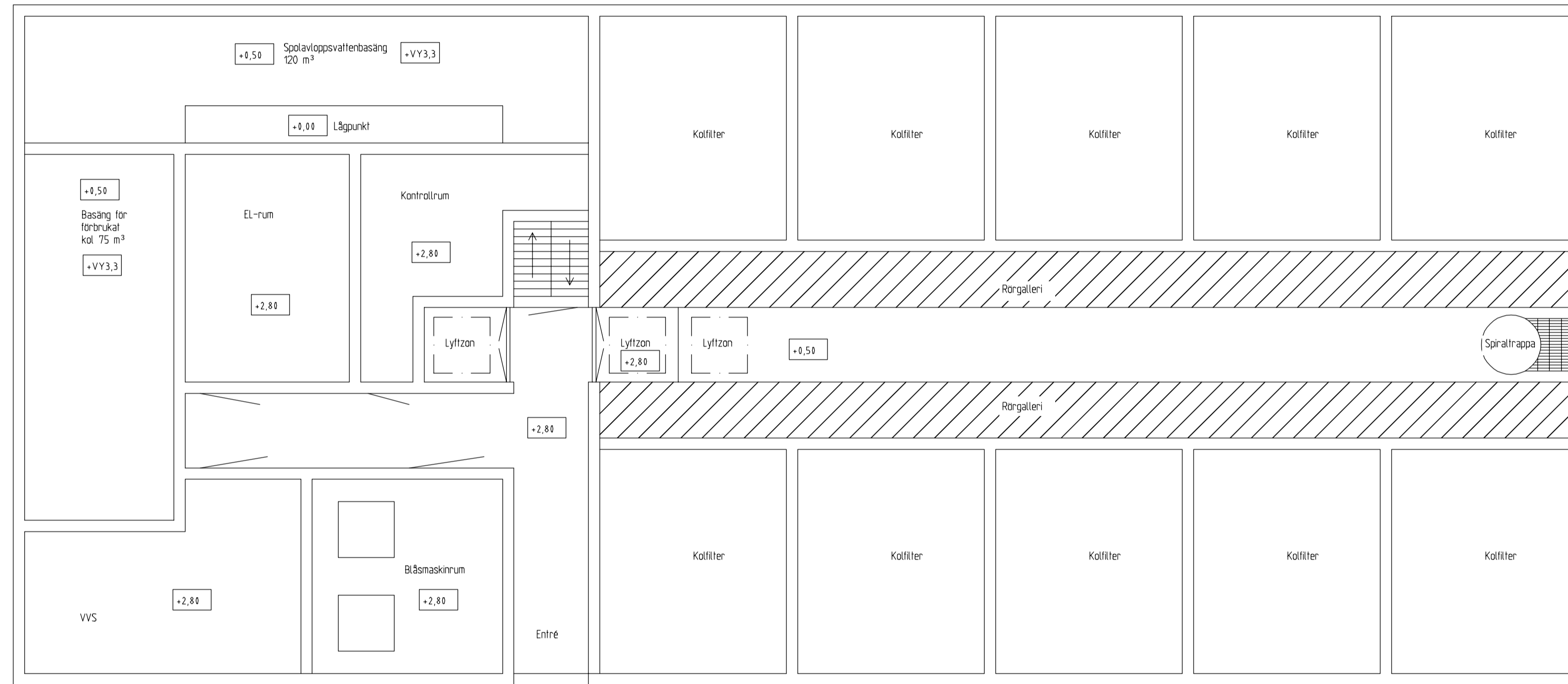
Tfn:
Fax:
www.ramboll.se

UPPDRAG NR 1320051439 RITAD/KONSTR AV GGR HANDLÄGGARE MKA
 DATUM 2022-10-20 ANSVARIG ANDERS JANSSON

Läkemedelsrening
PLAN 09

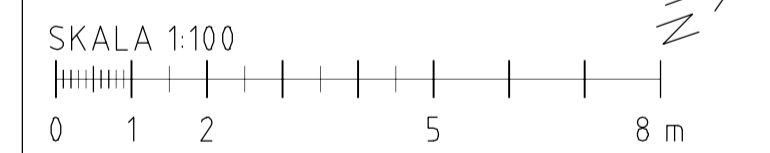
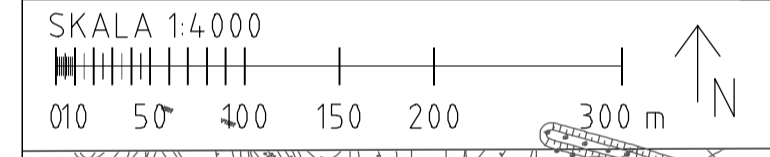
SKALA	NUMMER	BET
1:100, A1	-	-

Markplan 10



FÖRKLARINGAR

- Befintlig betong
- Ny betong
- Stålkonstruktion/lättväggar
- BORTOM SNITT SKYMD
- HITOM SNITT SYNLIIG



BET	ANT	ANDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN

PRINCIPFÖRSLAG

Lindholmen Läkemedelsrening

Ramboll Sverige AB

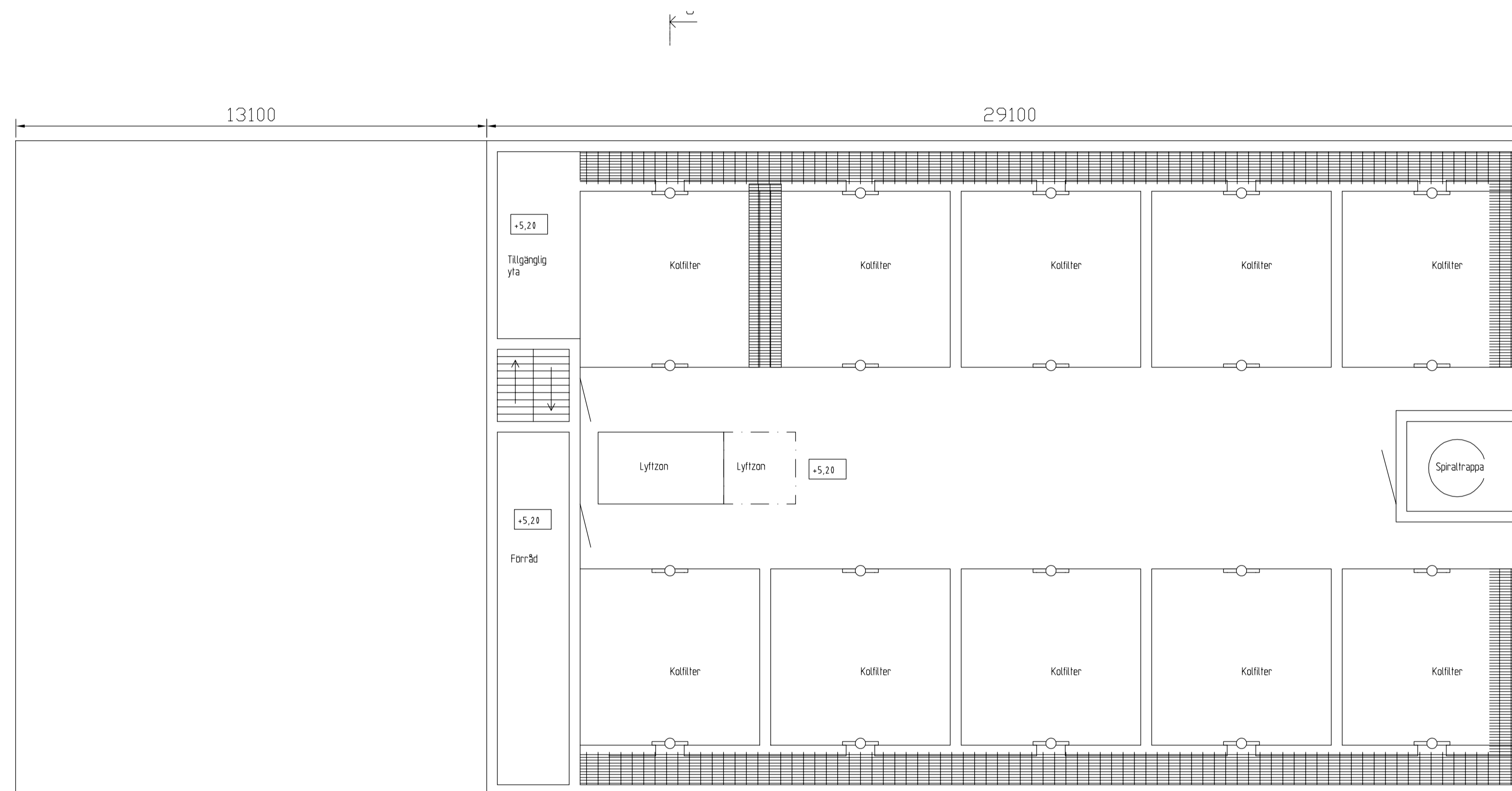
Tfn:
Fax:
www.ramboll.se

UPPDRAG NR 1320051439	RITAD/KONSTR AV GGR	HANDLÄGGARE MKA
DATUM 2022-10-20	ANSVARIG ANDERS JANSSON	

Läkemedelsrening
PLAN 10

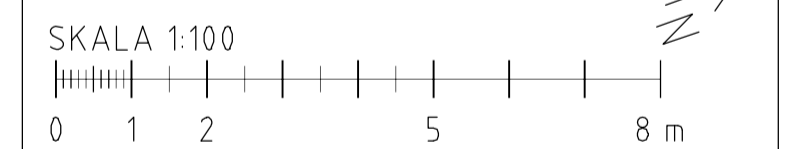
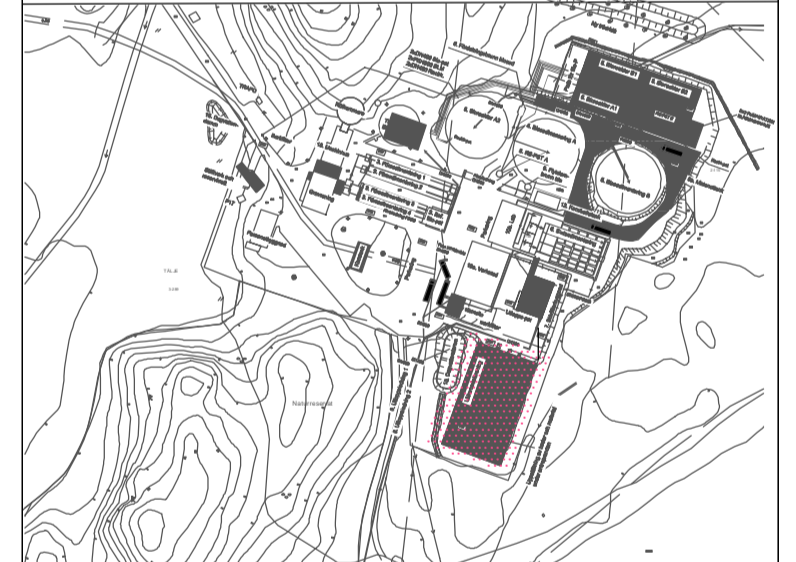
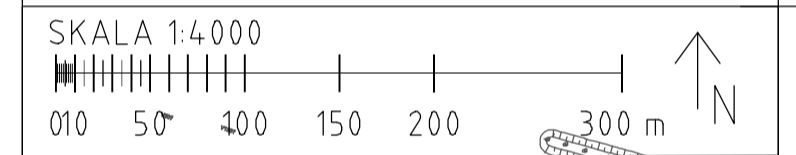
SKALA 1:100, A1	NUMMER -	BET -
--------------------	-------------	----------

Överplan 11



FÖRKLARINGAR

- Befintlig betong
- Ny betong
- Stålkonstruktion/lättväggar
- BORTOM SNITT SKYMD
- HITOM SNITT SYNLIK



BET	ANT	ANDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN

PRINCIPFÖRSLAG

Lindholmen Läkemedelsrening

Ramboll Sverige AB

Tfn:
Fax:
www.ramboll.se

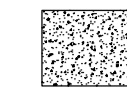
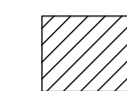
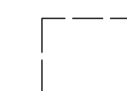

UPPDRAG NR 1320051439	RITAD/KONSTR AV GGR	HANDLÄGGARE MKA
DATUM 2022-10-20	ANSVARIG ANDERS JANSSON	

Läkemedelsrening
PLAN 11

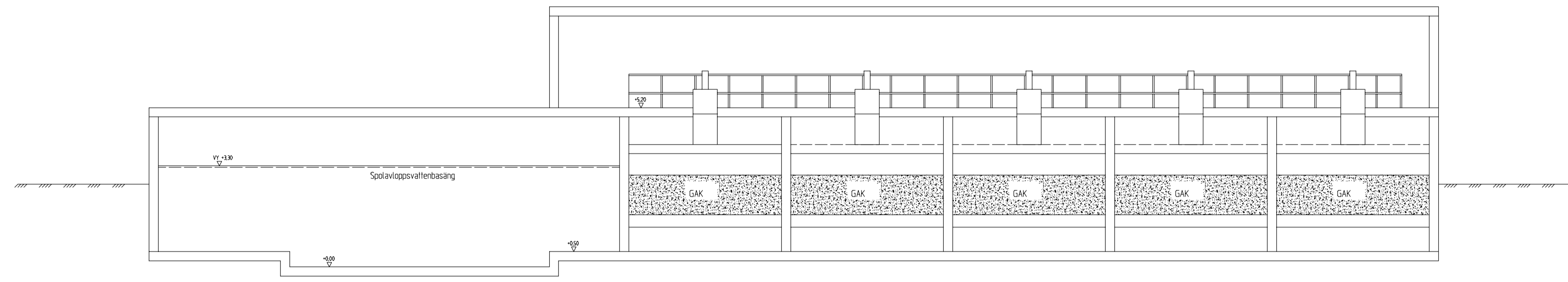
SKALA 1:100, A1	NUMMER -	BET -
--------------------	-------------	----------

Sektion A-A

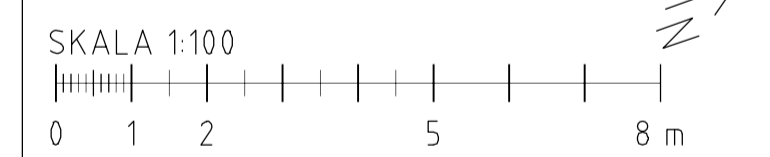
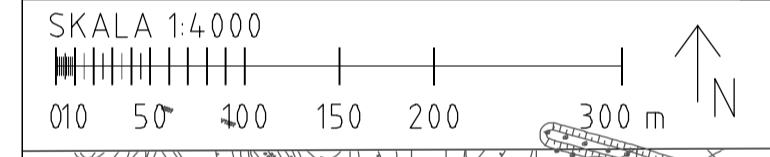
FÖRKLARINGAR

-  Befintlig betong
-  Ny betong
-  Stålkonstruktion/lättväggar
-  BORTOM SNITT SKYMD
-  HITOM SNITT SYNLIK

11
10
09




11
10
09



BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN

PRINCIPFÖRSLAG

Lindholmen Läkemedelsrening

Ramboll Sverige AB 

Tfn:
Fax:
www.ramboll.se





UPPDRAG NR 1320051439	RITAD/KONSTR AV GGR	HANDLÄGGARE MKA
DATUM 2022-10-20	ANSVARIG ANDERS JANSSON	

Läkemedelsrening
SEKTION A-A

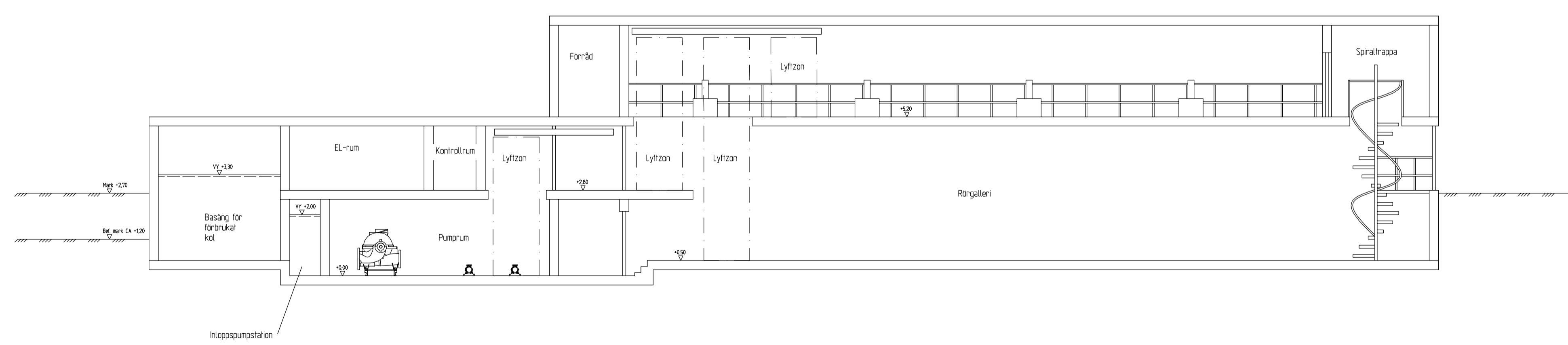
SKALA 1:100, A1	NUMMER -	BET -
--------------------	-------------	----------

Sektion B-B

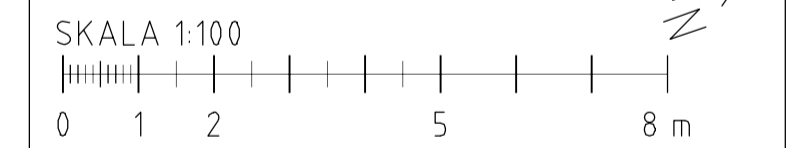
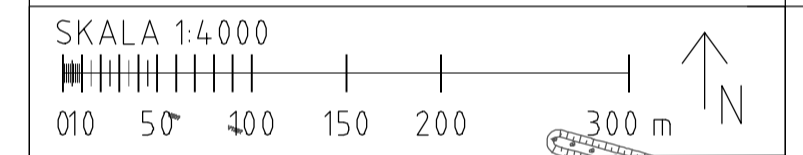
FÖRKLARINGAR

-  Befintlig betong
-  Ny betong
-  Stålkonstruktion/lättväggar
-  BORTOM SNITT SKYMD
-  HITOM SNITT SYNLIIG

11
10
09



11
10
09



BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN

PRINCIPFÖRSLAG

Lindholmen Läkemedelsrening

Ramboll Sverige AB 

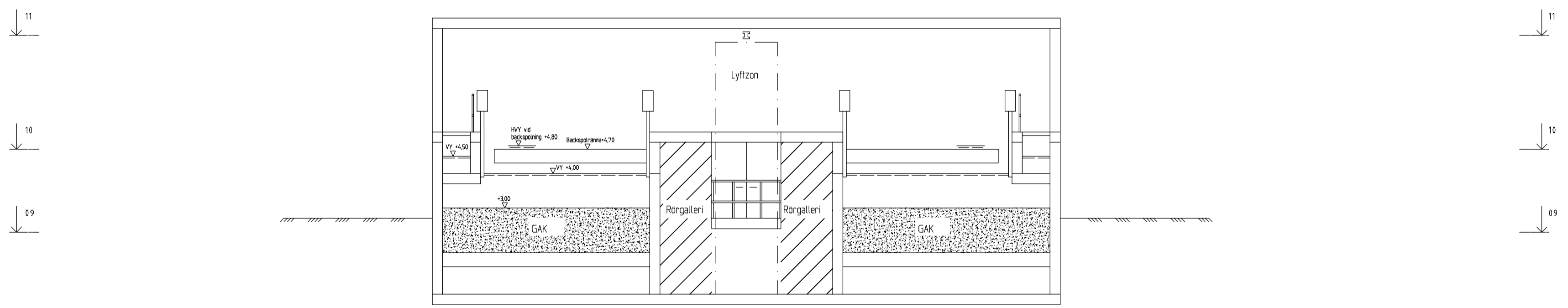
Tfn:
Fax:
www.ramboll.se

UPPDRAG NR 1320051439	RITAD/KONSTR AV GGR	HANDLÄGGARE MKA
DATUM 2022-10-20	ANSVARIG ANDERS JANSSON	

Läkemedelsrening
SEKTION B-B

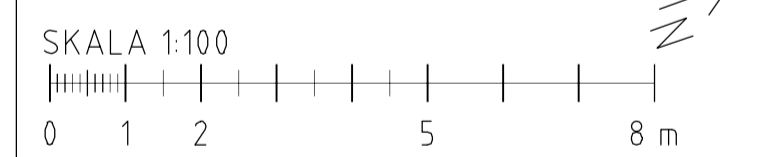
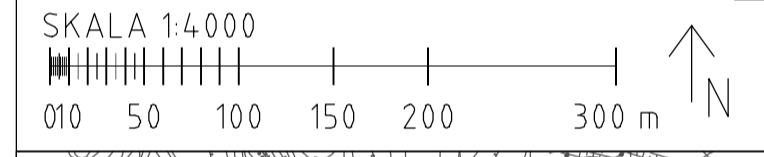
SKALA 1:100, A1	NUMMER -	BET -
--------------------	-------------	----------

Sektion C-C



FÖRKLARINGAR


-  Befintlig betong
-  Ny betong
-  Stålkonstruktion/lättväggar
-  BORTOM SNITT SKYMD
-  HITOM SNITT SYNLIK



BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN

PRINCIPFÖRSLAG

Lindholmen Läkemedelsrening

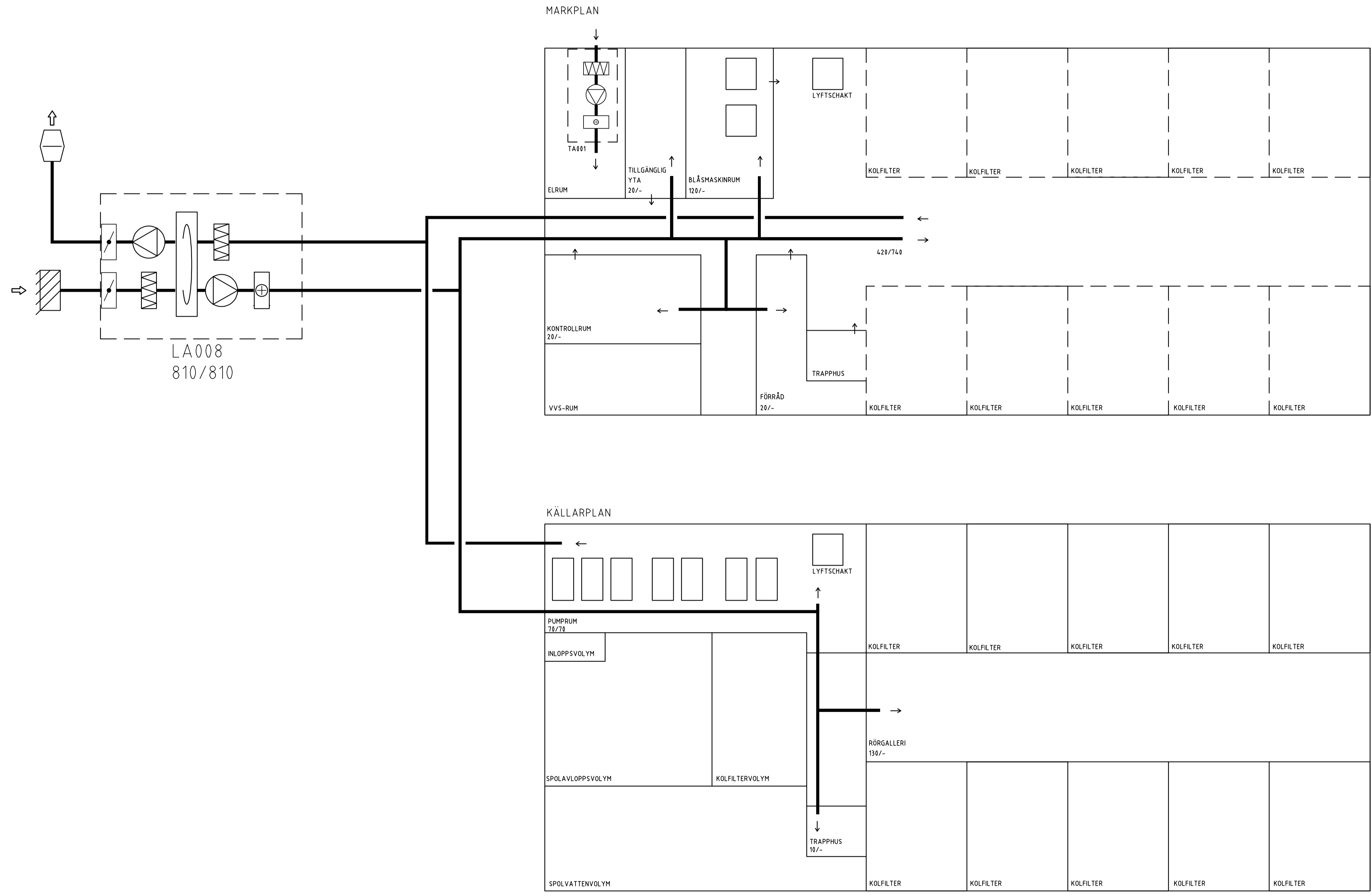
Ramboll Sverige AB 

Tfn:
Fax:
www.ramboll.se

UPPDRAG NR 1320051439	RITAD/KONSTR AV GGR	HANDLÄGGARE MKA
DATUM 2022-10-20	ANSVARIG ANDERS JANSSON	

Läkemedelsrening
SEKTION C-C

SKALA 1:100, A1	NUMMER -	BET -
--------------------	-------------	----------



FÖR GRANSKNING 22-09-05

BET	ANT	ÄNDRING AVSER	DATUM	SEN
—				
<p>Norrrtälje Kommun Lindholmens Reningsverk</p> <p>Ramboll Sverige AB Region Mitt, VA-Process Dragarbrunnsgatan 78 B 753 20 Uppsala</p> <p>Tfn 010-615 60 00 Fax 010-615 20 00 www.ramboll.se <i>Knowledge taking people further...</i></p>				
MSK	Ramboll Sverige AB	010-615 60 00	010-615 20 00	
BYG	Ramboll Sverige AB	010-615 60 00	010-615 20 00	
K	Ramboll Sverige AB	010-615 60 00	010-615 20 00	
VVS	Ramboll Sverige AB	010-615 60 00	010-615 20 00	
EL	Ramboll Sverige AB	010-615 60 00	010-615 20 00	
LUPPROG NR	BYGGSKISSEN AV	ANMÄLARE		
1320051439	AGR	—		
BYGGMÄN	ANSVARIG			
—	Anders Geerd			
LÄKEMEDELSRENING LUFTBEHANDLING PRINCIPSCHEMA				
SKALA	NUMMER	BET		
—, A1	LÄR-V-57-8-0001	—		