



Undersökning av tätningssystem

Patrik Pesola

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen
Utbildningsprogrammet för maskin- och produktionsteknik
Vasa 2013



EXAMENSARBETE

Författare: Patrik Pesola
Utbildningsprogram och ort: Maskin- och produktionsteknik, Vasa
Inriktningsalternativ: Drifts- och energiteknik
Handledare: Andreas Gammelgård

Titel: *Undersökning av tätningsvattensystem*

Datum: 22.03.2013

Sidantal: 31

Bilagor: 17

Abstrakt

Uppgiften med detta examensarbete var att undersöka tätningsvattensystemet vid UPM:s fabrik i Jakobstad. Arbetet koncentrerades till tätningsvattenanvändningen vid fiberlinjebyggnad 1 och 2. Syftet med detta arbete var att kartlägga tätningsvattennätverket och sammanställa det med ritprogram. Till arbetet tillhörde också att undersöka problemet med tätningsskador som orsakats av tätningsvattnets dåliga egenskaper. I arbetet beskrivs tätningsvattnets funktion i olika tätningstyper. Arbetet ger en kort inblick av vilka tätningar som används och hur dessa fungerar samt en inblick i fabriken vattenreningsprocess. Genomförandet av arbetet beskrivs, där kartläggningen av nätverket och provtagningen samt analyseringen av tätningsvattnet finns. Resultatet visar att tätningsvatten kvaliteten är godtycklig och duger som tätningsvätska, dock orsakar avlagringarna i rören problem för tätningarna. Förbättringsförslag gavs utgående från analysen. Ritningar och analysvärden samt uträkningar finns i bilagorna. Examensarbetet innehåller många beskrivande bilder och trender för att läsaren lättare skall förstå och hänga med i arbetet.

Språk: svenska

Nyckelord: tätningsvatten, boxpackning, mekanisk tätning

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Patrik Pesola
Koulutusohjelma ja paikkakunta: Kone- ja tuotantotekniikka, Vaasa
Suuntautumisvaihtoehto: Käyttö- ja energiatekniikka
Ohjaaja: Andreas Gammelgård

Nimike: *Tiivistevesijärjestelmän tutkinta*

Päivämäärä: 22.03.2013

Sivumäärä: 31

Liitteet: 17

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tehtävänä oli tutkia UPM Pietarsaaren sellutehtaalla käytettävien mekaanisten liukurengastiivisteiden sekä punostiivisteiden tiivistevesijärjestelmää. Työn tarkoituksena oli kartoittaa kuitulinjarakennus 1:n ja 2:n tiivistevesiverkosto ja laatia putkipiirustukset. Työhön kuului myös selvittää tiivistevesijärjestelmässä olevien epäpuhtauksien alkuperää. Työssä kuvataan tiivisteveden käyttöä eri tiivistetyypeissä ja mitä tiivisteratkaisuja on käytössä tehtaalla sekä tehtaan vedenpuhdistusprosessia. Tiivistevesiverkoston kartoittamisen, vesinäytteiden ja analyysiarvojen perusteella laadittiin parannusehdotukset. Piirustukset ja analyysiarvot sekä työhön liittyvät laskelmat ovat kerätty liitteisiin. Opinnäytetyö sisältää paljon kuvia ja trendejä auttaakseen lukijaa ymmärtämään ja mahdollistaakseen häntä saamaan työstä irti niin paljon kuin mahdollista.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: tiivistevesi, punostiiviste, liukurengastiiviste

BACHELOR'S THESIS

Author: Patrik Pesola

Degree programme: Mechanical and production technology, Vasa

Specialization: Operational and energy technology

Supervisors: Andreas Gammelgård

Title: Survey of sealing water system

Date: 22.03.2013

Number of pages: 31

Appendices: 17

Abstract

The purpose of this Bachelor's thesis was to examine the sealing water system at UPM's Pietarsaari Mill. The mill uses a lot of mechanical seals and some cord packings. These need exterior seal water for cooling and lubricating the seals. Therefore there should be a well-designed sealing water system for this purpose. A functional sealing water system would guarantee clean and steady pressure sealing water in all situations. The aim was to map the whole sealing water pipeline on fiber lines 1 and 2, to update the layout and to make the sealing water drawings. The incompetent sealing water system causes damages to the seals. Another important part of this project was to investigate and analyze the properties of sealing water. The implementation of this work is described, beginning with the description of the mapping, followed by the description of seal water sampling and analyses. Based on the results of the analyses the proposals for improvements were made. Drawings and the results from the analyses and the necessary calculations can be found in the appendices.

Language: Swedish

Key words: seal water, cord packing, mechanical seals

Innehållsförteckning

Bilageförteckning.....	
Figurförteckning	
Ritningsförteckning	
1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.3 Avgränsningar	2
1.4 Företagsbeskrivning	2
1.5 Disposition	3
2 Teori	4
2.1 Tätningvatten.....	4
2.2 Tätningar	5
2.2.1 Packboxar	5
2.2.2 Mekaniska tätningar.....	8
2.3 Vattenrening vid UPM Jakobstad	12
2.3.1 Allmänt	12
2.3.2 Råvatten	12
2.3.3 Vattenverkets reningsprocess.....	13
2.3.3.1 Mekanisk rening.....	13
2.3.3.2 Kemisk rening	14
2.3.3.3 Utflockning	14
2.3.3.4 Flotation	14
2.3.3.5 Sandfiltering.....	15
2.4 Kvalitetskrav för vatten	16
3 Metodik	16
3.1 Uppgift	16
3.2 Utförande.....	17
3.3 Kartläggning av tätningvattensystem	17
3.3.1 Ritandet av tätningvattennätverket.....	19
3.4 Analysering av vattnet.....	21
4 Resultat	23
4.1 Tätningvattensystem	23
4.2 Vattenkvalitet	24
4.3 Förbättringsförslag.....	28
5 Diskussion	30
6 Källförteckning.....	31

Bilageförteckning

Bilaga 1, Fabriken's kvalitetskrav

Bilaga 2, Tidsplan

Bilaga 3, Råvatten användning i maskinerna

Bilaga 4, Analysrapport

Bilaga 5, Provtagningsplatser

Bilaga 6, Filtreringsenhet

Bilaga 7, Flödesberäkningar

Figurförteckning

- Figur 1, Packbox med spärrvätskering. s. 6
- Figur 2, Huvuddelar i mekaniska tätningar. s. 8
- Figur 3, Styr- och övervakningssystem för tätningsvatten. s. 10
- Figur 4, Dubbeltätning. s. 10
- Figur 5, Balanserad och obalanserad tätning. s. 11
- Figur 6, Kvarlämnad förgrening fiberlinjebyggnad 1 våning +1,80. s. 18
- Figur 7, Förgrening i fiberlinjebyggnad 2 våning + 8,90. s. 19
- Figur 8, Utmärkning av tätningsvattennätverket. s. 20
- Figur 9, Märkning av vattentyp samt strömningsriktning. s. 20
- Figur 10, Brandslang kopplad till tätningsvattennätet på nivå +8.90. s. 23
- Figur 11, Brandslang kopplad till tätningsvattennätet på nivå +14.40. s. 24
- Figur 12, Årstrend på järnhalt, kaliumpermanganatförbrukning och manganhalt för kemiskt renat vatten. s. 25
- Figur 13, Årstrend på hårdhet, järn-, mangan-, silikathalt och kaliumpermanganatförbrukning för mekaniskt renat vatten. s. 25
- Figur 14, Tryckvariationer i tätningsvattennätet vid fiberlinjebyggnad 1. s. 26
- Figur 15, Tryckvariationer i tätningsvattennätet vid fiberlinjebyggnad 2. s. 26
- Figur 16, Tryckvariationer i tätningsvattennätet vid blekeri 2. s. 27
- Figur 17, Vattnets kaliumpermanganatförbrukning efter humusfilter 3. s. 27

Ritningsförteckning

Ritningens namn	Ritn. nr.
Kuitulinjarakennus 1 tiivistevedet tasot +1.80 ja +2.40	1801
Kuitulinjarakennus 1 tiivistevedet tasot +6.40 ja +8.80	64008800
Kuitulinjarakennus 1 tiivistevedet taso +13.10	13101
Kuitulinjarakennus 1 tiivistevedet tasot +14.10, +16.10, +18.50	14102
Kuitulinjarakennus 1 tiivistevedet taso +25.00	2501
Kuitulinjarakennus 2 tiivistevedet taso +2.400	2400
Kuitulinjarakennus 2 tiivistevedet taso +8.90	8900
Kuitulinjarakennus 2 tiivistevedet taso +14.40	14400
Kuitulinjarakennus 2 tiivistevedet taso +18.50	18500
Kuitulinjarakennus 2 tiivistevedet tasot +23.90, +22.60	23900

1 Inledning

Detta kapitel beskriver kortfattat bakgrunden till problemet. Kapitlet behandlar även syftet och avgränsningar som arbetet har. Kapitlet avslutas med en kort presentation av företaget och en disposition.

Jag gjorde mitt examensarbete vid UPM i Jakobstad. Företaget var sedan tidigare känt för mig då jag jobbat där tre somrar som driftssäkrare, så jag hade god kännedom om området samt hur maskinerna fungerade och var de fanns. Största delen av de kontaktpersoner jag hade på företaget var också bekanta för mig sedan tidigare.

Cellulosa- och pappersindustrin har alltid använt sig av packboxar och mekaniska tätningar till tätning av roterande axlar. Nu för tiden har industrin gått över till att använda mekaniska tätningar allt mera. Mekaniska tätningar behöver nästan alltid en extern tätningsvätska, för att kyla och smörja tätningen och axeln. Därför borde det finnas ett väl designad tätningsvattensystem för detta ändamål. Ett fungerande tätningsvattensystem ska ha konstant tryck och garantera rent tätningsvatten i alla situationer.

1.1 Bakgrund

Ritningarna på tätningsvatten nätet vid fiberlinjerna 1 och 2 är föråldrade. Tätningsvattennätet skulle kartläggas samt undersökas, för att få en uppfattning om vilken typ och mängd vatten som används vid fiberlinjerna. Tätningsvattnet som använts kan vara draget från flera olika vattenledningar. Vattenkvaliteten varierar mycket under året beroende på Larsmo sjöns ytvatten kvalitet. Den höga halten organiska ämnen i Larsmo sjön sätter högre krav på vattenreningen, dessa krav är dock inte tillräckligt låga för att förhindra bildning av avlagringar i tätningsvattensystemet. Organiska ämnen i tätningsvattensystemet leder till problem och orsakar slitage av tätningar. I värsta fall leder detta till stora läckage och produktionsstopp, vilket i sin tur orsakar ökade underhållskostnader och ekonomiska förluster.

1.2 Syfte

Huvudsyftet med detta examensarbete var att kartlägga tätningsvatten nätverket och rita planritningar av rörsystemet med hjälp av ritprogram, samt att undersöka vilken vattentyp som används. Delsyftet var att undersöka och ge förslag till förbättring av tätningsvatten kvaliteten.

1.3 Avgränsningar

Detta examensarbete avgränsas till kartläggningen av tätningsvattennätet vid fiberlinjebyggnad 1 och 2. Undersökningen av vattenkvaliteten samt tätningsvattentillverkningen, koncentreras till vattenverket.

1.4 Företagsbeskrivning

UPM hör till de viktigaste skogsindustrikoncernerna i både Finland och runt om i världen. Koncernen är uppdelad i tre affärsområden: energi och massa, papper samt tekniska material. (UPM 2013.)

Den internationella företaget har sina rötter i Finland, men har produktionsanläggningar i 17 olika länder. UPM har cirka 24 000 anställda och omsättningen var år 2011 över 10 miljarder euro. Koncernens aktier är listade på Helsingfors och New Yorks börs. (UPM 2011).

UPM Jakobstads fabriker ligger på Alholmen i Jakobstad. Jakobstads industriområde bildas av cellulosafabrik och pappersfabrik samt Alholmens såg. (UPM 2013.)

Jakobstads cellulosafabrik har en cellulosakapacitet på cirka 800 000 ton, varav 50 000 ton är oblekt barrträdscellulosa. Den är enligt produktionen en av Europas största fabriker som producerar kemiskt framställd pappermassa. Fabrikens råmaterial är tall, gran, björk och eukalyptus. (UPM 2013.)

Cellulosafabriken har två fiberlinjer. Fiberlinje 1 framställer cellulosa av barrträd. Massan används till blekt och oblekt kraftpapper samt förpackningspapper vid BillerudKorsnäs pappersfabrik som ligger på industriområdet. Björkmassa framställs på fiberlinje 2. Fiberlinje 2 framställer ECF-blekt björk och barr massa samt TCF-blekt massa. (UPM 2013.)

UPM Jakobstads största kunder kommer från Finland, Tyskland, Kina och Frankrike. BillerudKorsnäs är största kunden åt UPM i Jakobstad. Pappersmassan från Jakobstads cellulosafabrik används till många ändamål. Av björk- och eukalyptusmassan framställs bestruket samt obstruket papper. Det används för tidskrifter, kataloger, böcker, reklam, kopieringspapper m.m. Pappersmassan som produceras i Jakobstad används också till förpackningspapper och vid framställning av hygienprodukter samt som bottenpapper för dekalfolie. (UPM-Kymmene 2010.)

1.5 Disposition

Här kommer en kort beskrivning över varje kapitel för att ge läsaren en inblick i vad som behandlas i detta arbete.

I det första kapitlet inledning beskrivs bakgrunden till problemet samt syftet med arbetet, avgränsningar och avslutas med en företagspresentation.

I kapitel 2 tas arbetets teori upp. Där beskrivs vad tätningvatten och dess användningsområden är. I detta kapitel beskrivs också vattnets funktion och dess kvalitetskrav. Där beskrivs också de olika tätningstyper som används på fabriken samt hur tätningvatten används i dessa olika tätninglösningar. Detta kapitel behandlar också teorin bakom vattnets reningsprocess samt hur reningsprocessen fungerar vid fabriken vattenverk. Kapitlet avslutas med fabriken krav på vattenkvaliteten.

Kapitel 3 innehåller metodiken, där uppgiften och utförandet av kartläggningen av tätningvattensystemet och analyseringen av vattenkvaliteten tas upp.

I kapitel 4 beskrivs de erhållna resultaten av tätningvatten nätverkets kartläggning samt vattenkvalitetens undersökning. Kapitlet avslutas med en lista av de förslag som gavs för tätningvattennätets samt vattenkvalitetens förbättring.

Kapitel 5 sammanfattar arbetet med en diskussion. Där arbetets gång, resultat och eventuella svårigheter m.m. diskuteras.

Arbetet innehåller bilder samt bilagor. Dessa finns sammanställda som bilageförteckning och figurförteckning samt ritningsförteckning före inledningen.

Bilagorna och ritningarna som hänvisas i texten finns samlade och tillgängliga i slutet av arbetet.

2 Teori

Detta kapitel behandlar olika tätningstyper och vattenreningsprocessen samt teorin bakom dessa. Arbetets syfte är att förbättra tätningssystemet, därför kan det vara bra att få en uppfattning om teorin bakom tätningssystemets betydelse och användningsområden samt hur vattenreningen sker.

2.1 Tätningssystem

Största delen av cellulosa- och pappersindustrins pumpar samt andra roterande axlars tätningar kräver tätningssystem för att fungera. Tätningssystemets uppgift är att smörja och kyla tätningssytor, rengöra och hålla skadliga partiklar borta från tätningssytor, samt att förhindra luft att få kontakt med det pumpade mediet. För att tätningen ska fungera tillförlitligt, måste man sätta skilda krav för tätningssystemets kvalitet, så att inte föroreningarna som finns i vattnet orsakar nötning, förhindrar tätningens funktion eller täpper till rör och övervakningssystem. Allmänna krav på tätningssystemkvaliteten är:

- Fasta partiklar max. 10 mg/l, får inte innehålla lera eller motvarande slipande ämnen.
- Partikelstorlek max. 50 µm
- Silikatinnehåll max. 10 mg/l
- Kaliumpermanganattal max. 30 mg/l
- Järnmängd max. 1 mg/l
- Hårdhet max. 10°dH

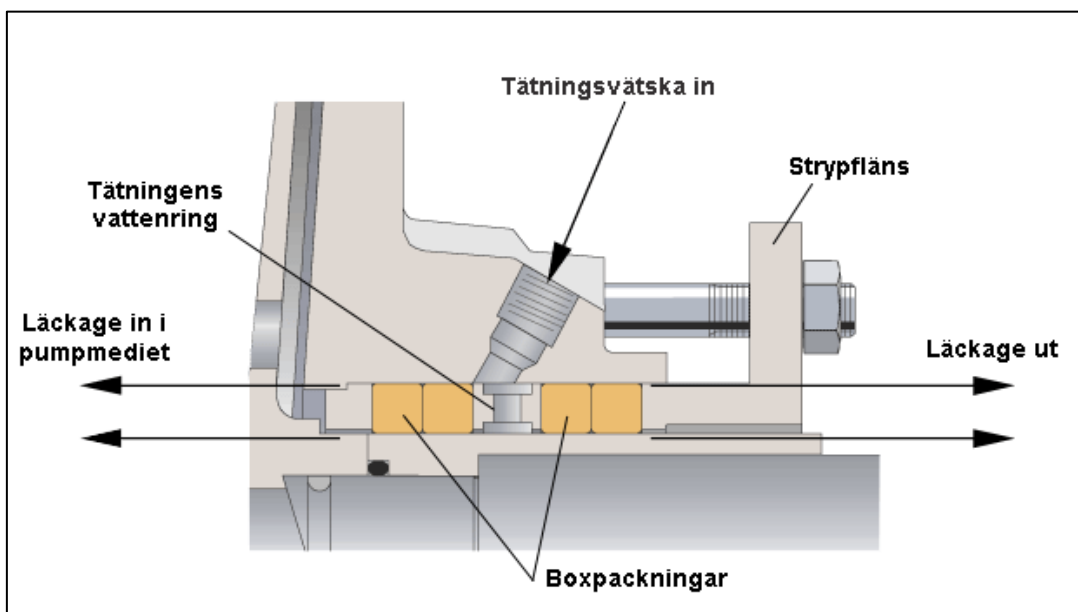
(John Crane Safematic Oy 2013.)

2.2 Tätningar

Cellulosa- och pappersindustrin använder sig av olika tätningssvarianter, beroende på ändamålet. Axeltätningar används i pumpar, blandare, sorterare, massalösare samt valsar. Axeltätningar som används och som använder tätningssvatten vid UPM är i huvudsak packboxar och mekaniska tätningar. Packboxar finns numera endast ett fåtal, på grund av dess dåliga egenskaper. Man har därför börjat använda mekaniska tätningar i stället. (personlig kommunikation.)

2.2.1 Packboxar

Boxpackningar är uppbyggda av fibrer som är flätade och används som tätning av roterande eller statiska axlar i packboxar. Packboxar fungerar genom att tätningssvatten kyls och smörjer axeln. Tätningen åstadkoms delvis av det mekaniska trycket som uppkommer då boxpackningarna expanderar radiellt genom att ställa på en axiellt förskjutbar strypfläns och av det hydrauliska trycket som åstadkoms från mediet eller tätningssvatten som tränger sig mellan axeln och packningarna. Packboxar används på ställen där man tillåter ett litet läckage över axeln (se figur 1). Det pumpade mediet kan också användas som tätningssväska om det är tillräckligt rent samt har de egenskaper som behövs för ändamålet. Vid användning av orena, heta och farliga medier behövs en extern tätningssväska, vanligen används vatten. Tätningssvattnets tryck måste vara högre än mediets, trycket är oftast 0,1–0,15 MPa högre. Detta medför att tätningssvatten blandas med mediet, som kyls och utspäddas. (KnowPulp 2013.)



Figur 1. Packbox med spärrvätskering (KnowPulp 2013.)

Läckaget över axeln regleras genom att spänna på strypflänsen. Det finns en fara att packningen bränns eller nöts, då smörjningen inte fungerar. Läckaget måste alltid finnas för att transportera bort friktionsvärmens samt för att förhindra att vätskan förångas. Läckagets storlek är varierande och varierar mellan 1–10 cm³ per minut, eller några droppar per minut till ca 1 droppe per sekund. (KnowPulp 2013.)

Vid temperaturer över 80–120 °C, bör man kyla packboxen. Vid dessa applikationer måste kylkammaren sträcka sig över flätorna, eftersom boxpackningarna har en dålig värmeledningsförmåga. Vid ännu högre temperaturer på mediet, måste strypflänsen kylas. Med sådana applikationer stoppas ångläckaget och värmeledningen genom axeln till tätningen förhindras. (Björkner 2010, s. 137.)

Boxpackningar är uppbyggda av flätade fibrer men kan också vara formgjutna, extruderade eller formpressade. Boxpackningen består av ett grundmaterial samt impregnerings- och/eller smörjmedel. Grundmaterialen kan vara av växtfibrer, t.ex. hampa och bomull samt av syntetiska fibrer, som t.ex. teflon, kevlar, eller av grafit- och glasfibrer. Nedan finns en tabell över olika boxpackningars användningsområden. (KnowPulp 2013; Björkner 2010, s. 138.)

Tabell 1. Användningsområden för olika boxpackningar.

Packning	Medium			Axel
	pH-värde	Övre temperaturgräns. Obelastad	Exempel på samhöriga max värden för temperatur och tryck	Normal övre glidhastighet
Smörjmedelsimpregnerad växtfiber-garnpackning	6-8	100 °C	80 °C vid 0,6 MPa eller 20 °C vid 1,6 MPa	10 m/s
Smörjmedelsimpregnerad vitasbestgarnpackning	5-10	125 °C	80 °C vid 0,6 MPa eller 20 °C vid 1,6 MPa	10 m/s
PTFE-impregnerad vitasbestgarnpackning	3-12	200 °C	150 °C vid 0,6 MPa eller 80 °C vid 1,6 MPa eller 20 °C vid 4,0 MPa	10 m/s
PTFE-impregnerad blåasbestgarnpackning	1-3 12-14	260 °C	150 °C vid 0,6 MPa eller 80 °C vid 1,6 MPa eller 20 °C vid 4,0 MPa	6 m/s
PTFE-impregnerad PTFE-garnpackning 1)	0-14	260 °C	150 °C vid 0,6 MPa eller 80 °C vid 1,6 MPa eller 20 °C vid 7,0 MPa	10 m/s
PTFE-impregnerad grafitgarnpackning 2)	0-14	380 °C	300 °C vid 0,6 MPa eller 80 °C vid 2,0 MPa eller 20 °C vid 3,0 MPa	15 m/s

- 1) För t.ex. bottenringar i maskiner som transporterar massa, kalkslam, hypoklorit och liknande
- 2) Får ej användas vid starka oxiderande media, såsom HNO₃, syrgas etc.

(Björkner 2010, s. 138.)

Fördelar med packboxar:

- Enkelt att installera och reparera.
- Förmånliga.
- Lätta att justera.

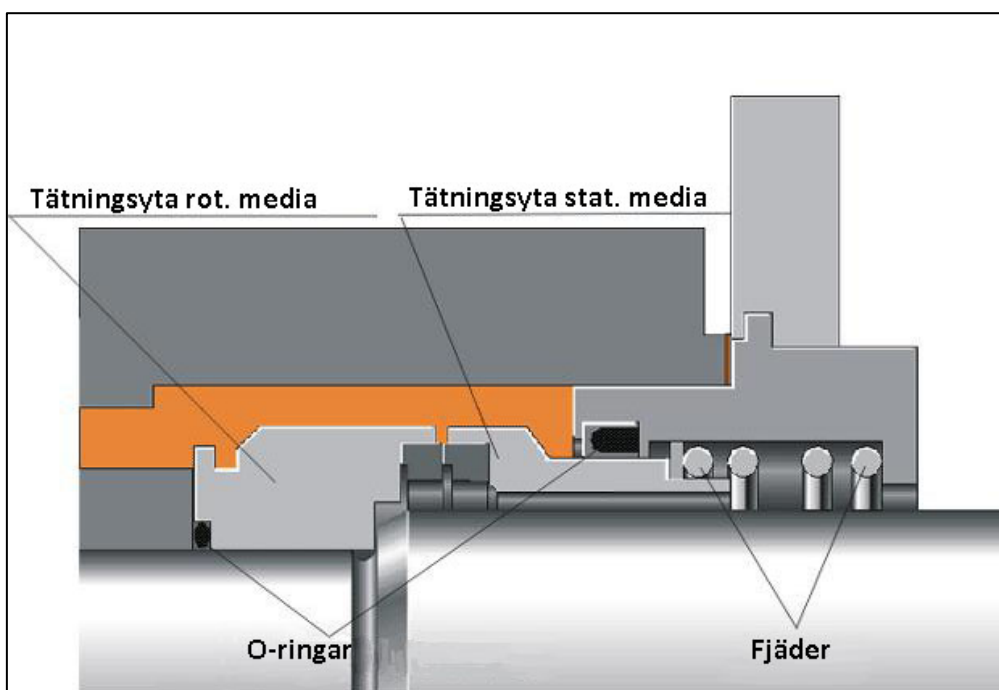
Nackdelar med packboxar:

- Kontinuerligt läckage.
- Kort livslängd.
- Kräver regelbunden övervakning.

2.2.2 Mekaniska tätningar

Mekaniska axeltätningar används för att täta roterande axlar där det ställs höga krav på att kontrollera diffusa utsläpp och ersätter i dessa fall den traditionella boxpackningen. Främsta fördelarna med mekaniska tätningar är att de kan köras med ett minimalt och kontrollerat läckage, samt utan slitage på foder eller axel. Dessutom fås endast en liten effektförlust vid användande av mekaniska tätningar jämfört med boxpackningar i samma applikation. (KnowPulp 2013.)

Huvuddelarna i mekaniska tätningar är: roterande tätningsyta, statisk tätningsyta, fjädern och hjälptätningarna O-ringar (Figur 2). Mekaniska tätningar har antingen ett eller två glidlagerpar, tillverkade av ett hårt material. Enkeltätningar har ett glidlagerpar medan dubbeltätningar har två glidlagerpar. Glidlagerparens lager rör sig mot varandra och där den ena roterar med axeln och den andra är statisk, normalt belastad av en fjäder. (KnowPulp 2013.)



Figur 2. Huvuddelar i mekaniska tätningar (KnowPulp 2013.)

Mekaniska axeltätningar delas i olika grupper beroende på uppbyggnad eller funktionsätt. Mekaniska tätningar kan grupperas som passade mekaniska axeltätningar, standardiserade mekaniska axeltätningar och patrontätningar enligt deras uppbyggnad. (KnowPulp 2013.)

Passade mekaniska axeltätningar är planerade tillsammans med pump- och tätningstillverkare som en del av pumpen. Passade tätningar är billiga samt lätta att montera p.g.a. att ingen skild måttsättning av tätningen behövs. Dessa tätningar passar bra till krävande pumpapplikationer i processindustrin. (KnowPulp 2013.)

Standardiserade mekaniska axeltätningar är tillverkade med standardmåttatta fästningspunkter, så att det är möjligt att använda olika tätningstillverkares tätningar i samma applikation. Tätningarna är billiga men arbetsamma att montera. Till uppbyggnad är dessa tätningar enkla, men kräver special delar. Dessa tätningar är oftast inte passande för pappers- och cellulosaindustrin. (KnowPulp 2013.)

Den vanligaste mekaniska axeltätningen som används är patrontätningar, som är lättare att montera. Tätningen levereras färdigt ihop monterat, vilket minskar risken för mänskligt misstag vid monteringen. (KnowPulp 2013.)

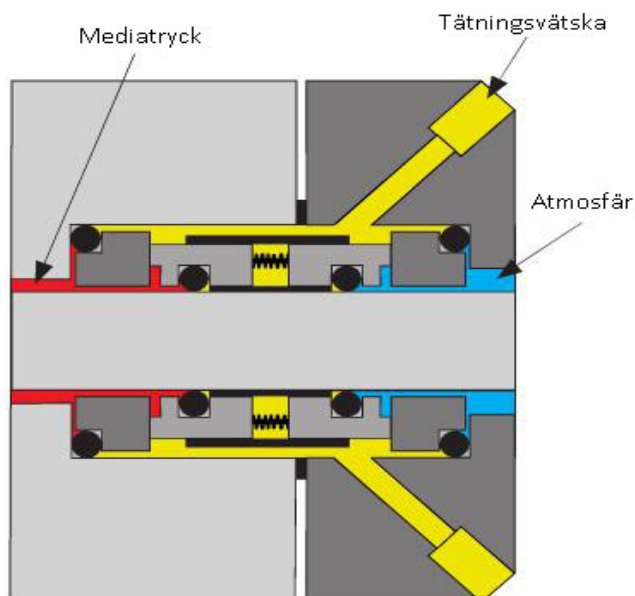
Alla typer av mekaniska tätningar fungerar enligt samma grundprincip. Två extremt plana ytor roterar mot varandra med en vätskefilm mellan sig. En av ytorna sitter fastmonterad i pumphuset och den andra på den roterande axeln. Dessa två ytor är inte i kontakt med varandra under drift, utan den hydrauliska kraften som åstadkoms av tätningsvätskan håller dem isär. Tätningsvätskans uppgift är också att transportera bort värme, smörja samt hålla föroreningar borta från tätningsytorna. För att tätningen ska fungera felfritt är det viktigt att avståndet mellan tätningsytorna samt vätskefilmen hålls under kontroll. Alla tätningar kräver ändå inte en vätskefilm på glidytorerna. (Airila, Hovi, Nurmi, Piirilä & Pramila 1985, s 200–202.)

Tätningsvätskans tryck och flöde är viktigt att hålla stabila, dessa två faktorer är lätt justerbara med en för systemet nödvändiga styr- och övervakningssystem (Figur 3). (KnowPulp 2013.)



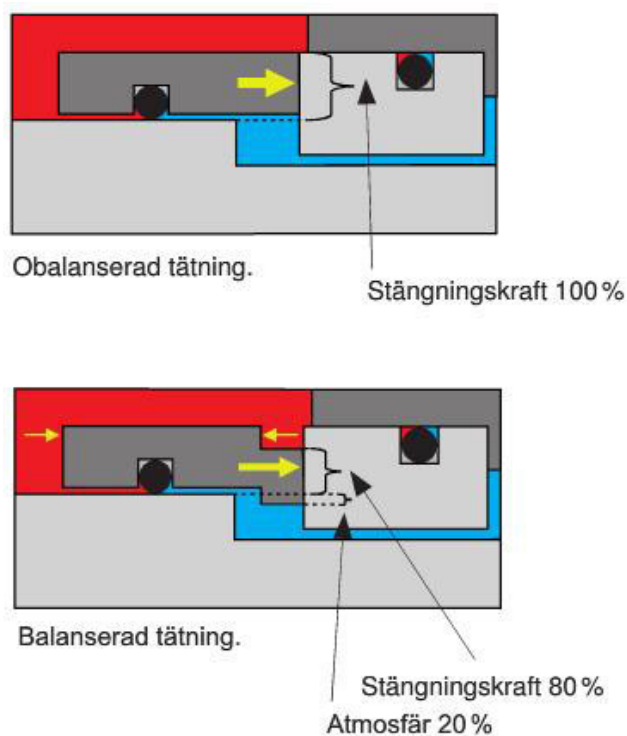
Figur 3. Styr- och övervakningssystem för tätningsvatten. (John Crane Safematic Oy 2013.)

För att förhindra läckage till axeln används hjälptätningar, som oftast är O-ringar. Enkeltätningar används där det råder gynnsamma förhållanden för tätningen avseende tryck, media, temperatur och viskositet. Dubbeltätningar används på ställen där det är behov av kylning, renspolning av tätningsytor eller där man inte vill få ut farligt pumpmedia i atmosfären. I utrymmet mellan mediet och atmosfären har man tätningsvätska, som är lättare att tätas av än själva pumpmediet. Tätningsvätskan har ett högre tryck än mediet som ska tätas, för att man ska vara säker på att tätningsvätska alltid finns mellan tätningsytorna (Figur 4). (Airila, m.fl., 1985, s 200–202.)



Figur 4. Dubbeltätning. (Björkner 2010, s. 145.)

Mekaniska axeltätningar kan också delas i balanserade och obalanserade tätningar, beroende på hur det hydrauliska trycket mot tätningsytorna är fördelat. På balanserade tätningar placeras ytorna närmare axelcentrum, så att trycket från mediet påverkar trycket på tätningsytorna i mindre omfattning. Om yttrycket blir för högt på tätningsytorna blir vätskefilmen för tunn och tätningsytorna kommer i kontakt, med påföljden att tätningsytorna havererar. Ett vanligt balanseringsförhållande är 20/80. 80 % är kraften från medietrycket och 20 % är trycket från atmosfären (Figur 5). (Mayer 1977, s 17.)



Figur 5. Balanserad och obalanserad tätning. (Björkner 2010, s. 142.)

Fördelar med mekaniska axeltätningar:

- Balanserat system:
 - Plötsliga tryckpikar påverkar inte tätningens funktion.
- Inget läckage.
- Kräver ingen övervakning.
- Hållbar tätning:
 - Tätningen håller länge om den är rätt monterad och om användningsomständigheterna är goda.

Nackdelar med mekaniska axeltätningar:

- Priset:
 - Tätningar med stor diameter, kan vara mycket dyra.
- Tätningsvattenkvalité:
 - Kräver god vattenkvalité för att fungera.

2.3 Vattenrening vid UPM Jakobstad

2.3.1 Allmänt

Vatten är en av de viktigaste råmaterialen för cellulosa- och pappersfabriker. Därför är fabrikerna nästan alltid belägna nära vattenområden. Processvattnet som används vid fabrikerna är vanligen ytvatten från sjöar och åar. Det är faktorerna som påverkar vattnets kvalitet som begränsar dess användningsområden. Till exempel havsvattnets höga salthalt orsakar problem för industrin och är därför inte duglig för användning. En av förutsättningarna för industrins produktion är tillgång till råvatten med de rätta egenskaperna och tillräcklig mängd. Vattnet har många viktiga uppgifter i cellulosatillverkningen, t.ex. att transportera värme och fibrer. Det är viktigt att rena vattnet från skadliga ämnen som kan orsaka störningar i processen eller skada utrustningen. Därför har fabriken sitt eget vattenverk, där råvatten renas till olika användningsområden. (KnowPulp 2013.)

2.3.2 Råvatten

Råvatten betyder vatten, som vattenverk använder för att framställa bruksvatten som används i industrier eller hushåll och uppfyller de kvalitetskrav som krävs för användningsområdet. I Finland tas råvattnet som används för vidare behandling från yt- och grundvatten. Den senare nämnda passar bäst för framställning av dricksvatten. (Pasanen 1970, s 1-2.)

UPM i Jakobstad använder råvatten från Larsmosjön. Sjön är en konstgjord sötvattenbassäng. Sjön är separerad från havet med slussar och dammar, för att reglera vattenståndet så att inte salthaltigt havsvatten ska blandas med sjöns sötvatten. Fabriken använder sig av ca 1–3 m³/s råvatten, beroende på produktionen och årstiden. (Kimalainen 1993.)

Larsmosjön har en storlek på ca 75 km² och har ett medeldjup på 2-3 meter. Larsmosjön får sitt vatten från fyra olika älvar (Esse-, Kronoby-, Purmo- och Kovjoki å). Kovjoki å rinner nära till fabriken vattenintagningsplats och är till kvaliteten den mest förorenade. Kovjoki är av alla de åar som rinner till Larsmosjön den som påverkar fabriken inkommande råvattenkvalitet mest. (Kimalainen 1993.)

2.3.3 Vattenverkets reningsprocess

2.3.3.1 Mekanisk rening

Råvatten som kommer till fabriken innehåller mycket föroreningar och behöver därför renas i olika steg, för att få de egenskaper hos vattnet som behövs för ett visst ändamål. Första steget i reningsprocessen är att separera bort stora material och partiklar från vattnet. Dessa material kan vara till exempel kvistar, fisk och alger. Detta sker genom att råvattnet passerar gallerenheten innan den kommer till vattenverket. Fabriken gallerenhet består av två galler, grovgaller (mellanrum 80 mm) samt ett fint galler (mellanrum 10 mm). (Binnie & Kimber 2009, s 46; UPM-Kymmene 2009.)

Vattnet transporteras till fabriken via en tunnel. Tunneln är 950 meter lång och sträcker sig till råvattenbassängen. Man tillsätter klordioxid i råvattnet när den passerat tunneln. På detta vis avlägsnas små och fasta föroreningar från vattnet. Klordioxidens uppgift är också att hålla ledningarna öppna samt rena från slem. Råvattnet renas noggrannare med trumfilter (0,16 mm). Efter trumfiltren pumpas vattnet via en mellanbassäng till en utjämningsbassäng som befinner sig 33 meter över havsytan. På detta vis behövs inte vattnet pumpas vidare, utan delas till fabriken olika användningsområden med vattnets naturliga falltryck. (UPM-Kymmene 2009.)

2.3.3.2 Kemisk rening

Det mekaniskt renade råvattnet innehåller små partiklar samt organiska ämnen. Detta ger vattnet en gulbrun färg, p.g.a. att vattnet innehåller humus, järn och mangan. Dessa ämnen måste fås bort, för att inte de ska skada produktionen eller dess maskiner. (UPM-Kymmene 2009.)

2.3.3.3 Utflockning

Vid framställning av kemiskt renat vatten avlägsnar man humusen och det organiska ämnen genom utflockning. Vattnets föroreningar består av väldigt små partiklar som är svåra att filtrera bort som sådana. Därför används olika kemikalier för att få de små partiklarna att klumpa ihop sig till flockar, vilket möjliggör avskiljning av dem. Utflockningen sker i reaktionsbassängerna. Dit tillsätts utflockningskemikalier som aluminiumsulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), natriumsulfat ($\text{Na}_2(\text{SO}_4)$)³ samt järnsulfat ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)$). Kemikalieblandningen gör att partiklarna klumpar ihop sig och sjunker till botten. Denna fas kräver ett visst pH-värde för att fungera. Detta regleras med kemikalierna natriumhydroxid (NaOH) och natriumaluminat (NaAlO_2). Utflockningskemikalierna måste blandas snabbt under omrörning i vattnet p.g.a. att de enskilda partiklarna kräver en stor mängd energi för att bilda stora och täta flockar, vilket sker i blandningsbassängerna. Efter detta avlägsnas flockarna från vattnet i reningsbassängerna. Detta måste ske under lågt tempo och med lätt omrörning så att inte de sköra flockarna slås sönder. Fabriken har sju stycken blandnings- och reningsbassänger. (Stendahl, s 89–90; UPM-Kymmene 2009.)

2.3.3.4 Flotation

Det kemiskt renade vattnet leds från reningsbassängen till flotationsbassängerna. Varje bassäng har sitt eget dispersionskärl, därifrån man matar dispersionsvatten i bassängen. Dispersionsvatten är vatten som är övermättat med luft under övertryck. Dispersionsvattnets luftbubblor fäster sig i flockarna som flyter upp till ytan. Flockarna som flyter på ytan bildar en slamhinna som skrapas bort med maskinella skrapor. (UPM-Kymmene 2009; Stendahl, s 103.)

2.3.3.5 Sandfiltering

Flotation renar aldrig tillräckligt bra, därför leds vattnet ännu genom sandfilter som avlägsnar de flockar och partiklar som finns kvar. Vattnets järn och mangan avlägsnas med hjälp av kaliumpermanganat som tillsätts före sandfiltren. Sandfiltrering är en mycket traditionell filtreringsmetod. Funktionsprincipen är mycket enkel. Vatten leds med tyngdkraft genom en sandbädd. Vattnet rinner via munstycken ner i en mellanbassäng som befinner sig under sandbädden. För att uppnå en god filtreringsgrad, måste sandfiltren klara av att filtrera bort mycket mindre partiklar än storleken på mellanrummet mellan sandkornen är. (Kimalainen 1993; Binnie & Kimber 2009, s 141–143.)

En del av den mekaniskt reade vattnet renas kemiskt. Vid kemisk rening pumpas råvatten från råvattnets mellanbassäng till vattenverket. Den kemiska reningsprocessen sker på två olika linjer vid fabriken vattenverk. Vid linje 1 renas vatten för blekeriets, torkmaskinens och pappersfabrikens behov, där framställs också tätningsvattnet. Vid linje 2 renas vattnet för matningsvatten anläggningens användning och i nödfall framställs bruksvatten. (UPM-Kymmene 2009; Kimalainen 1993.)

Vattenverket vid UPM i Jakobstad har en totalkapacitet på 780 l/s. Vattenverkets linje 1 har en kapacitet på 558 l/s och linje 2 en kapacitet på 222 l/s. Fabriken använder också pannvatten för att vattenkvaliteten hos den kemiskt reade vattnet inte är tillräcklig för användning som pannvatten. Pannvatten också kallat matningsvatten, som tillverkas vid linje 2, produceras av Alholmens Kraft. Det kemiskt reade vattnet går igenom en avsaltningssprocess där man avlägsnar vattnets salter för att förhindra korrosion och avlagringar i pannan. Detta sker genom att den kemiskt reade vattnet leds genom humusfiltren till humusbassängen och därefter vidare till jonbyte där själva avsaltningen sker. Det färdiga matningsvattnet delas mellan Alholmens kraft och UPM:s kraftverk. (UPM-Kymmene 2009; Kimalainen 1993.)

2.4 Kvalitetskrav för vatten

Fabriken har vissa krav på vattenkvaliteten i Larsmosjön och för de tillverkade vattentyperna. Dessa kvalitetskrav fungerar som jämförelse verktyg för det framställda vattnet. Vattenkvaliteten varierar mycket säsongmässigt och mellan år. (UPM-Kymmene 2010.)

Vattnets kvalitet bestäms genom att analysera en mängd olika parametrar i vattnet, en av dessa är den kemiska syreförbrukningen av organiska ämnen i vattnet. Analyserna görs genom att bestämma kaliumpermanganatförbrukningen. Fabrikens vattenverk har ställt en gräns för råvattnets kaliumpermanganatförbrukning till <90 mg/l och för kemiskt reade vattnet till <16 mg/l. Dessutom analyseras vattnets järn-, mangan-, koppar-, aluminium-, natrium-, klorid-, sulfat- och silikathalt samt mäts vattnets pH-värde och hårdhet. (UPM-Kymmene 2009.) I bilaga 1 finns de olika vattentyperna och deras övre gränsvärden uppräknade.

3 Metodik

I detta kapitel redogörs för vilken metodik som använts för att genomföra detta examensarbete.

För att lösa problem i industrin är fallstudie en utmärkt metod att använda. Undersökningen är till formen en fallstudie och bygger på kvalitativt tillvägagångsätt. Resultatet baseras på analyser samt statistisk tolkning.

Kapitlet börjar med en beskrivning av arbetets uppgift därefter följer beskrivningen av utförandet. Kapitlet avslutas med en redogörelse av delmomenten, där kartläggningen och analyseringen av tätningsvattnet beskrivs.

3.1 Uppgift

Uppgiften i detta arbete var att undersöka och kartlägga tätningsvatten nätet. Ritningarna skulle ritas i AutoCAD. Till arbetet hörde också att undersöka tätningsvattnets framställning och vattnets kvalité vid fabriken och på detta sätt finna en lösning till förekomsten av föroreningar i tätningsvattensystemet.

3.2 Utförande

Arbetet påbörjades med ett möte med handledarna på företaget. Under mötet diskuterades de problem som uppstått av föroreningarna i tätningstvattennätet. Bestämde att närmare undersöka vattnet till DD-tvättarna och ozonavdelningen, för att dessa ansågs som problemområden och orsakade de största ekonomiska förlusterna. Under mötet togs också upp vilka ritningar som fattades och vilka som var föråldrade. Vi kom fram till att kartläggningen av tätningstvatten nätet vid fiberlinjebyggnad 1 och 2 var första prioritet och skulle bli min huvuduppgift, varefter tätningstvattnets kvalitet skulle kontrolleras och undersökas. Fick ett gammalt liknade examensarbete av Sami Sandvik som hjälpmaterial, arbetet hade behandlat fiberlinjebyggnad 2:s tätningstvattenproblem. Arbetets förbättringsförslag hade blivit delvis gjorda, utan att ritningarna hade blivit uppdaterade, därför blev det min uppgift att undersöka byggnadens tätningstvattennät. Tidtabellen för arbetet gjordes (se bilaga 2) för att få en början på arbetet och för att arbetets alla delmoment blev gjorda i rätt tid för att hinna bli klara till deadline.

För att få en inblick i ämnet, studerades tätningstvattnets funktion i olika tätningar samt vattnets reningsprocesser. Arbetets praktiska del påbörjades med kartläggningen av tätningstvattennätet. Därefter undersöktes vattnets kvalitet delvis genom provtagningar och delvis genom att analysera resultaten från laboratoriets egna analysvärden. Dessutom undersöktes möjliga tryckvariationer i tätningstvattennätet.

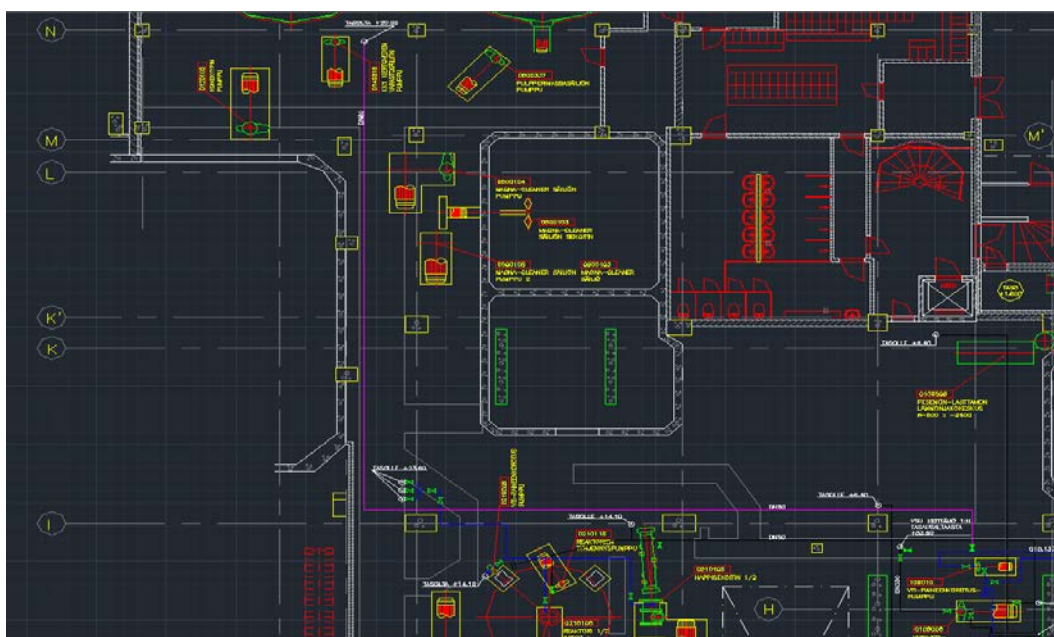
3.3 Kartläggning av tätningstvattensystem

Fiberlinjebyggnad 1 och 2:s tätningstvattennät är gammalt och har ändrats mycket genom åren. Nya förgreningar har gjorts och gamla tagits bort eller lämnats kvar, utan att ritningarna har blivit uppdaterade eller gjorda överhuvudtaget. Detta har lett till att tätningstvattennätet är väldigt rörigt och ingen har en översiktlig bild på hur nätet ser ut och var det går. Dessutom används enligt egenskaperna olika tätningstvatten, och p.g.a. det röriga rörnätet har vissa maskiner blivit kopplade till fel stamnät. Huvudsakligen används det för ändamålet menade kemiskt reade vattnet som tätningstvatten. Det kemiskt reade vattnet kommer till fiberlinjebyggnad 1 och 2 från två olika stamlinjer. Fiberlinjebyggnad 1:s kemiskt reade vatten kommer från

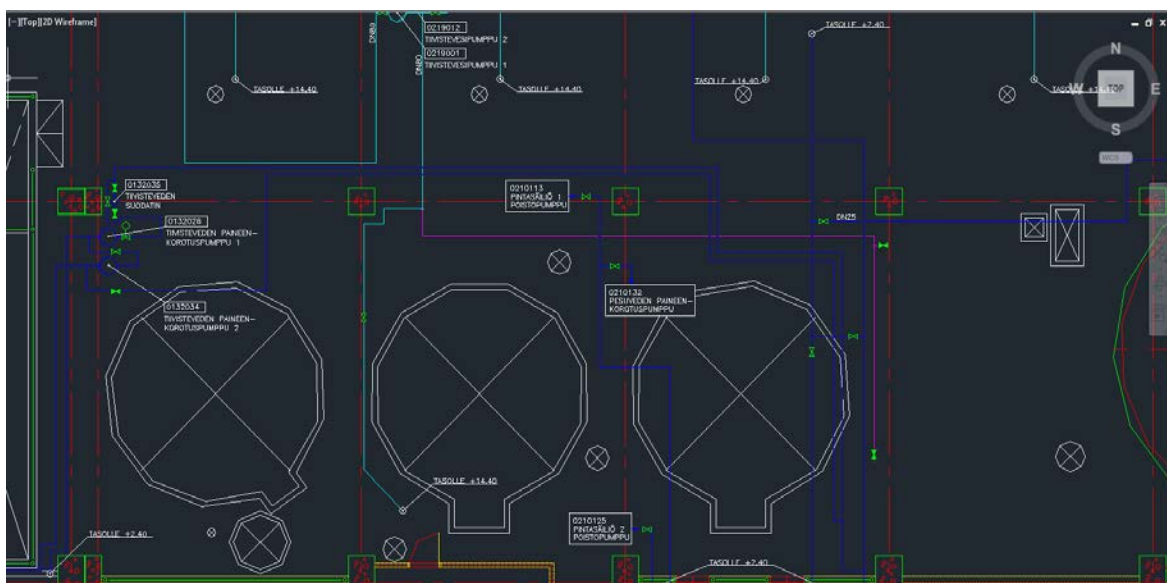
vattenverkets renvattenbassäng 2 med 3 bars tryck och förgrenas i två stamlinjer. Fiberlinjebyggnad 2 får sitt kemiskt renade vatten delvis från tätningstvattenbassängen med 3 bars tryck och delvis från den förgrenade stamlinjen från fiberlinjebyggnad 1. Båda byggnader har en del maskiner vars tätningstvatten är mekaniskt renat, även kallat råvatten. Detta vatten innehåller betydligt mera föroreningar än det kemiskt renade vattnet.

Till arbetet tillhörde att undersöka om de olika vattentyperna blandas i tätningstvattennätet och vilket vatten som byggnadernas maskiner använder. För tillfället finns det sju stycken maskiner som har mekaniskt renat vatten som tätningstvatten i fiberlinjebyggnad 1 och 31 stycken maskiner i fiberlinjebyggnad 2 (se bilaga 3). Stamlinjerna är separerade från varandra, så att de inte kan blandas. I fiberlinjebyggnad 1 våning + 1,80 G-1 finns en sammankoppling av mekaniskt renat vatten och kemiskt renat vatten. Vattnen är separerade med en avstängningsventil och en bakslagsventil. DD-tvättarna och ozonavdelningen ansågs som problemområden och undersöktes närmare. Alla tre DD-tvättar och ozonavdelningen var kopplade till den kemiskt renade vattenlinjen.

Tätningstvattennätet har ändrats mycket genom åren, nya förgreningar har dragits och gamla har lämnats kvar. Dessa förgreningar orsakar tryckförluster och samlar till sig slam och föroreningar, vilket orsakar problem för tätningarna. Nedan finns några exempel på förgreningar som lämnats kvar märkta med lila färg.



Figur 6. Kvarlämnad förgrening fiberlinjebyggnad 1 våning +1,80.



Figur 7. Förgrening i fiberlinjebyggnad 2 våning + 8,90.

3.3.1 Ritandet av tätningsvattennätverket

Kartläggningen av tätningsvattennätet börjades med att undersöka de befintliga ritningar som Sami Sandvik gjort av fiberlinjebyggnad 2. Bestämde mig att använda samma utmärkningar på ritningarna, för att underlätta jämförandet av ritningarna.

Efter fortsatt undersökning av tätningsvattennätet, märktes att de befintliga ritningarna inte överstämde längre. Därför undersöktes hela byggnadens tätningsvattennät på nytt och ritningarna uppdaterades.

För att lättast få en uppfattning om hur och var rörnätet gick, skissades hela tätningsvattennätet på tomma utprintade bottenplan. Med hjälp av vattenverkets ritningar samt operatörsbilderna, söktes stamlinjerna som kom in i byggnaderna. Genom att följa stamlinjerna och förgreningarna till deras ändpunkter kunde ritningarna uppdateras. Efter detta kontrollerades alla enheter som inte var kopplade till rätt stamnät. Genom att följa rören från enheten till dess stamlinje, fick man reda på vilket stamnät den var kopplad till. Det var svårt att följa linjerna, då största delen av dem var dragna i taknivå och små förgreningar var svårt att urskilja från stora rörförgreningar. Rörens diameter var svårt att bestämma p.g.a. att största delen av rören var isolerade för att förhindra frysning och kondensering. En del av rörens diameter fanns från gamla ritningar, men resten av rörens diameter var man tvungen

att mäta förhand eller estimeras. Dessutom försvårades arbetet av att linjerna inte var utmärkta på korrekt sätt. För att underlätta framtida undersökningar av nätet, utmärktes linjerna med jämna mellanrum med tätningstvattnets typ och strömningsriktning (se figurerna 8 och 9).



Figur 8. Utmärkning av tätningstvattennätverket.



Figur 9. Märkning av vattentyp samt strömningsriktning.

Den färdigt skissade rörnätet ritades om i AutoCAD, för att underlätta framtida ändringar och uppdateringar. För att enklast få en klar bild över områden, gjordes ritningarna till planritningar. Genom att rita de olika vattentyperna med olika färgade streck, fick man en överskådlig bild av vilket vatten som användes som tätningsvatten vid en viss maskin. Båda byggnaderna hade färdiga planritningar med utrustningsplaceringar på bottennivåerna. Dessa användes för att få en mera exakt bild över var tätningsvatten nätet gick. På de andra nivåerna användes tomma planritningar, där utrustningen ritades som lådor med enhetens namn och nummer. På grund av arbetets avgränsningar och innebörd, ritades inte utrustningen in detaljerat på de andra nivåerna. Utrustningens placering är dock enligt måtten korrekta.

3.4 Analysering av vattnet

Enligt ovanstående diskussioner var den allmänna uppfattningen att tätningsvattnets kvalitet orsakar problem i processen. Vattnets dåliga kvalitet orsakade bildning av avlagring i rören. När avlagringen växer, stryps vattenflödet vilket orsakar att tätningarna förstörs. Under tidigare underhållsarbete hade man funnit stora mängder avlagring inuti rören. Detta fenomen orsakade också problem med tätningsvattnets övervakningssystem. Tidigare hade man avlägsnat alla övervakningssystem p.g.a. att de blev stockade. Idag finns enheterna på vissa maskiner, men på grund av vattnets dåliga kvalitet är dessa övervakningssystem ställda på ett stort flöde för att förhindra stockning och uppfyller inte längre sitt ursprungliga syfte. Avlagringarna består av organiskt material och uppkommer om vattnet är humusrikt (Löfgren, S. 2003.).

För att försäkra sig om vattnens egenskaper, bestämdes det att ta prover av tätningsvattnet och låta laboratoriet analysera dem (se bilaga 4). Proverna togs från sådana ställen som ansågs som problem områden, d.v.s. från linjer som gick till DD-tvättarna samt från ozonavdelningens tätningsvattenlinje. Vattnet var kemiskt renat och proven var tagna efter linjernas tryckförhöjningspumpar (se bilaga 5). Vattenproverna togs från tre olika platser på tre olika dagar, för att minimera chansen för möjliga slumpmässiga föroreningspikar i vattennätet. Från vattnet analyserades för ändamålet viktiga egenskaper som mängden fasta partiklar, silikatinnehåll, permanganatantal, järnmängd och hårdhet. Detta underlättade

jämförandet av resultaten med tätningsvattnets allmänna kvalitetskrav som finns nämnda i kapitel 2.

Laboratoriet vid fabriken gör kontinuerligt sina egna vattenanalyser, för att försäkra sig att kvaliteten på vattnet som renas vid vattenverket hålls under kvalitetskravnivån som finns i bilaga 1. Dessa analysvärden kontrollerades och jämfördes med proven som blev tagna, för att se om vattenkvaliteten försämras längre in i processen.

Ozonavdelningens tätningsvatten problem håller på att utredas. Inom kort ska den befintliga kemiskt renade tätningsvattnet bytas ut till stadens sanitetsvatten. Sanitetsvattnet är humusbehandlat och har enligt kvaliteten bättre egenskaper än kemiskt renade vattnet. Genom detta försöker man minska på driftstoppen som orsakats av tätningsvattnets dåliga kvalitet.

I blekeri 2 har man tidigare försökt förbättra vattenkvaliteten genom att installera en filtreringsenhet för tätningsvattnet, före tryckförhöjningspumparna. Filtreringsenheten hade dock inte fungerat på önskat sätt, utan efter enhetens tvättfas hade stora mängder föroreningar släppts ut i tätningsvattennätet. Dessutom orsakade enheten tryckvariationer i tätningsvattennätet, vilket ledde till att blekeriet stannade då nivåålsningarna reagerade. För tillfället finns det under planering ett nytt försök med ett liknande filtreringsenhet (se bilaga 6). Denna gång ska den placeras på pumparnas trycksida, eftersom enheten kräver ett högre tryck för att tvättfasen ska fungera korrekt. Den nya filtreringsenheten ska filtrera bort fasta partiklar med hjälp av en fin sil där partiklarna fastnar. Filtreringsenheten har en automatisk tryckvariationssensor och kan jämna ut variationerna med hjälp av en hydraulisk slang och automatventiler.

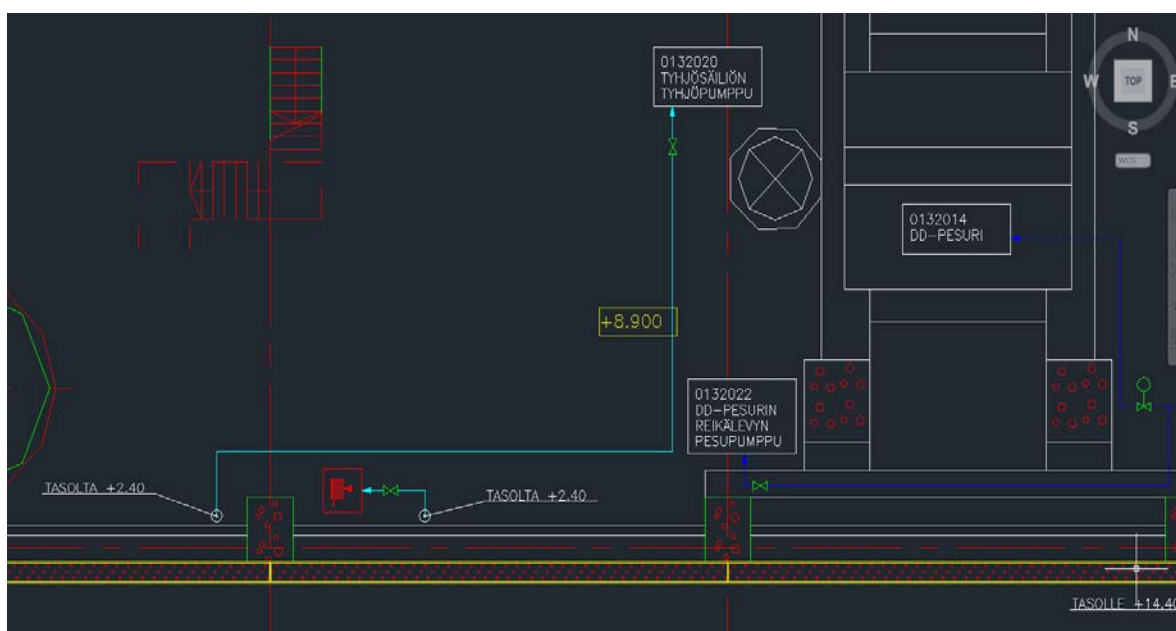
4 Resultat

I detta kapitel presenteras de resultat som åstadkoms av kartläggningen och av tätningsvattnets analysering. Här presenteras också resultaten av flödesberäkningar som gjordes.

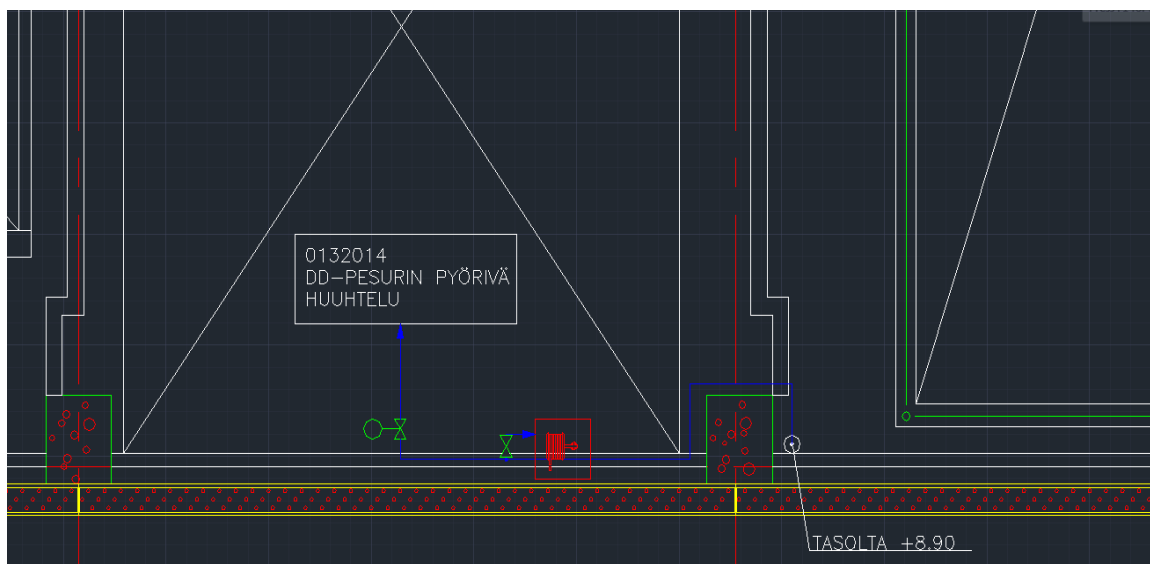
4.1 Tätningsvattensystem

Tätningsvattennätet kartlades och planritningar gjordes för fiberlinjebyggnad 1:s nivåer +1.80, +6.80, +8.80, +13.10, +14.10, +16.10, +18.50 och + 25.00. För fiberlinjebyggnad 2 kartlades och ritades planritningarna för nivåerna +2.40, +8.90, +14.40, +18.50 och +23.90. Planritningarna finns som bilaga.

Tätningsvattennätverkets ändringar hade gjorts utan att de olika vattentyperna blandades. Andra kopplingsfel fanns dock. Vid fiberlinjebyggnad 2:s DD-tvätt hade två stycken brandslangar kopplats till tätningsvattennätet. Dessa kan under användning orsaka plötsliga tryckvariationer i tätningsvattennätet.



Figur 10. Brandslang kopplad till tätningsvattennätet på nivå +8.90.



Figur 11. Brandslang kopplad till tätningsvattennätet på nivå +14.40.

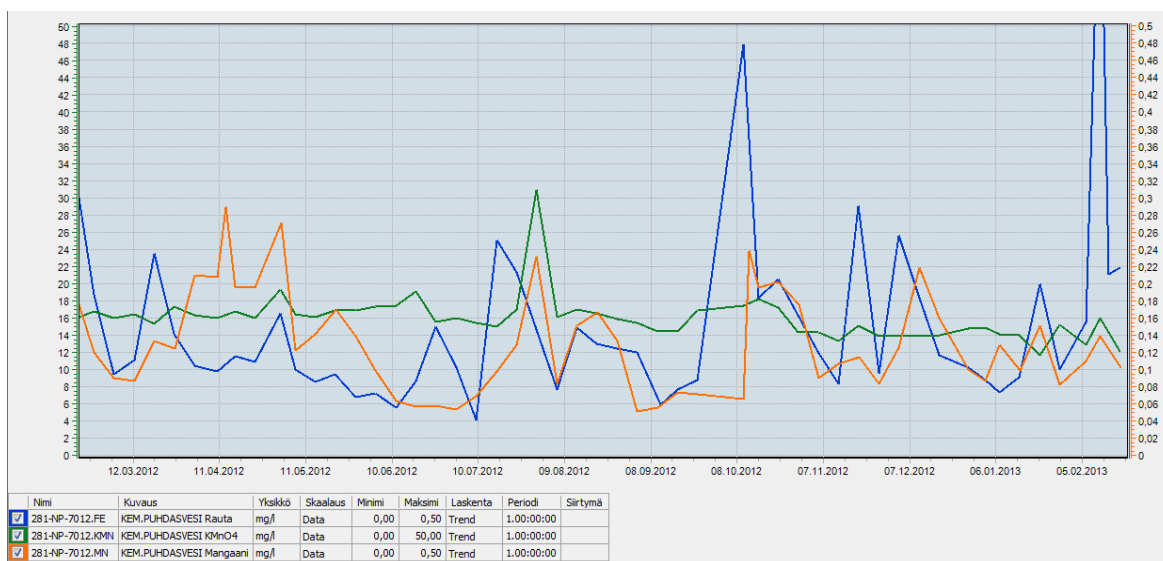
4.2 Vattenkvalitet

För att undersöka vattenkvaliteten, togs vattenprover från tätningsvattenlinjen nära problemområdena (se bilaga 5). Proven togs på tre olika dagar för att få tillräckligt tillförlitliga resultat.

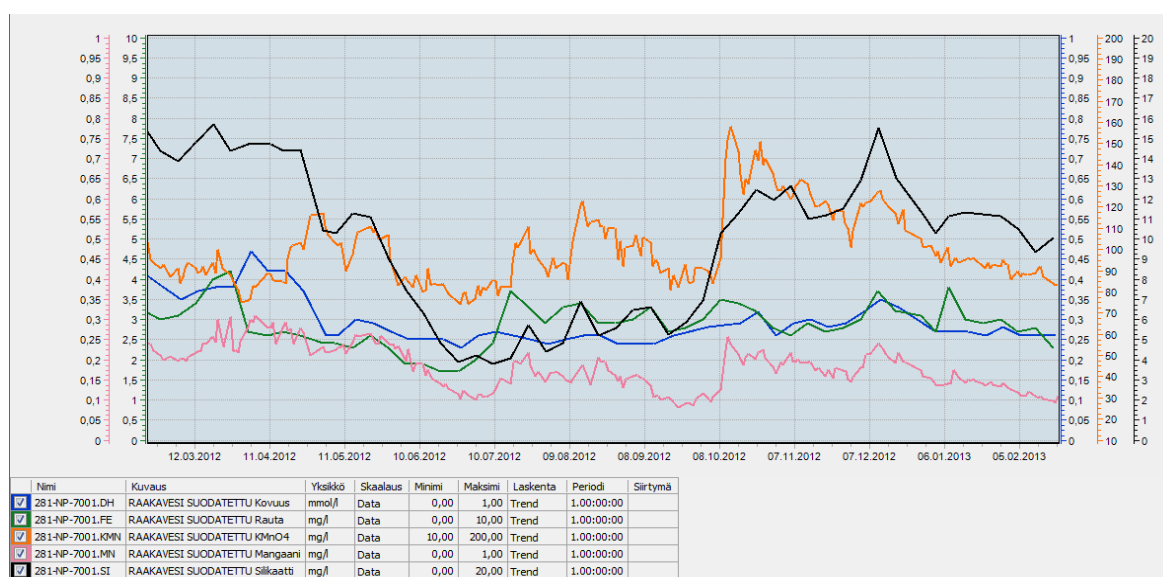
Resultaten av vattenproverna (se bilaga 4) visar att vattnets egenskaper duger till tätningsvatten. Alla vattnets värden ligger bra under de tillåtna gränserna. Kaliumpermanganatförbrukningen ligger kring 15 mg/l där övre gränsen var 30 mg/l. Detta vill säga att humushalten i tätningsvattnet är lågt.

Resultaten från vattenproverna jämfördes mot laboratoriets vattenanalyvärden. Analysvärdena från laboratoriet stämmer överens med proven under samma tidpunkt. För tillfället används både kemiskt och mekaniskt renat vatten som tätningsvatten, därför analyserades dessa två vattensorterna närmare. Nedan i figurerna 12 och 13 finns trender över kemiskt renade och mekaniskt renade vattnets kvalitet under ett års tid. För det mekaniskt reade vattnet kan man se att permanganatförbrukningen går upp till över 150 mg/l under året, d.v.s. att humushalten är mycket högt och detta lämpar sig inte som tätningsvatten. På grund av den höga humushalten fungerar inte tätningsvattnets styr- och övervakningssystem på rätt vis.

Provtagningen på vintern ger inte fullständigt rätt bild av förbrukningen av kaliumpermanganat och mängden fasta partiklar, för på våren när isarna smälter är ytvattnet i sjön betydligt smutsigare och innehåller mera humus.



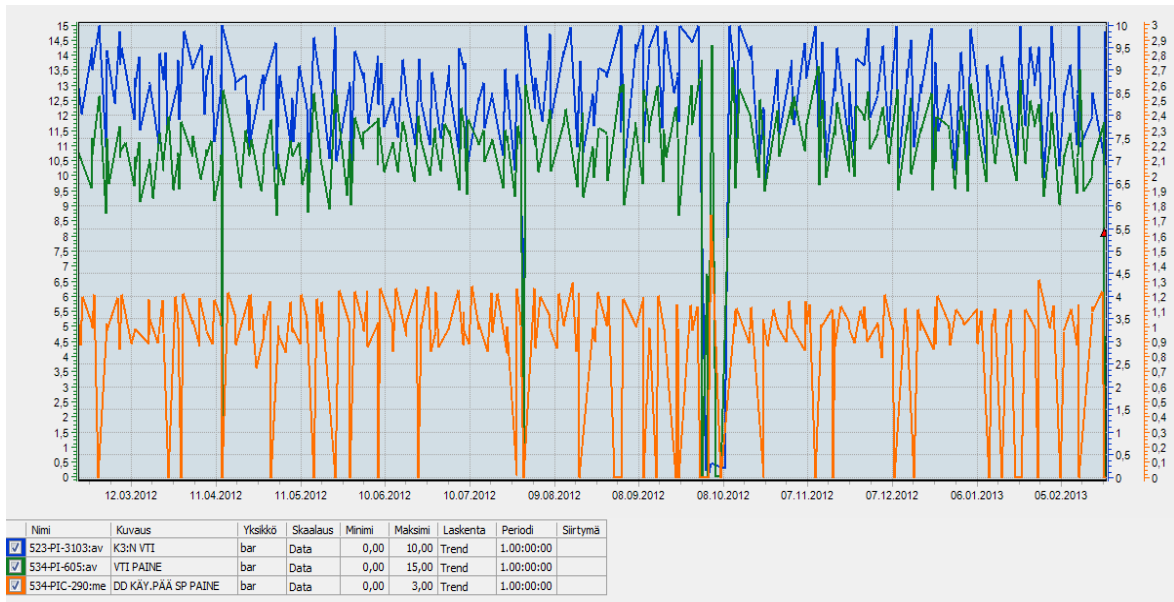
Figur 12. Årstrend på järnhalt, kaliumpermanganatförbrukning och manganhalt för kemiskt renat vatten.



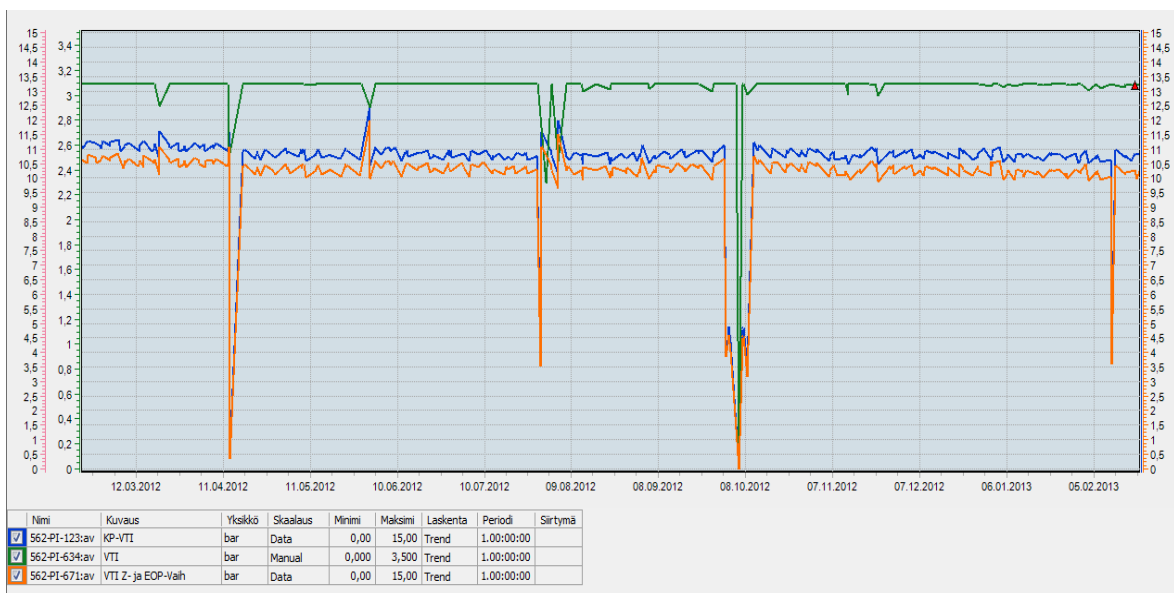
Figur 13. Årstrend på hårdhet, järn-, mangan-, silikahalt och kaliumpermanganatförbrukning för mekaniskt renat vatten.

Tätningstvattenlinjerna är gamla och innehåller avlagringar. Oavsett om humushalten är låg har den en tendens att bilda hårt slam runt rörväggen. Dessa avlagringar kan lossna och orsaka problem med tätningarna. Därför undersöktes möjliga tryckvariatorer i tätningstvattennätet vid båda byggnadernas

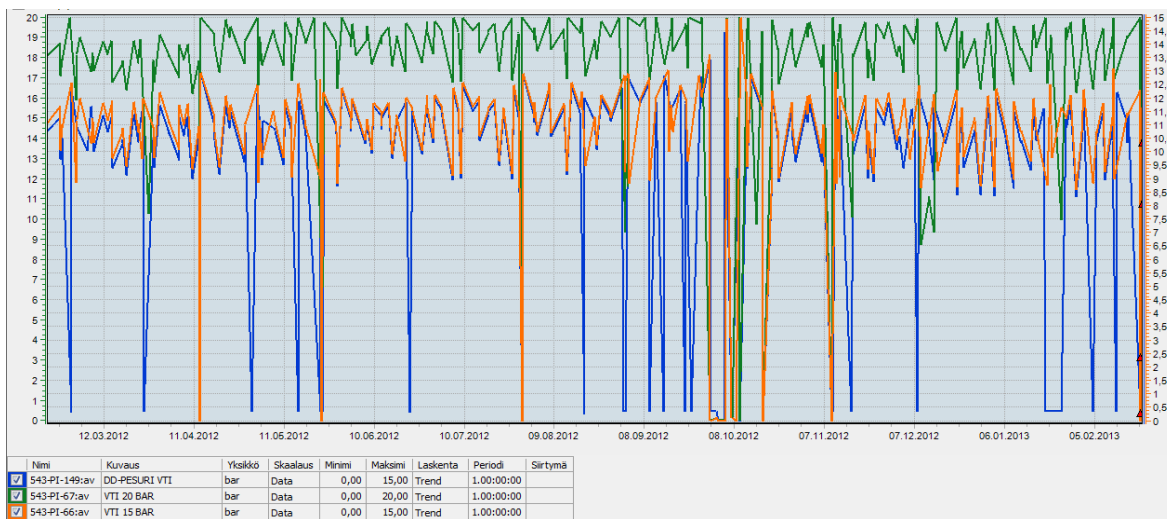
tryckförhöjningspumpar för tätningsvatten. I figurerna 14, 15 och 16 kan man se resultaten, tryckpikar vid tätningsvattnets tryckförhöjningspumpar efter driftstop. Dessa tryckpikar kan mycket möjligt lossa på avlagringarna som i sin tur skadar tätningarna.



Figur 14. Tryckvariationer i tätningsvattennätet vid fiberlinjebyggnad 1.

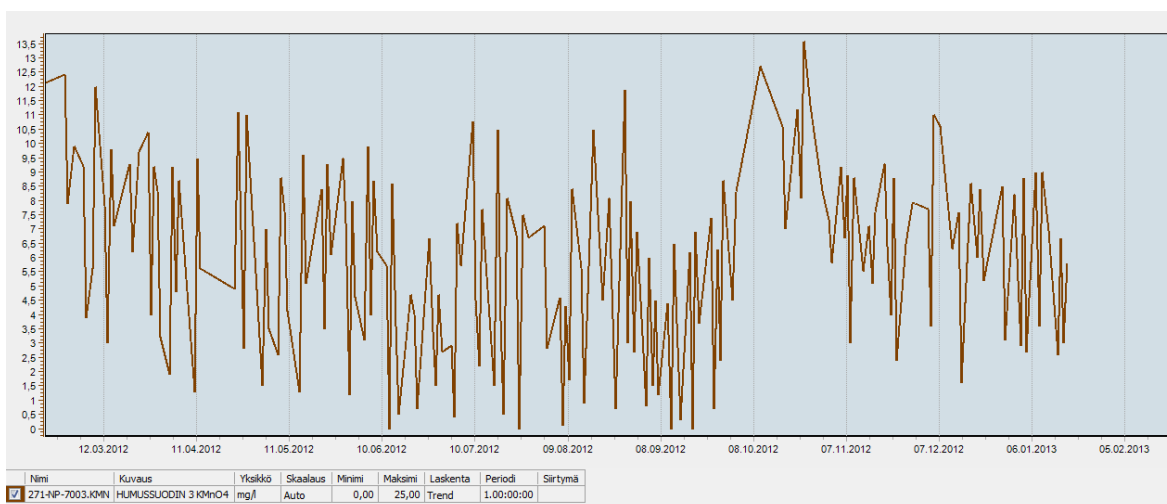


Figur 15. Tryckvariationer i tätningsvattennätet vid fiberlinjebyggnad 2.



Figur 16. Tryckvariationer i tätningsvattennätet vid blekeri 2.

Vid tillverkningen av pannvatten går vattnet ytterligare genom extra reningsprocesser. Vattnet går igenom humusfiltrering samt jonbyte. Vid undersökningen av alternativa reningsmetoder för att förbättra tätningsvattenkvaliteten, ansågs humusrenat vatten som ett alternativ. Vattnets kaliumpermanganattal sjunker betydligt efter humusfiltren där den ligger i medeltal mycket under 10 mg/l (se figur 17).



Figur 17. Vattnets kaliumpermanganatförbrukning efter humusfilter 3.

För att få reda på om humusfiltrens kapacitet räckte till för att täcka tätningsvattenförbrukningen, var man tvungen att räkna ut tätningsvattenförbrukningen. Tätningsvattennätet hade ingen skild flödesgivare för fiberlinjebyggnad 1 och 2. Tätningsvattenflödet beräknades utgående från allmänna

uppgifter om tätningarnas tätningsvattenbehov (se bilaga 7). I beräkningarna jämfördes totalflödet med flödet av att alla maskiner skulle använda ett övervakningssystem, d.v.s. 80 % minskning på vattenflödet.

Det totala tätningsvattenflödet var 1936 l/min. I beräkningen togs inte hänsyn till de befintliga övervakningssystemen, för man kunde inte avläsa flödesmätaren p.g.a. avlagring på mätglaset. Dessutom var övervakningssystemen ställda på ett större flöde och uppfyllde inte längre sin funktion. Om alla maskiner var utrustade med ett övervakningssystem, skulle totalflödet sjunka till ca 650 l/min. Detta skulle ge en besparing på ca 650 000 m³ vatten per år. Humusfiltrens totalkapacitet ligger på 200 m³/h eller ca 3,33 m³/min. Enligt uträkningarna skulle det krävas ca 2 m³ humusrenat vatten per minut för att täcka hela behovet. I dagens läge finns det inte möjlighet att använda humusrenat vatten, p.g.a. att anläggningens kapacitet redan används maximalt.

4.3 Förbättringsförslag

Här nedan finns uppräknade förbättringsförslagen som bör göras för att förbättra tätningsvattennätets funktion samt vattnets kvalitet.

- Tätningsvattennätverkets kvarlämnade förgreningar bör avlägsnas. Dessa förgreningar innehåller stora mängder föroreningar. Plötsliga tryckvariationer kan få föroreningarna i rörelse i tätningsvattennätet. Detta medför en stor risk att tätningarna skadas. Dessutom orsakar förgreningarna tryckförluster i linjerna.
- Maskinerna med mekaniskt renat vatten som tätningsvatten (bilaga 3), bör bytas till kemiskt renat vatten. Enligt tidigare diskussioner kan man konstatera att mekaniskt renat vatten inte duger som tätningsvatten, p.g.a. kvalitetens dåliga egenskaper.
- Brandslangarna som är kopplade till tätningsvattennätet i fiberlinjebyggnad 2: nivå +8.90 C-10;11 och +14.40 C-11;12, bör avlägsnas. Brandslangarna kan kopplas till närmaste råvattenlinje.

- Enligt diskussioner om användningen av humusrenat vatten, kunde man konstatera att kapaciteten inte räckte till. Därför borde en investering i flera humusfilter diskuteras. Detta skulle möjliggöra användning av humusrenat vatten, vilket skulle medföra en minskning av avlagringarna i rörsystemet.
- En separat filtreringsenhet kan appliceras vid problemområden, för att minimera tätningsskador på vid de mest kostsamma maskinerna.
- Tätningstvattenanvändningen ska optimeras genom att applicera övervakningssystem på alla pumpar och omrörare. Detta skall förstås ske först efter en förbättring av vattenkvaliteten, p.g.a. att det nuvarande vattnet innehåller för stora mängder humus för att övervakningssystemen ska fungera korrekt. Med övervakningssystem kan 80 % av vattenförbrukningen sparas per pump. Detta betyder en sänkt belastning för reningsverket. Dessutom skulle avdunstningskostnader för det vatten som läcker genom tätningarna till processen minska.
- Tätningstvattenlinjerna borde rengöras med högtryckstvätt, för att få bort avlagringarna. Detta skulle minska tätningsskador orsakade av att avlagringarna lossnat.

5 Diskussion

Att arbeta med detta projekt har varit mycket intressant och lärorikt. Arbetet innefattade samlande av viktigt information till ämnet och förmåga att tillämpa detta i praktiken. Under arbetets gång lärde jag mig bättre att vara källkritisk till de elektroniska källor jag läste.

Eftersom jag jobbat tidigare på UPM hade jag en uppfattning om processen och var alla avdelningar låg samt var processens utrustning fanns. Detta underlättade vid kartläggningen av tätningstvatten nätverket. Dessutom hade jag sedan tidigare haft kontakt med mina handledare samt andra på fabriken, vilket var till nytta när jag behövde hjälp med de problem jag hade på vägen.

Syftet med detta arbete var att kartlägga tätningstvatten nätverket och undersöka vattenkvaliteten. Utifrån resultaten skulle det ges rekommendationer för att förbättra tätningstvattenkvaliteten, för att på detta vis minska på kostnaderna orsakade av tätningsskador. Syftet med arbetets kartläggning uppnåddes och på det planet är jag nöjd med resultaten. Också analyseringen av vattenkvaliteten uppnåddes och med förbättringsförslagen kom jag till de mål jag ställt, oavsett om alla förslagen inte förverkligas. När man ser tillbaka på arbetet finns det en hel del som man inte kom på i tid och vilket man kunde ha gjort annorlunda. Under kartläggningen skulle det ha varit möjligt att mäta det egentliga vattenflödet med ett externt mätverktyg som finns på fabriken. Analyserna kunde ha blivit gjorda i ett mycket tidigare skede, då skulle man haft mera tid till undersökningen av flera alternativa filtreringssystem.

Tidsplanen som gjordes höll inte riktigt hela vägen, p.g.a. att kartläggningen tog betydligt längre tid än vad det först var räknat med. Detta sköt upp provtagningen som skulle göras efter kartläggningen. Tidsplanen gjordes med de kunskaper som fanns i början. Om tidsplanen skulle göras om, skulle den vara mera detaljerad.

Det har varit mycket roligt och givande att göra examensarbetet. Arbetet gav mig mycket ny information om tätningar och pumpar. Dessutom lärde jag mig mycket om hur man gör ett projekt från början till slut. Detta arbete gav mig betydligt mera kännedom av cellulosa- och pappersindustrin. Kontakten med tillverkare och personalen gav mig bättre samarbetsförmåga och gav mig bättre förståelse om hur viktigt det är.

6 Källförteckning

Airila, M., Hovi, K., Nurmi, L., Piirilä, E., & Pramila, A. P. (1985). *Koneenosien suunnittelu 4*. Porvoo: WSOY

Binnie, C. & Kimber, M. P. (2009). *Basic water treatment fourth edition*. London: Thomas Telfors Limited.

Björkner, M. (2010). *Pumphandboken 2010*. Billdal, Sverige: Process Contact Scandinavia AB.

John Crane Safematic Oy. (2013). *Intelligent Seal Water Control System*. http://www.johncrane.co.uk/PDFs/B_SmartFlow_Eng.pdf (hämtat: 15.1.2013).

Kimalainen, J. (1993). *Vedenkäsittelykoulutus*. Wisaforest Kymmene. Tampereen prosessi-insinöörit Oy.

KnowPulp (2013). (elektronisk databas) <http://www.knowpulp.com> (hämtat: 19.1.2013).

Löfgren, S., Forsius, M., Andersson, T. (2003). *Vattnens färg – klimatbetingad ökning av vattnens färg och humushalt i nordiska sjöar och vattendrag*. Nordic council of Ministers SLU, SYKE, NIVA. (internet dokument) <http://publikationer.slu.se/Filer/SLUsvensk.pdf> (hämtat: 27.3.2013).

Mayer, E. P. (1977). *Mechanical Seals. Third Edition*. Bristol, England: J.W. Arrowsmith Ltd. 291.

Pasanen, M., et al (1970). *Käyttöveden puhdistus, jatkokäsittely ja valvontatoimenpiteet*, Helsinki: Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus.

Stendahl, K. P. *Vedenkäsittelyn käsikirja*, Kemira Kemi Ab.

UPM-Kymmene Oyj. (2009). Vattenverkets driftsinstruktioner.

UPM-Kymmene. (2010). Företagskompendium (internet dokument)

UPM. (2011). Årsredovisning

UPM. (2013). <http://www.upm.com/FI/> (hämtat 22.02.2013)

Bilaga 1. Vattens gränsvär.

Typ av vatten	Surhet pH	Konduktivitet mS/m	KMnO ₄ mg/l	Järn mg/l	Mangan mg/l	Koppar mg/l	Aluminium mg/l
Råvatten	5,0-8,0	< 20	< 90	< 3,0	< 0,30		< 2
Rent vatten 1	7,0-8,5	< 20	< 16	< 0,10	< 0,10		< 0,4
Rent vatten 2	7,0-8,5	< 20	< 16	< 0,10	< 0,10		< 0,4
Kemiskt renat vatten	7,0-8,5	< 20	< 16	< 0,10	< 0,10	< 0,01	
Humusfilter 1		< 25	< 10				
Humusfilter 2		< 25	< 10				
Humusfilter 3		< 25	< 10				

Typ av vatten	Natrium mg/l	Klorid mg/l	Sulfat mg/l	Silikat mg/l	Färg mg/l	Hårdhet mmol/l
Råvatten	< 10	< 10	< 40	< 15	< 300	
Rent vatten 1	< 25	< 30	< 100	< 5	< 20	
Rent vatten 2	< 25	< 30	< 100	< 5	< 20	
Kemiskt renat vatten		< 30			< 20	
Humusfilter 1	< 30	< 50	< 30			< 0,50
Humusfilter 2	< 30	< 50	< 30			< 0,50
Humusfilter 3	< 30	< 50	< 30			< 0,50

Bilaga 3. Maskiner med mekaniskt renat tätningsvatten.

Fiberlinjebyggnad 1	
Maskin namn	Maskin nummer
Saostimen 1/1-2 suodosäiliön pumppu	0100980
Sekundärilajitin	0100913
Rejektilajitin	0100945
Happireaktorien laimennuspumppu	0210117
Puskusyklonin MC-pumppu	0210139
Puskusyklonin MC-tyhjöpumppu	0210140
Purupesurin tyhjöpumppu	0230412

Fiberlinjebyggnad 2	
Maskin namn	Maskin nummer
Viiranpesupumppu	0131209
Saostimen etulaimennuspumppu	0131212
Lajittimien laimennuslipespumppu	0131213
AD2-suodossäiliön pinnansäätöpumppu	0200525
PA-sakeamassa tornin pumppu	0500102
Massapumppu PA-tornista valk. 1:lle	0131310
PA-sakeamassatornin sekoitin	0500101
Diffusöörin pesulipespumppu	0130632
Diffusöörin laimennuslipespumppu	0130610
Pesuvaiheen 2 pesulipespumppu	0131208

Fiberlinjebyggnad 2	
Maskin namn	Maskin nummer
Lajittamon syöttösäiliön laimennuspumppu	0131207
Primärilajittelun syöttöpumppu	0130910
Laimennuslipespumppu 1	0130936
Saostimen 2/1-2 MC-pumppu	0131303
Saostimen 2/1-2 MC-tyhjöpumppu	0131303
Tyhjennyssäiliön sekoitin	0131210
Tyhjennyssäiliön pumppu	0131211
Oksapumppu keittämölle 3	0131012
Oksasäiliön sekoitin	0131011
D1- ja D2-tornin tyhjennuspumppu	0110413
Likaislauhdepumppu	0130406
Pesumassasäiliön purkauspumppu	0130611
	0130601
Diffusöörin tiivistevedet	
Jäähdetetyn vedenpumppu	0212907
Rejektilajittimen syöttöpumppu	0131008
Jauhetun rejektin säiliönsekoitin	0131007
Tyhjennyssäiliön pumppu	0110109
Tyhjennyssäiliön sekoitin	0110108
	0110301
EO-höyrysekoitin	
Kuumalipespumppu	0130316
COC-valkolipespumppu	0130318

UPM-KYMMENE OYj

KEHITYS/Laboratoriopalvelut
Kemialliset analyysit

RAPORTTI

19.12.2012 / tlh
(valmis 04.02.2013)

Patrik Pesola, opinnäytetyö

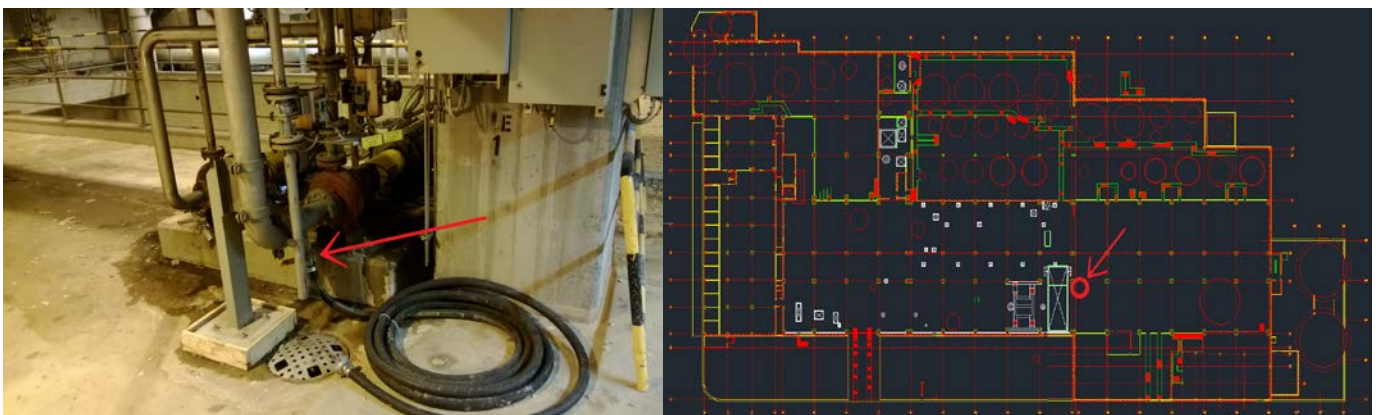
TIIVISTEVESIJÄRJESTELMÄN KARTOITUS

Analyysi/pvm 14.12.2012	Ionivaihd.vesi O ₃ -laitos	0209009 pumpulle [VTI (VKE)]	0132026 pumpulle [VTI (VKE)]
Kiintoaine, mg/l	0,40	*)	*)
Silikaattipitoisuus, mg/l	11,36	11,20	11,45
Permanganaattimäärä, mg/l	15,10	15,30	16,30
Rautapitoisuus, mg/l	0,25	0,19	0,22
Kokonaiskovuus, dH	0,33	0,33	0,34
*) ei riittävästi näytettä!			
19.12.2012			
Kiintoaine, mg/l	0,23	0,08	0,00
Silikaattipitoisuus, mg/l	11,66	11,69	11,69
Permanganaattimäärä, mg/l	16,90	15,50	15,40
Rautapitoisuus, mg/l	0,16	0,14	0,15
Kokonaiskovuus, dH	0,33	0,34	0,33
20.12.2012			
Kiintoaine, mg/l	1,46	0,38	0,61
Silikaattipitoisuus, mg/l	11,25	11,20	11,23
Permanganaattimäärä, mg/l	15,50	15,10	14,80
Rautapitoisuus, mg/l	0,16	0,21	0,13
Kokonaiskovuus, dH	0,32	0,32	0,32

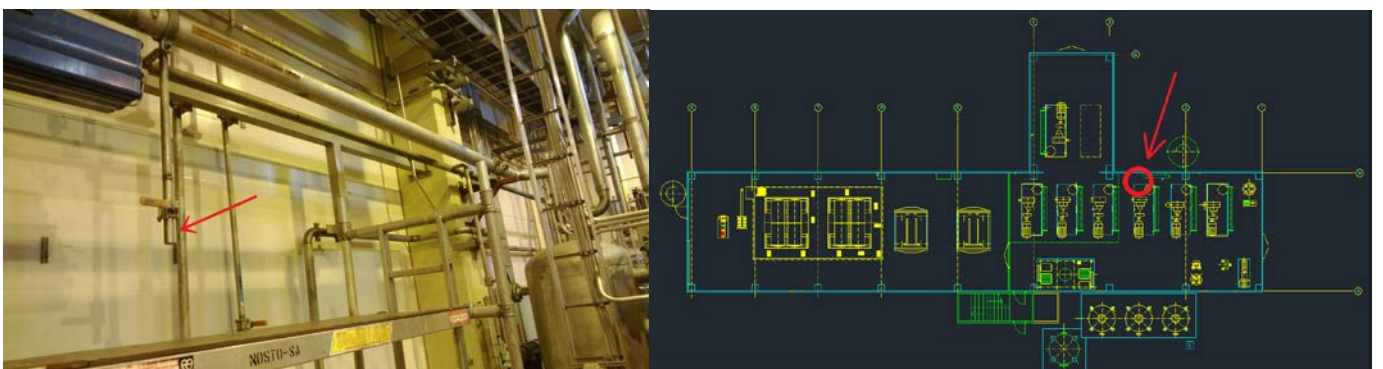
Bilaga 5. Provtagningsplatser.



Prov 1 från tätningstvattnets tryckhöjningspump (0209009). Fiberlinjebyggnad 1 nivå +6.40.

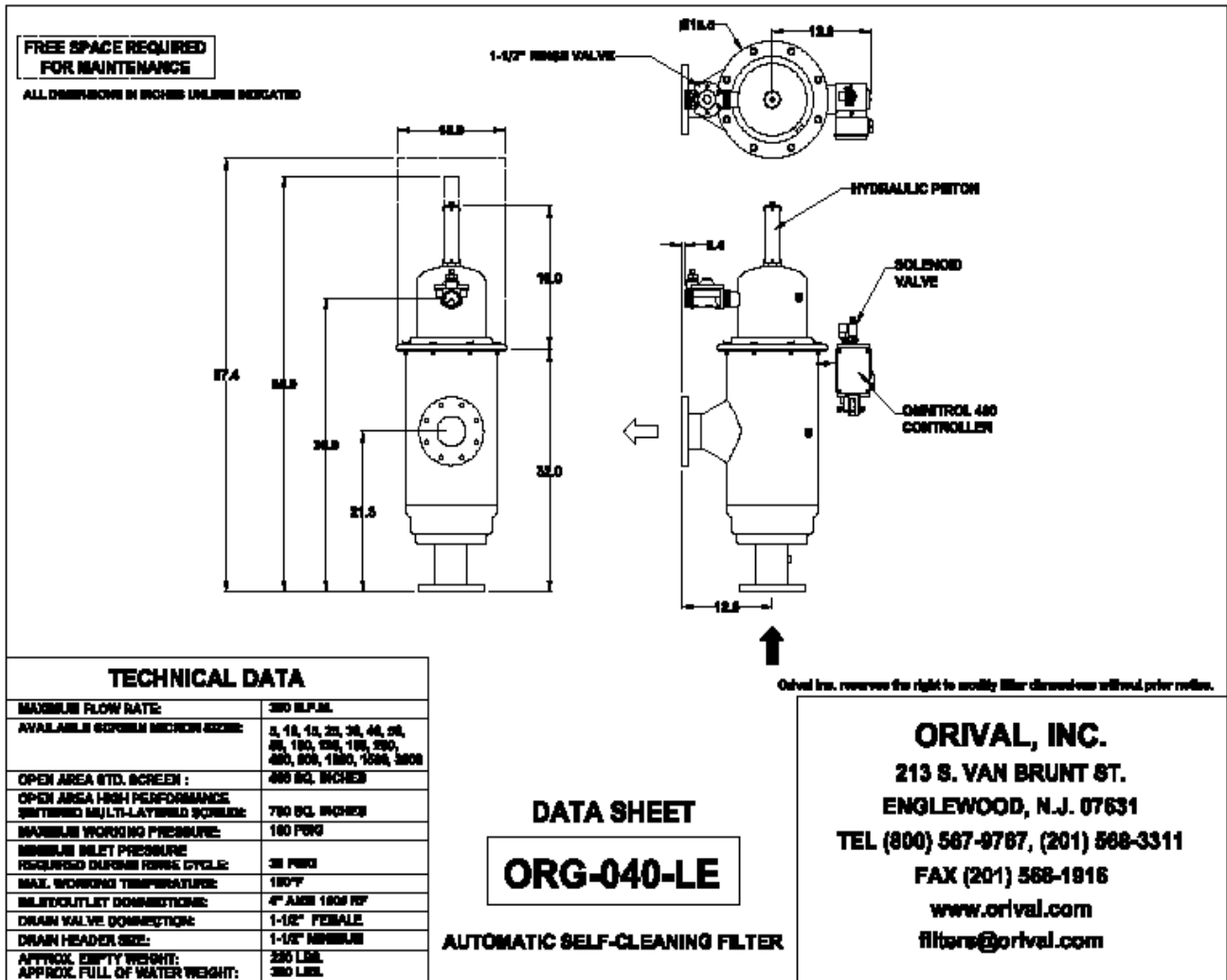


Prov 2 från tätningstvattnets tryckhöjningspump (0132026). Fiberlinjebyggnad 2 nivå +8.90.



Prov 3 från ozonavdelningens tätningstvattenlinje.

Bilaga 6. Filtreringsenhet.



Bilaga 7. Flödesberäkningar.

Flödesberäkningar

	Med övervak.sys.	Normal drift	FL1 antal			FL2 antal		
			VKE	VTI	VSU	VKE	VTI	VSU
Mekanisk tätning	0,8 l/min	4 l/min	70		2	51	113	23
Packboxar	6 l/min	6 l/min	3				2	
MC-pump	0,6 l/min	3 l/min	4		1	5	13	1
Vakumpump	1 l/min	5 l/min	9		2	6	14	3
Omrörare	1 l/min	5 l/min	13			10	20	9
Sorterare	0,8 l/min	4 l/min	8		2		7	
DD-tvätt	100 l/min	100 l/min	2			1		

Totalt [l/min]			652		29	399	701	155
Totalt per byggnad [l/min]			681			1255		
Med övervakningssystem [l/min]	-80 %		304,8		5,8	159,8	149,8	31
Totalt per byggnad [l/min]			310,6			340,6		

Driftsdagar per år

350

Besparning per år [m³/år]

186 682

460 858

Inbesparing

Vattenpris inkl. spillvatten kostnad (VKE)

X €/m³

Vattenpris inkl. spillvatten kostnad (VSU)

X €/m³

Inbesparing per år totalt [EUR]

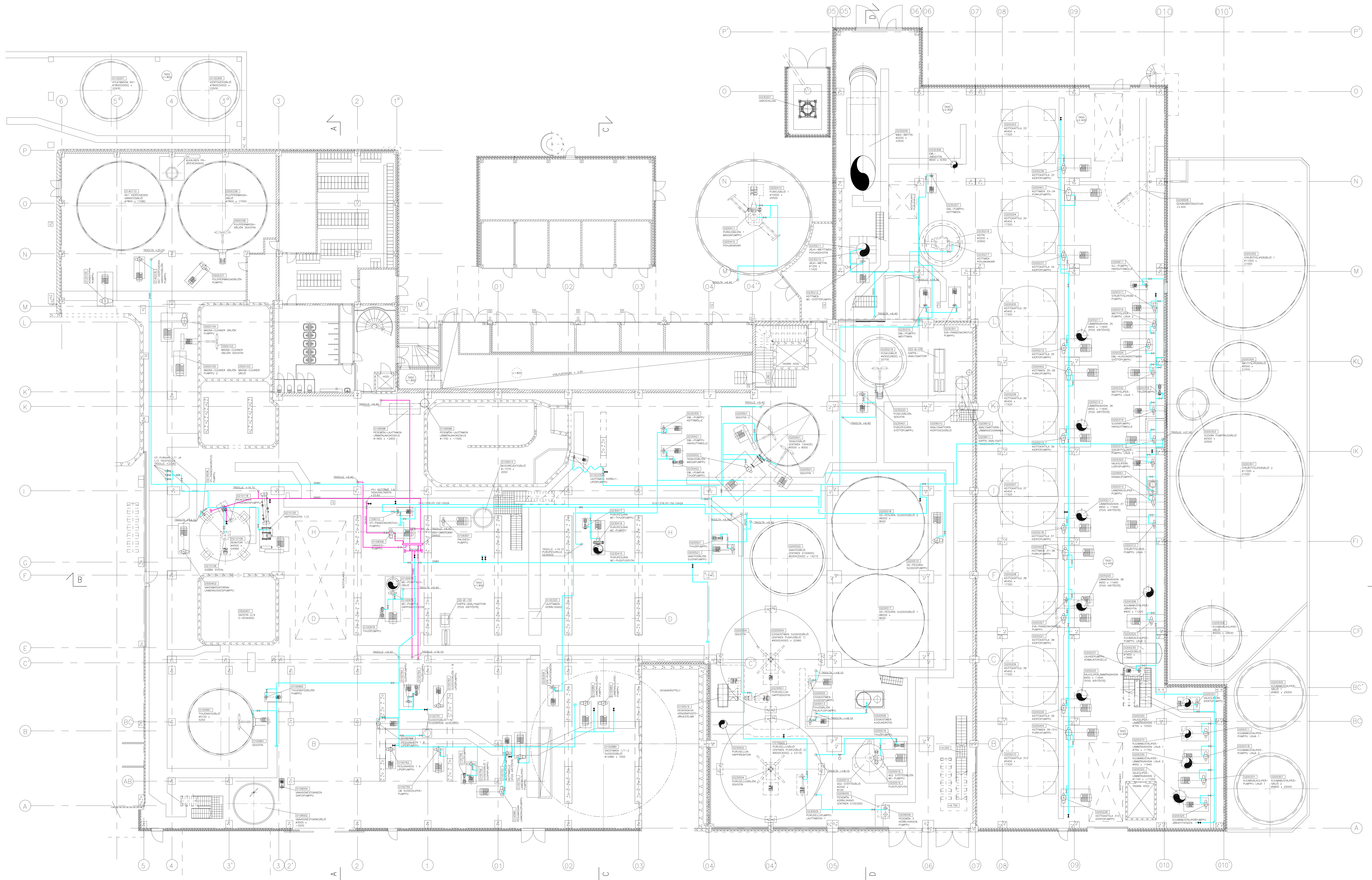
X €/år

I verkligheten varierar flödet beroende på hur varmt pumpmediet är, p.g.a. kylningsbehov. Dessutom blandas en del av tätningsvattnet med pumpmediet, men detta utelämnas från räkningarna.

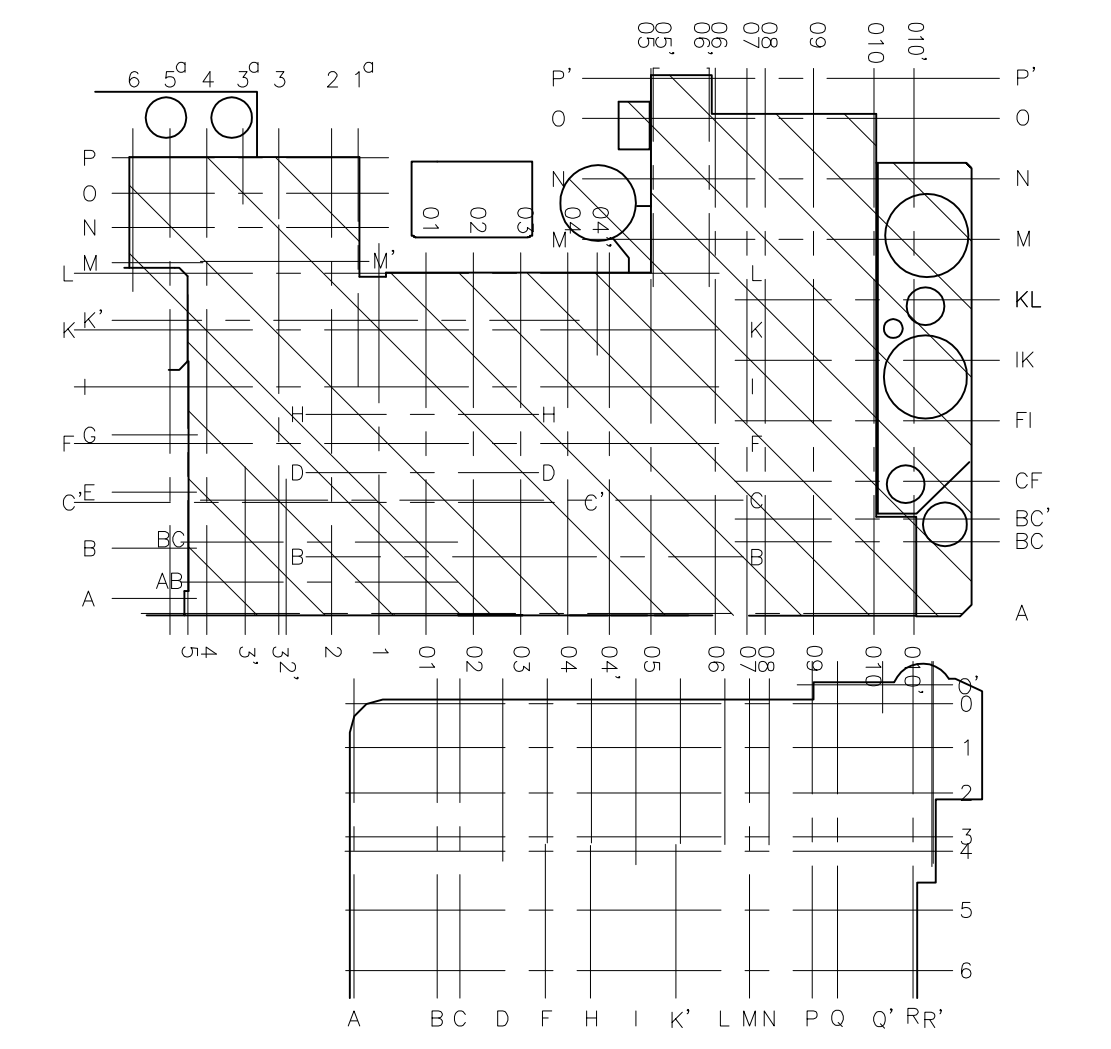
Med övervakningssystem kan man minska på vattenflödet med 80 %.

Priserna har tagits bort på arbetsgivarens begäran.

Päivys	Muutos	Hyöskä	Muutos	Lukumäärä	Merkki
Datum	Ändring	Gårk.	Ändring	Antal	Märke



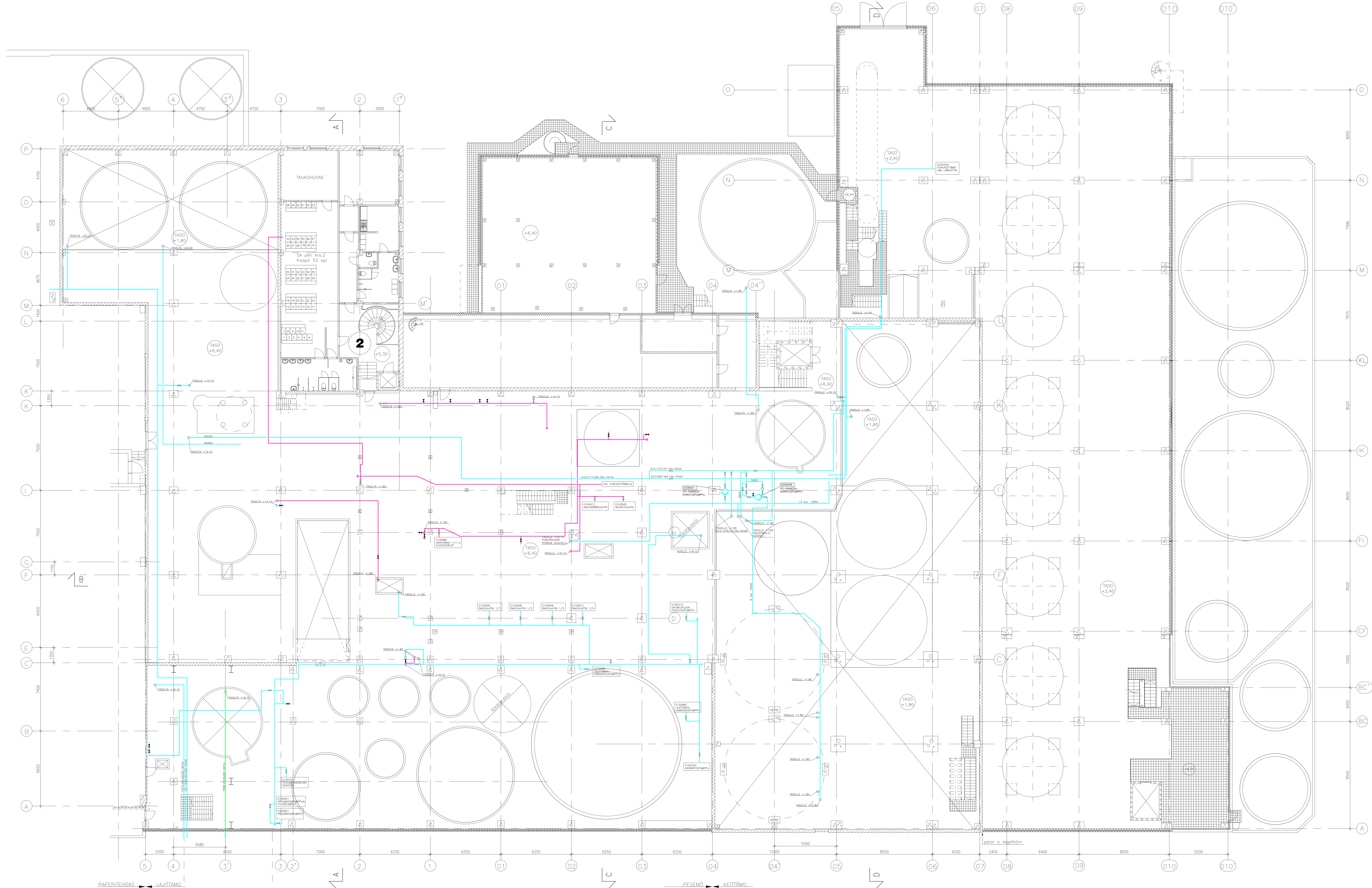
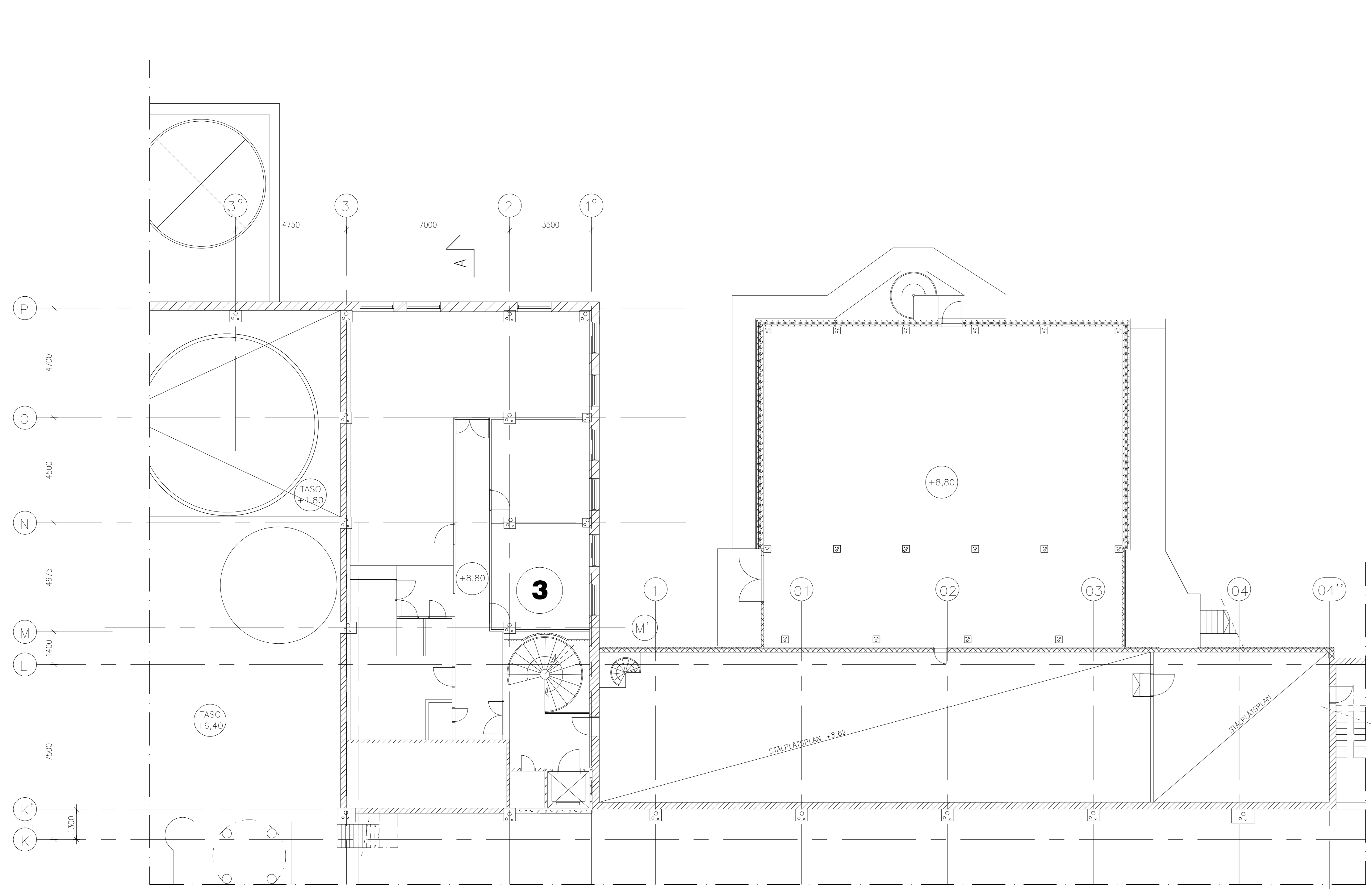
- TIMISTEVESI [VTI]
- KEM.PUH.VESI [VKE]
- MEK.PUH.VESI [VSU]



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 m

EI ANNETTUNA MITTAAVAINA JOS TUULOSTEN KOKO POIKKALE KOKOJA 60x1400 mm

<p>UPM PAPERITEHDÄS LAIJTAMO</p>	<p>TOIMITUSKOHDE: KUITULINJAKENNUS 1 TILAT: TIIVISTEVEDET TASOT: +1,800 JA +2,400</p>	<p>LAIVASTO DAP MEKANIikka</p> <p>TOIMITUSKOHDE: KUITULINJAKENNUS 1 TILAT: TIIVISTEVEDET TASOT: +1,800 JA +2,400</p>	<p>LAIVASTO DAP MEKANIikka</p> <p>TOIMITUSKOHDE: KUITULINJAKENNUS 1 TILAT: TIIVISTEVEDET TASOT: +1,800 JA +2,400</p>
--	---	--	--



Revisio	
Nro.	Päivämäärä

Piirits. Nro.	Muuttaja	Hyväks. Nro.	Muutos Nro.	Lukun Nro.	Merkki
26.03.01	CH		VÄIKEMÄKILLI, LISÄTTY		

- TIMISTEVEZI [VTI]
- KEM.PUH.VESI [VKE]
- MEK.PUH.VESI [VSU]

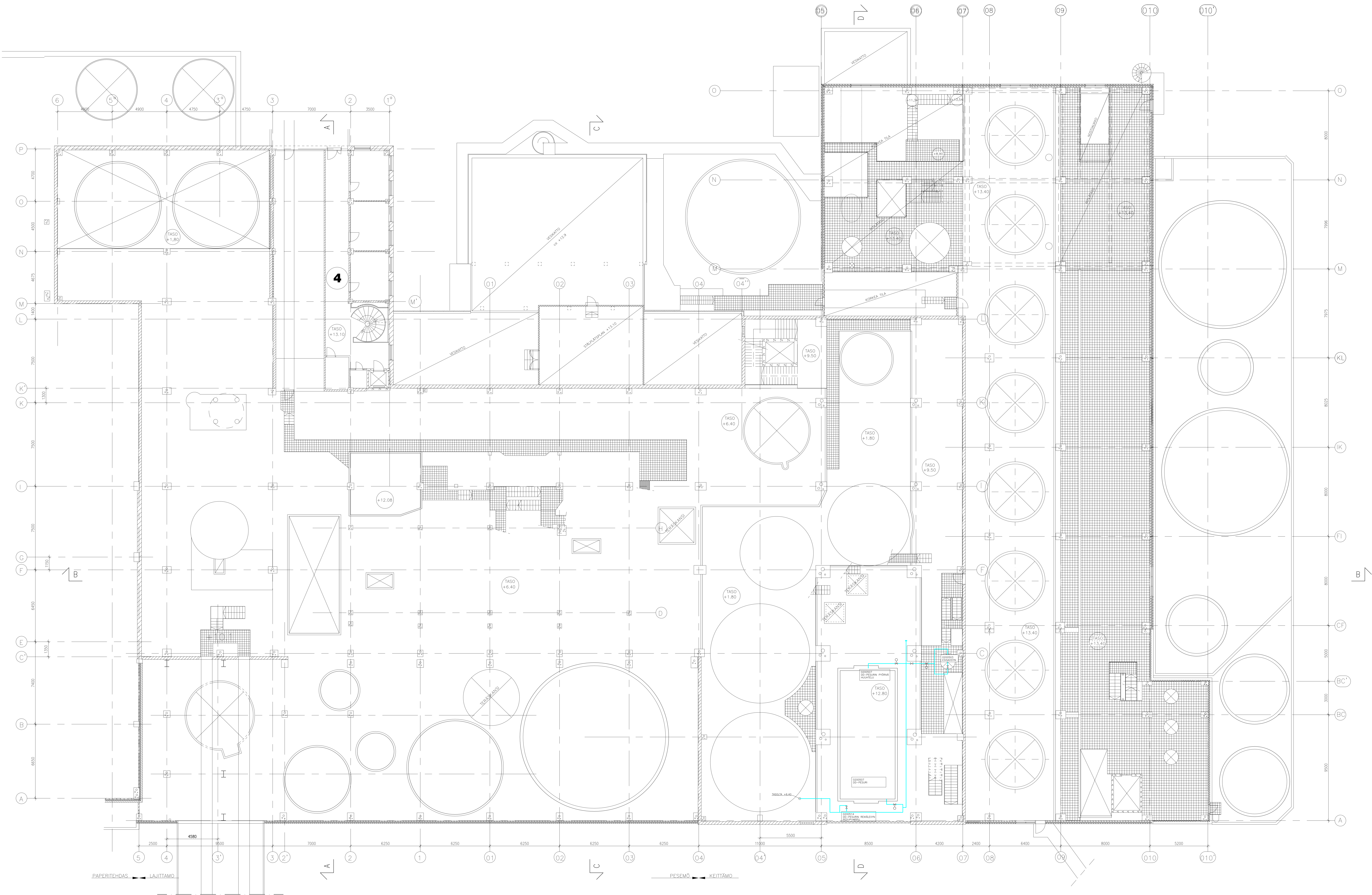
PROJEKTI/ALUE KUITULINARAKENNUS 1	PIIRITTEIKÄ/ALUE KUITULINARAKENNUS 1	ALUE/OSUE KUITULINARAKENNUS 1	PIIRITTEIKÄ/ALUE KUITULINARAKENNUS 1	PIIRITTEIKÄ/ALUE KUITULINARAKENNUS 1
PIIRITTEIKÄ/ALUE KUITULINARAKENNUS 1	PIIRITTEIKÄ/ALUE KUITULINARAKENNUS 1	PIIRITTEIKÄ/ALUE KUITULINARAKENNUS 1	PIIRITTEIKÄ/ALUE KUITULINARAKENNUS 1	PIIRITTEIKÄ/ALUE KUITULINARAKENNUS 1
PIIRITTEIKÄ/ALUE KUITULINARAKENNUS 1	PIIRITTEIKÄ/ALUE KUITULINARAKENNUS 1	PIIRITTEIKÄ/ALUE KUITULINARAKENNUS 1	PIIRITTEIKÄ/ALUE KUITULINARAKENNUS 1	PIIRITTEIKÄ/ALUE KUITULINARAKENNUS 1
PIIRITTEIKÄ/ALUE KUITULINARAKENNUS 1	PIIRITTEIKÄ/ALUE KUITULINARAKENNUS 1	PIIRITTEIKÄ/ALUE KUITULINARAKENNUS 1	PIIRITTEIKÄ/ALUE KUITULINARAKENNUS 1	PIIRITTEIKÄ/ALUE KUITULINARAKENNUS 1

Piirityyppi: **TIMISTEVEDET**
TASOT: +6.40, +8.80

Piirinumero: **64008800**

Revisio	
Jakelu	Päiväm.

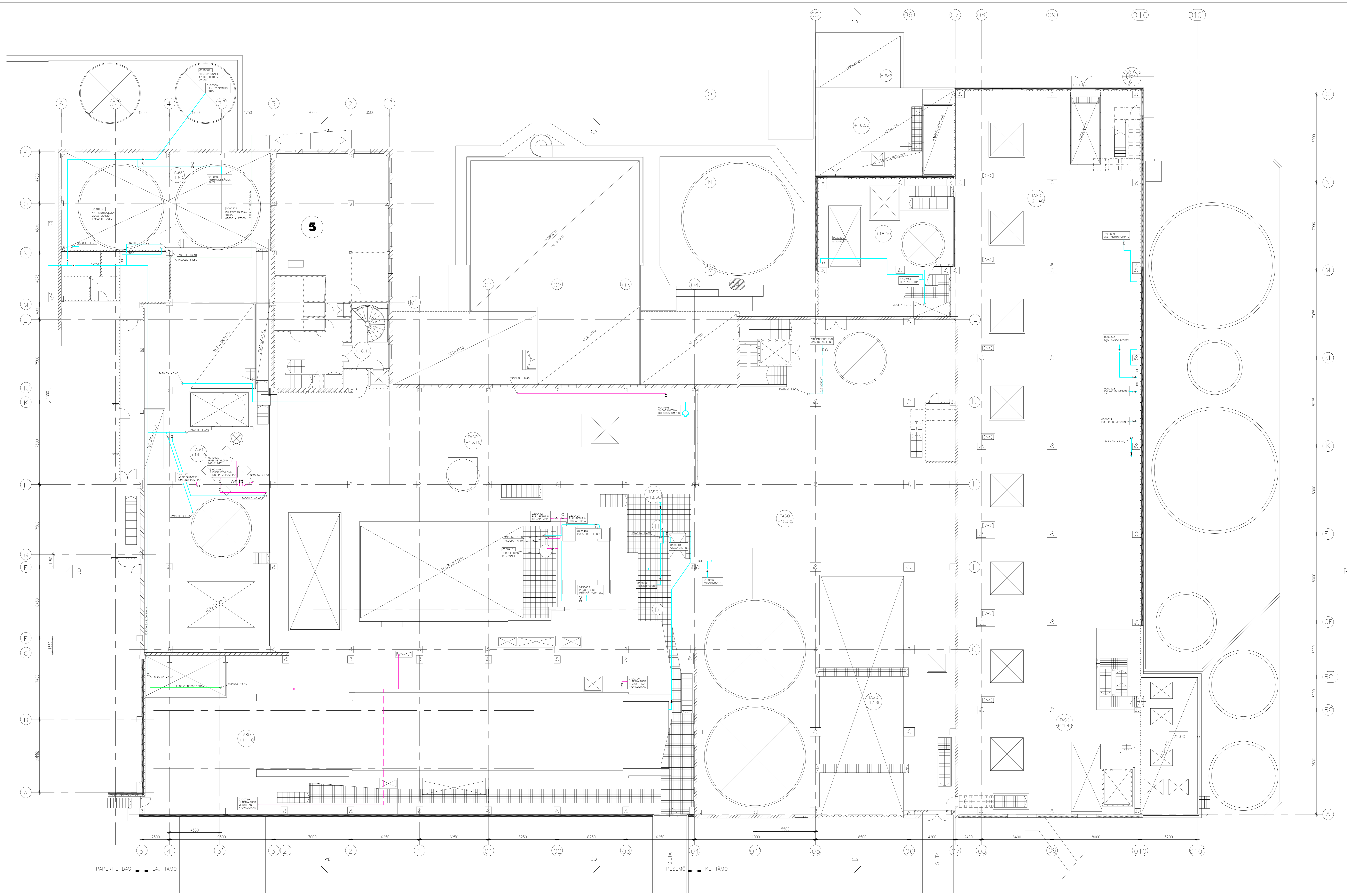
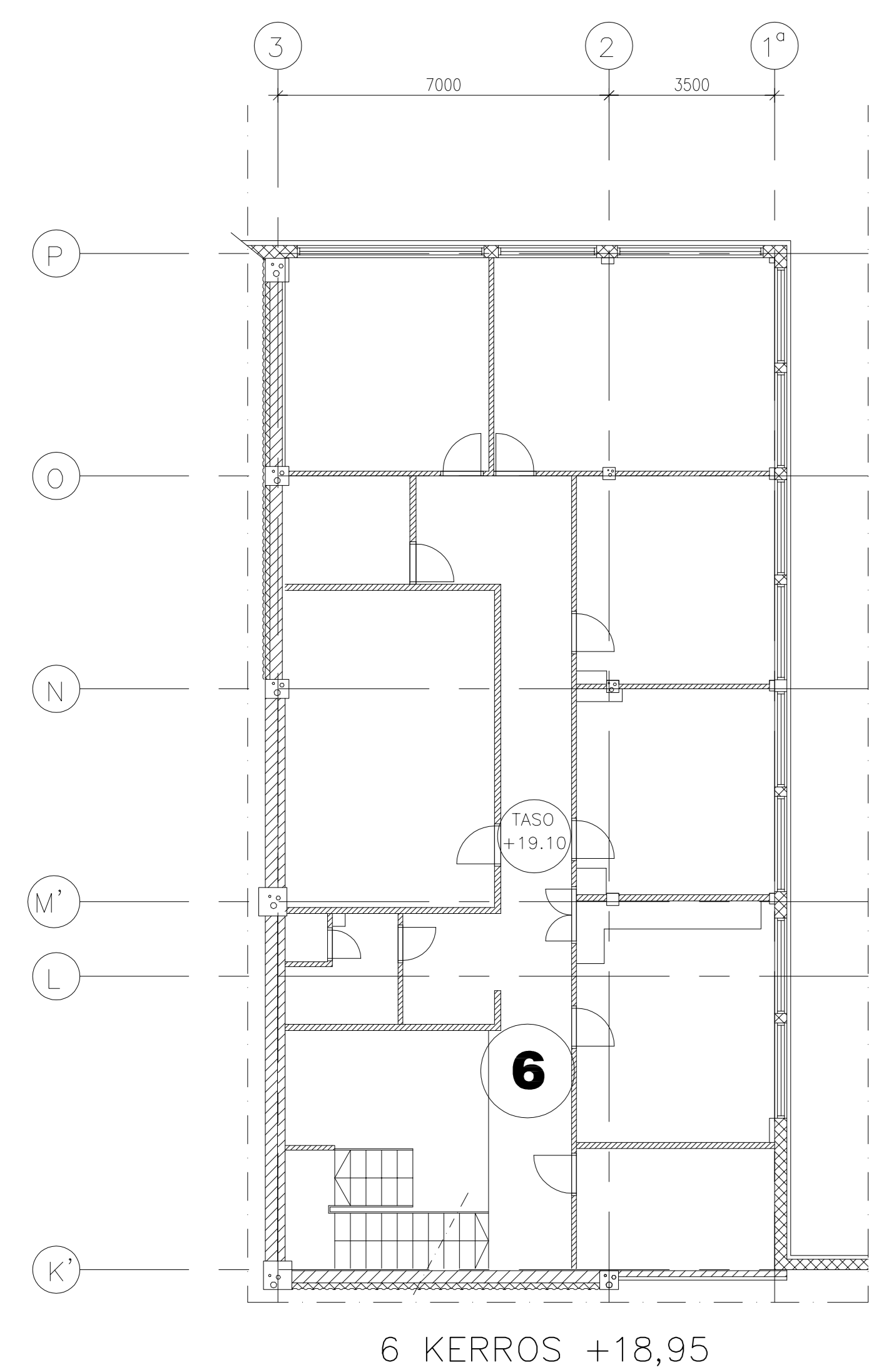
Päivys Datum	Muutospäivä Ändrings Dag	Hyödyks. Göds. Gård.	Muutospäivä Ändring Dag	Lukum. Antal	Merkki Märke



— TIIVISTEVESI [VT]
— KEM.PUH.VESI [VKE]
— MEK.PUH.VESI [VSU]

PIIVÄTYS/DATE DAY TARK./DRAWING DATE	PIIVÄTYS/DATE DAY TARK./DRAWING DATE	LAJI / TYPE 1001, 1005	TYÖKOHTE/WORK SÄHKÖ/SYSTEMS	PIIVÄTYS/DATE DAY TARK./DRAWING DATE
UPM	PIIVÄTYS/DATE DAY TARK./DRAWING DATE	LAJI / TYPE 1001, 1005	TYÖKOHTE/WORK SÄHKÖ/SYSTEMS	PIIVÄTYS/DATE DAY TARK./DRAWING DATE
PIIVÄTYS/DATE DAY TARK./DRAWING DATE	PIIVÄTYS/DATE DAY TARK./DRAWING DATE	LAJI / TYPE 1001, 1005	TYÖKOHTE/WORK SÄHKÖ/SYSTEMS	PIIVÄTYS/DATE DAY TARK./DRAWING DATE

PIIVÄTYS/DATE
DAY
TARK./DRAWING
DATE
13101



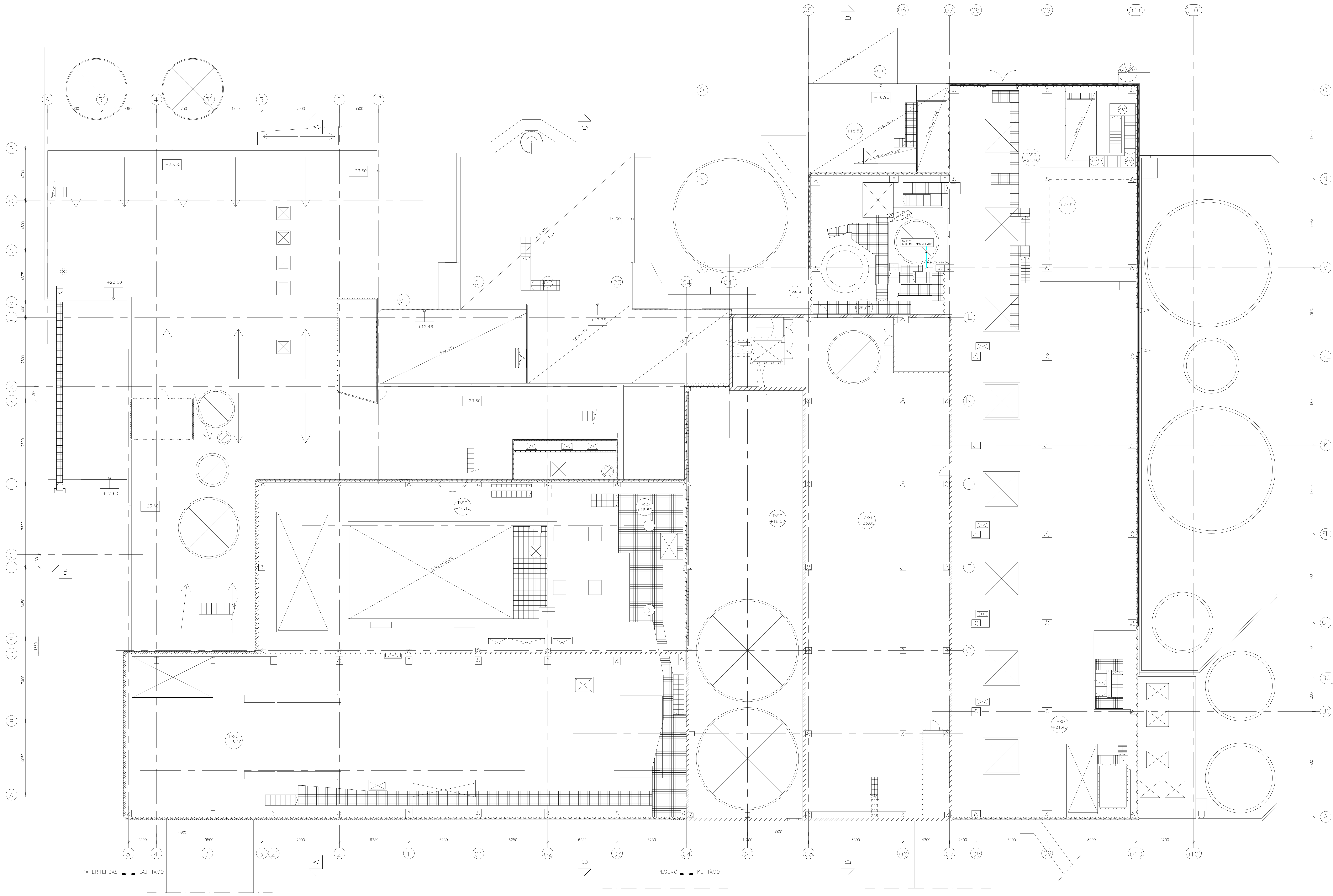
Pöytätyö	Muutos	Hyväks.	Muutos	Lukem.	Merkit.
Datum	Arvost.	Geisik.	Annotus	Aantal	Merkki.

- TIIVISTEVESI [VTI]
- KEM.PUH.VESI [VKE]
- MEK.PUH.VESI [VSU]

PIIÄRITÄÄ	PIIÄRITÄÄ	KÄY / SUJ	FORMI/VALM	PIIÄRITÄÄ/PIIÄRITÄÄ
UUP	UUP			
PIIÄRITÄÄ	PIIÄRITÄÄ			
PIIÄRITÄÄ	PIIÄRITÄÄ			

PIIÄRITÄÄN
 TIIVISTEVEDET
 TASOT +14,10, +16,10, +18,50

14102

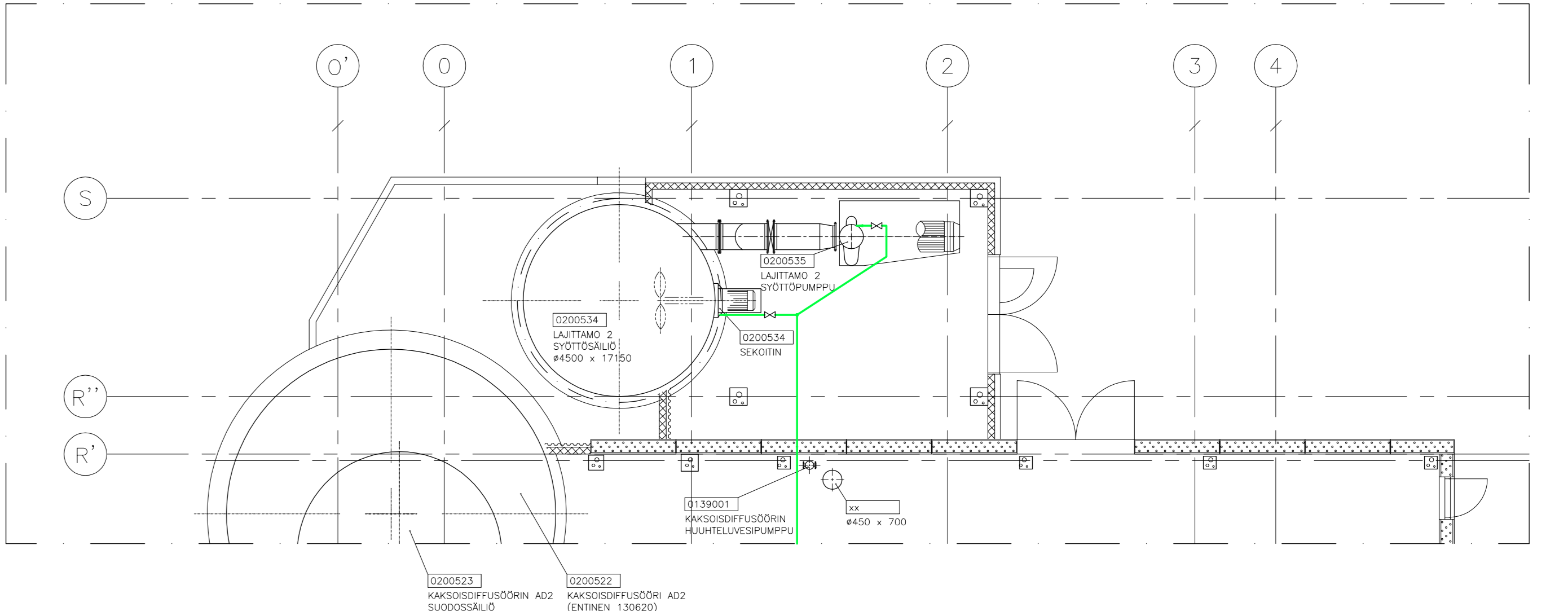
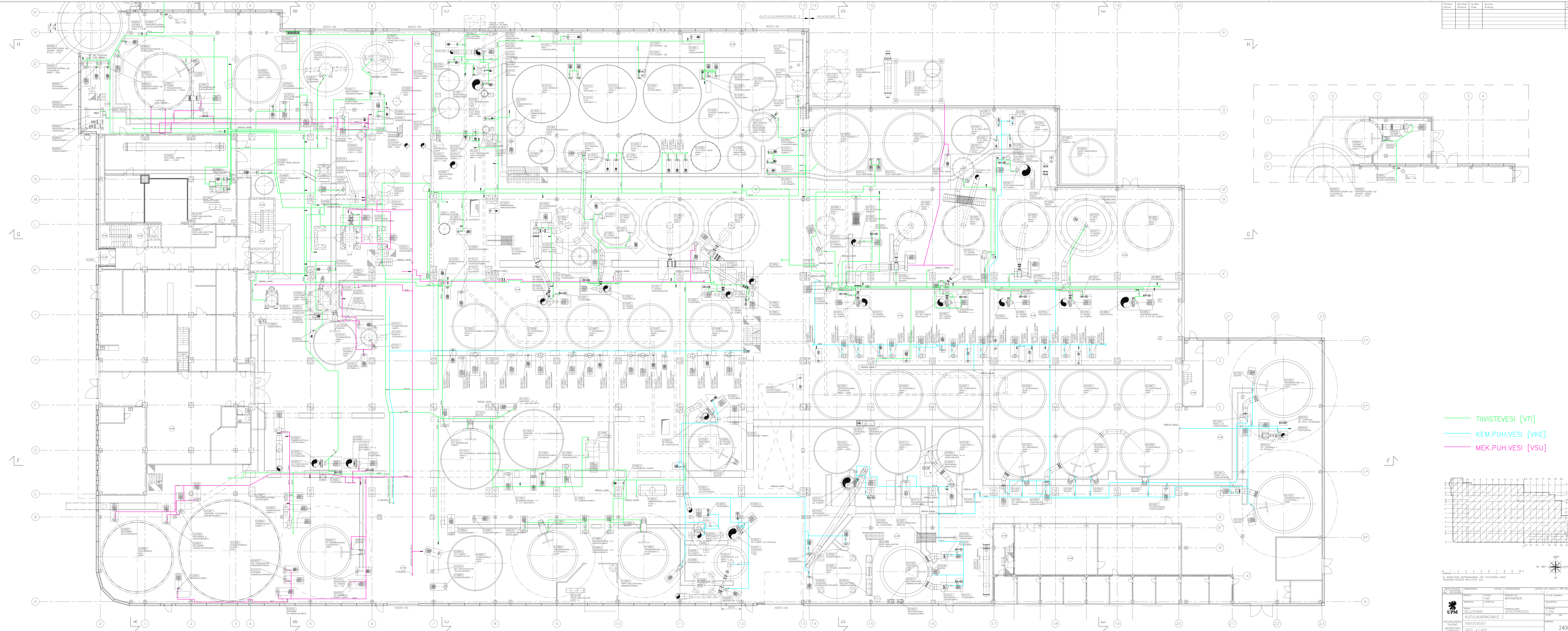


Päiväys Datum	Muutos Äänne	Hyödyn. Gödk.	Muutos Ändring	Lukum. Antal	Merkit Märke

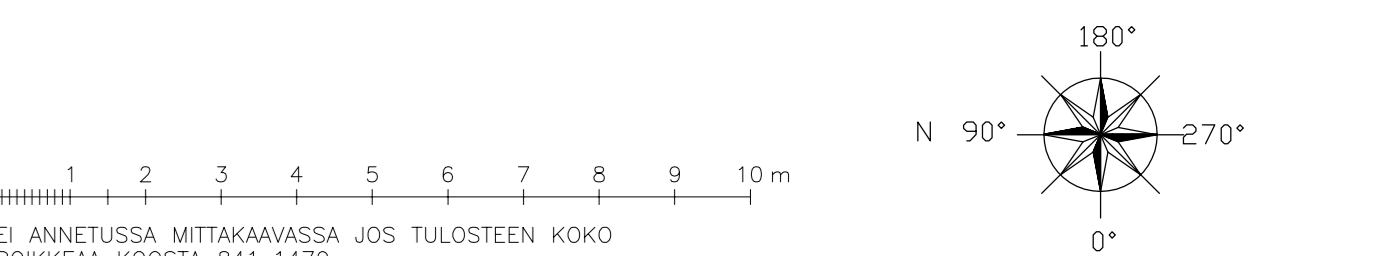
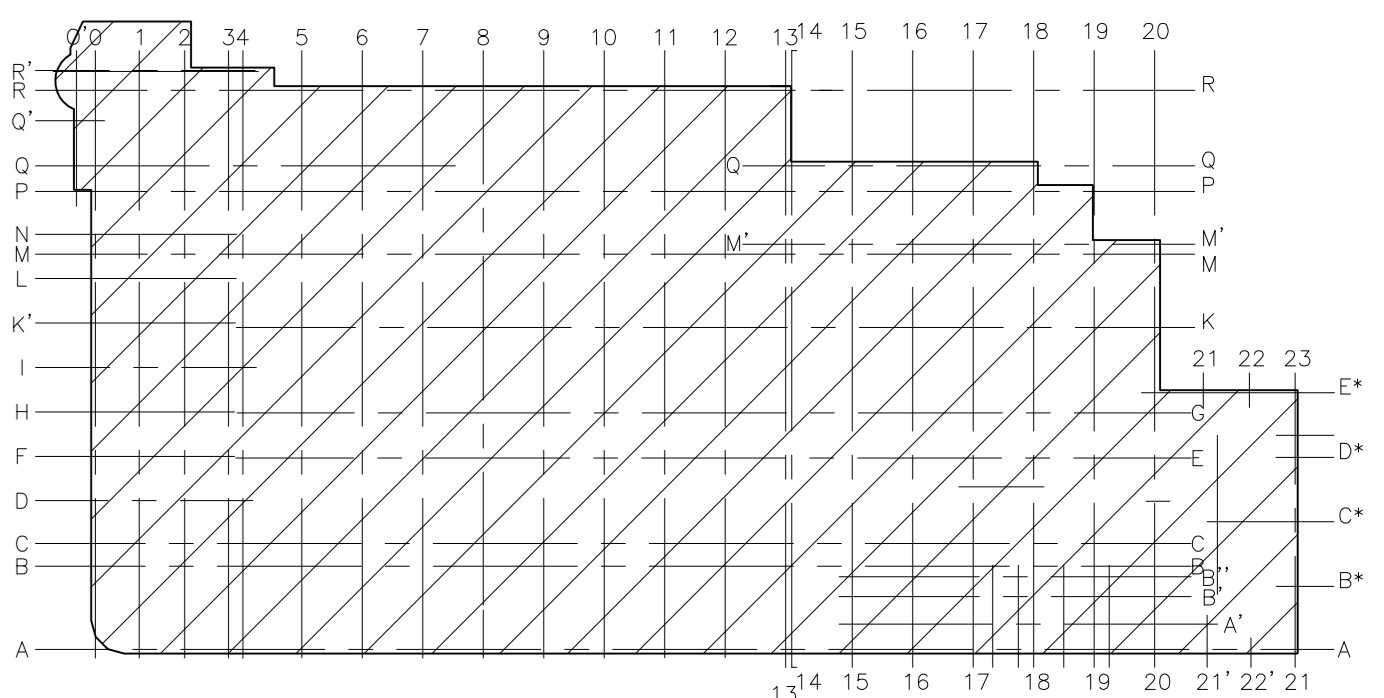
- TIVISTEVESI [VTI]
- KEM.PUH.VESI [VKE]
- MEK.PUH.VESI [VSU]

PAIVÄYS/DATUM	PISTÄKÄYTTÖSE DAG	LAJ / SLAG	TYÖNRO/ARB. NR	PIIRUSTUKSEN/PLÅNBETECKNING
TÄKÄ / SÄVÄSK	TYÖKÄYTTÖSEK TYÖKÄYTTÖSEK	ALUE / OMÅLDE 1001, 1005	SÄPÄ/SKALA	LAJITUSKÄYTTÖSEK/BECKNING
TEHTÄVA FABRIK				ESKUEKKEITYSTYÖKÄYTTÖSEK
PIETÄRSÄAREN TEHTÄVA JÄSKÖSTADS FABRIKER	KUITULINJARAKENNUS 1 TIVISTEVEDET			PIIRUSTUKSEN/PLÅNBECKNING
	TASO +25.00			2501

Pöytäkirja	Muutokset	Yhtymä	Muutokset	Yhtymä



- TIIVISTEVESI [VTI]
- KEM.PUH.VESI [VKE]
- MEK.PUH.VESI [VSI]



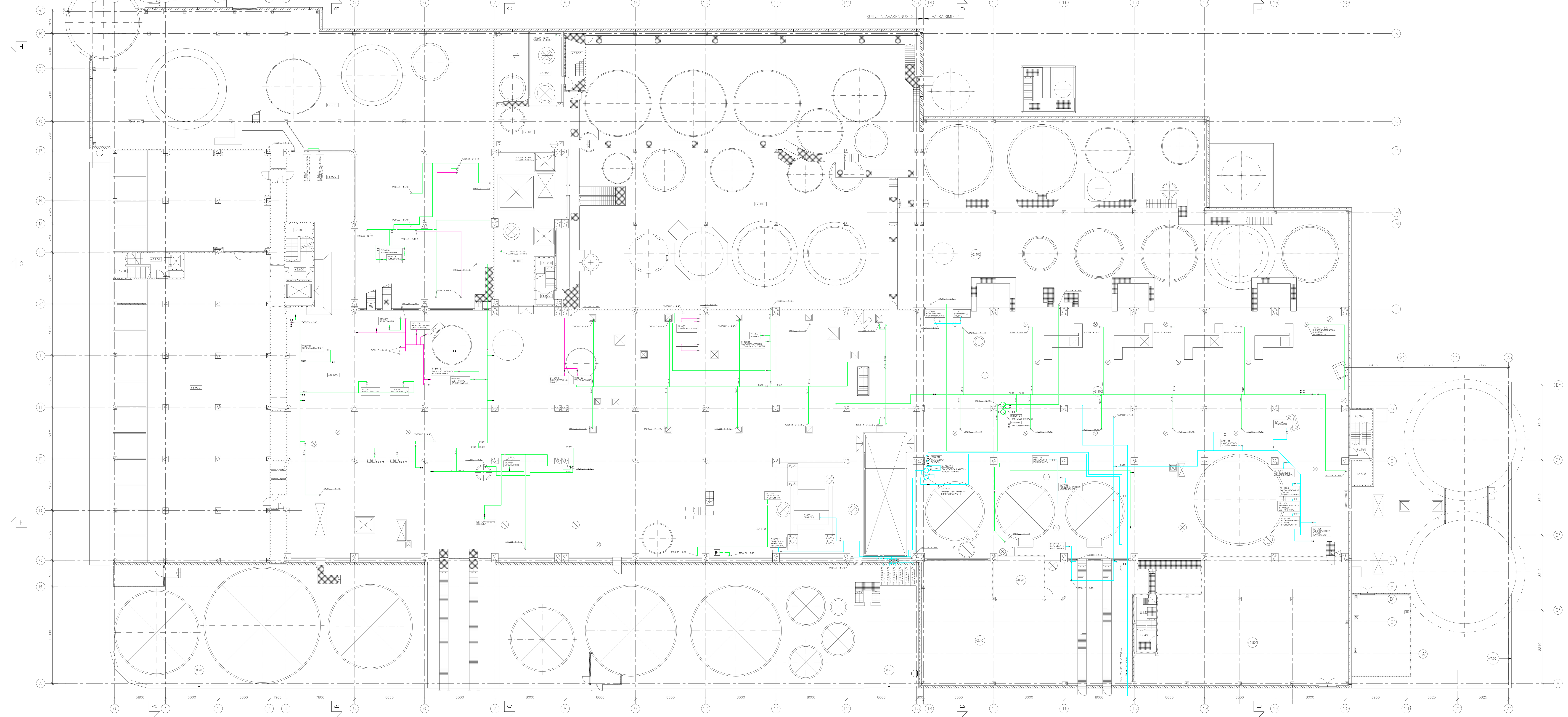
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 m

ET ANNETTUJA MITTAUKSIA JOS TILASTEIN POIKI
POIKKAAN KOKOON KÄYTTÄMÄN

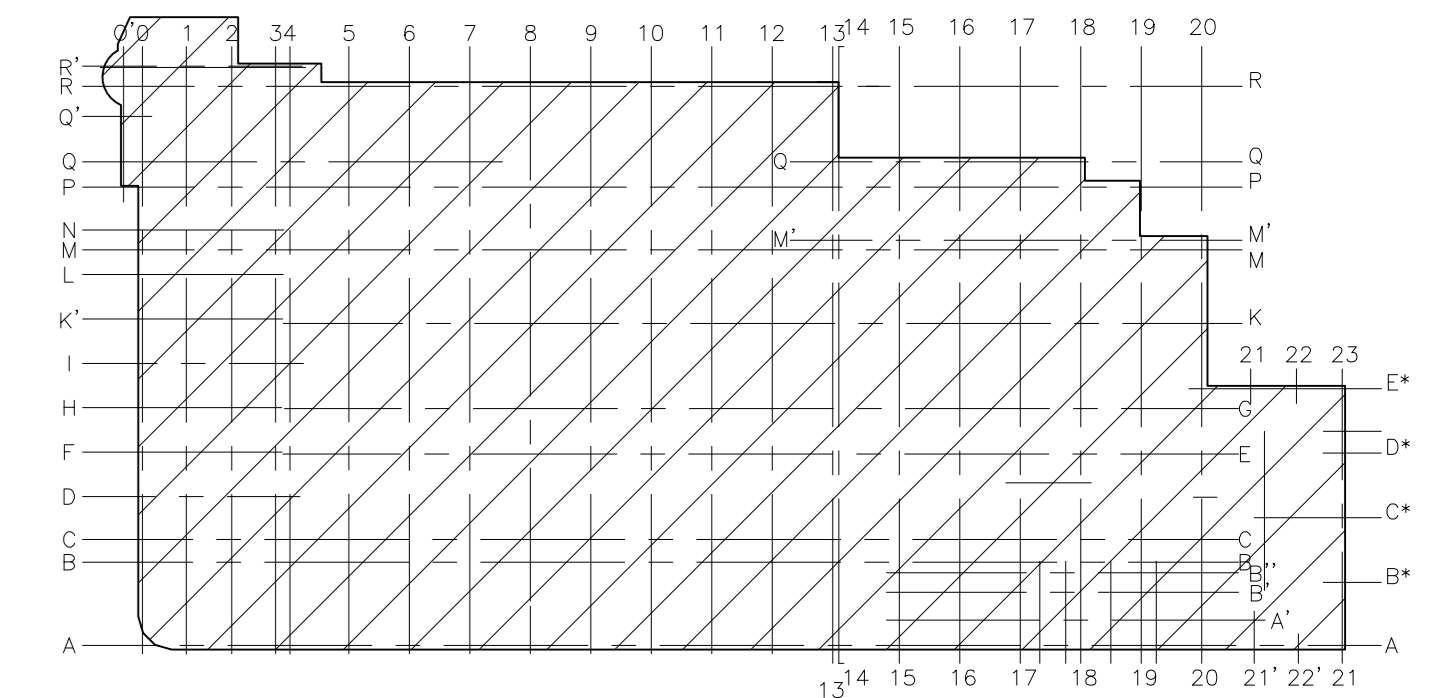
PROJEKTI	LAATINUT	YHTEYSHENKILÖ	YHTEYSPÄIVÄYS
MEKANINEN TOIMINTA- YMPÄRISTÖ PARKKERI	LAUKA ESP	MEKANINEN	
SEURAKUNTA KUITULINJAKENNUS 2		MEKANINEN LÄMPÖTILASTUS	
TIIVISTEVEDET TASO +2,400			

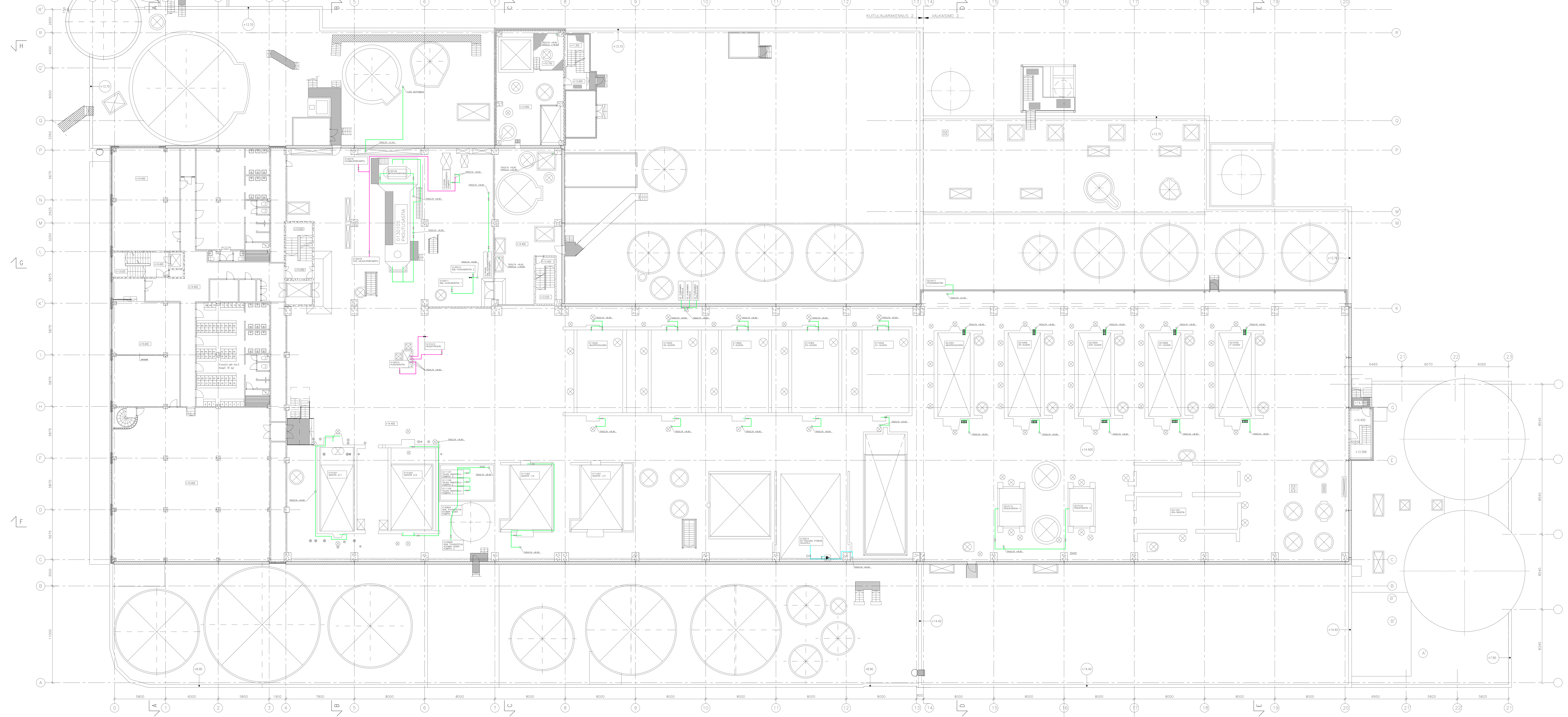
1:100
1/2000

2400

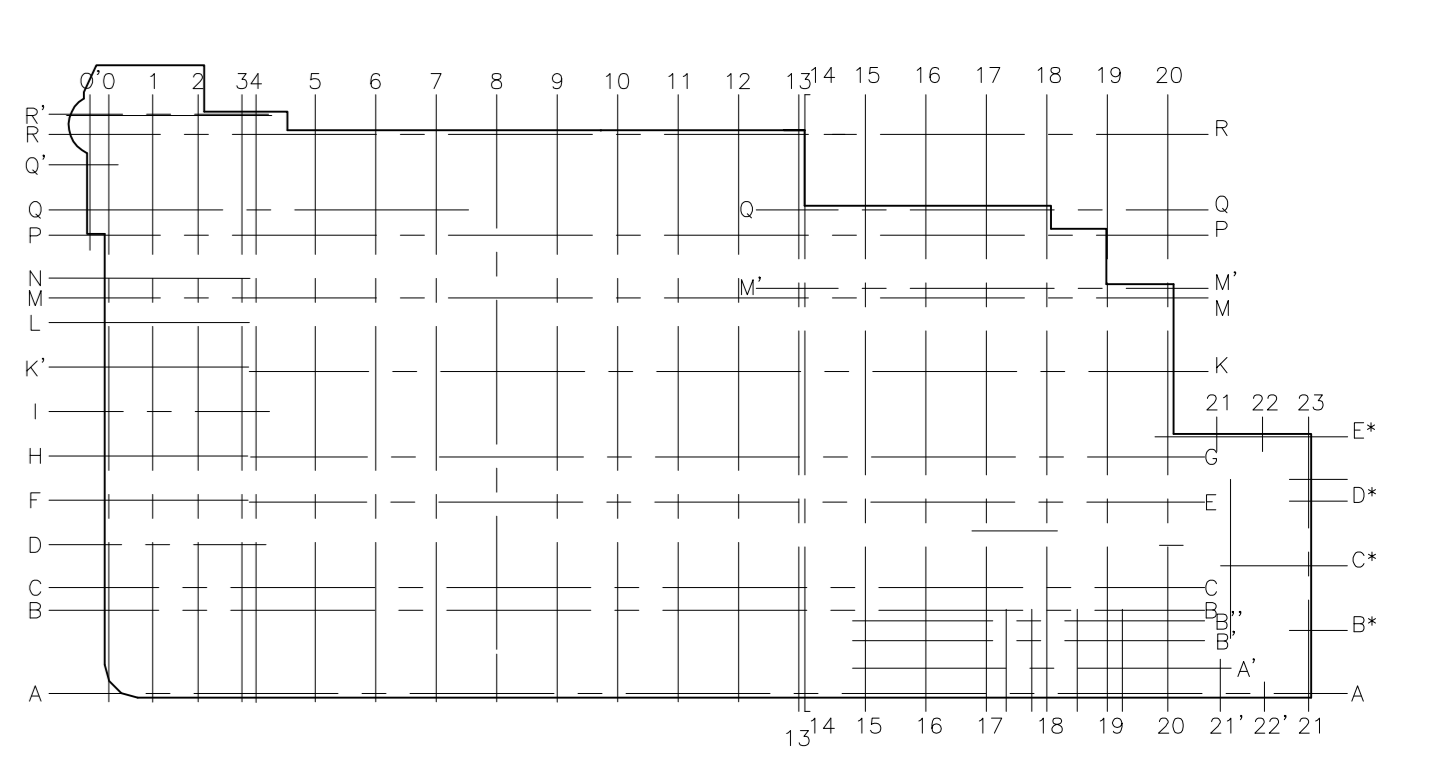


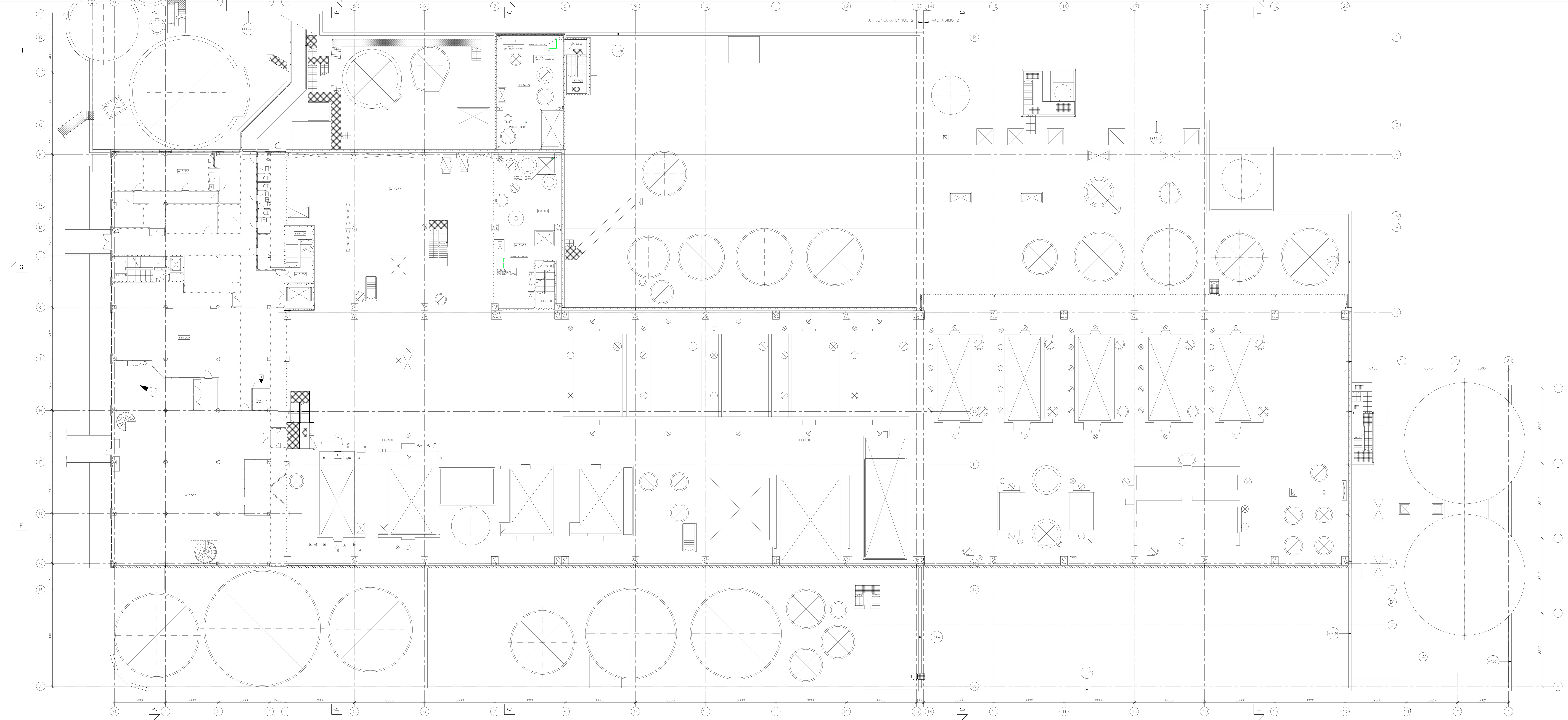
- TIVISTEVESI [VTI]
- KEM.PUH.VESI [VKE]
- MEK.PUH.VESI [VSU]





— TIMISTEVESI [VTI]
— KEM.PUH.VESI [VKE]
— MEK.PUH.VESI [VSU]





— TIVISTEVESI [VT]
— KEM.PUH.VESI [VKE]
— MEK.PUH.VESI [VSU]

