INSTITUTIONEN FÖR BIOLOGI OCH MILJÖVETENSKAP

# HUR EN GOD SAMHÄLLSPLANERING BIDRAR TILL ÖKAD VATTENKVALITÉ I ETT URBANT VATTENDRAG

## En fallstudie över Säveån och dess avrinningsområde

**Tim Larsson Thegerström**

Uppsats för avläggande av naturvetenskaplig kandidatexamen med huvudområdet Miljövetenskap
ES1305, Examensarbete i Miljövetenskap, 15hp
Grundnivå
Termin/år: VT 2023
Handledare: Johan Höjesjö. Institutionen för Biologi och miljövetenskap
Examinator: Lennart Bornmalm. Institutionen för Biologi och miljövetenskap

# Sammanfattning

En mänsklig närvaro kan förbättra kvalitén i ett urbant vattendrag. Det går att sona för de misstag som gjorts när urbaniseringen ökade explosionsartat under 1900-talet. Det är en lång och delvis snårig väg genom byråkrati och vädrets makter, men med enträget arbete och smarta lösningar kan dessa tämjas. I denna studie avser jag att undersöka hur delar av Göteborgsregionen har arbetat de senaste 4 decennierna för att höja kvalitén på ett specifikt vattendrag i urban miljö, men också om urban expansion är möjlig i samklang med naturen. Säveån ligger längs med en sträcka av Göteborg och Partille som de senaste decennierna har varit under kraftig exploatering. En undersökning om hur kommunerna nedströms och uppströms sjön Aspen har hanterat sitt dag- och spillvatten har genomförts. Med intervjuer, mailkorrenspondens samt historiska uppgifter och mätningar som underlag har slutsatser kunnat dras. Genom analys i RStudio har statistiska samband mellan nederbörden över Göteborg och halterna av kväve och fosfor kunnat säkerställas. Det har också blivit tydligt att många små implementerade åtgärder mot fosforreduktion får effekt när insatser samordnas över tid. Större koordinerade ingripanden för att stävja kvävet har också visat sig vara effektiva. Det finns mycket kvar att arbeta med vad gäller dagvattenhanteringen och bräddningen av kombinerat avloppsvatten, men det finns både goda incitament samt människor för att fortsätta arbetet med reduktion av näringsämnen. Till sin hjälp har de ett starkt politiskt ramverk att stötta sig mot.

# Tackord

Jag vill rikta ett stort tack till min fru och min dotter som har stått ut med mig och mina studier såpass sent i livet. Utan er hade det inte varit möjligt och jag älskar er! Tack även till min handledare Johan Höjesjö för mycket värdefulla pekpinnar i arbetet med denna uppsats. Min externa handledare hos Göteborgsregionen och hennes enträgna arbete med min envishet och mina avgränsningar har varit en ovärderlig hjälp, tack Anna Gustafsson för att du ställt upp som en värdigt kombattant.

# Innehållsförteckning

**Sammanfattning** ..... 1

**Tackord** ..... 2

**Innehållsförteckning** ..... 3

**Ordlista** ..... 4

**1. Introduktion** ..... 5

***1.1 N & P:s roll i övergödningsproblematiken*** ..... 5

**2. Syfte & Hypotes** ..... 6

**3. Säveåns historia och förvaltare** ..... 6

***3.1 Näringsämnen och Säveån.*** ..... 7

***3.2 Säveåns vattenvårdsförbund.*** ..... 7

***3.3 Kort historia kring vattenhanteringen i Göteborg*** ..... 8

**4. Frågeställning** ..... 9

**5. Metod & Material** ..... 9

***5.1 Avgränsningar*** ..... 9

***5.2 Material & arbetsgång*** ..... 10

**6. Resultat** ..... 12

***6.1 Resultat från litteraturstudie*** ..... 12

**6.1.1 EU:s vattendirektiv och åtgärdsplanerna.** ..... 12

**6.1.2 Atmosfär- och vattenkemi** ..... 13

**6.1.3 Våtmarker och deras funktion** ..... 13

***6.2 Resultat från GÄVVF:s & SMHI:s mätningar*** ..... 15

**6.2.1 Kvävehalter** ..... 15

**6.2.2 Fosforhalter** ..... 16

**6.2.3 Nederbörd** ..... 17

**6.2.4 Statistik** ..... 17

***6.3 Resultat från intervjuer*** ..... 18

***6.4 Resultat från rapporter*** ..... 20

**7. Diskussion** ..... 20

***7.1 Kvävehalterna*** ..... 20

***7.2 Fosforhalterna*** ..... 21

***7.3 Vattenhanteringen kring fokussträckan av Säveån*** ..... 22

***7.4 Studiens begränsningar:*** ..... 24

***7.5 Förbättringspotential*** ..... 25

**8. Slutsats** ..... 26

**Litteraturförteckning** ..... 27

# Ordlista

**Avrinningsområde** – Det område kring ett vattendrag där allt vatten dräneras till vattendraget.
**Duplikatsystem** – Ett system för avledande av vatten där spillvatten och dagvatten avleds i separata ledningar.
**Spillvatten** - Förorenat vatten från hushåll, industrier, serviceanläggningar.
**Dagvatten** – Nederbörd- och smältvatten som inte infiltreras ner i mark utan avrinner längs med markytan. I denna uppsatts kommer dagvatten att benämnas i kontexten avrinning från urbana markytor.
**Bräddning** – Ett tillfälligt utsläpp av orenat avloppsvatten som sker vid överbelastning av ett ledningsnät vid tex kraftig nederbörd.
**Begränsande Ämne** – Det ämne som hämmar tillväxten av en biologisk population eller kemisk reaktion.
**Limnisk miljö** – Biologiskt liv som lever i sötvattensmiljö.
**Akvatisk** – Biologiskt liv som lever i vatten.
**Marin** – Biologiskt liv som lever i havsvatten.
**Fånggrödor** – Grödor som odlas för att minska kväveläckage i jordbruk eller våtmarker.
**Retention** – Tiden som ett ämne stannar i en specifik miljö, tex en våtmark eller fördröjningsmagasin.
**Ekosystemtjänster** – Tjänster som ekosystemen bidrar med till människans välfärd och välbefinnande. Tex pollinering från bin och biologisk vattenrening i en våtmark.
**Halt/Koncentration** – Den mängd av ett ämne som finns i tex en liter vatten eller en liter luft.
**Mängd** – en samling av ett eller flera ämnen.
**Verksamhetsutövare** – Är oftast ett företag eller en ekonomisk förening som ansvarar för en verksamhet.
**Antropogen** – En företeelse som är av mänsklig karaktär eller är påverkad av mänsklig aktivitet.
**Diffusa utsläppskällor** – Utgörs av utsläpp genom dagvatten, läckage från jordbruk, enskilda avlopp
**Punktutsläpp** – Utsläpp som genereras av vattenreningsverk eller av industrier
**Recipient** – Hav eller vattendrag som mottar de ämnen som genereras av de diffusa- och punktutsläpp.
**Torr- och våtdeposition** – deposition av luftburna föroreningar genom partiklar eller nederbörd
**pe** – Person ekvivalenter. Ett vanligt mått som används för att beräkna hur stor belastningen till ett reningsverk är. En industri som är ansluten till ett vattenreningsverk står för x antal pe, medan ett normalt hushåll med 3 personer är 3 pe.
**Blågrön infrastruktur** – anlagda våtmarker, dammar eller grönytor såsom parker och buskage. Inte av naturlig härkomst

# 1. Introduktion

När staden växer får ofta de gröna ytorna stryka på foten och ge plats för mer hårdgjorda ytor. (Weinehammar, Westlund, & Johansson, 2020)
Hårdgjorda ytor utgörs ofta av parkeringsplatser, tak, depåer- och resecentrum för kollektivtrafik samt gator, torg och vägar (Boverket, 2021). Vid långa perioder av torka leder de hårdgjorda ytorna till ackumulering av föroreningar med antropogent ursprung. Vid efterföljande nederbörd kommer vattenmassorna att föra med sig de ansamlade föroreningarna och avsaknaden av grönytor gör sig påmind. Bristen på infiltration och retention leder till översvämningar samt utsläpp av föroreningar till recipient (Boverket, 2021).

För att råda bot på de problem som uppstår vid avsaknaden av grönytor och för att hantera de ansamlade föroreningarna kan det i stadsmiljö implementeras åtgärder som i stället kan fylla denna funktion på ett artificiellt vis. Bevuxna makadamdiken, biobäddar hanterar bland annat dagvatten i stadsmiljö genom att tillåta infiltration, fördröjning och viss rening. Åtgärderna är lätta att applicera i stadsmiljö inom kvartersmark samt hjälper till att avlasta det befintliga dagvattennätet (VA-guiden, 2023, Boverket, 2019).
Våtmarker i urban miljö erbjuder inte bara en rekreationsyta utan är ett bra exempel på hur näringsämnen och andra föroreningar kan hållas kvar i marken. De erbjuder också ett starkt skydd mot översvämningar, bidrar till den biologiska mångfalden samt flertalet ekosystemtjänster såsom biologisk rening av vatten (Nordstedt, 2012).
Utjämningsmagasin, också benämnt fördröjningsmagasin, kan installeras för att magasinera större mängder av vatten innan ett bräddavlopp. Att kunna styra flödet av vatten vid kraftigare vattenflöden optimerar reningsverkens funktion samt minskar risken för översvämningar (Nilsson, 2013).

För att kunna hantera de stora flöden av dagvatten som genereras vid kraftig nederbörd har det runt om i staden, också kring Säveån, även installerats bräddavlopp för att hantera de stora mängder vatten som transporteras genom avloppskulvertarna. För att ledningarnas kapacitet inte skall överskridas, med översvämningar i källare hos lågt liggande hus anslutna till ledningssystemet som följd, har bräddavloppen som roll att släppa ut praktiskt taget helt orenade vattenmassor till närliggande recipient för att minimera sanitära olägenheter. Vid ökad nederbörd, ökar också behovet av bräddning och utsläpp av näringsämnena kväve (N) och fosfor (P) sker till närliggande recipient (Balmér, 2023).

## 1.1 N & P:s roll i övergödningsproblematiken

Inom jordbruket används N & P för att hjälpa grödor av olika slag att nå en kraftigare tillväxtskurva. Högre tillväxt leder till större skördar som kan mätta flera magar (USDA, 2016). Ett för extensivt nyttjande av konstgödsel leder till stora mängder läckage av N & P till närliggande vattendrag, sjöar och hav. Recipienten får i sin tur en allt för explosiv tillväxt av växtplankton och alger som livnär sig på N & P (Zadeh (FAO), Mateo-Sagasta, & Turral, 2017).
Det är detta vi i folkmun kallar för algblomning, ett fenomen som leder till syrefria bottnar utan möjlighet till livsmiljö eller reproduktion för växter samt vattenlevande djur (Havs och vattenmyndigheten, 2019).

Beroende på vilken typ av akvatisk miljö som råder kommer antingen N eller P att vara det begränsande ämnet. Det betyder att det i den generella sjön i Sverige finns ett överskott av N men ett tillräckligt stort underskott av P för att möjliggöra en allt för kraftig tillväxt av växtplankton som livnär sig på bägge grundämnena. Ett tillskott av P tillåter tillväxten att ta fart och övergödningen är ett faktum. I den marina miljön är det N som står för begränsningen (Manahan, Environmental Chemistry, 2017).
Ett av de 16 svenska miljömålen är att ingen övergödning av hav, sjöar och vattendrag skall förekomma (Sveriges Miljömål, 2023) och Sverige har sedan 1986 haft nationella åtgärdsprogram för att minska belastningen av N&P i den limniska och marina miljön. När Sverige trädde in i EU 1995 har möjligheten givits att ge ytterligare stöd till lantbrukare i deras arbete att minska läckaget av N & P från jordbruket. Detta bland annat genom att ge ekonomiskt stöd för att anlägga våtmarker och plantera fånggrödor (Jordbruksverket, 2022).

# 2. Syfte & Hypotes

Arbetet med denna uppsats syftar till att utreda hur väl samhällsplaneringen gällande vattenhanteringen kopplat till näringsämnen har fungerat genom att göra en fallstudie på Säveån efter Aspens utlopp fram till den mynnar ut i Göta älv. Ett vattendrag som historiskt har härbärgerat industrier och som i dagsläget är under stor utveckling när urban expansion av regionen sker i kommuner som Partille, Lerum och Göteborg. Undersökningen omfattar en litteraturstudie för relevanta delar av frågan, analys av tillgängliga data från GÄVVF, SMHI och intervjuer för att undersöka hur halterna av näringsämnen har fluktuerat över tid och hur väl detta korrelerar med antagna åtgärder på den aktuella sträckan. Hypotesen är att en sjunkande trend i halterna av näringsämnen går att skönja genom många små vidtagna åtgärder på land.

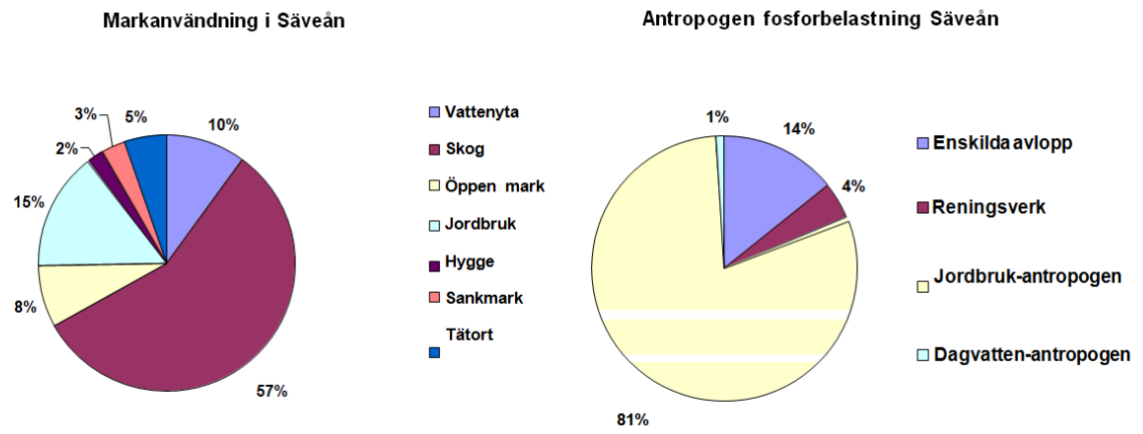
# 3. Säveåns historia och förvaltare

Säveån rinner mot Göta älv från sjön Säven öster om Alingsås. Ån passerar både Vårgårda och Alingsås innan den mynnar ut i Mjörn, som även har ett tillflöde från norr i form av Mellbyån. Därefter fortsätter resan genom sjön Sävelången, passerar genom Lerum, sjön Aspen, Partille och Göteborg. Uppströms Aspen är markerna fria från berg och mycket skogslandskap förekommer. Jordarterna är främst bestående av lera och infiltrationen är begränsad på stora sträckor, främst nedströms Aspen (Engdahl & Påsse, 2014). Delar av Säveån är av riksintresse för naturvård, friluftsliv samt Natura2000 klassat enligt art- och habitatdirektivet inom EU (Länsstyrelsen, 2017). Historiskt har Säveån härbärgerat kvarnar, sågverk, vattenkraft samt industrier längs med vattendragen och det finns fortfarande mycket vattenkraft och dammar i ån, som i ca hälften av vattendragen utgör vandringshinder för fisken (Länsstyrelsen, 2015). Ån når på fokussträckan en övergripande måttlig ekologisk status, främst på grund av fiskbeståndet och dess brist på naturliga habitat och vandringsvägar (Länsstyrelssen, 2023). Erosion och skredrisk har under de senaste decennierna förekommit som ett problem framför allt längs med de nedre delarna av Säveån och bland annat Partille, Göteborg och Lerum är känsliga för riskerna som ett förändrat klimat med högre nederbörd och högre vattenflöden för med sig (SGI, 2017). Utdikning har historiskt skett i Sverige för att avvattna stora arealer av våt- och träskmarker, vilket har resulterat i ett mer effektivt jord- och skogsbruk (Feuerbach, 2014).

En torrlagd våtmark leder bland annat till stora metanutsläpp men också i förlängningen till ökad risk för skred, torka och erosion (Laudon, o.a., 2022)

## 3.1 Näringsämnen och Säveån.

Historiskt har det förekommit höga utsläpp av näringsämnena N & P till Säveån (Eriksson, Grahnström, Lejonbäck, Söderlund, & Ållenberg, 2014), främst från jordbrukets nyttjande av konstgödsel (Jordbruksverket, 2022) men också av andra antropogena källor såsom enskilda avlopp, avloppsreningsverk utan adekvat rening för N & P och katalysfria transporter (Naturvårdsverket, 2023).
Avrinningsområdet till Säveån är relativt befriat från jordbruk. Trots att endast 15% av markanvändningen representeras av jordbruk, genererade det under 2015 till Säveån, ca 80% av den antropogena belastningen av P (Figur 1) (Länsstyrelsen, 2015).

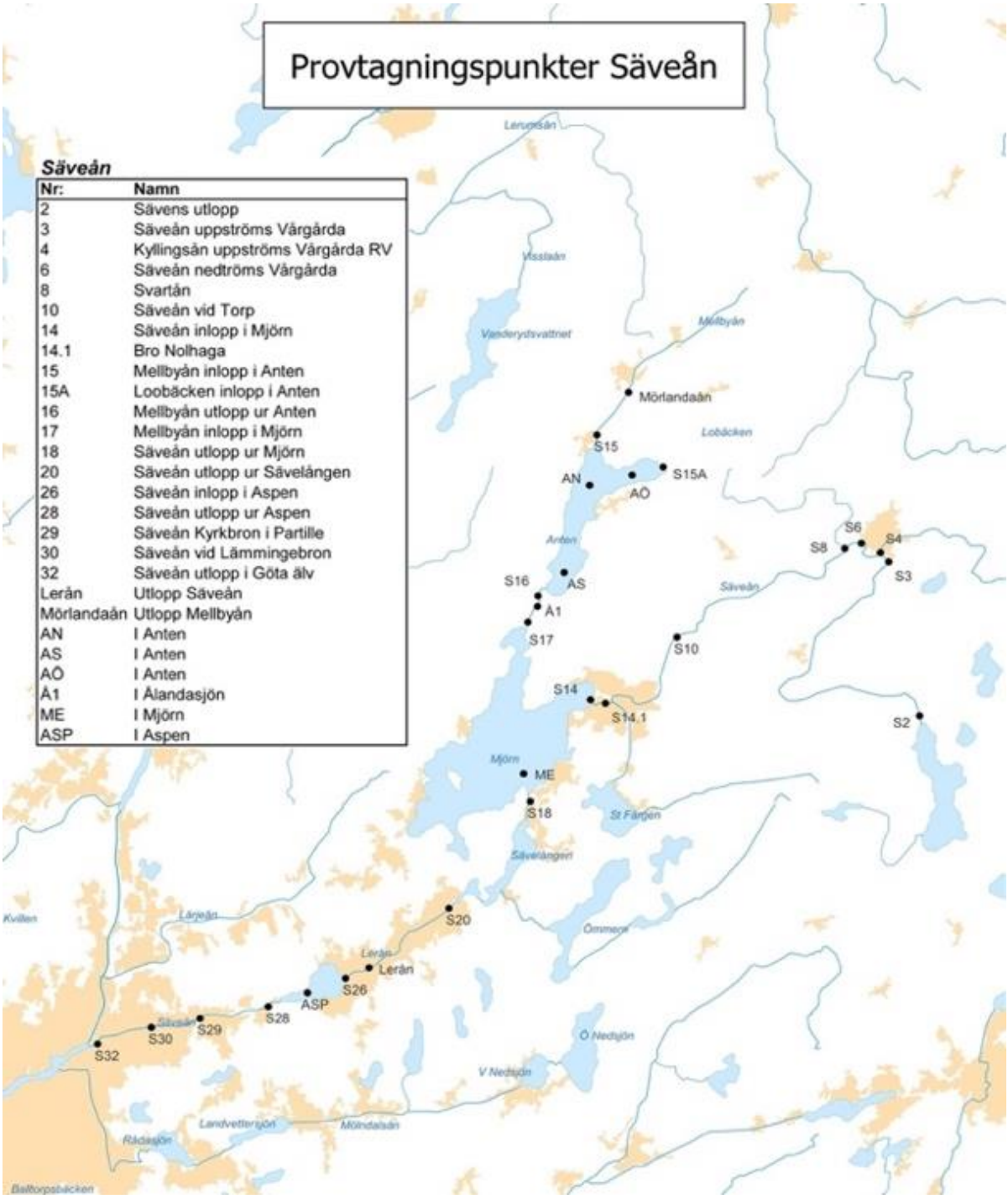



*Figur 1. Illustration över hur markanvändningen är distribuerad kring Säveån samt vilka antropogena aktiviteter som står för belastningen av P till Säveån.*

Stora förbättringar har de senaste decennierna skett gällande halterna på föroreningsnivåerna av N & P men fortfarande lider 10 platser längs Säveån fortfarande av övergödningsproblematik (Länsstyrelsen, 2023)

## 3.2 Säveåns vattenvårdsförbund.

Rådet bildades under 2008 och bildades med syftet att skapa lokal förankring och delaktighet kring de vattenfrågor som är aktuella längs med Säveån. Både Säveåns vattenvårdsförbund och Göta älvs vattenvårdsförbund (GÄVVF) agerar påverkans organ till Vattenmyndigheterna, vilka utgörs av de fem Länsstyrelser som av regeringen är utsedda till vattenmyndighet i respektive vattendistrikt. Främst är förbundet aktiva genom kartläggning och kontinuerliga direkta mätningar i Säveån eller av de sjöar och vattendrag som utgör biflöden samt påverkar Säveån (Figur 2). Förbundets medlemmar utgörs av representanter från Sportfiskarna, Borås- Vårgårda- Alingsås- Lerums- Partille och Göteborgs kommun, Naturskyddsföreningen, industrirepresentant från SKF, Lantbrukarnas riksförbund (LRF), Södra skogsägarna, Vattenkraftägare, Länsstyrelsen Västra Götaland och Göta älvs vattenvårdsförbund.




*Figur 2. Karta över de provtagningspunkter som GÄVV:s och Säveåns vattenvårdsförbund har utfört mätningar på historiskt. Källa: Monica Dahlberg vid GÄVVF:s kansli.*

## 3.3 Kort historia kring vattenhanteringen i Göteborg

Allt eftersom den urbana utvecklingen under 1800-talet tog fart i Göteborg skapades ett behov av att hantera den mängd spillvatten som produceras i de enskilda hushållen runt om i staden. När befolkningsantalet blev större ökade koncentrationerna av föroreningar i det producerade spillvattnet. Risken för spridning av sjukdomar var överhängande och åtgärder var tvungna att vidtas. Dränering av spill och dagvatten implementerades via kombinerade kulvertsystem vilka effektivt avskärmade befolkningen från de kontaminerade vattenmassorna, men grova dimensioner krävdes för att kunna hantera kraftiga skyfall samt anslutet spillvatten. Fram till 1955 var det

praxis att anlägga kombinerade kulvertar avsedda för att leda bort både spillvatten och dagvatten till lämplig recipient (Göteborgs Stad, 2023). Efter 1955 så börjar ett duplikatsystem att installeras vid om- och tillbyggnad av fastigheter och byggnader. Detta innebär att producerat spillvatten leds till rening i vattenreningsverk, medan dagvattnet leds till lämplig närliggande recipient för utspädning och biologisk rening. De tidiga vattenreningsverken fokuserade främst på rening av P och kom inte igång med effektiv rening av N förens 1997 (Göteborgs Stad, 2023). De ursprungliga kombinerade ledningarna ligger fortfarande kvar och nyttjas, men samtliga leds numera till rening vid det kommunala vattenreningsverket Gryaab AB i Göteborg med en del läckage längs vägen (Ljunggren, Samtal gällande avloppshanteringen i Göteborg kring Säveåns avrinningsområde, 2023) (Ljunggren, Mail, 2023). Gryaab AB kommer fortsättningsvis under denna uppsats att benämnas som Ryaverket. De kombinerade ledningarna genererar stora mängder vatten som behöver transporteras för rening vilket är mycket energi, plats och tidskrävande (Gryaab AB, 2023).

# 4. Frågeställning

Frågeställning 1: Kommer halterna av N & P att påverkas negativt av den exploatering som sker vid och i anslutning till Säveån?

Frågeställning 2: Kan god samhällsplanering bidra till att förbättra urban vattenkvalitet?

# 5. Metod & Material

Studien kommer baseras på insamlade data från mätningar utförda av GÄVVF. En litteraturstudie av relevanta vetenskapliga artiklar, vilka har blivit granskade enligt peer review principen och därmed kvalitetsgranskade av den tidskrift som publicerat artikeln. Bestämmelser från olika myndigheter samt information insamlad från kontakt med tjänstemän på aktuella kommuner och myndigheter. Vidare har även dialog med experter på avlopps- och dagvattenhantering legat till grund för resultat och diskussion.

## 5.1 Avgränsningar

Studien kommer främst att undersöka halterna av näringsämnena N & P och hur dessa halter har fluktuerat över tid

Jag har valt att kolla på ett snitt baserat på årsbasis från den data som är tillgänglig från GÄVVF. Detta trots att säsongsbaserade variationer kan förekomma beroende på årstid, men med tanke på omfattningen av arbete som det skulle krävas ligger det utanför tidsramen för denna uppsatts. Rimliga indikationer torde ändå gå att skönja.

Påverkan på biotan i området kommer inte att undersökas utan endast en studie över hur halterna har fluktuerat över tid och diskussion kring anledningarna för detta kommer att genomföras

Inget fokus kommer att läggas på ekonomin kring de olika åtgärderna och deras potential och effektivitet, kontra finansieringen av dem. Detta är en mycket viktig och

intressant punkt som är av stor relevans men som inte ryms inom tidsramen för detta projekt.

## 5.2 Material & arbetsgång

Medverkat på Säveåns Vattenråds årsmöte den 24 februari 2023 för att få en bredare och mer detaljerad inblick i hur det proaktiva arbetet med att förbättra kvalitén på Säveån ser ut.

Ett besök hos Maria Rikner på stadsbyggnadskontoret utförs för att undersöka vilka vattenhanteringsåtgärder som har installerats på den aktuella sträckan. Besöket ledde till ett inledande arbete med att identifiera vilka fastigheter som var av intresse för att sedan undersöka de bygglov som har givits på desamma sedan 1980. Det visar sig vara ett mycket omfattande arbete med ett litet resultat eftersom väldigt få bygglov ges gällande vattenhanteringsåtgärder då de flesta kulvertar och ledningar är installerade för längesedan och nyttjas fortfarande eller byts ut succesivt utan krav på bygglov. De studerade byggloven ledde till en generell överblick av hur processen för framtagande av detaljplan ser ut och vilka handlingar som ingår i processen. De identifierade fastigheterna låg sedan även till grund för att begära ut korrekta handlingar från Kretslopp och vatten (KoV) gällande avloppshanteringen på fokussträckan.

Intervjuer har genomförts med två olika representanter från Kretslopp och vatten i Göteborgs stad, Sofia Polo Ruiz de Arechavaleta samt Olle Gunvald Ljunggren. Dessa intervjuer har gett ett historiskt perspektiv på hur vattenhanteringen har fungerat i Göteborg generellt och kring Säveån specifikt. Intervjun med Sofia resulterade i mottagandet av shapefiler (.shp) som genererat kartunderlag i den programvara som behandlar geografiska informationssystem, QGIS. I detta underlag har en studie i programvaran QGIS genomförts om vart dag- och kombinerade vattenledningar finns kring Säveån samt när de anlades. Kartunderlaget har också gett information om vilka åtgärder som har implementerats för att hantera förorenat dagvatten som riskerar att nå recipienten längs sträckan nedströms Aspen. Vidare har intervjuerna gett mig underlag och förståelse för hur framtida åtgärder för att hantera dagvatten är tänkta att genomföras samt hur hanteringen ser ut idag. Rapporterna nedan försåg mig med ytterligare information.

- Trafikdagvatten som avleds till recipient (2020-11-10)
- Åtgärdsförslag Dagvatten (2019-09-02),
- Åtgärdsplan för Avlopp – Bräddning (2019-01-18)
- Göteborgs Stads åtgärdsplan för god vattenstatus 2023 – 2027 samt,
- Kontrollprogram för Recipientarbete.

Dialog har via telefon och mejl förts med kommuner uppströms Aspen, såsom Lerum (Tommy Ander) och Alingsås (Mikaela Muñoz Eliasson). Dialogen inleddes för att undersöka vilka större åtgärder som har implementerats i kommunerna sedan 1980 för att kontrollera halterna av näringsämnen i de recipienter som i förlängningen påverkar fokussträckan nedströms Aspen.

Korrenspondens med Anna Stöllman från Renova gällande dagvattenhantering på deras avfallsförbränningsanläggning samt återvinningscentralen som är belägna vid fastigheten Sävenäs 168:5 i anslutning till Säveån. Området är av stort intresse då

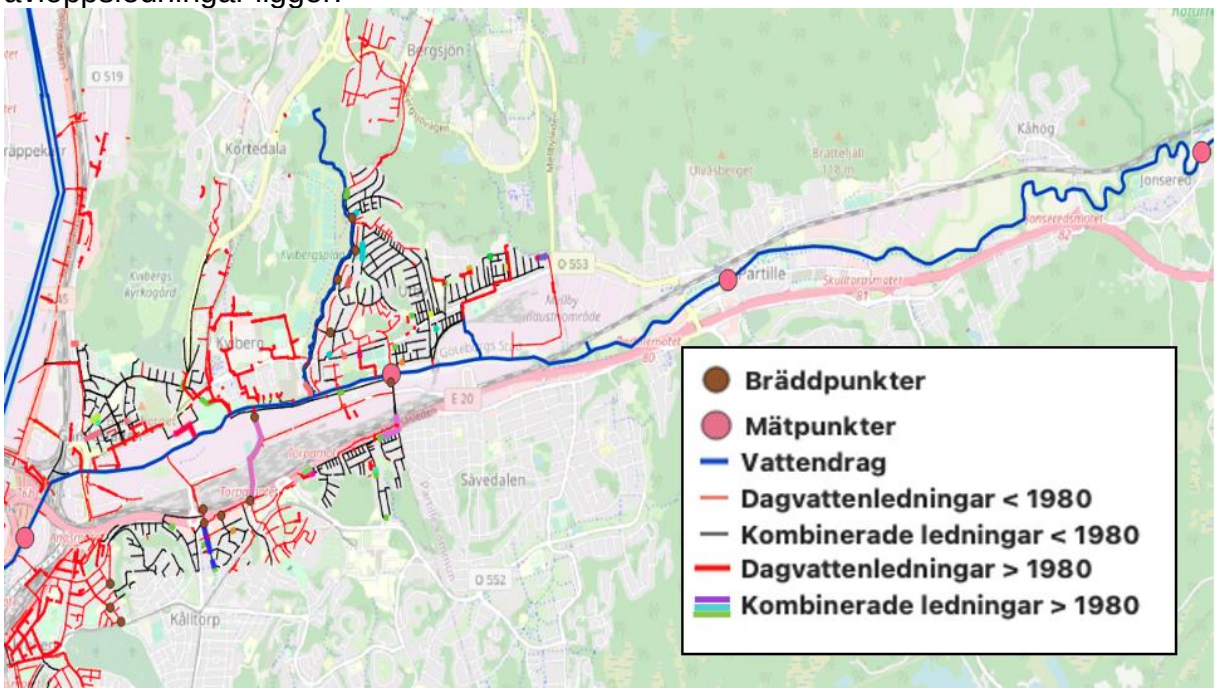
mycket farligt avfall hanteras på platsen och kraftig nederbörd kan leda till oönskade utsläpp till recipienten Säveån.

Historiska data om nederbörd över Göteborg har från SMHI.se hämtats hem. Tabellvärden över trendlinjer för vår, sommar, höst och vinter gällande nederbörden för Göteborg har sammanställts till ett årsmedelvärde. Detta har gjort för åren mellan åren 1980 – 2022 och sedemera lagts till i Rstudio för visualisering av nederbördens medelvärde och korrelationstester gentemot halterna av N & P.

Kontakt med Monica Dahlberg på kansliet för GÄVVF vid Göteborgsregionen (GR), som också hanterar de mätningar som kommer in från Säveåns Vattenvårdsförbund, gav mig rådata från alla de mätningar som har genomförts av GÄVVF och Säveåns vattenråd i Göta älvs avrinningsområde sedan 1980. Mätningarna är endast utförda ur vattenmassan vid 4 – 6 tillfällen per år på 20 olika platser längs med Säveån, varav 16 fortfarande är aktiva idag. Inga sedimentprover är med i analysen. (KÄLLA: Monica Dahlberg den 3 maj 10:30) En strukturering, kategorisering samt visualisering av rådata har genomförts i RStudio. Mätdata bröts upp i mindre segment, omstrukturerades från långt format till brett för att göra en mer begriplig visualisering av figurerna. Ett konfidensintervall på 0,95 illustreras i figurerna av det gråa fältet ovan och under de färgade linjerna. Statistiska tester med hjälp av Pearsons Correlation Test i RStudio utfördes för att undersöka korrelationen mellan nederbörd – halterna av N & P.

# 6. Resultat

I Figur 3 ges en överblick på fokussträckan. Mätpunkterna från GÄVVF:s kansli är markerade som rosa prickar och de bruna prickarna visar var bräddningsavlopp inom avrinningsområdet finns. De röda, svarta samt färgglada linjerna visar vart installerade avloppsledningar ligger.




*Figur 3. En överblick över fokussträckan genererad i QGIS med insamlade data.*

## 6.1 Resultat från litteraturstudie

### 6.1.1 EU:s vattendirektiv och åtgärdsplanerna.

*Figur 4. En illustration över hur systematiken kring åtgärdsplanerna är uppbyggd. (Göteborgs Stad, 2020)*

Under år 2000 antogs vattendirektivet inom EU för att säkerställa skydd och verka för en förbättrad kvalité av de vatten som finns inom unionen. Under 2004 blev även direktivet en del av svensk lagstiftning genom vattenförvaltningsförordningen (Vattenmyndigheterna, 2023). Arbetet med våra nationella vatten utförs av Vattenmyndigheterna som rapporterar till Havs- och vattenmyndigheten som i sin tur rapporterar EU om fortskridningen. Arbetet bedrivs i cykler om 6 år och inleds med en kartläggning av den befintliga övervakningen. En status från Dålig till Hög, sätts på vattnets kvalité efter en bedömning av kartläggningen och relevanta miljökvalitetsnormer (MKN) fastställs. Adekvata åtgärder föreslås för att höja statusen på vattenkvalitén innan nästa cykel tar vid. Om ett vattendrag har nått en måttlig status enligt de MKN som råder vid tillfället får denna status inte lov att försämras innan nästa cykel utan en plan för att förbättra statusen måste upprättas, en så kallad åtgärdsplan. Om statusen höjs under cykelns gång, kommer också MKN att skärpas för att inom nästa cykel nå än bättre resultat. Mycket av ansvaret för att hantera åtgärdsplanerna ligger hos kommunerna (5 kap 3§ MB) som skall vidta de åtgärder som föreslås i

planerna (5 kap 8§ MB). Hänsyn tas till naturlig variation av tex N, P och pH i de olika förvaltningsområdena inom unionen (Vattenmyndigheterna, 2023). Systematiken kring åtgärdsplanerna illustreras av Figur 4 .

### 6.1.2 Atmosfär- och vattenkemi

Vid de höga temperaturer som närvarar vid förbränningen av fossilt bränsle bildar kvävgas ($N_2$) och syrgas ($O_2$) i atmosfären kväveoxider (NO). Kväveoxiderna reagerar sedan med marknäraozon ($0_3$), vilket bildar kvävedioxider ($NO_2$). Kvävedioxiderna reagerar i sin tur med hydroxidradikaler ($OH^-$) i atmosfären och salpetersyra ($HNO_3$) bildas. Salpetersyran deponeras ner på öppna ytor via torr- och våtdeponering och leder till försurning samt övergödning (Ejhed, o.a., 2006).

Förenklade reaktionsformler för bildandet av salpetersyra i atmosfären (ej balanserad)

$$N_2(g) + O_2(g) \xrightarrow{\approx 1300°C} 2NO(g) \qquad (1)$$

$$NO(g) + O_3(g) \rightarrow NO_2(g) + O_2(g) \qquad (2)$$

$$NO_2(g) + OH(g) \rightarrow HNO_3(s) \qquad (3)$$

(*Bildandet av marknära ozon ($O_3$) och hydroxidradikaler ($OH^-$) är viktiga men komplexa reaktioner och kommer inte att redovisas här med hänvisning till irrelevans för ämnet)* (Manahan, Environmental Chemistry, 2017)

Om deponeringen av N till mark sker på hårdgjorda ytor kommer dessa att ackumuleras och transporteras med dagvattnet (diffus utsläppskälla) i hög koncentration till närliggande recipient. Eftersom salpetersyra är en stark syra med ett pKa på -1.4 leder stora utsläpp av syran i vatten snabbt till försurning av primär- och slutrecipient (Nationalencyklopedin, Lars Ivar Elding, 2023) (Nationalencyklopedin, 2023).

$$HNO_3(s) + H_2O(aq) \rightarrow NO_3^-(s) + H_3O^+(aq)$$

*Syra* *Bas* *Konj. Bas* *Konj. Syra*

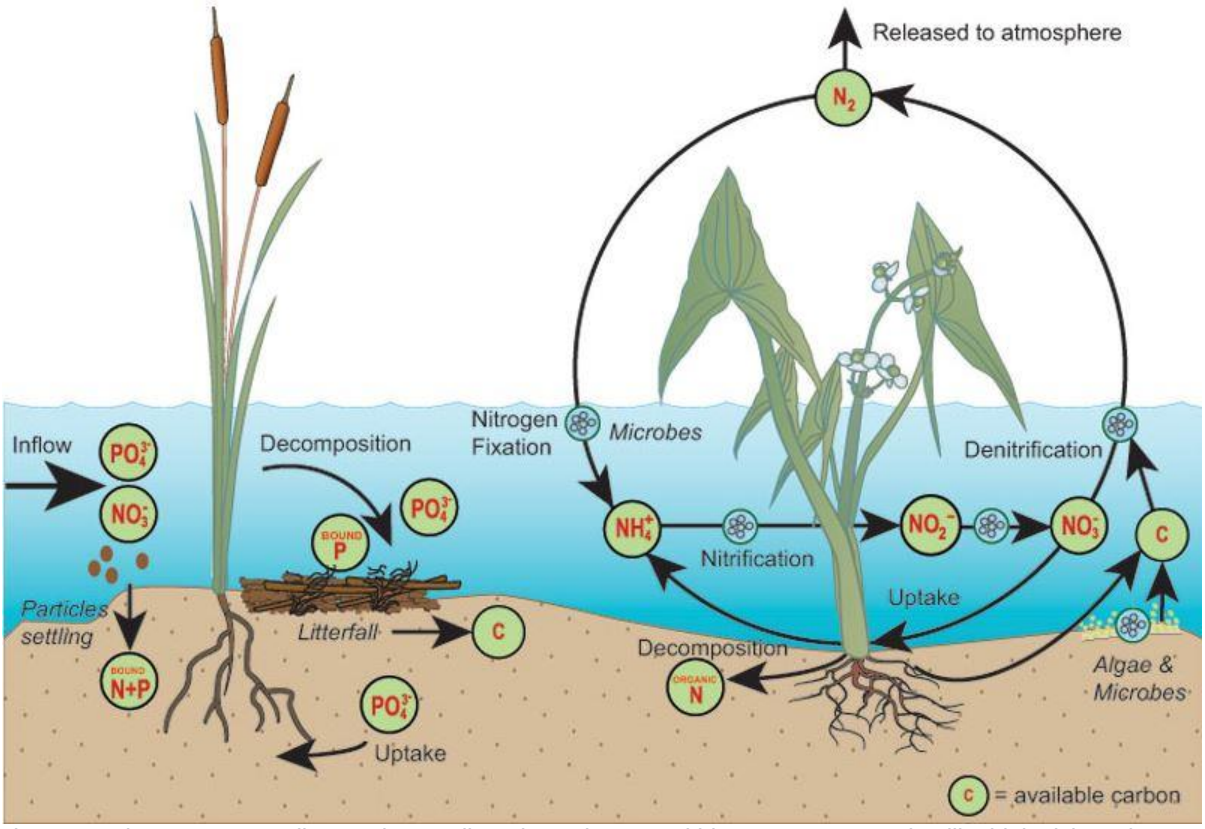
(Chemical Equations, 2023)
Salpetersyra kan i atmosfären också reagera med gasformig ammoniak ($NH_3$) och på detta sätt bilda partikulärt ammoniumnitrat ($NH_4NO_3$) som deponeras torrt på hårdgjorda ytor. Gasformig ammoniak emitteras främst från jordbruk och utsläpp från transportsektorn. Deponeringen av de bildat ammoniumnitrat leder till övergödningsproblematik för närliggande ekosystem (Behera, Sharma, Sneja, & Balasubramanian, 2013).

$$NH_3(g) + HNO_3(g) \leftrightarrow NH_4NO_3(s)$$

### 6.1.3 Våtmarker och deras funktion

Effektiviteten för en våtmark och liknande vattendrag att bibehålla näringsämnen beror till stor del av hastigheten på flödet samt utformningen av våtmarken. Kortfattat kan

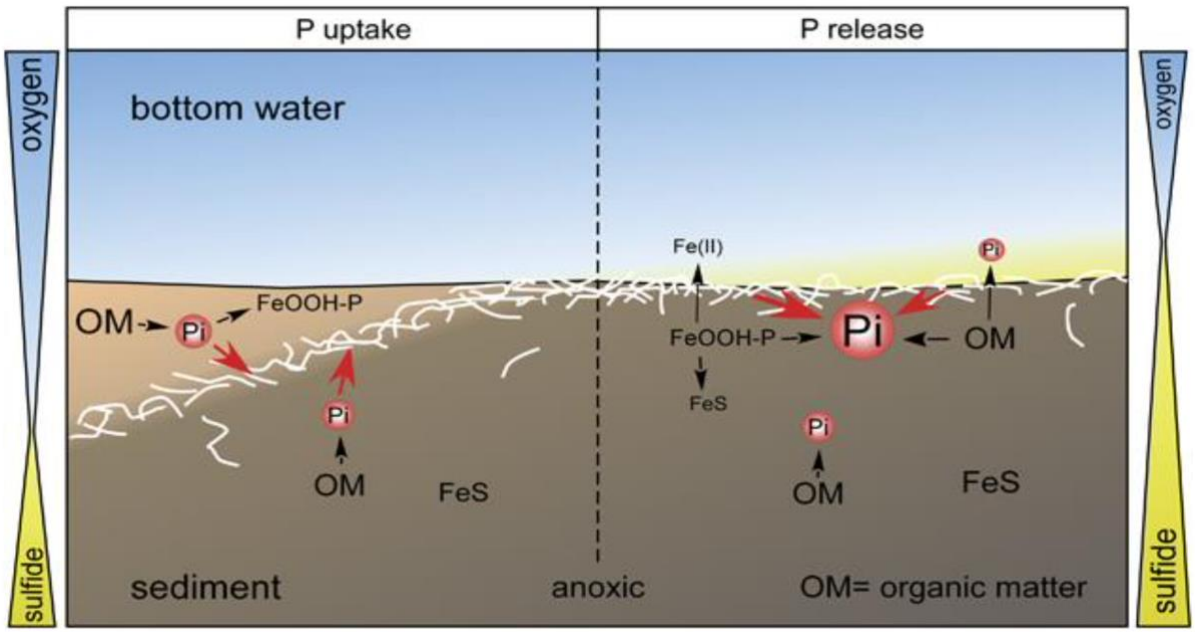
det beskrivas som att den biologiska processen som livnär sig på N&P inte hinner med att fånga upp några större mängder näringsämnen om vattnet som flödar förbi våtmarken har för hög hastighet. Ju högre flöde av vatten, desto lägre retention av näringsämnen även om mängden N&P skulle vara större (Kostel, 2023). Att minska flödet genom att anlägga smala bevuxna grundområden tvärs mot flödesriktningen stoppar inte bara redan suspenderade näringsämnen från att läcka ut utan binder även N&P i växtlighetens biomassa (Feuerbach, 2014). Figur 5 illustrerar en schematisk bild över hur en naturlig process ser ut




*Figur 5. Näringämnenas sedimentering, nedbrytning och upptag i biomassan genom de olika biologiska och kemiska processerna är mycket viktigt funktion för att inte orsaka eutrofiering. (Kostel, 2023)*

Eftersom P i regel inte är löst i vatten utan adsorberat till partiklar, sedimenteras P lättare än N och retentionen i en våtmark eller damm kan bli lång. Om sedimenteringen sker på oönskade ställen, tex i en anaerob miljö (syrefria bottnar), kommer P däremot inte att stanna kvar vid sin adsorption till jordpartiklar utan att frigöras och därmed orsaka en interncykel där frigjort P återigen befinner sig i vattenmassan och bidrar till eutrofieringen genom ökad algblomning med sedimentering som följd och cykeln börjar om (Gao, o.a., 2016). Den kemiska process som frigör fosfaterna från sedimentet är komplex och illustreras enklast med Figur 6.

Innebörden blir således att effekterna från tidigare utsläpp av P kommer att märkas under lång tid (Jordbruksverket, 2022) och de åtgärder som har vidtagits för att rena dag- och spillvatten, samt minska P-användningen kan ta lång tid att skönja (Carpenter, o.a., 1998).

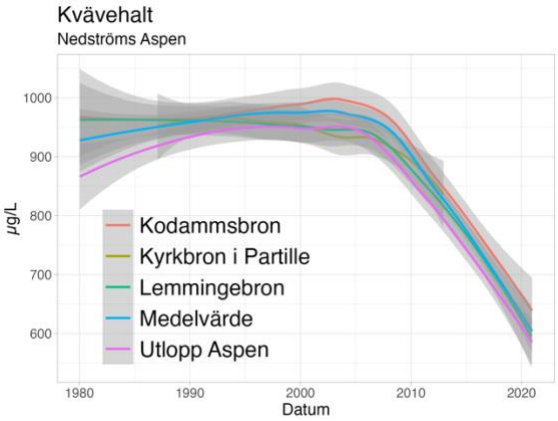



*Figur 6. I syrefri miljö kommer $Fe^{3+}$ att reduceras till $Fe^{2+}$ och i stället reagera med sulfid vilket frigör adsorberat fosfat $PO_4^{2-}$ till vattenmassan igen. (Plough, 2022)*

## 6.2 Resultat från GÄVVF:s & SMHI:s mätningar

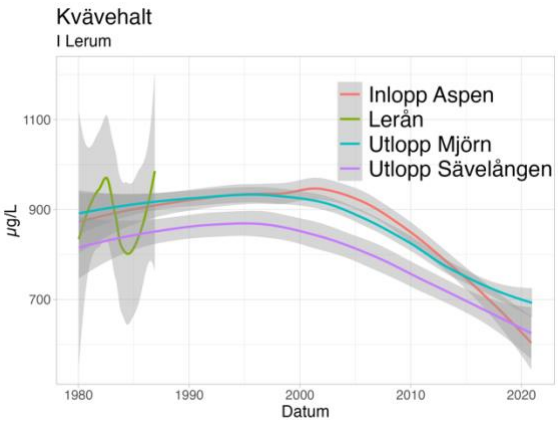
### 6.2.1 Kvävehalter

Nedströms Aspen (Figur 7):
Koncentrationen har under den period som mätningarna utförts, inledningsvis legat stabilt på ca $950 - 970\ \mu g * L^{-1}$ med en viss ökning av koncentrationen ju närmare centrala Göteborg mätningarna har utförts. Runt 2005 börjar halterna simultant sjunka på mätstationerna varpå halterna fortsätter att dala under den 16 års period som följer, ner till $\approx 600 - 650\ \mu g * L^{-1}$. Det går alltså att se ett tydligt trendbrott i halterna av N längs fokussträckan.



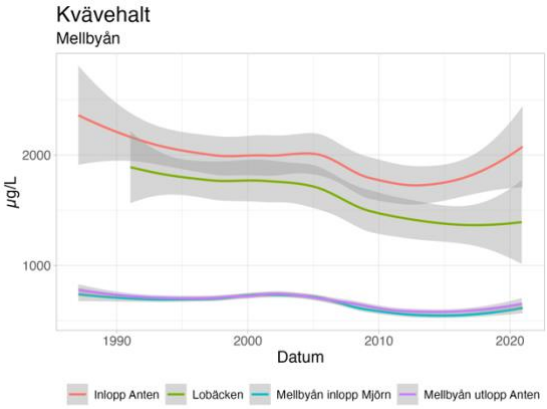

*Figur 7 visar det simultana trendbrottet för N*

I Lerum (Figur 8):
Till den del av Säveån som passerar genom Lerum sker det tillflöden från två olika sjöar, Sävelången och Mjörn. I likhet med halterna nedströms Aspen så har dem legat relativt stabilt under de inledande åren av mätning, men vi ser här en förskjutning bakåt i tiden gällande det trendbrott som är startskottet för en nedåtgående trend. Kring millennieskiftet, 5 år tidigare än nedströms Aspen, börjar halterna att dala från $\approx 850 - 900\ \mu g * L^{-1}$ för att i dagsläget ligga på $\approx 650 - 700\ \mu g * L^{-1}$.




*Figur 8 visar samma trendbrott, men med en förskjutning bakåt i tiden*

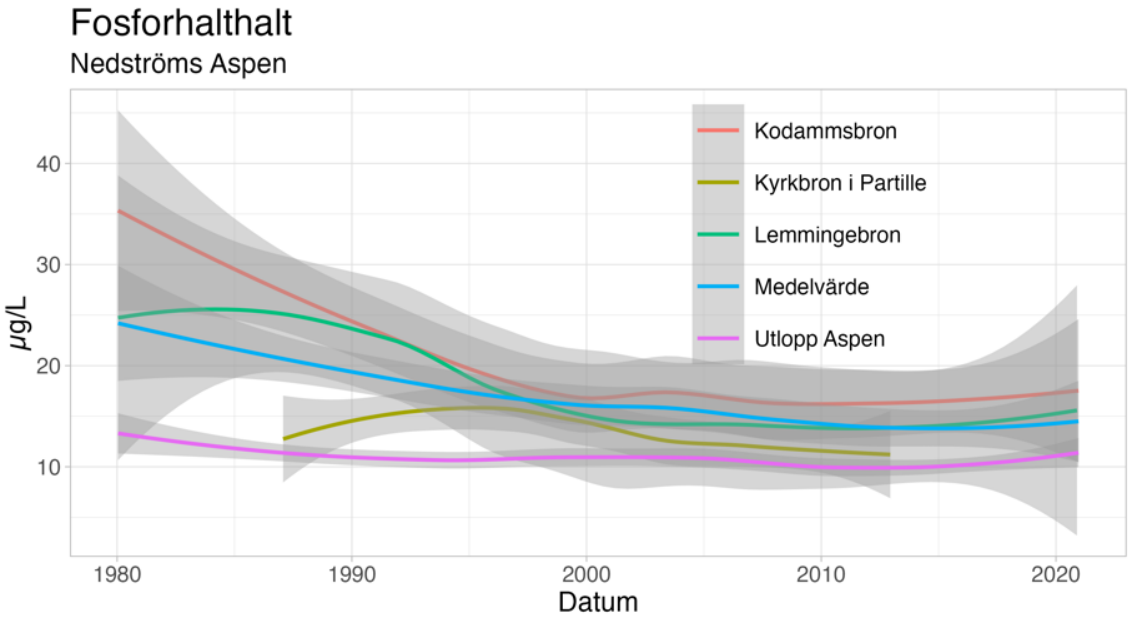
I Mellbyån (Figur 9):
Tittar vi ovan ett av tillflödena till Säveån, sträckan av Mellbyån mellan Mjörn och Anten, samt inloppet av Mellbyån och Lobäcken i Anten, är skillnaderna mycket stora. Nedströms Anten ligger halterna, och har legat relativt stabilt under alla år som mätningarna har pågått. Uppströms Anten har koncentrationerna dalat stadigt vid Mellbyåns inlopp till Anten från $\approx 2300\ \mu g * L^{-1}$ vid mätningarnas start ner till $\approx 1750\ \mu g * L^{-1}$ kring 2010 för att sedan stiga till över $2000\ \mu g * L^{-1}$ i dagsläget. En liknande trend går att skönja ovan Anten vid Lobäckens mätstation.




*Figur 9 mycket höga värden av N uppmäts kontinuerligt uppströms Anten*

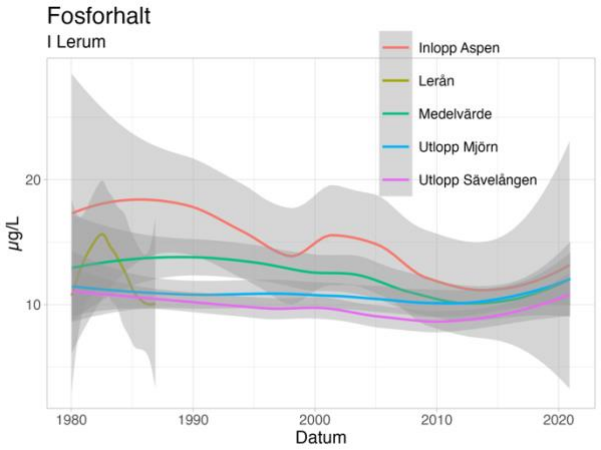
## 6.2.2 Fosforhalter

Nedströms Aspen (Figur 10):
Halterna av P har på fokussträckan historiskt varit höga. Ju närmre utloppet till Göta älv, och därmed också centrala Göteborg, mätstationerna kommer, desto högre blir också koncentrationerna av P i vattenmassan. Vid Kodammsbron låg halten av P på $35\ \mu g * L^{-1}$ vid starten av mätningarna, men dalade efter det fram till millennieskiftet ner till en relativt stabil nivå på $\approx 17\ \mu g * L^{-1}$. Vid ca 1985 verkar den stigande trenden vid Lemmingebron att plötsligt skifta från en stigande kurva till en sluttande för att sedan stabiliseras runt $\approx 12 - 15\ \mu g * L^{-1}$ kring millennieskiftet. Uppströms Partille vid Säveåns utlopp ur Aspen har halterna av P legat relativt stabilt under $15\ \mu g * L^{-1}$ sedan mätningarna inleddes.

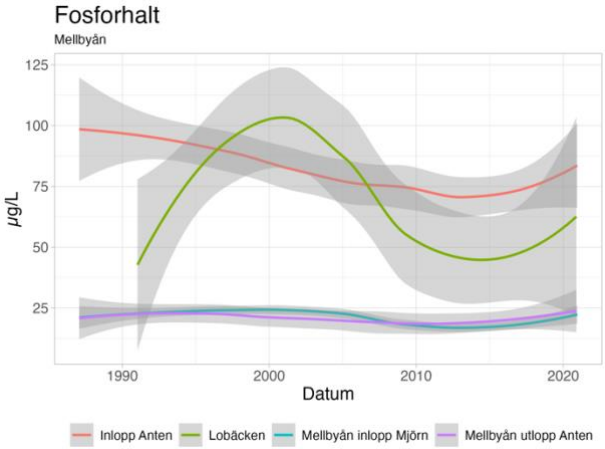



*Figur 10. En tydlig nedgång av halterna är synligt längs alla mätpunkter på fokussträckan. Ju närmre urban miljö, desto högre halter av blir P synligt.*

I Lerum & Mellbyån (Figur 11 & 12):
De mätstationer som befinner sig uppströms Lerum och Floda är av mer stabil karaktär medan mätstationen vid Säveåns inlopp till Aspen är mer fluktuerande över tid. En indikation på att antropogena aktiviteter i Lerum och Floda påverkar halterna. En analys av halterna uppströms Aspen visar på att koncentrationerna av de tagna proverna generellt är mycket lägre än de som studerats nedströms Aspen. Den högsta medelvärdespunkten 1980 är uppströms aspen $\approx 13\ \mu g * L^{-1}$ medan den nedströms Aspen är nästan det dubbla, $\approx 24\ \mu g * L^{-1}$. Ytterligare en indikation på att antropogena aktiviteter påverkar halterna av P, men även tydliga tecken på att vidtagna åtgärder har haft effekt.



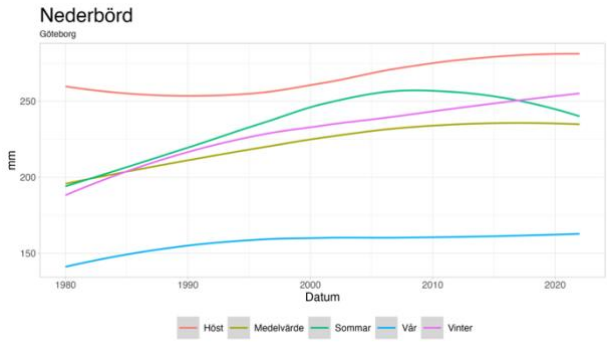

*Figur 11 illustrerar P koncentrationerna i Lerums kommun över mätperioden*




*Figur 12. Den antropogena närvaron blir tydlig när mätvärdena för P illusteras uppströms Anten i Mellbyån*

## 6.2.3 Nederbörd

SMHI:s data i Figur 13 visar på att nederbörden över Göteborg har ökat sedan 1980. Vi kan se att medelvärdet har ökat från ≈195mm till ≈235mm. En stigande trend som ser ut att ha mattats av men som kommer att stegras ytterligare vid ett förändrat klimat i väst Sverige (Naturvårdsverket, 2023).




*Figur 13. Trenden av ökad nederbörd i Göteborg är tydlig över alla årstider*

## 6.2.4 Statistik

När Pearsons korrelations test utförs i RStudio mellan ökad nederbörd över Göteborg och halterna av N&P nedströms Aspen, samt mellan medelvärdet av N&P i Lerum och nedströms Aspen ges följande resultat i Tabell 1 för vardera variabel.

*Tabell 1. Korrelationstesterna är utförda i RStudio med Pearsons cortest. Halterna på fokussträckan visar måttlig korrelation med nederbörden. Halterna av näringsämnen uppströms och nedström Aspen korrelerar väl och indikerar transport.*

| Pearsons cortest | Korrelations koefficient | p-värde | Konfidensintervall nedre | Konfidensintervall övre |
|---|---|---|---|---|
| Kväve/Nederbörd | *-0,54* | $4{,}2 * 10^{-4}$ | *-0,735* | *-0,271* |
| Fosfor/Nederbörd | *-0,53* | $4{,}7 * 10^{-4}$ | *-0,727* | *-0,262* |
| $N^{avg}$ i Lerum / $N^{avg}$ nedströms Aspen | *0,93* | $2{,}2 * 10^{-16}$ | *0,873* | *0,965* |
| $P^{avg}$ i Lerum /$P^{avg}$ nedströms aspen | *0,88* | $2{,}2 * 10^{-12}$ | *0,771* | *0,936* |

Den negativa korrelationen ger oss en indikation på att det finns ett samband mellan de två olika variablerna. Det betyder att när den ena utav våra variabler stiger, nederbörden i detta fall, så kommer den andra variabeln, N/P-halterna, att sjunka. Ju närmre korrelationskoefficienten är till -1 i vårt fall, desto starkare kan sambandet mellan de två olika variablerna antas vara. Det omvända gäller om vi i stället positivt närmar oss 1 med koefficienten. En indikation om att den ena utav våra testade variabler förändras så kommer den andra att påverkas i samma grad. I fallen gällande N&P får resultaten anses indikera en måttfull korrelation, medan det i fallet om medelvärdena för N&P i Lerum och nedströms Aspen visar på en mycket stark korrelation.

De två p-värdena ger oss ett mått på hur signifikant den statistiskt observerade korrelationen egentligen är. När p-värdet understiger 0,05 anses de observerade resultaten vara statistiskt signifikanta vilket ger oss en stark indikation på att våra resultat inte är på grund av slumpmässig variation.

Resultaten från konfidensintervallen ger oss information om inom vilket spann korrelationskoefficienten skulle hamna 95 gånger av 100 ifall vi skulle upprepa analysen. Med andra ord är det inom detta spann som den äkta korrelationskoefficienten ligger.

Vi kan alltså konstatera att vi har en statistiskt signifikant, måttfullt negativ korrelation mellan de testade variablerna gällande nederbörd och N&P. Testet mellan medelvärdena för N&P uppströms respektive nedströms Aspen, visar på en stark korrelation.

## 6.3 Resultat från intervjuer

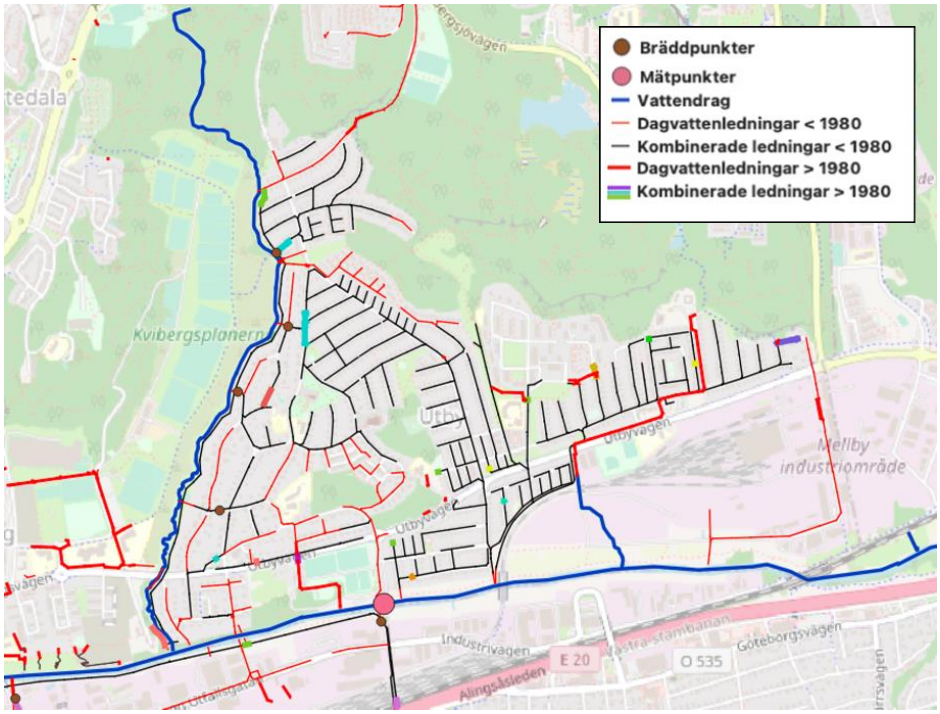
**Intervju med Olle Gunvald Ljunggren den 27 april 2023 via Microsoft Teams (inspelad). Samt mejlkorrenspondens den 8e, 9e maj 2023.**

I Utby finns ett kombinerat spill- och dagvattensystem. Vid Snörmakaregatan, Hovsmedsgatan, Bäckalyckan och Bäckeflatsgatan finns det bräddavlopp för det kombinerade systemet. För att minska bräddningen till Kvibergsbäcken anlades det mellan 1983 och 1985 utjämningsmagasin vid dessa punkter. I stället för att allt vatten bräddades ut till bäcken kunde stora delar magasineras och åter ledas till det kombinerade avloppsystemet för rening när nederbörden avtagit, med minskade utsläpp av näringsämnen till Kvibergsbäcken som resultat. Kvibergsbäcken mynnar ut i Säveån, ett minskat utsläpp till Kvibergsbäcken leder således till minskade utsläpp i Säveån.
Under 1996 – 1997 anlades våtmarkspark vid Gärdsås mosse i Bergsjön. Dagvattnet i västra Bergsjön leddes om från Kvibergsbäcken till mossen. Dagvattensystemet kapades av och leddes i stället i öppna rännor ner till Gärdsås mosse, som delvis grävdes ut till en måttligt stor våtmark. Åtgärden utfördes för att minimera dagvattnets påverkan på Kvibergsbäcken och i förlängningen även en mindre förbättring för Säveån. [1]

[1]: *Östra bergsjöns dagvatten leds orenat ner till Partille och Mellbybäcken, som till stor del är kulverterad, för att till sist mynna ut i Säveån. Syns längst ner till sydöst på figur 14.* (Boström & Hamilton, 2017)

År 1972 anlade Göteborgs Stad en ny spillvattenledning söder om Säveån, vilken sträcker sig från Partillegränsen ner till pumpstationen vid Kodammsbron för vidare transport till Ryaverket. Söder om Säveån inom Göteborgs kommun är till stor del vattenhanteringen av kombinerad karaktär. När dessa anslöt till den nya spillvattenledningen innebar detta att mycket av det omledda vattnet kunde renas. Men vid kraftig nederbörd är bräddning till Säveån fortfarande ett faktum.

Figur 14 visar den del av fokusområdet som innefattar Utby. Här ser vi mätpunkten Lemmingebron som är markerad med en rosa prick. Vattendragen är här symboliserade av blåa linjer med Säveån längst i söder, Kvibergsbäcken från norr till dess södra utlopp i Säveån. Norr om Kvibergsbäcken ligger 1997 års anlagda våtmark vid Gärdsås mosse. Bräddpunkterna som påverkar Säveån är de bruna prickarna. De tunna och feta röda linjerna är dagvattensystem installerat innan respektive efter 1980. De färgglada, fetare linjerna är det kombinerade system som installerades efter 1980 samt de utjämningsmagasin som byggdes i anslutning till bräddavloppet i västra Utby. De svarta tunna linjerna representerar de kombinerade system som anlades från så tidigt som 1935 fram till 1980, vilka innan Ryaverket installerades leddes orenade ut till recipienten Säveån.



*Figur 14. Karta över spill- och dagvattenhanteringen i Utby. Genererad i QGIS.*

**Telefonsamtal med Mikaela Munoz Eliasson 4 maj 2023 15:00**
Nolhaga reningsverk i Alingsås fick tillstånd att utföra rening av N från miljöprövningsdelegationen (MPD) hos Länsstyrelsen under 2010 och installerade denna 2012.

**Telefonsamtal med Tommy Ander 28 april 2023 kl 13:30**
Lerums kommun började pumpa till Ryaverket 2012 och minskade därmed deras belastning av N & P till sjön Aspen. Lerum släppte tidigare ut behandlat vatten från 30 000 pe. Det sista reningsverket av 3, lades ner samma år som pumpningen till Ryaverket inleddes.

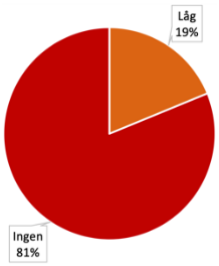
**Mejlkorrenspondens med Anna Stöllman vid Renova den 14 april 2023**
Dagvattnet från förbränningen avleds till spillvattennätet och leds inte orenat ut till Säveån. Det dagvatten som passerar de hårdgjorda ytorna på ÅVCn samt sorteringsanläggningen rinner ner i dagvattenbrunnar som är försedda med oljeavskiljare, vilka installerades 2016, och leds sedan vidare till Säveån.
Anläggningen för farligt avfall har en oljeavskiljare installerad i de aktuella dagvattenbrunnarna, samt en brunnsinsats för ytterligare rening. Brunnsinsatsen installerades 2022 och oljeavskiljaren samtidigt som de vid ÅVCn och sorteringsanläggningen.

## 6.4 Resultat från rapporter

Pumpstationen vid Kodammarna var mellan 2014 och 2017 den fjärde största bräddpunkten i Göteborg. Sedan 2015 har en ny station installerats och kapaciteten har ökat från 12 m^3/s till 14m^3/s och med smartare styrning av pumpandet kommer bräddning endast ske vid extrema flöden (Kretslopp och vatten, 2019).

I rapporten angående kontrollprogrammet för recipientarbete (Kretslopp och vatten, 2021) beskrivs Säveån nå hög ekologisk status när medelvärdet för P summeras mellan åren 2019 och 2021. Kvibergsbäcken med utlopp i Säveån, når otillfredsställande status med avseende på P-halten.

Enligt rapporten om Trafikdagvatten (Kretslopp och vatten, 2020) passerar inget av det trafikdagvattnet som genereras från en yta om 47 711 $m^2$ någon form av rening. Av det dagvatten som mynnar ut i Säveån når 19% en låg rening från retention i diken och passage genom översilningsdiken. Resterande 81% renas inte alls innan det mynnar ut i Säveån (Figur 15).



*Figur 15. Andel trafikdagvatten som inte renas respektive renas*

# 7. Diskussion

Med effektiv samhällsplanering menas att en utveckling av samhället kan fortskrida på ett sådant vis att till exempel bostadsutvecklingen och affärsmöjligheterna ökar samtidigt som en minimal påverkan på den ekologiska levnadsmiljön runt omkring oss lider så lite skada som möjligt. I staden Göteborg har vi alltid haft en stark anknytning till vatten, framför allt havet. Att minimera påverkan på havet säkrar att framtida generationer kan nyttja den rekreations- och födoresurs som havet erbjuder

## 7.1 Kvävehalterna

Det är tydligt att halterna av N i inledningen av mätningarna var mycket hög och att det sannolikt ledde till stora transporter av löst N till havet. N är det begränsande ämnet i havet så transportens bidrag till eutrofiering i den marina miljön var stor. Vad som har föranlett de höga halterna av N kan antas vara en kombination av ökade transporter utan katalysatorer (Naturvårdsverket, 2023) under 1900-talet (Naturskyddsföreningen, 2023) eftersom lag på katalysatorer i alla nyproducerade bilar infördes först 1989 (Miljö- och naturresursdepartementet, 1987), utsläpp från enskilda avlopp (Havs och

vattenmyndigheten, 2023), (Länsstyrelssen, 2020-10-12) samt den utdikning som skedde när jordbruket industrialiserades (SCB, 2007), (Jordbruksverket, 2022). Utdikningen ledde till att våtmarker torkade ut, vilket minskade möjligheten för retention och läckage av näringsämnen ökade (Djodjic, Geranmayeh, Collentine, Markensten, & Futter, 2022). De regleringar som infördes mot användning av konstgödsel i början av 1980-talet har förmodligen bidragit till nedgången av N & P, men effekterna av minskad användning tar tid att utläsa (Carpenter, o.a., 1998)

Vi ser ett tydligt simultant trendbrott i N halterna på fokussträckan nedströms Aspen runt 2005. Det har inte varit möjligt att identifiera de exakta anledningarna till detta trendbrott men en diskussion kring resultaten kommer att presenteras nedan.
I Lerums och Alingsås kommuner har det förekommit antropogena aktiviteter såsom utsläpp av N från enskilda avlopp, ineffektiv rening av N hos de lokala vattenreningsverken och ett extensivt jordbruk (Länsstyrelssen, 2020-10-12).
Mätningarna i Lerums kommun visar en liknande halt som den del av Mellbyån som sträcker sig mellan Anten och Mjörn men lägre än mätstationerna nedströms Aspen, medan mätningar av N uppströms Anten visar på nästan de dubbla jämför med nedströms Anten. Detta tyder på att sjöarna Aspen men framför allt Anten, agerar sänkor för N. En trend går även att skönja när mätningarna uppströms exploaterat område, jämförs med de mätningar som genomförts nedströms exploaterat område. En indikation på att antropogena aktiviteter i de urbana miljöerna ger ett tillskott av N som är av relevans.
Det statistisk säkerställda sambandet mellan halterna i Lerum och nedströms Aspen tyder på att transport av N sker, även om halterna har viss differens på de olika sträckorna

Den måttfulla korrelation som observerats mellan halterna av N och den ökade nederbörden som skett över Göteborg kan antas ha spelat in i den sjunkande trenden. Spädningseffekten genererar en lägre koncentration av N, men mängderna som når slutrecipient är desamma. Det ligger inte inom ramen för denna uppsats att undersöka hur stora de mängderna som når slutrecipienten är. Det är dock av intresse för vidare studier att nederbörden över Göteborg är av stigande karaktär då det för Göteborg med omnejd är av största vikt att anpassa den urbana miljön för ett förändrat klimat och därmed minimera stora skador på bostäder och infrastruktur.

## 7.2 Fosforhalterna

Eftersom P i högre grad är partikelbundet sker sedimentation snabbare, det är därmed inte oväntat att sjöarna Aspen och Anten fungerar som sänkor för P. Benägenhet för P att adsorberas till partiklar är stark. Starka indicier finns för att trendbrottet gällande halterna av P längs fokussträckan börjat att sjunka redan innan mätningarna inleddes.

Den antropogena påverkan på halterna av P är även den tydlig efter analys av koncentrationerna innan och efter exploaterat område i Lerum och Göteborg.

Även för P fanns en stark korrelation mellan halterna i Lerum samt nedströms Aspen. Likt den korrelation som stod att utläsa om N tyder även detta på att transport av P sker även om halterna uppströms Aspen är lägre än de halter nedströms Aspen. Halterna uppströms och nedströms Anten i Mellbyån indikerar att Anten är en stor sänka av P. Tillskottet uppströms Anten kan härröras till läckage från jordbruket,

enskilda avlopp samt avloppsreningsverk, ett antagande som baseras med stöd av tidigare studier (Andersson, Bergström, Medin, & Niedbalski, 2013).

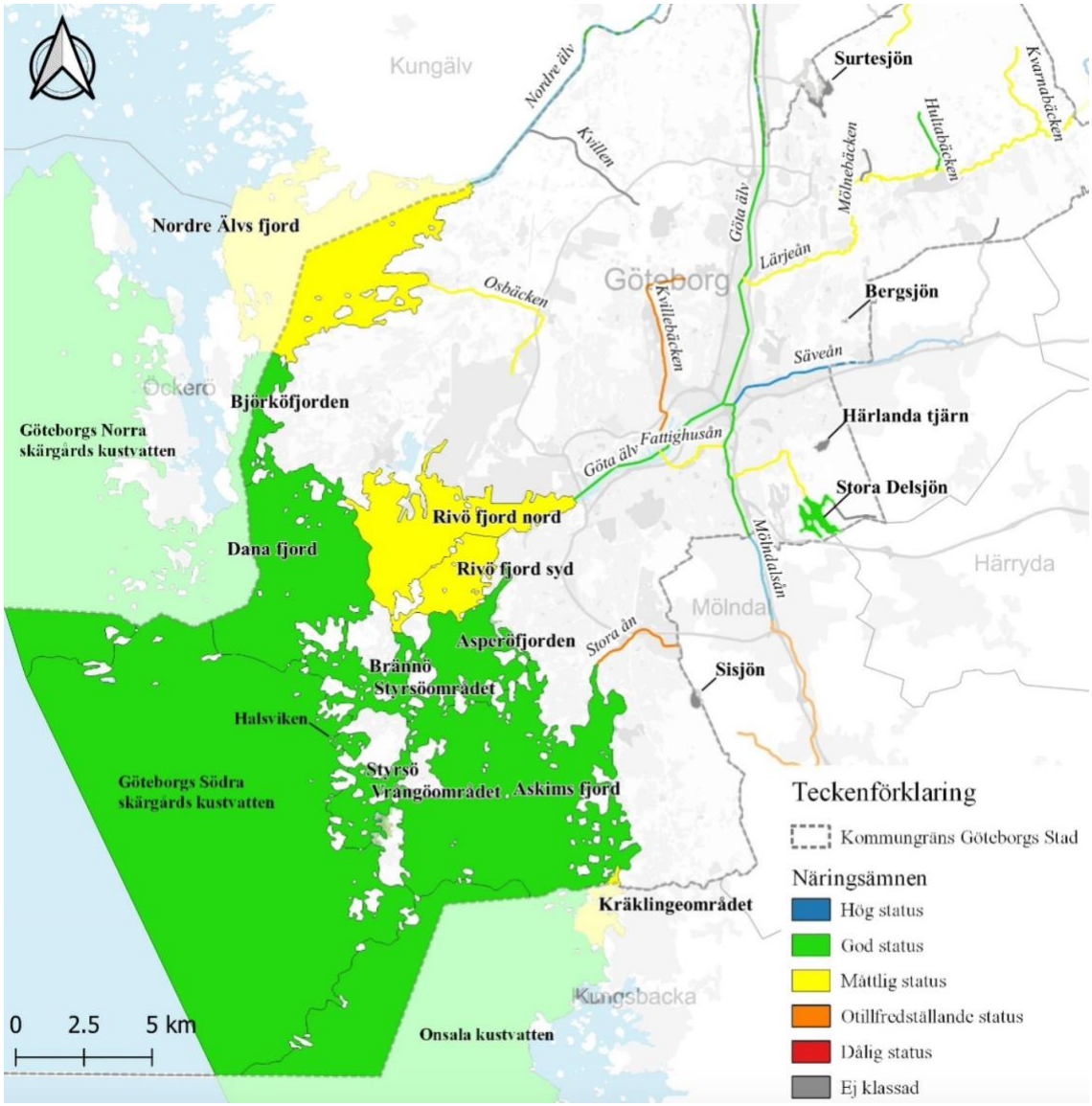
När resultaten från analysen av P-koncentrationerna på fokussträckan jämförs med de implementerade åtgärderna kring Utby blir det svårt att utesluta deras effekt. Till det vattendrag som löper genom jordbruksmarken väster om Mellby industriområde, installerades det 1986 en ledning för att leda dagvattnet från de östra delarna av Utby för att uppnå viss biologisk rening innan det når recipienten Säveån. Denna åtgärd är implementerad för att möjliggöra sedimentation av P-adsorberade jordpartiklar. De fördröjningsmagasin som installerades vid inledningen av 1980-talet för att minska bräddningen till Kvibergsbäcken är ytterligare en åtgärd för att minska koncentrationen av P i recipienterna. Våtmarken i Gärdsås mosse anlades även den för att minska koncentrationerna av näringsämnen i de utsläpp som sker genom dagvattnet från östra Bergsjön. Dessa åtgärder införs vid samma tidpunkt som kurvan för P-halterna vid Lemmingebron vänder nedåt. Kurvan vid Kodammarna var redan på nedgång, men en orsakverkan är svår att argumentera emot även om mer studier behöver genomföras på ämnet.

## 7.3 Vattenhanteringen kring fokussträckan av Säveån

Påkopplingen av de kombinerade avloppsystemen i Göteborg och Partille, till den spillvattenledning som installerades längs med Säveån ner till Kodammarna i Gamlestan i början av 1970-talet, har sannolikt bidragit till de minskade P halterna i Säveån. Innan påkoppling leddes det kombinerade avloppsvattnet ut till Säveån samt Göta älv utan rening. Bräddning förekommer fortfarande på flera punkter i Säveåns avrinningsområde men det är tydligt att stora förbättringar har skett.

Bräddningarna som genomförs i Göteborg är fortfarande större än i många andra stora städer i Sverige. Arbetet med att införa ett duplikatsystem är dyrt och komplicerat så åtgärderna som implementeras för minskad bräddning är ofta att öka mängden kombinerat avloppsvatten till Ryaverket för rening (Göteborgs Stad, 2020).

Under 2014 – 2017 uppgick bräddningarna i snitt till 553 000 $m^3$/år. Ungefär 23 600 m3/år utgjordes av spillvatten. Detta innebär att 18% av Göteborgs bräddade avloppsvatten gick orenat direkt till Säveån, vilket gör Säveån till den näst största bidragsgivaren efter Göta älv av bräddat avloppsvatten till Göta älvs utlopp (Kretslopp och vatten, 2019).
Behovet av att begränsa bräddningarna och minimera utsläpp av näringsämnen är av stort intresse för att minska risken för eutrofiering i kustvattnet utanför Göteborg. Närmsta kustvattenrecipient är Rivö fjord nord som precis ytterligare 3 kustvatten i Göteborgsregionen, uppnår Måttlig ekologisk status (Figur 16).




*Figur 16 ger oss en bild över den ekologiska statusen för kustvattnen utanför Göteborg. (Göteborgs Stad, 2020)*

Klart är att en ökad rening av N vid vattenreningsverket Nolhaga i Alingsås, påkopplingen av Lerums spillvatten till Ryaverket och Ryaverkets inledande rening av N 1997, har bidragit till minskade halter av utsläpp till Säveån. Inga konkreta bevis har funnits för att detta är anledningen till trendbrottet som skedde vid millennieskiftet i Lerum och 5 år senare nedströms Aspen, och är således föremål för vidare undersökningar. En ökad nederbörd vid tidpunkterna för dessa trendbrott och hur det har påverkat koncentrationen är också av intresse för vidare studier.

Den våtmark som anlades vid Gärdsås mosse i samband med att dagvattnet ifrån västra bergsjön leddes om till mossen visar i tidigare studier gjorda under 2005 relativt goda resultat vad gäller rening av P med tanke på den förmodade höga införseln till mossen (Louhi, 2005).
År 2018 genomfördes muddring av den anlagda våtmarken för att återställa funktionen av dagvattensystemet med avsikt till att öka reningsgraden av näringsämnen (Isaksson, 2019).

Renovas implementering av små men flera åtgärder är ett typexempel på proaktivt förfarande (Stöllman, 2023). Man identifierar att man har stora hårdgjorda ytor och installerar adekvata lösningar på problemet. Mer kan såklart göras för att minska halterna i deras utsläpp än mer, men Renovas agerande visar på en del av det gemensamma engagemang som behövs för att minimera antropogen påverkan på våra vattendrag.

Att trenderna av P-koncentrationerna redan var på nedgång när Sveriges trädde in i EU är ett faktum. Halterna av N hade ännu inte börjat att röra på sig vid inträdet så frågan man bör ställa sig är om halterna av både N & P hade börjat samt fortsatt att dala i så snabb takt om inte EU:s vattendirektiv införts i svensk lag genom vattenförvaltningsförordningen. Lagen tvingade Sverige att implementera de åtgärdsplaner som ligger till grund för mycket av det förebyggande samt motverkande arbete med att stävja halterna av näringsämnen som vi ser idag.

Enligt rapporten gällande *Kontrollprogram för recipientarbete 2021* (Kretslopp och vatten, 2021) som är en del av den senaste cykeln av nyss nämnda åtgärdsplan, har Säveån mellan 2018 – 2022 legat under MKN för P varje år när mätningar har genomförts vid Kodammsbron. Ett tydligt tecken på att åtgärder faktiskt har effekt, speciellt när blicken lyfts till ett historiskt perspektiv och de höga nivåer som rådde för bara 40 år sedan.

## 7.4 Studiens begränsningar:

En fullständig kartläggning över avloppshanteringen för fokusområdet inom Göteborgs kommun har inte varit möjlig att genomföra då det installerade spillvattennätet är belagt med sekretess. Partille kommun hävdade detsamma för deras bräddpunkter men bekräftade att många insatser har gjorts genom decennierna för att minska antalet bräddningar till Säveån

Vid mätpunkten Lemmingebron finns en bräddningspunkt som sannolikt påverkar mätvärdena. Ingen hänsyn har vid författandet av uppsatsen tagits till storleken på utsläppen från bräddavloppen. Sannolikt finns fler liknande oidentifierade bräddpunkter längs med hela Säveån som påverkar, men då identifieringen av alla dessa ansågs var möjlig pga påstådd sekretess i andra kommuner ansågs tidsramen för denna uppsats vara för snäv för att fortsätta undersökningen.

Att ingen vikt har lagts vid säsongvariationer av N halterna i samband med nederbörd kan ha spelat roll när analysen av skiftet i halter har genomförts. Säsongsvariationernas roll i antalet bräddningar hade varit av intresse att undersöka, men den löpande trenden ansågs vara av större intresse att följa upp då mängden data sträckte sig så pass långt bak i tiden.

Ytterligare statistiska tester för att undersöka åtgärdernas implementering och dess effekt hade varit av relevans. Att hinna med att göra en adekvat klassificering av de olika åtgärderna bedömdes emellertid aldrig aktuellt pga projektets tidsram.

## 7.5 Förbättringspotential

Mer effektiva åtgärder för rening genom mer gröna ytor som krav i kvartersmark. Som en del av den strategiska miljöbedömningen en kommun eller myndighet är skyldiga att vidta vid en planprocess (6 kap. 3 MB) måste en miljöbedömning genomföras om planen kan antas ha en betydande miljöpåverkan (6 kap. 5§ MB). På senare tid har det i den generella detaljplaneringsprocessen blivit praxis att inkludera handlingar om dagvatten- och skyfallshantering. I dessa utredningar föreslås ofta makadamdiken, regnbäddar eller fördröjningsmagasin inom kvartersmark som en adekvat lösning på de hårdgjorda ytor som ofrånkomligen kommer att uppstå när bebyggelse är färdigställd (Kretslopp och vatten, 2022).
Implementeringen av sådana åtgärder kan minska belastningen av näringsämnen och andra föroreningar till Säveån när exploatering i området fortskrider.

Anläggande av våtmarker uppströms för att förbättra retentionen och minska transporten av N & P. Det bör också utredas vidare vilka områden i mer urbana områden som lämpar sig för anläggande av våtmarker med samma syfte. Ett förslag till detta är att anlägga någon typ av våtmark i den bäck som idag löper genom odlingslandskapet väster om Mellby industriområde. Idag sker redan en viss rening i bäcken som hade kunnat förbättras ytterligare. En blågrön infrastruktur bidrar även till ökade rekreationsmöjligheter för invånare i staden samtidigt som de bidrar med nyttan av att rena vatten samt bidra till den biologiska mångfalden. Detta kombinerat med informationskampanjer till jordbrukare om att söka det ekonomiska stöd från EU som hjälper till att minska halterna av N & P.

Det finns fortfarande många dagvattenledningar på fokussträckan som är kulverterade och leds orenade ut i Säveån. Åtgärder för att minimera utsläppen uppströms dessa är nödvändiga för att kurvorna för både N & P skall fortsätta dala. En ökad frekvens av installerade av fördröjningsmagasin, fler insatser i dagvattenbrunnar, anläggande av sedimentationsdammar där det är möjligt, regnbäddar och makadamdiken i kvartersmark är relativt enkla, billiga och effektiva åtgärder.

Öka frekvensen på skiftet från kombinerat vattenhanteringssystem till duplikat samt att relevanta reningsåtgärder införs för dagvattnet innan det når recipienten. Till exempel bör dagvattenavrinningen från östra bergsjön till Mellbybäcken ha reningsåtgärder innan det når recipienten Säveån.

# 8. Slutsats

Det kan konstateras genom studier av GÄVVF:s mätningar att närvaro av antropogen aktivitet i form av urban miljö har en negativ inverkan på halterna av näringsämnena i Säveån. Ju närmre mätningarna kommer exploaterat område kring recipienten Säveån, desto högre halter av både N & P. Ett tydligt korrelerande dalande trendbrott i N&P går dock att skönja, som sammanfaller så pass väl med de vidtagna åtgärderna på land att hypotesen inte helt går att förkasta.

Det går att konstatera att sjöarna Anten och Aspen agerar sänkor för N & P vilket i förlängningen kommer leda till en ackumulering av N & P i sjöarna och därmed riskera algblomning och syrefria bottnar. Sjöarna är relativt näringsfattiga och lider troligen inte stor risk för eutrofiering i dagsläget men försiktighet bör iakttas.

Halterna av N som transporteras till slutrecipienten havet är fortfarande såpass stora att dess bidrag till en möjlig eutrofiering av kustvattnet utanför Göteborg inte går att försumma med tanke på att N är det begränsande ämnet i den marina miljön.

Det finns tydliga indikationer, framför allt vad det gäller halterna av P, att vidtagna åtgärder längs med fokussträckan har haft effekt:

- De anlagda utjämningsmagasinen vid Kvibergsbäcken i Utby.
- Den våtmark som anlagts vid Gärdsås mosse.
- Den minskade bräddningen av avloppsvatten längs fokussträckan.
- installationerna av duplikatsystem i kommunerna Göteborg och Partille.
- Effektivare avledning av dagvatten från avrinningsområdet längs fokussträckan.

har alla sannolikt bidragit till att minska koncentrationerna av P i Säveån. Alltså kan vi konstatera att hypotesen gällande att många åtgärder av mindre karaktär kommer att ha en positiv inverkan på halterna av näringsämnen, stämmer till viss grad vad det gäller P.

Säveån har historiskt sett påverkats negativt från halter av N & P som släppts ut genom den exploatering som skett längs med Säveån. Men har genom god samhällsplanering och många bäckar små, sakta nått en ökad vattenkvalitet. Exploatering kring ett urbant vattendrag är möjlig att genomföra utan negativ inverkan från antropogen aktivitet. Även om intensivt arbete kvarstår, bör insatserna kring Säveån stå som förebild för många städer i världen.

# Litteraturförteckning


Andersson, M., Bergström, F., Medin, J., & Niedbalski, A. S. (2013). *Föroreningskällor till sjön Anten - En kartläggning och kvantifiering av kväve- och fosfortillförsel.* Bygg- och miljöteknik, Vatten och miljöteknik. Göteborg: Chalmers tekniska högskola.

Behera, S. N., Sharma, M., Sneja, V. P., & Balasubramanian, R. (den 28 08 2013). Ammonia in the atmosphere: a review on emission sources, atmospheric chemistry and deposition on terrestrial bodies. *Environmental Science and Pollution Research*, ss. 8092-8131.

Boström, S., & Hamilton, E. (2017). *Ansökan om tillstånd för miljöfarlig verksamhet enligt 9 kap. Miljöbalken, Mellbydalen.* Sweco, Park- och naturförvaltningen, Göteborgs Stad. Göteborg: Sweco.

Boverket. (den 28 03 2019). *PBL Kunskapsbanken*. Hämtat från Vad kan man göra för att bevara, utveckla eller skapa ekosystemtjänster på hårdgjorda ytor?: https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/platser/hardgjorda/starka_hardgjort/ 05 2023

Boverket. (den 21 12 2021). *PBL Kunskapsbanken*. Hämtat från Markanvändningens påverkan på vattenmiljön: https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/lamplighetsbedomning/mkn/vattenrelaterade-mkn/vattenforvaltningen/paverkan/ 05 2023

Boverket. (den 14 07 2021). *PBL Kunskapsbanken*. Hämtat från Hårdgjorda ytor: https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/platser/hardgjorda/ 05 2023

Carpenter, S. R., Caraco, N. F., Corell, D. L., Howarth, R. W., Sharpley, A. N., & Smith, V. H. (den 01 08 1998). NONPOINT POLLUTION OF SURFACE WATERS WITH PHOSPHORUS AND NITROGEN. *Ecological Applications*, ss. 559-568.

Chemical Equations. (den 28 05 2023). *Chem Equations*. Hämtat från Online!: https://chemequations.com/en/?s=H2O+%2B+HNO3+%3D+NO3%3A-+%2B+H3O%3A%2B

Djodjic, F., Geranmayeh, P., Collentine, D., Markensten, H., & Futter, M. (den 15 12 2022). Cost effectiveness of nutrient retention in constructed wetlands at a landscape level. *Journal of Environmental Management*, s. 116325.

Ejhed, H., Hansson, K., Olshammar, M., Lind, E., Nguyen, M., Hållén, J., . . . Jutterström, S. (2006). *Belastning och påverkan från dagvatten.* Norrköping: Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI).

Engdahl, M., & Påsse, T. (2014). *Geologisk beskrivning av Säveåns dalgång.* Uppsala: SGU.

Eriksson, W., Grahnström, A., Lejonbäck, P., Söderlund, A., & Ållenberg, P. (2014). *Övergödningen av sjön Anten .* CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA, Institutionen för bygg- och miljöteknik. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola.

Feuerbach, P. (2014). *Praktisk handbok för våtmarksbyggare.* Halland: Hushållningssällskapet Halland.

Göteborgs Stad. (2020). *Göteborgs Stads åtgärdsplan för god vattenstatus 2023–2027.* Göteborg: Göteborgs Stad.

Göteborgs Stad. (den 28 05 2023). *Kretslopp och vattens verksamhet*. Hämtat från Vatten-, avlopps- och avfallshistorik: https://goteborg.se/wps/myportal/start/kommun-och-politik/kommunens-organisation/forvaltningar-och-namnder/kretslopp-och-

vatten/kretslopp-och-vattens-verksamhet/vatten--avlopps--och-avfallshistorik 05 2023
Gao, Y., Liang, T., Tian, S., Wang, L., Holm, P. E., & Bruun Hansen, H. C. (den 01 12 2016). High-resolution imaging of labile phosphorus and its relationship with iron redox state in lake sediments. *Environmental Pollution*, ss. 466-474.
Gryaab AB. (den 28 05 2023). *Vad vi gör*. Hämtat från Avloppsvattenrening: https://www.gryaab.se/vad-vi-gor/avloppsvattenrening/ 05 2023
Havs och vattenmyndigheten. (den 24 04 2019). *Miljöpåverkan.* Hämtat från Övergödning: https://www.havochvatten.se/miljopaverkan-och-atgarder/miljopaverkan/overgodning.html 05 2023
Havs och vattenmyndigheten. (den 28 05 2023). *Avlopp.* Hämtat från Information till fastighetsägare om små avlopp: https://www.havochvatten.se/miljopaverkan-och-atgarder/miljopaverkan/fororeningar-och-farliga-amnen/avlopp/information-till-fastighetsagare-om-sma-avlopp.html#h-Otillrackligreningledertillovergodningochsmittspridning
Isaksson, L. (den 19 09 2019). Upprustade Gärdsås mosse redo för besök. *mitt i Göteborg*, 1.
Jordbruksverket. (den 17 11 2022). *Jordbruket, miljön och klimatet*. Hämtat från Övergödning och läckage av växtnäring: https://jordbruksverket.se/jordbruket-miljon-och-klimatet/overgodning-och-lackage-av-vaxtnaring 05 2023
Kostel, J. (den 28 05 2023). *The wetlands initiative*. Hämtat från HOW EXACTLY DO WETLANDS REMOVE NUTRIENTS?: http://www.wetlands-initiative.org/nutrient-removal
Kretslopp och vatten. (2019). *Åtgärdsplan Avlopp – Bräddning.* Göteborg: Göteborgs Stad.
Kretslopp och vatten. (2020). *Trafikdagvatten som avleds till recipient.* Göteborg: Göteborgs Stad.
Kretslopp och vatten. (2021). *Kontrollprogram för recipientarbete.* Göteborg: Göteborgs Stad.
Kretslopp och vatten. (2022). *Komplettering av dagvatten- och skyfallsutredning.* Göteborg: Göteborgs stad.
Länsstyrelsen. (2015). *Sammanställning för åtgärdsområde 33. Säveån.* Västra Götaland: Länsstyrelsen.
Länsstyrelsen. (2017). *Bevarandeplan för Natura 2000-området.* Västra Götaland: Länsstyrelsen.
Länsstyrelsen. (den 28 05 2023). *Säveån Åtgärdsområde*. Hämtat från MKN: https://viss.lansstyrelsen.se/AreaStatisticsForm.aspx?area=8,206&subUnitType=2&tab=MKN 05 2023
Länsstyrelssen. (2020-10-12). *Platsbesök vid Mellbyån, Alingsås kommun.* Västra Götaland: Länsstyrelsen.
Länsstyrelssen. (den 28 05 2023). *VISS.* Hämtat från Säveån - Åtgärdsområde: https://viss.lansstyrelsen.se/AreaStatisticsForm.aspx?area=8,206&subUnitType=2 05 2023
Laudon, H., Lidberg, W., Sponseller, R. A., Hasselquist, E. M., Westphal, F., Östlund, L., . . . Ågren, A. M. (2022). *Emerging technology can guide ecosystem restoration for future water security.* New York: Hydrological Processes.
Ljunggren, O. G. (den 09 05 2023). Mail. *Mejlkorrenspondens gällande Säveåns avrinningsområde*. (T. L. Thegerström, Intervjuare)

Ljunggren, O. G. (den 27 04 2023). Samtal gällande avloppshanteringen i Göteborg kring Säveåns avrinningsområde. *Microsoft Teams (inspelat)*. (T. L. Thegerström, Intervjuare)
Louhi, S. (2005). *Utvärdering av dagvattendammen Gärdsås mosse i Bergsjön.* Bygg- och miljöteknik, Vatten- och miljötekknik. Göteborg: Chalmers tekniska högskola.
Manahan, S. (2017). *Environmental Chemistry* (Vol. 10th). New York, USA: CRC Press.
Manahan, S. (2017). *Environmental Chemistry* (Vol. 10th). New York: CRC Press.
Miljö- och naturresursdepartementet. (den 01 07 1987). Bilavgasförordning. *Bilavgasförordning*. Stockholm, Södermanland, Sverige: Sveriges riksdag.
Nationalencyklopedin. (den 28 05 2023). *Nationalencyklopedin.* Hämtat från Försurning: https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/försurning
Nationalencyklopedin, Lars Ivar Elding. (den 28 05 2023). *Nationalencyklopedin.* Hämtat från Salpetersyra: https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/salpetersyra
Naturskyddsföreningen. (den 25 01 2023). *Hållbara transporter.* Hämtat från Hållbara transporter: https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/hallbara-transporter/ 05 2023
Naturvårdsverket. (den 28 05 2023). *Data och Statistik*. Hämtat från Kväveoxider, utsläpp till luft: https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/luft/utslapp/utslapp-av-kvaveoxider-till-luft/ 05 2023
Naturvårdsverket. (den 28 05 2023). *Klimatet i Framtiden*. Hämtat från Effekter i Sverige: https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatforandringar/klimatet-i-framtiden/effekter-i-sverige/ 05 2023
Nilsson, M. (2013). *Underjordisk dagvattenhantering i urban miljö.* Alnarp: SLU.
Nordstedt, M. (2012). *Urbana våtmarker – Gestaltning av miljöer för vattenhantering, biologisk mångfald och rekreation i stadsmiljö.* SLU. Alnarp: SLU.
Peter Balmér. (den 28 05 2023). *Nationalencyklopedin*. Hämtat från Avlopp: https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/avlopp 05 2023
Plough, H. (den 27 04 2022). Naturliga och antropogena emissioner till vatten och mark. Omvandlingar av näringsämnen. *Marina Institutionen GU*. Göteborg, Västra götaland, Sverige: GU.
SCB. (2007). *Hållbarhet i svenskt jordbruk 2007.* Stockholm: SCB.
SGI. (2017). *Skredrisker i ett förändrat klimat – Säveån Del 1: Sammanfattning och kartredovisning.* Linköping: Statens geotekniska institut.
Stöllman, A. (den 17 04 2023). Korrenspondens gällande dag- och spillvatten hantering vid Renovas site Sävenäs. (T. L. Thegerström, Intervjuare)
Sveriges Miljömål. (den 31 03 2023). *Svergies miljömål*. Hämtat från Ingen Övergödning: https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/ingen-overgodning/ 05 2023
USDA. (den 07 07 2016). *U.S. Department of agriculture*. Hämtat från The Nutrient Challenge of Sustainable Fertilizer Management: https://www.usda.gov/media/blog/2016/06/07/nutrient-challenge-sustainable-fertilizer-management 05 2023
VA-guiden. (den 20 05 2023). *Dagvatten*. Hämtat från Makadamdiken: https://vaguiden.se/dagvatten/anlaggningswiki/makadamdike/ 05 2023
Vattenmyndigheterna. (den 28 05 2023). *Vattenförvaltning*. Hämtat från Vattenförvaltning i Sverige: https://www.vattenmyndigheterna.se/vattenforvaltning/vattenforvaltning-i-sverige.html 05 2023

Weinehammar, K., Westlund, K., & Johansson, S. (den 11 september 2020). Bygg inte bort de få kvarvarande grönytorna i Göteborg. *Göteborgsposten*, 20. Hämtat från www.gp.se: https://www.gp.se/debatt/bygg-inte-bort-de-få-kvarvarande-grönytorna-i-göteborg-1.33801599?fbclid=IwAR0feFA--uM3hOvGl1Xxmhsh6h3ooQ75hPEETe7pNR66DCu13q-a4_Zr9x0

Zadeh (FAO), S. M., Mateo-Sagasta, J., & Turral, H. (2017). *Water pollution from agriculture: a global review.* Rom: FAO UN.