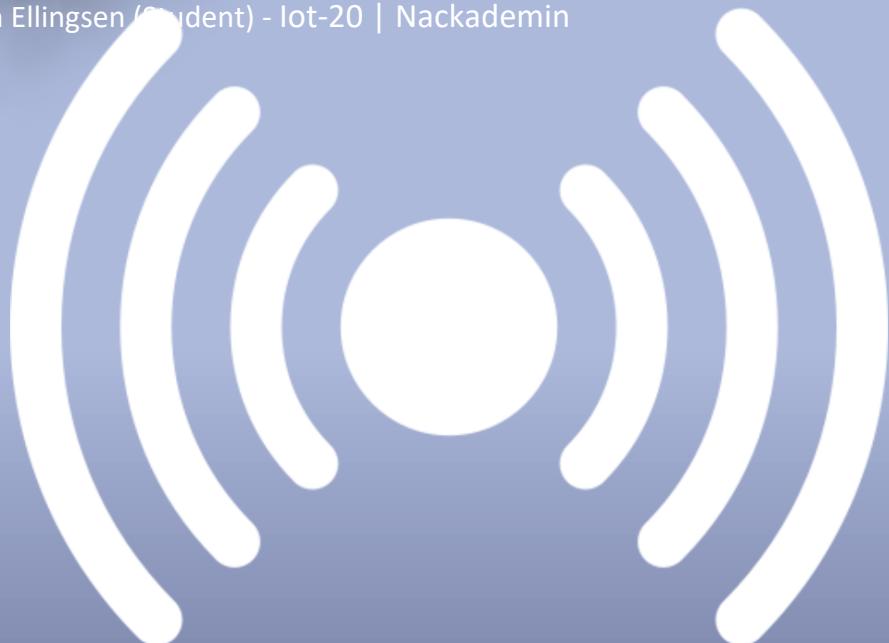


[CO₂-mätning Stockholm]

Examensarbete 2022

Robin Ellingsen (Student) - lot-20 | Nackademin

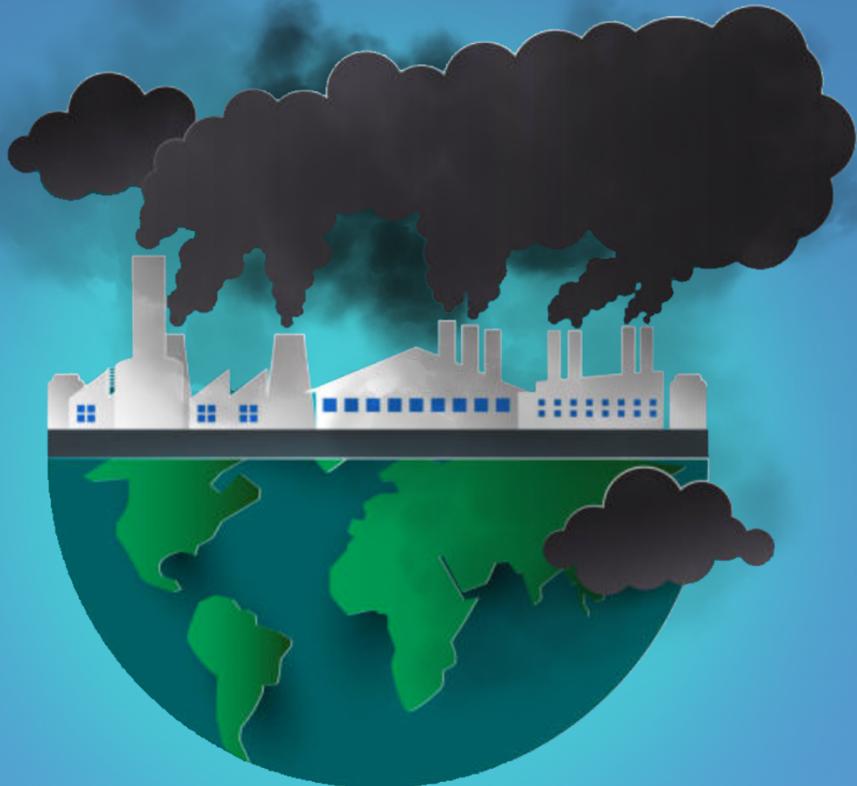


1 Förord.....	3
2 Bakgrund & Forskningsöversikt.....	3
1 Bakgrund	3
2 Vad är Koldioxid?	3
3 Forskningsöversikt	4
4 Statliga mätningar.....	5
2.4.1 Lokal mätning på enskild väg:.....	5
2.4.2 Stordata mätning Lokalt/Globalt.....	7
5 Syfte	7
2.5.1 Användning.....	8
2.5.2 Exempel.....	8
1.1.1 Mätning	8
Mätning av eventuella gasläckor på industrier eller i hem. Lägenhetskomplex kan använda denna lösning för att mäta brandrök* eller annan valfri farlig gas/rök.	8
2.1.1 Utbyte.....	8
3.1.1 Utbyte utav sensor kan skicka valfria värden tex temperatur, vibrationer, ljus till databas för analys. I och med att allt sker över GSM så är lösningen helt mobil och kan appliceras på även de mest avlägsna platserna.	8
6 Avgränsningar	8
2.6.1 Underökningens mätbegränsning	8
2.6.2 Statliga mätämnen	8
7 FRÅGESTÄLLNING.....	9
8 Metodbeskrivning	9
3 Utforande	10
1 Komponentöversikt	10
3.1.1 Hårdvara:.....	10
3.1.2 Kopplingsschema mcu.....	10
2 PPM	14
3.2.1 Förklaring.....	14
3 Databaser	15
3.3.1 ThingSpeak	15
3.3.2 MongoDb.....	16
4 Resultat	17
1 Sammanställning.....	17
4.1.1 Representationsdata	17
4.1.1 Total Ton/transport/per person/år	17
5.1.1 Total Ton/transport/år	18
4.1.2 Sveriges Miljöårsbeslut För transportsektor 2020	21
5 Diskussion.....	21
1 Parisavtalets mål.....	21
5.1.1 Den globala temperaturen	21
5.1.2 Mätningar lokalt	22
5.1.3 Pandemin	22
6 Slutsats.....	22
7 Källor.....	23

"Det finns inga tecken på att mängden växthusgaser i atmosfären skulle minska, trots alla åtaganden som gjorts utifrån Parisavtalet. Vi måste gå från ord till handling och öka ambitionsnivån", säger WMO:s generalsekreterare Petteri Taalas, i ett pressmeddelande från WMO."

Petteri Taalas påpekar också att senast jorden upplevde en jämförbar koncentration av koldioxid var för 3 - 5 miljoner år sedan. Då var temperaturen 2 – 3°C högre och havsnivån var 10 - 20 meter högre än idag.

"– Koncentrationerna av växthusgaser fortsätter att öka och utsläppen är fortsatt alldeles för höga. De samlade nationella åtagandena som finns idag räcker inte för att nå målet om att begränsa uppvärmningen till 2 grader Celsius, än mindre 1,5 grader, säger Erik Kjellström, professor i klimatologi vid SMHI."

A handwritten signature in black ink, likely belonging to the author or a representative, is placed at the bottom of the page.

1 FÖRORD

Under de fyra veckor som mätningar skulle ha ägt rum så gick stor del av tiden till att felsöka både kod samt enheter för sin oförmåga till samspel. Detta innebär direkt att stor del av tidsenlig data gick förlorad, samt att sensorn använd i denna studie visade sig vara av felaktig modell. Dock går denna studie att applicera praktiskt med användning av korrekt sensor. Datat ifrån sensorer i studien är därför missvisande** och anses vara ett hypotetiskt verktyg för att påvisa hur ett korrekt utförande ter sig.*

*se tex. (MG-811 Sensor) eller MQ135

** datan är en blandning av rök/kolmonoxid/slumpmässigt värde mellan 10^6 - $10^6 * 2$

2 BAKGRUND & FORSKNINGSÖVERSIKT

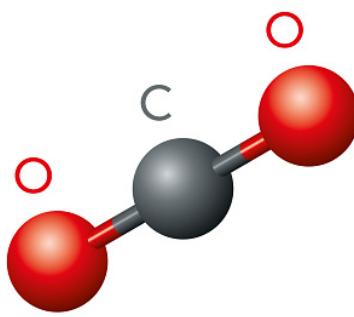
1 BAKGRUND

Enligt [parisavtalet](#) så ska den globala temperaturökningen hållas långt under 2 grader Celsius och avtalsmedlemmarna ska jobba för att den ska stanna vid max 1,5 grader. För att Sverige och världen ska lyckas med det här så betyder det att vi kraftigt måste sänka våra utsläpp av växthusgaser. En stor bidragsfaktor till en förhöjd global temperatur är den koldioxid(CO_2) som vid förbränning av fossila bränslen återför kol till atmosfären som varit utanför jordens kretslopp under miljoner år. Så länge koldioxidutsläppen fortsätter kommer atmosfärhalten att fortsätta öka. Koldioxid är en långlivad växthusgas och temperaturen i världen kommer att fortsätta vara hög under lång tid, även om utsläppen reduceras till netto noll. Med stigande temperaturer följer ökad förekomst av extremvärder som värmeböljor, skyfall och torka. Andra konsekvenser handlar om smältande isar, stigande havsnivåer och försurning av haven.

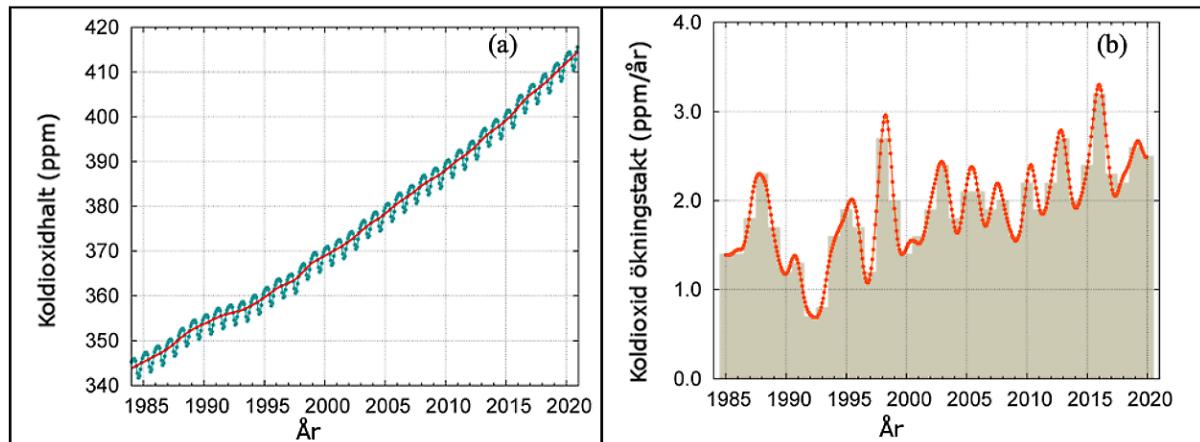
2 VAD ÄR KOLDIOXID?

Koldioxid, eller CO_2 , är en molekyl som består av en (1) kolatom och två (2) syreatomer. Molekylen CO_2 finns naturligt i våran atmosfär och mängden varierar beroende på plats och årstid. På grund av den ökade fotosyntesen så minskar mängden på våren, då växterna plockar upp högre koncentration av koldioxid. CO_2 kan uppträda i tre former, gas – vätska och fast form, den blir gas vid temperaturer högre än $-78,5^\circ\text{C}$.

Värden av CO_2 -halten i jordens atmosfär kan har kunnat estimeras ca 800.000 år bakåt i tiden, och då har jordens atmosfär haft en koncentration om mellan 200 och 300 ppm. Inte förrän den efterindustriella tiden har värdena stigit markant. År 2017 översteg den genomsnittliga CO_2 -koncentrationen 400 ppm globalt, enligt världsmeteorologiorganisationen WMO:s årliga rapport om växthusgaser i atmosfären



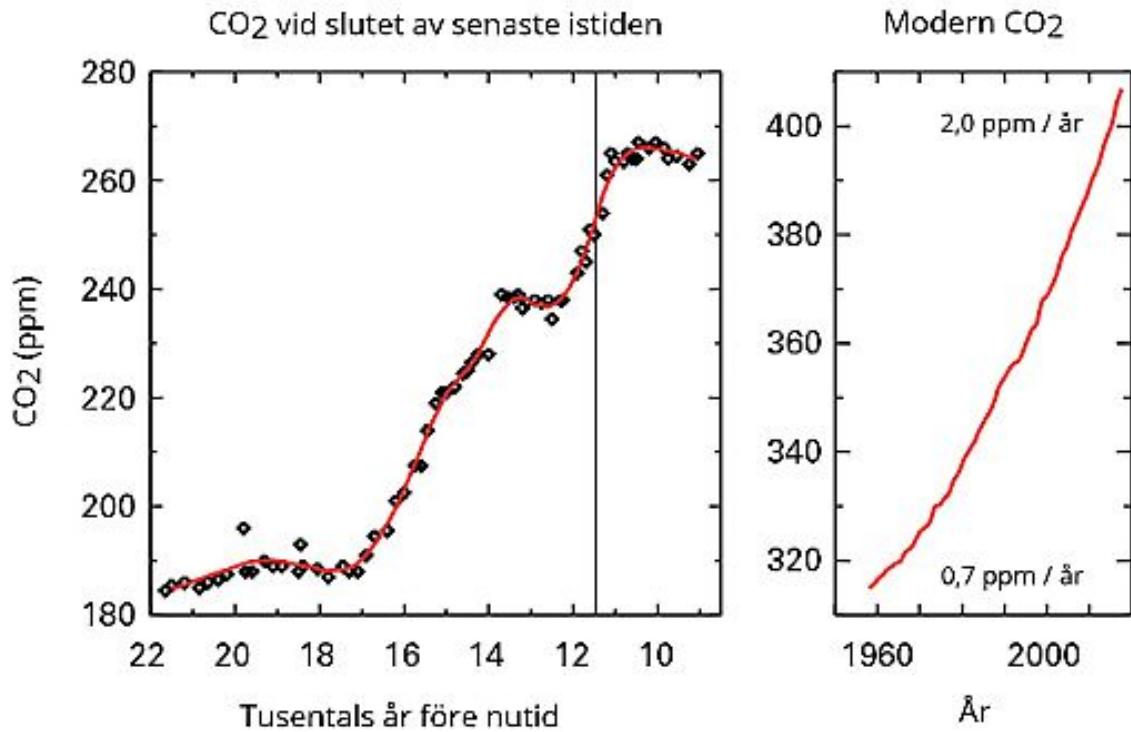
3 FORSKNINGSÖVERSIKT

Koldioxid (CO_2)

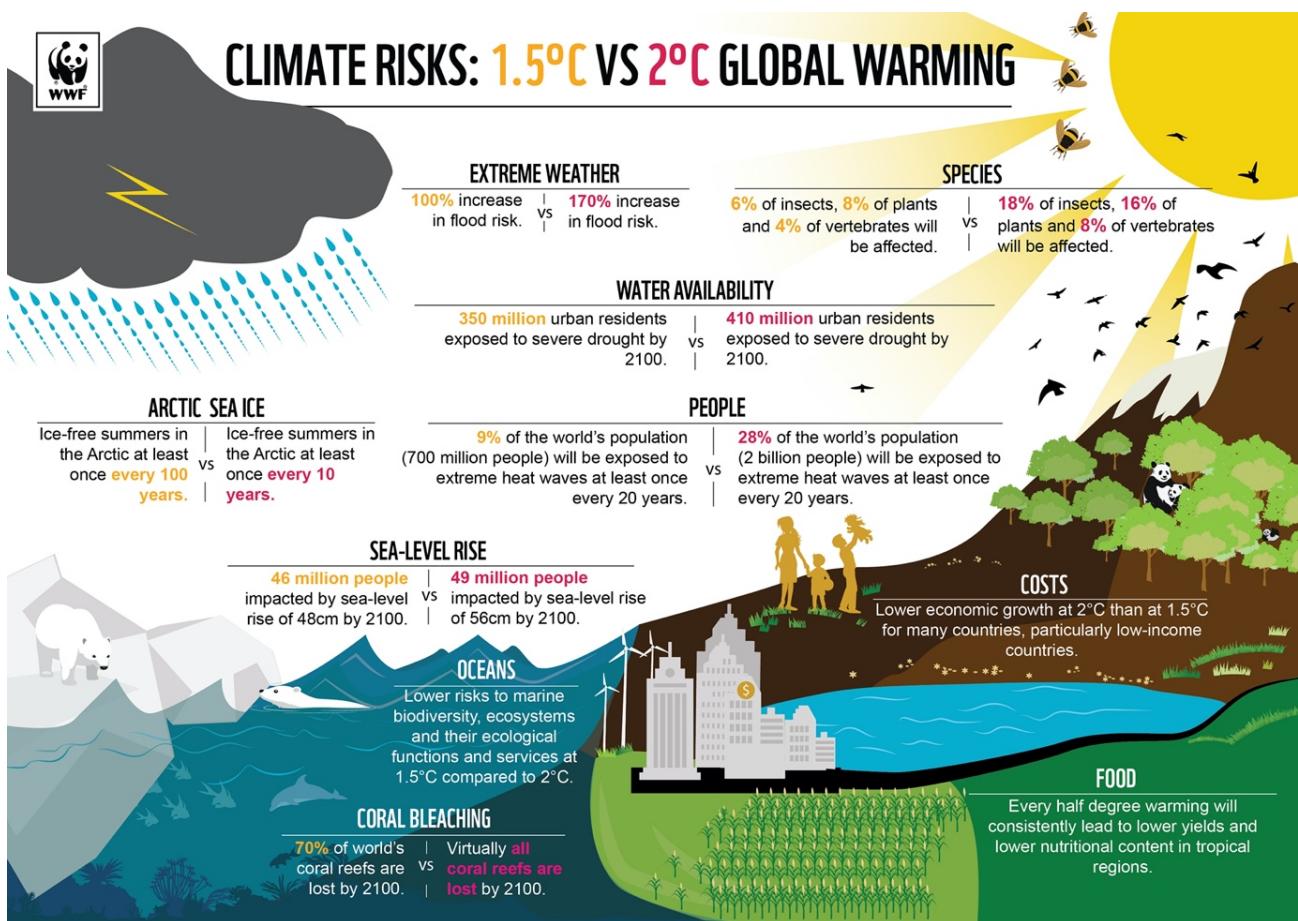
Global genomsnittlig koldioxidhalt (a) och tillväxthastigheten (b) mellan 1984 & 2020.

Observationer från 139 stationer på olika platser användes för analysen.

Illustration WMO Greenhouse Gas Bulletin 2021.



Under de senaste 800 000 åren har koldioxidhalten legat under 300 ppm, innan de industriella värdena. Den ligger nu över 400 ppm.

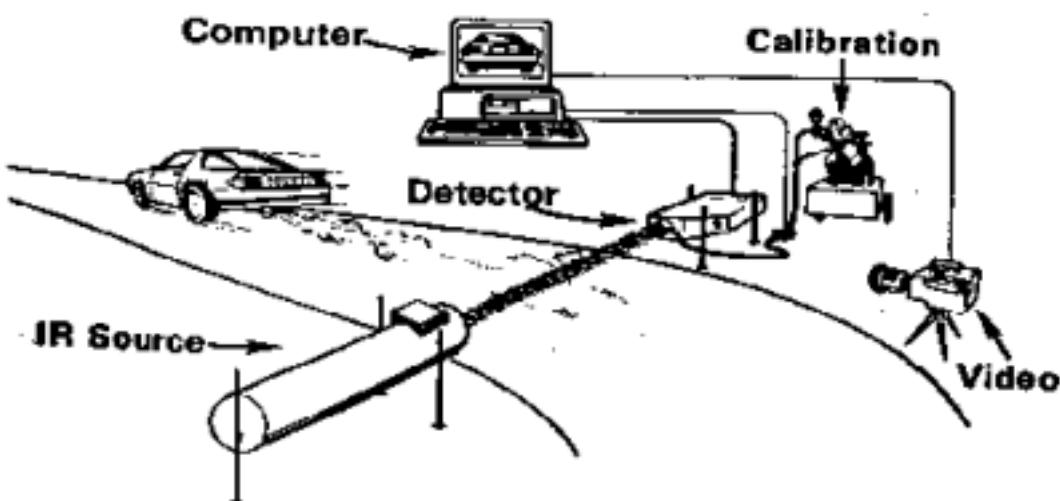


Bildkälla: https://wwf.panda.org/wwf_news/?336701/Let-us-maintain-global-warming-at-15C-to-save-Madagascar

4 STATLIGA MÄTNINGAR

2.4.1 LOKAL MÄTNING PÅ ENSKILD VÄG:

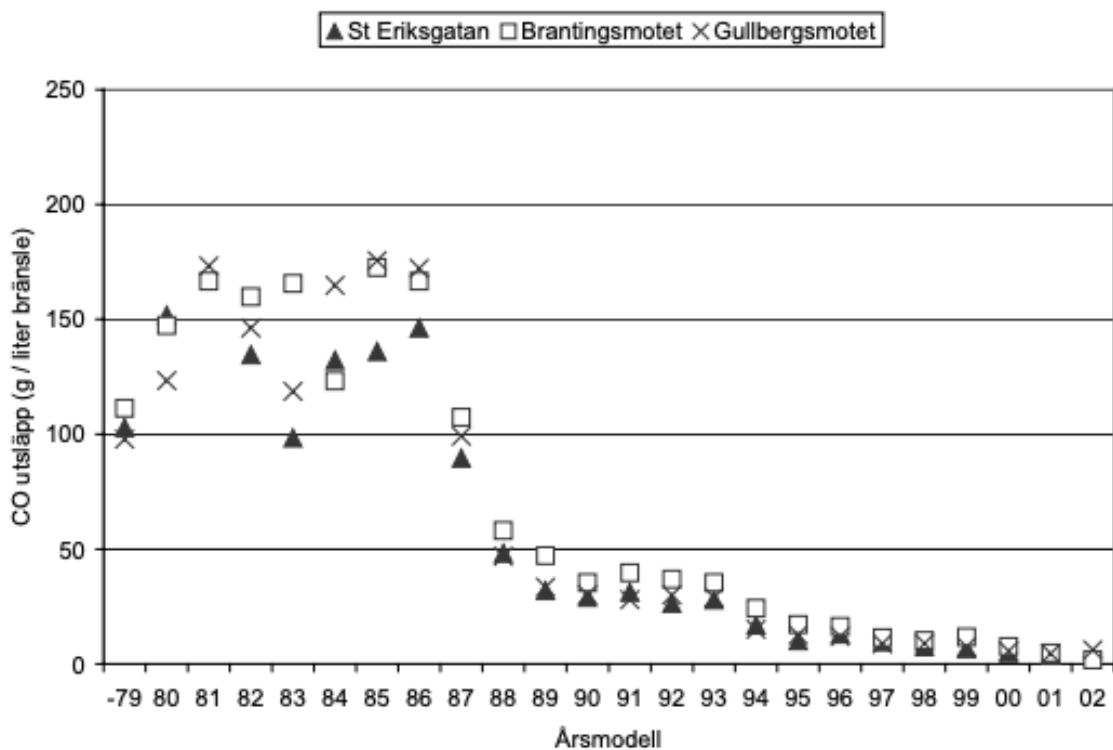
En mätningssmetod kallad FEAT-metoden, använd på tre olika platser i Göteborg: St Eriksgatan, Brantingsmotet samt Gullbergsmotet under perioden 21/5 – 21/6 2001, möjliggjorde mätning av enskilda bilars utsläpp(*IVL rapport B1609*). Med hjälp av Infrarött och ultraviolett ljus kan gaser som koldioxid mäts och presenteras som gram per liter.





Mätuppställning St Eriksplan.

Datatillgängligheten var för mätperioden förhållandevis god, med reservation för bortfall på grund av regn, då det ej gick att mäta av tekniska skäl.

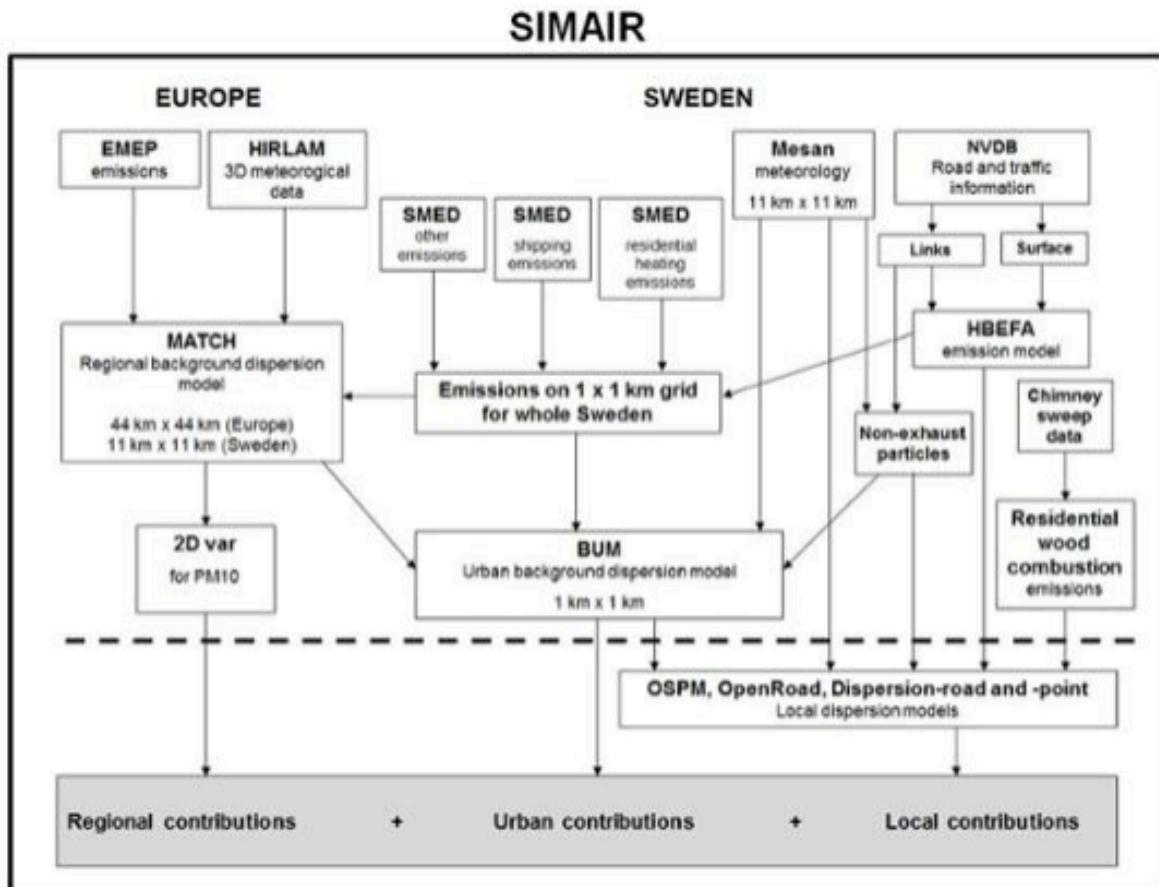


Resultatsammanställning personbil / årsmodell.

2.4.2 STORDATA MÄTNING LOKALT/GLOBALT

De rapporter presenterade på Nationella Emissionsdatabasen, som används av SMHI samt Trafikverket i Sverige, grundar sig på SIMAIR. Detta är ett system som innehåller information om det hela statliga vägnätet inklusive information om trafikflöden på varje väglänk typ av fordon, hastighetsbegränsningar m.m.

Simair delar upp det kommunala vägnätet i block om 1 x 1 km för att extrahera emmisionsraster sedan 1990.



Vid uträkningarna används emissionsdata från SMED (Svenska MiljöEmissionsData). SMED:s sakområde Luft tar fram, beräknar och sammanställer allt underlag avseende emissioner till luft till dels Sveriges klimatrappertering till FN:s klimatkonvention UNFCCC och till EU-kommissionen. Hur de mäter emission framgår inte.

5 SYFTE

Projektet i sin helhet går ut på att mäta Co2-nivån på en utav Stockholms mest trafikerade gator under kursperioden för att sedan försöka stämma av med mätdatat ifrån YR samt Trafikverket som hämtas ifrån respektive API, och Naturvårdsverkets samt SMHIs databas för stordata. Mätningen görs i enhet "ppm*" och kommer att lagras ihop med resterande data i en databas för att i sin tur kunna plocka ut relevant information samt att göra en presentation för att förutspå utfallet till år 2040, som är året då vi enligt [parisavtalet](#) ska ha nått ett nollprocentsvärde. Det här görs för att få en djupare förståelse i de siffror som presenteras årligen globalt.

* ppm utläses "parts per million" vilket står för "miljondelar", 1 ppm = 0,0001 %

** ppb utläses "parts per billion" vilket står för "miljarddelar", 1 ppb = 0,0000001 %

.

*I hela rapporten menas PPM i koldioxidenhet om ej annat anges.

Notera att felaktig sensor är använd under studien vilket medför att de egna siffrorna är rent hypotetiska!

2.5.1 ANVÄNDNING

Undersökningen registrerar enbart Co2 (koldioxid), trots detta så kan valfri sensor appliceras på liknande studie med samma medel för att få ut relevant mätdata.

2.5.2 EXEMPEL

1.1.1 Mätning

Mätning av eventuella gasläckor på industrier eller i hem. Lägenhetskomplex kan använda denna lösning för att mäta brandrök* eller annan valfri farlig gas/rök.

2.1.1 Utbyte

3.1.1 Utbyte utav sensor kan skicka valfria värden tex temperatur, vibrationer, ljus till databas för analys. I och med att allt sker över GSM så är lösningen helt mobil och kan appliceras på även de mest avlägsna platserna.

* Ej för att ersätta en brandvarnare utan enbart för komplettering.

6 AVGRÄNSNINGAR

2.6.1 UNDERÖKNINGENS MÄTBEGRÄNSNING

De officiella mätningar som är gjorda med större ekonomiska förutsättningar mäter fler gaser än i den här studien, samt innehåller beräkningar för damm och förslitningsskador på väg efter dubbdäck då de avger miljöfarligagifter. Fokusområdet i denna studie är enbart på Co2-gas, då sensorerna som används är oförmögna till att mäta annat och är utanför syftesområdet. Eftersom att mätning sker lokalt på enskild väg så tillfaller det också endast inrikes vägburen transport. Flyg och fartygstrafik utesluts samt bensin och dieseldrivna arbetsmaskiner så som gräsklippare etc.

2.6.2 STATLIGA MÄTÄMNEN

Stockholm och Sverige mäter efter avtal flertalet växthusgaser i utsläpp. Sammanfattning utefter kategori:

Ammoniak(NH3), Flyktiga org.ämnen(MNVOC), Kväveoxider(NOx), PM2.5(partiklar <2.5 mikrom.) Saveloxider(SOx), Arsenik(As), Benzo(a)pyren, Bly(Pb), Dioxin, Hexaklorbensen(HCB), Kadmium(Cd), Koldioxid(CO2), Kolmonoxid(CO), Koppar(Cu), Krom(Cr), Kvicksilver(Hg), Lustgas(N20) CO2 ekv, Metan(CH4) CO2-ekv, Nickel(Ni), PM10, Polyaromatiska Kolväten(PAH-4), Polyklorerade bifenyler (PCB), Selen (Se), Sot(BC), TSP(partiklar totalt), Zink(Zn).

7 FRÅGESTÄLLNING

- Hur påverkas datat av yttre faktorer?
- Vad finns det för nytta av att mäta lokalt?
- Påverkar coronapandemin transportutsläppen?

8 METODBESKRIVNING

För att nå de mål som satts upp, och för att svara på de frågor som ställts, används följande metoder:

- Förstudier som analys av SMHI's stordata.
- Modeller och beräkningar
- Egeninsamlad data

Tidigare relevant data ifrån öppna arkiv är till stor grund för undersökningen. Information från olika myndigheter och vetenskapliga rapporter har en stor betydelse för informationsinhämtning i frågor som rör koldioxidutsläppen i Sverige. För att ytterligare underbygga relevansen i frågan genomförs analys av egeninhämtad data. Eftersom syftet med projektet är att ge konkreta resultat fordras även modeller där numeriska beräkningar genomförs. Huvudsakligen används ThingSpeak, Matlab och Tableau för beräkningar och presentation av resultat. Modellen beskrivs mer ingående senare i rapporten.

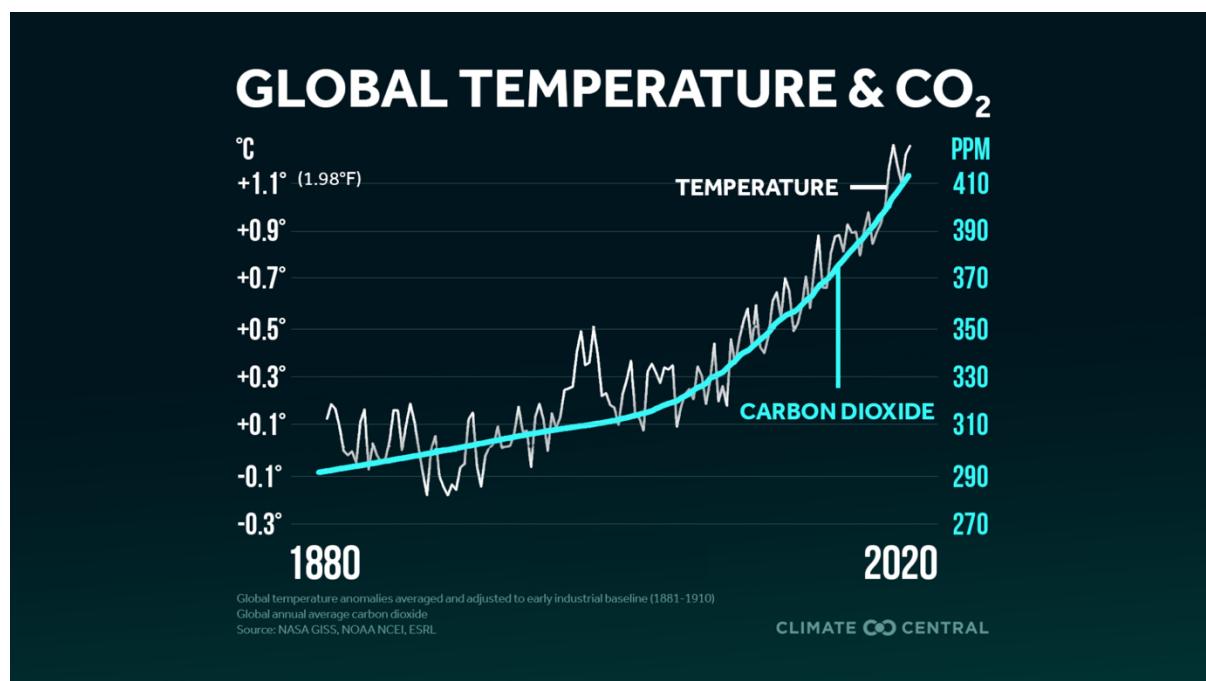
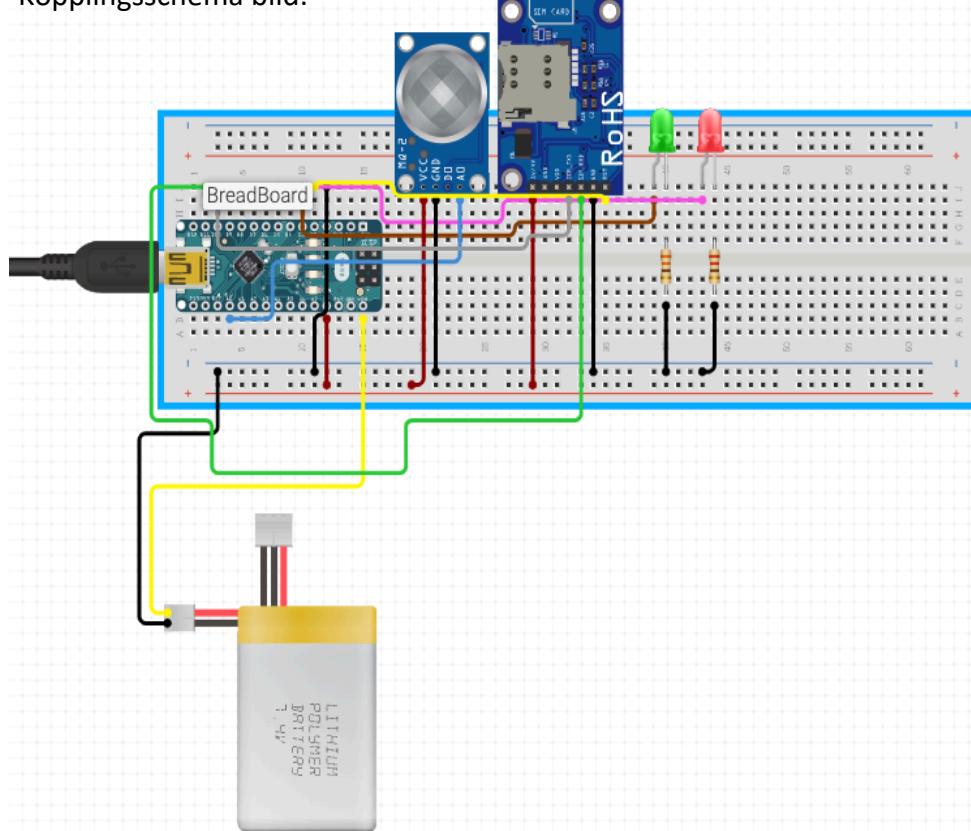


Bild ifrån Nasa.gov

3 UTFÖRANDE

1 KOMPONENTÖVERSIKT

Kopplingsschema bild:



3.1.1 HÅRDVARA:

- Arduino nano
- MQ-2 Sensor
- 2x 5v Led
- Sim800L
- Antenn
- 3g GSM simkort med data plan.
- Batteri

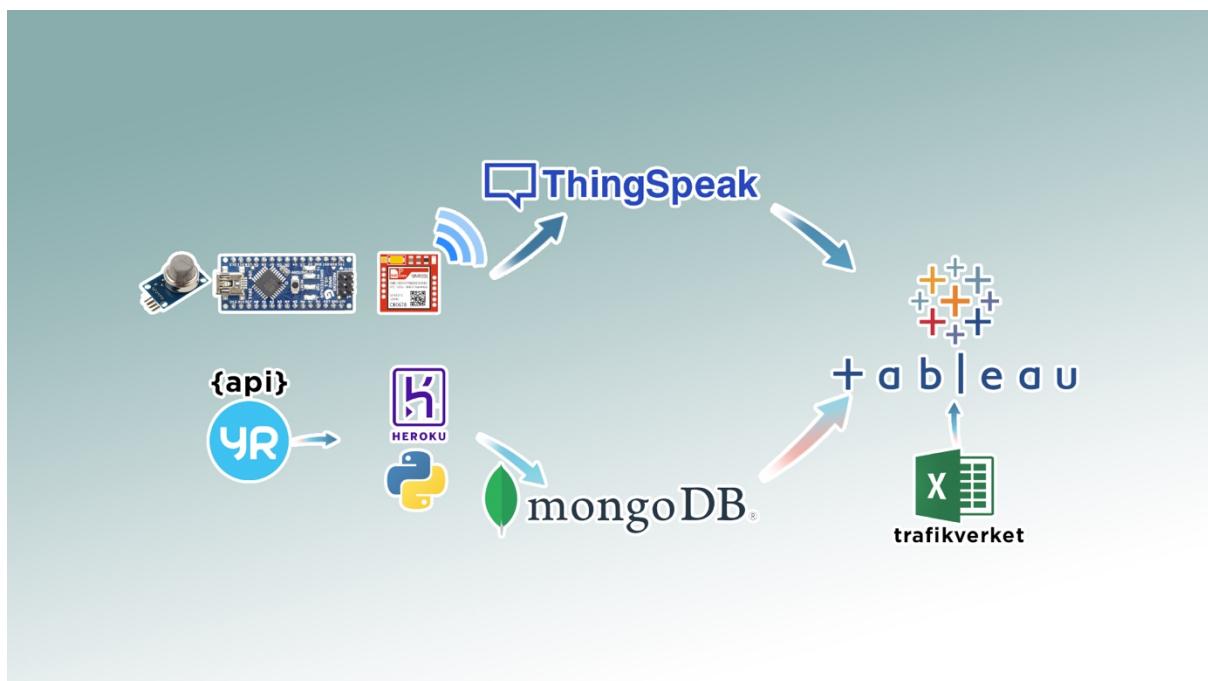
3.1.2 KOPPLINGSSSCHEMA MCU

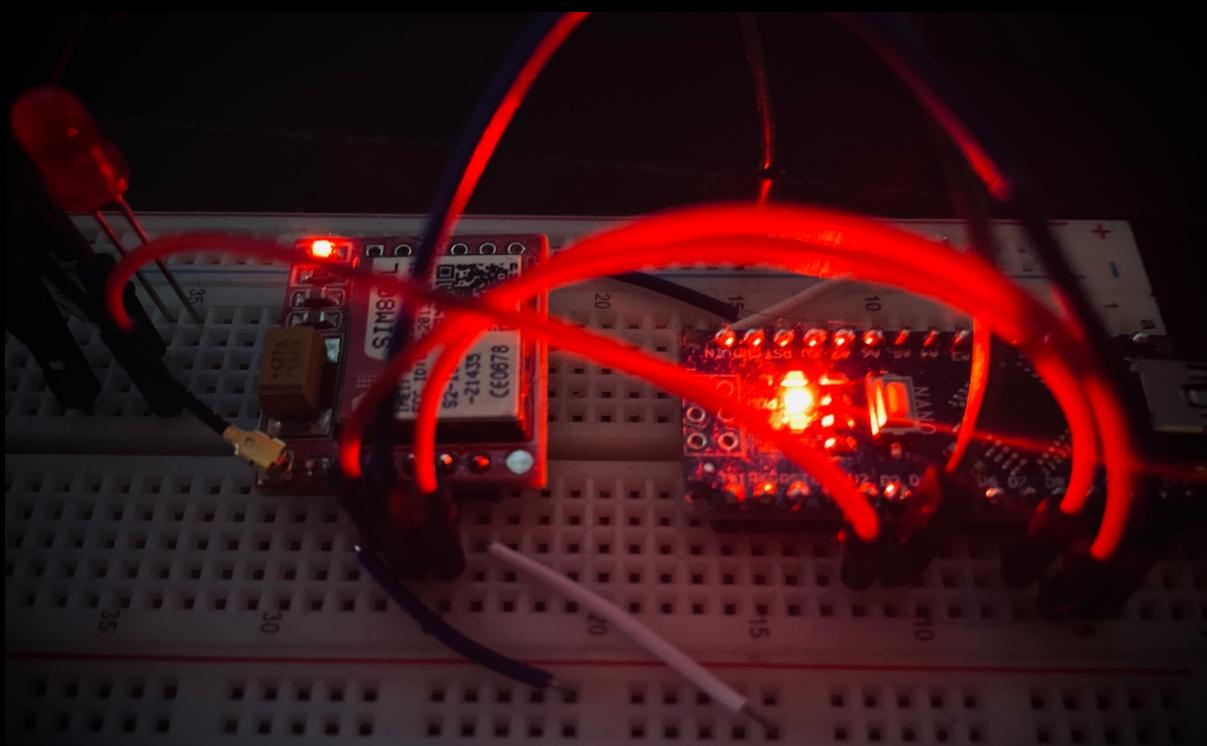
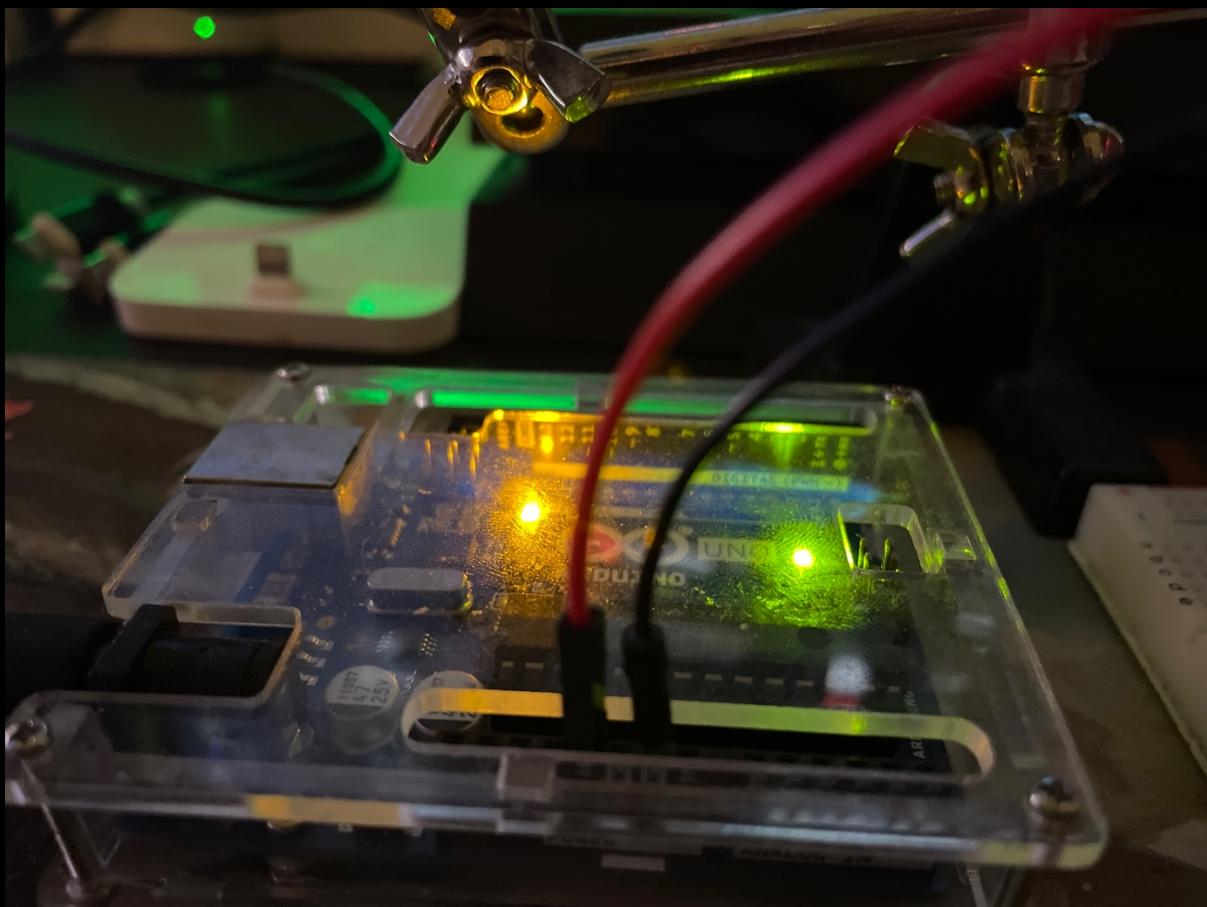
- Gnd.
- Vin 5v.
- A0 Mq-2 sensor.
- D2 Röd led.
- D3 Grön Led.
- D7 Rx on Sim800L.

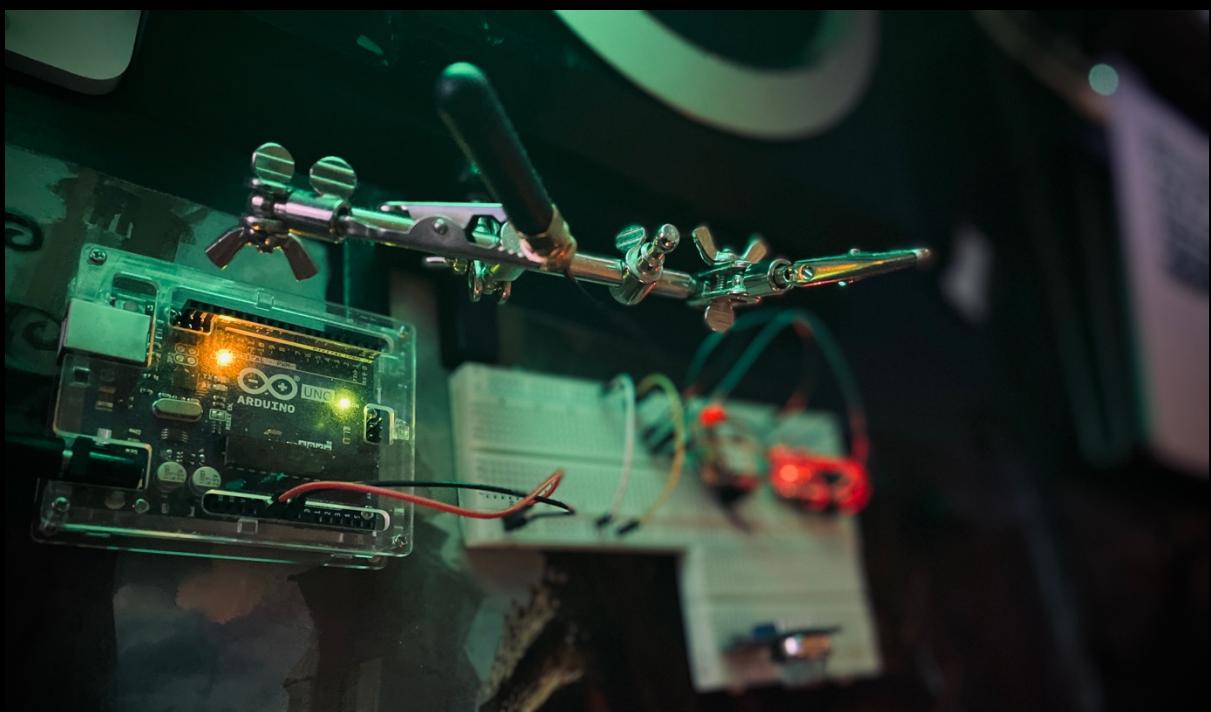
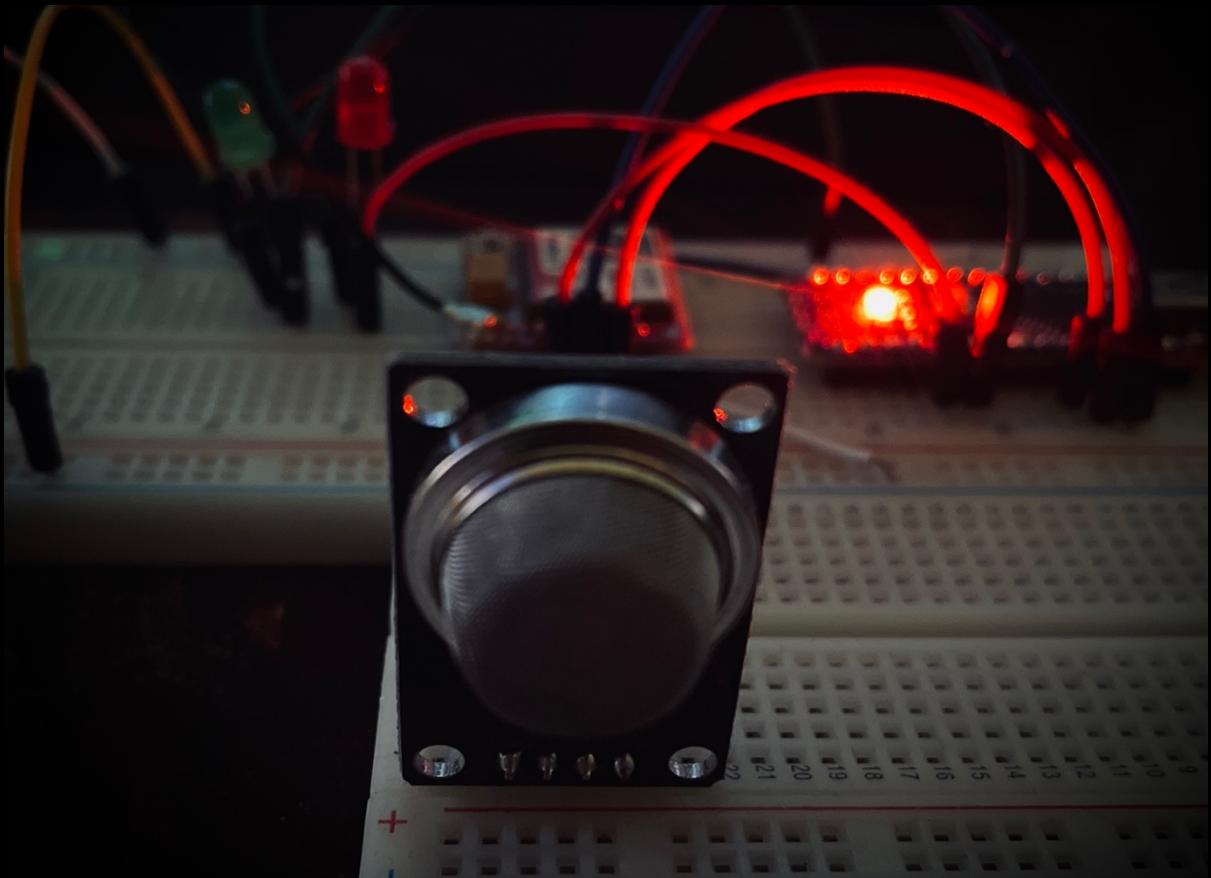
-D8 Tx on Sim800L.

-D9 Rst on Sim800L.

- Lösningen samlar mätvärden varje timme och registrerar dem över 3G till ThingSpeak.
- Databasen hämtas och registreras i *Tableau* för en dagsrapport som senare sammanställs till månadsrapport.
- Öppet väder-API (YR) hämtas och används för eventuell relation (CO2 & Temperatur).
- Väder-API registreras även i en MongoDb databas.
- Total sammanställning samt slutsats ges med visuell data







2 PPM

PPM är det standardvärde som globalt används för att mäta halter av växthusgaser. För att kunna använda lokal mätdata så måste enheten överrensstämma med respektive stordata för att kunna utgöra likvärdig och jämförbar analys.

3.2.1 FÖRKLARING

PPM är en dimensionslös storhet, som är en miljondel och även representeras som talet 10^{-6} . Uttryckt i promille är $1 \text{ ppm} = 0,001 \text{ promille}$. 1 procent är alltså lika med $10\,000 \text{ ppm}$.

I den här undersökningen så användes uträkning för mv/v till ppm för att konvertera sensorvärdet till en för sammanhanget relevant enhet. ($1.0e + 00$) ($1.0e+03$)

mv/v millivolt/volt	ppm
1	1,000
2	2,000
3	3,000
4	4,000
5	5,000
6	6,000
7	7,000
8	8,000
9	9,000
10	10,000
100	100,000
1000	1,000,000

Omvandlingstabell i heltal

Formeln använd för projektet ser ut som nedan:

$$Rs \setminus RL = (Vc - VRL) / VRL$$

$$Rs = RL * (Vc - VRL) / VRL \quad Vc = 5 \text{ Volts}$$

```
int MQGetPercentage(float rs_ro_ratio, float *pcurve)
{
    return (pow(10, ((log(rs_ro_ratio)-pcurve[1])/pcurve[2]) + pcurve[0]));
}
```

3 DATABASER

3.3.1 THINGSPEAK

ThingSpeak är en livedatabas använd för att direkt ladda upp data ifrån MCU'n. Arduino Uno tar in sensorvärden och med hjälp av Sim800L enheten skickar den upp data direkt till ThingSpeak via AT-commands. ThingSpeak hanterar data genom API till och från enheter.

ThingSpeak har även stöd för MATLAB från MathWorks, som tillåter vidare analyser och visualisering av den uppladdade datan.

Dashboard på ThingSpeak



3.3.2 MONGODB

MongoDb är en NoSql-databas som använder JSON scheman. Det är väldigt skalbart och möjligheten att visualisera data i realtid erhålls. Ett pythonscript på heroku hämtar YR's väderdata samt Co2 värdena ifrån thingspeak och uppdaterar MongoDb databasen varje timme. All data exporteras ut i CSV-format för sammanställning i Tableau.

Överblick kluster MongoDB (A) :

The screenshot shows the MongoDB Atlas interface. At the top, there are buttons for '+ Create Database' and 'Find'. Below that, it says 'STORAGE SIZE: 36KB TOTAL DOCUMENTS: 9 INDEXES TOTAL SIZE: 36KB'. There are tabs for 'Indexes', 'Schema Anti-Patterns', 'Aggregation', and 'Search Indexes'. On the right, there are buttons for 'INSERT DOCUMENT', 'OPTIONS', 'Apply', and 'Reset'. A 'FILTER' bar at the bottom has the query '{ field: 'value' }'. The main area is titled 'QUERY RESULTS 1-9 OF 9' and shows two documents:

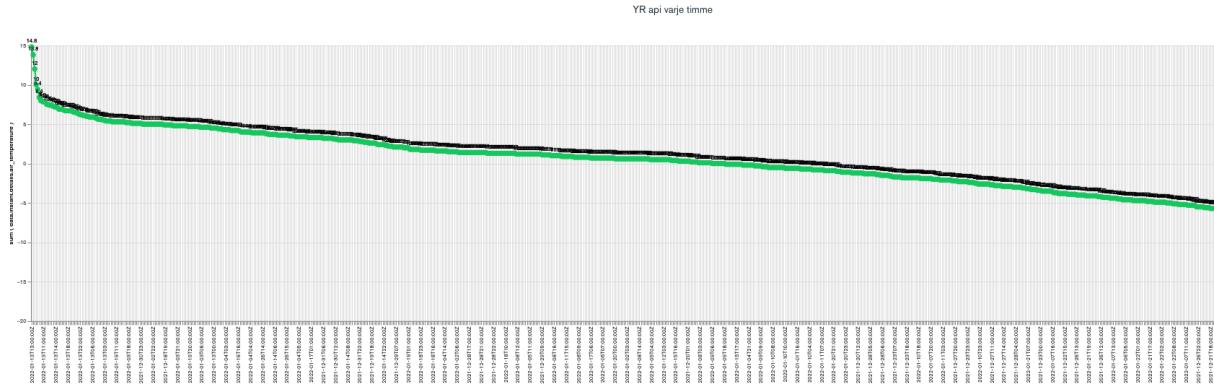
```

{
  "_id": "ObjectId(\"61f0b36a36fc7cf448432a14\")",
  "created_at": "2022-01-26T02:01:53Z",
  "entry_id": 1521,
  "field1": "1016807"
}

{
  "_id": "ObjectId(\"61f0b37136fc7cf448432a18\")",
  "created_at": "2022-01-26T02:01:53Z",
  "entry_id": 1521,
  "field1": "1016807"
}

```

Överblick Yr väderdata under januari (B):



4 RESULTAT

1 SAMMANSTÄLLNING

4.1.1 REPRESENTATIONSDATA

Den data som tillhandagås och presenteras inför FN årligen är under stark tillsyn. Även om många kommuner i Sverige idag ej sköter sin rapportering till Emissionsdatabasen eller SimAir så går det att skapa en generell överblick som någorlunda stämmer överens med sanningen. Även om den stordata vi har är tillförlitlig så finns det anledning till att enskilt mäta av högtrafikerade gator för sig då en realtidsuppdatering hjälper till att förutspå utfallet.

4.1.1 Total Ton/transport/per person/år

Figur A.



Samanställd data ifrån emissionsdatabasen i Tableau.

En sammanställning ifrån Emissionsdatabasens resultatrapport 2020, grafen representerar Co2 utsläpp av inrikes transporter per person mellan perioden 1990 -2020 i enheten ton/per person.

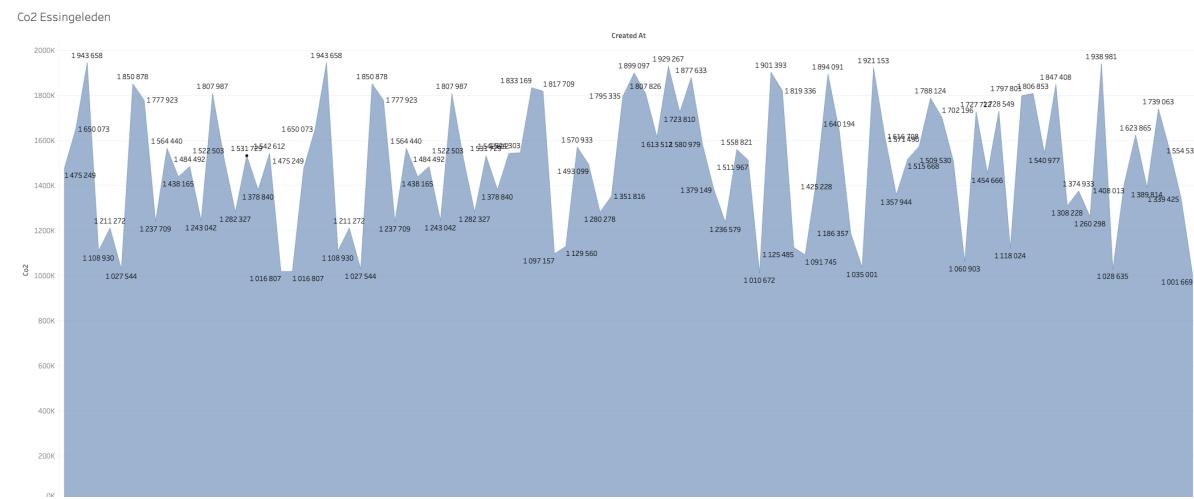
5.1.1 Total Ton/transport/år

Figur B.

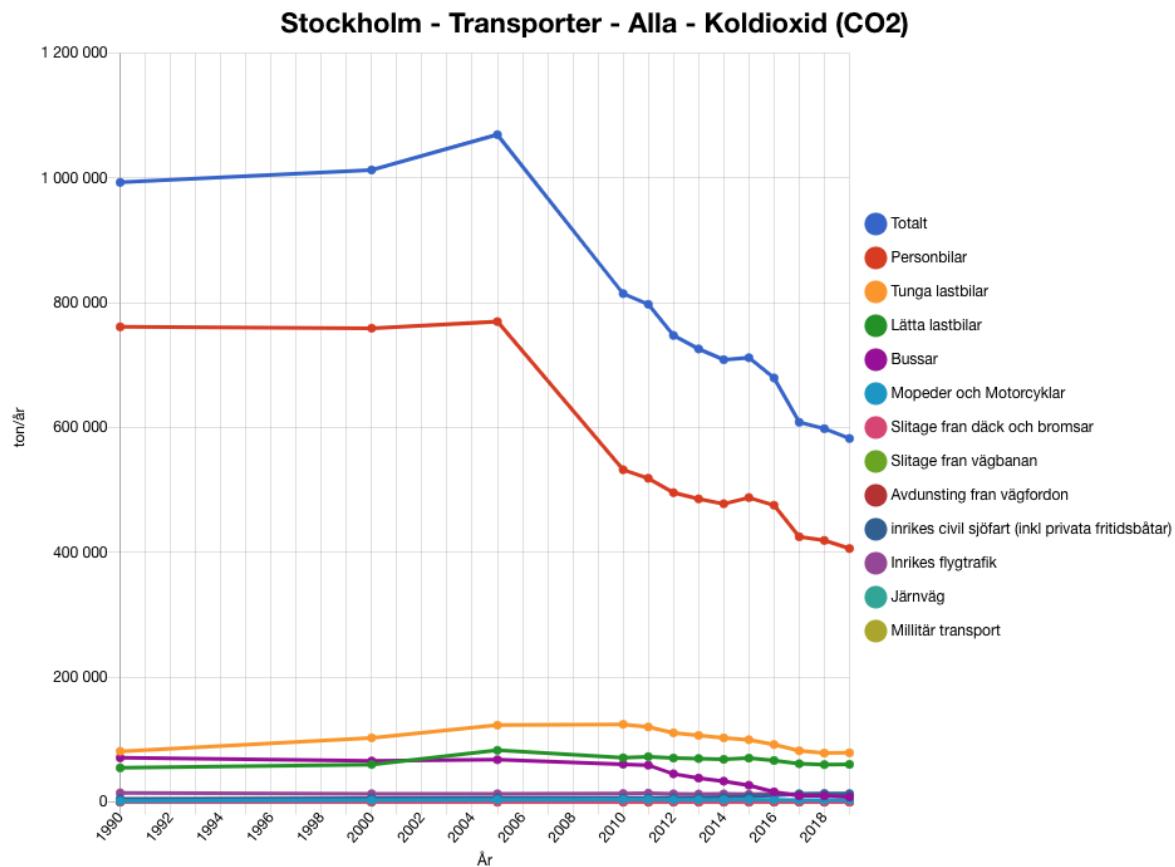


Samanställning visuell graf av totala Co2-gaser inrikes transport per år i Tableau.

Figur C.



Figur D.

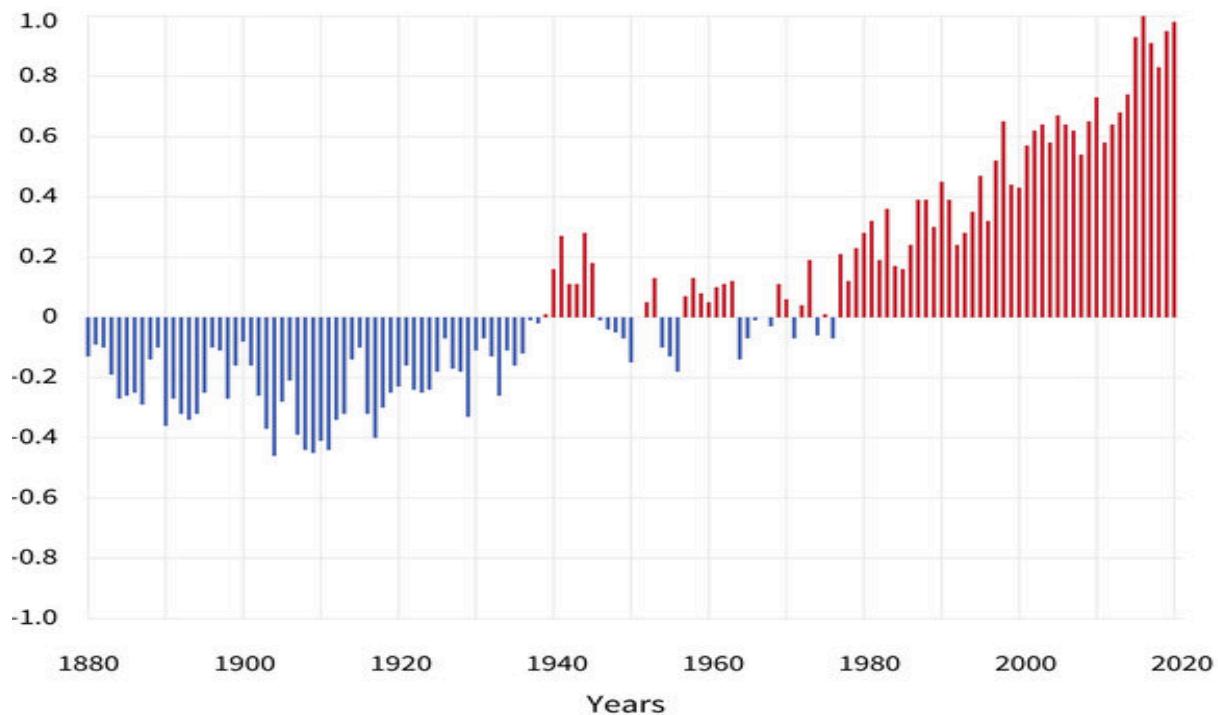


Total sammanställning CO₂-utsläpp i Stockholm perioden 1990-2019 ifrån Nationella Emissionsdatabasen. <https://nationellaemissionsdatabasen.smhi.se/>
2019 års resultat = 582 488 T ton.

Figur E.



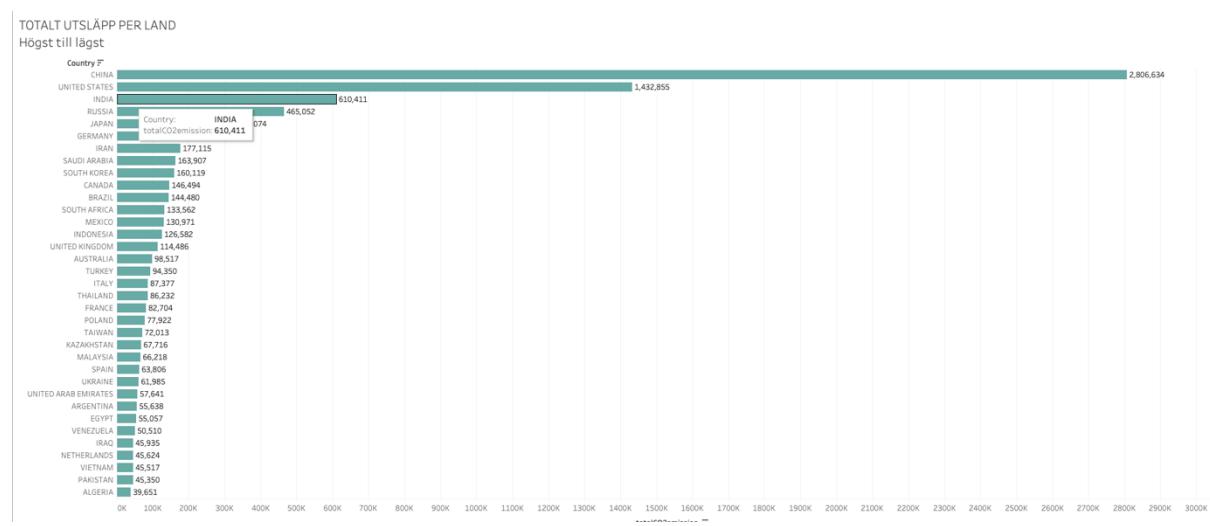
Visuell plot över världstemperaturen period 1960-2020 sammanställd i Tableau.



Visuell graf över den genomsnittliga globala temperaturerna mellan 1880 till 2020.

Data hämtat ifrån National Centers for Environmental Information.

<https://www.ncdc.noaa.gov/cag/global/time-series>



Utdrag av graf med Utsläpp per Land i ordningen högst till lägst.

Kina = 2,806,634. Co2, med en total av växthusgaser på 9,300 Mt.

Sverige = 11,841. Co2

4.1.2 SVERIGES MILJÖÅRSBESLUT FÖR TRANSPORTSEKTOR 2020

Sveriges riksdags beslut för att nå klimatmålen i enlighet med Parisavtalet gällande transportsektorn 2020 är följande:

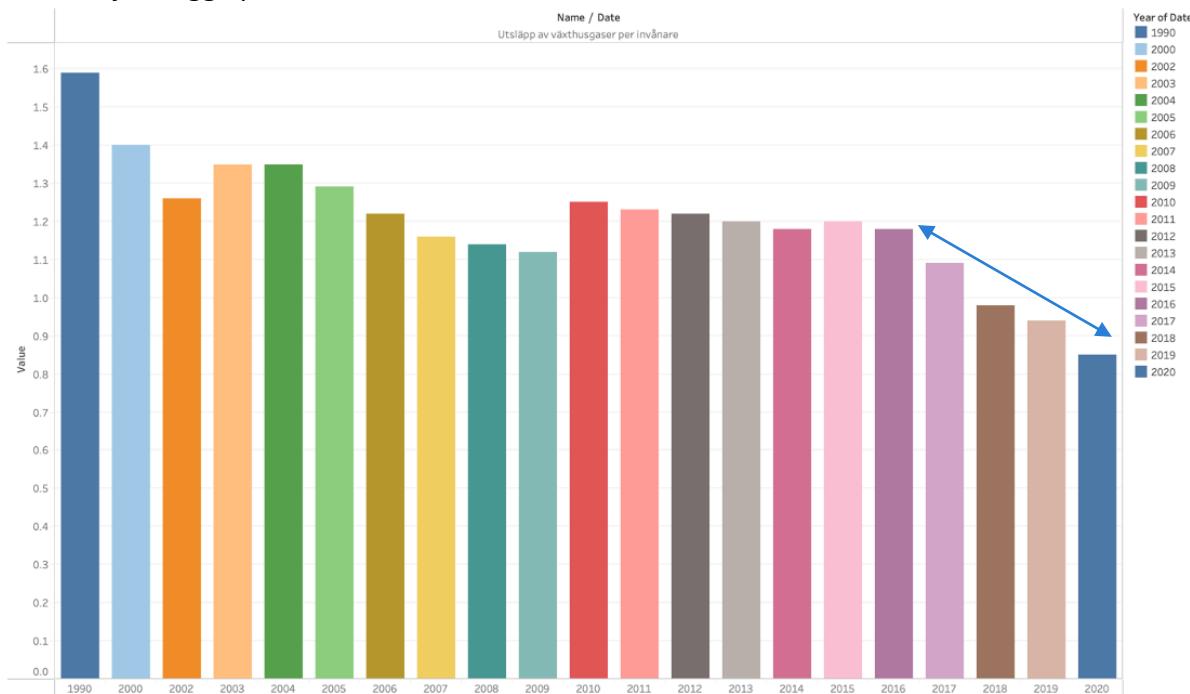
- Skärpt reduktionsplikt för bensin och diesel
- Minskad subvention av förmånsbil
- Förstärk miljöstyrning i bonus malus
- Cykelinfrastruktur
- Laddinfrastruktur för tunga fordon
- Förlängt biogasskydd
- Stöd till kollektivtraffiken.

5 DISKUSSION

1 PARISAVTALETS MÅL

5.1.1 DEN GOBALA TEMPERATUREN

Parisavtalets mål på max 1,5 graders global uppvärmning där vi 2040 ska ha nått ett personligt utsläpp på 0 Ton per år, beräknat för en befolkning på 9 miljarder. Räknat på endast personbilar så måste Co2-utsläppen minskas totalt med 0,04 ton per år för att nå noll (0) ton Co2 2040. Vi ser en minskning idag på 0,1 ton/år och med den uträkningen menar Sveriges riksdag på att vi kommer att nå 0 Co2-utsläpp för inrikes transporter redan om 7 år. Det kan ses som en fördelsräkning, då trots att bättre och nyare fordon genererar mindre växthusgaser, så kommer nog konceptet energi som vi känner till det idag för att driva fordon ej att ligga på en nollsummenivå.



Graf framställd i Tableau med data ifrån Nationella emissionsdatabasen.

5.1.2 MÄTNINGAR LOKALT

Det finns en vikt i att stämma av lokalt då vi kan förhindra eventuella "röda zoner" med förhöjda värden av växthusgaser och dess orsak, så att det går att förebygga alternativt hantera. En högtrafikerad gata med många rödljus och lutning resulterar ofta i en högre halt avgaser då kallstarter, tomgångskörning samt trafiktäthet spelar in. För att förebygga det så kan det vara av intresse att göra en direkt mätning på enskild högtrafikerad gata för att få en djupare inblick i hur och när det är som mest händelse och vilka faktorer som eventuellt påverkar värdena positivt.

5.1.3 PANDEMEN

Vid rapportens publicering så finns det mycket som tyder på att även 2022 kommer att präglas av pandemirestriktioner som i sin tur kommer att påverka inrikes transporter. Enligt Ramboll's klimatundersökningsrapport beställd av klimatpolitiska rådet så har Coronakrisens långsiktiga effekt på de totala utsläppen från transportsektorn minskat med ca 1,5%. Det är resultatet av ett totalt minskat resande men ökat resande med bil som motverkar utsläppsminskningarna. Den största minskningen under pandemin har skett för inrikesflyg där antalet flygningar minskat med nästan 90%. Inrikesflyg stod för 0,35% av de totala utsläppen enligt mätdata ifrån europaparlamentet 2017, som ansågs vara ett högt år.

[Länk till europaparlamentets utsläppsrapport](#)

6 SLUTSATS

Det är alltid bra med påvisad minskning när det gäller utsläpp av växthusgaser oavsett sektor för planetens välmående. Sverige är ett av de länder som tar Co2-utsläppen på större allvar jämfört med många andra länder. Vi bör också fortsätta med det samt försöka minska utsläppen ännu mer. Undersökningar lokalt kommer alltid att spela roll även om det är små siffror mot stora, eller om det är för att lösa saker lokalt. Alla reaktioner i miljösyfte tenderar att få "ringar på vattnet" och kanske att sådana mätningar som i rapporten öppnar för diskussion. Vi ser en ökning av utsläpp både industriellt och transport i större länder som USA och Kina, när vi ska nå ett globalt mål så är Sverige förhållandevis extremt små aktörer men det är viktigt att vi fortsätter föregå med gott exempel, även om data visar på att vi ej kan klara Parisavtalets mål gemensamt när de globala jättarna ej möter målsättningen. Som visat tidigare i rapporten har halten av koldioxid nått 413,2 ppm 2020, 149 procent av förindustriell nivå. Coronapandemin och avmattningen i världsekonomin har bara tillfälligt minskat utsläppen som är fortsatt mycket stora. I det hela framkommer det tydligt att ekonomin är det som styr våra utsläpp vilket gör det viktigare att hitta lönsamhet i hållbarhet.

"Med den nuvarande ökningen av växthusgaser kommer vi se en temperaturökning vid seklets slut som långt överstiger Parisavtalets mål om högst 1,5 till 2 grader över förindustriell nivå. Vi är inte alls på banan."

Peter Taalas, generalsekreterare WMO.

Data:

<https://www.regeringen.se/regeringens-politik/parisavtalet/>
<https://www.ncdc.noaa.gov/cag/global/time-series>
<https://www.climate.gov/>
<https://nationellaemissionsdatabasen.smhi.se/>
<https://www.wwf.se/klimat/klarar-vi-klimatmalen/>
<https://www.smhi.se/forskning/forskningsnyheter/wmo-okande-halter-koldioxid-i-atmosfaren-aventyrar-malen-i-parisavtalet-1.176490>
<https://www.europarl.europa.eu/news/sv/headlines/society/20191129STO67756/utslapp-fran-flygplan-och-fartyg-fakta-och-siffror-grafik>
<https://climate.nasa.gov/>

Sensor:

<https://sandboxelectronics.com/?p=165>

