

PM till styrelsen

2021-09-15

Diarienummer

0027/21

Handläggare

Anders Söderberg

Telefon: 031-3685803

E-post: anders.soderberg@grefab.se

Remissvar på förslag till Göteborgs Stads Energiplan 2022--2030

Förslag till beslut

Styrelsen för Grefab föreslås besluta att

Godkänna PM (Dnr 0027/21) med bilagor som remissvar och skicka det till Miljöförvaltningen.

Sammanfattning

Miljöförvaltningen har i samverkan med Göteborg Energi AB, Förvaltnings AB Framtiden, och med stöd från förvaltningar och bolag tagit fram ett förslag till **Göteborgs Stads energiplan 2022–2030**. Energiplanen syftar till att driva på genomförandet av åtgärder som leder till att Göteborgs Stad når följande mål i Göteborgs Stads miljö- och klimatprogram 2021–2030:

- Minska energianvändningen i bostäder och lokaler
- Producera energi enbart av förnybara källor
- Minska klimatpåverkan från transporter

Energiplanen syftar även till att bibehålla och utveckla stadens arbete med att ha en trygg och säker energiförsörjning och ska utgöra en gemensam utgångspunkt som visar riktningen för Göteborgs Stads arbete med energifrågor. Genom detta uppfylls samtidigt lagkravet om kommunal energiplanering. Grefab har givits möjlighet att vara lämna synpunkter på förslaget.

Ekonomiska konsekvenser

Bolaget har inte funnit några särskilda aspekter på frågan utifrån denna dimension

Bedömning ur ekologisk dimension

Bolaget har inte funnit några särskilda aspekter på frågan utifrån denna dimension

Bedömning ur social dimension

Bolaget har inte funnit några särskilda aspekter på frågan utifrån denna dimension.

Samverkan

I bolagets samverkansgrupp BSG 2120-09-08

Bilagor

1. Grefab MKN-2021-10533 Bilaga 2 Mall för svar på fråga 2
2. Bilaga 3 Mall för svar på fråga 4, uppskattade kostnader för åtgärder som kräver utökad ekonomisk ram, GREFAB
3. MKN-2021-10533 Följebrev remiss energiplan förvaltningar och bolag
4. MKN-2021-10533, Remissutgåva - Göteborgs Stads energiplan 2022–2030
5. MKN-2021-10533 Följebrev remiss energiplan förvaltningar och bolag

Expedieras

Miljöförvaltningen

Ärendet

Grefab erbjuds lämna synpunkter på Göteborgs Stads Energiplan 2022--2030.

Beskrivning av ärendet

Energiplanens innehåll och struktur beskriver utmaningar, förutsättningar och åtgärder inom energiområdet på ett tydligt sätt.?

Grefabs detaljerade synpunkter på åtgärderna besvaras i mallen i bilaga 2.

De mest avgörande faktorerna för att planen ska leda till handling är att tidiga åtgärder genomförs och synliggörs.

Grefab kommer inte att genomföra fler åtgärder än de som finns i planen.

I Bilaga 3 redovisar Grefab sina uppskattade kostnader.

- Inom ram: Åtgärder som kan göras inom nuvarande ekonomisk ram utan att det får några betydande konsekvenser för verksamheten. Till exempel åtgärder som kan genomföras utan att resursbehoven ökar, åtgärder som redan är beslutade eller åtgärder som kommer att genomföras även om förslaget till energiplan inte skulle beslutas.
- Inom ram med konsekvenser: Åtgärder som kan göras inom nuvarande ekonomisk ram men som kräver omprioritering inom verksamheten. Beskriv vilka konsekvenser det skulle ge för verksamheten. Vad är det som skulle prioriteras bort?
- Utökad ram: Åtgärder som ni ser att nämnden/styrelsen kommer behöva göra och som inte ryms inom nuvarande ekonomisk ram. Ange uppskattad kostnad för dessa.

6. Åtgärder som behöver genomföras i samarbete mellan olika förvaltningar och bolag, kan vara att ge större effekt till genomförda investeringar i laddinfrastruktur. Samtal om placering bör föras kontinuerligt.

Bolagets bedömning

Grefab har i sin planering kopplad till den energikartläggning som genomfört identifierat åtgärder kopplat till minskad fri tillgång på el i bolagets anläggningar.

Dessa åtgärder gäller led-belysning och tidsstyrd eltillgång vilket följer planen relativt väl.

Anders Söderberg
tf VD Grefab

Bilaga 2, Mall för svar på fråga 2, detaljerade synpunkter

Åtgärdsrubrik	Synpunkter per åtgärd (skriv först vilken av åtgärderna kommentaren avser ex. 1.1; 1.2 osv.)
1. Flexibelt och kapacitetssäkert energisystem	
2. Energieffektivisering av den kommunala sektorn	2.2 Att byta ut till LED-belysning är en genomförbar åtgärd. 2.3 Styrningen av energin är en av Grefab beslutad åtgärd. 2.5 Effektivt lokalnyttjande pågår i alla verksamheter. 2.8 Åtgärder för bättre energieffektivitet i fastigheter vid underhåll är pågående aktivitet.
3. Energieffektivisering av den privata sektorn	
4. Förnybar el	4.1 En solenergiplan är en genomförbar åtgärd. 4.5 Kostnadskalkyl för solenergi – möjlig åtgärd.
5. Förnybar och återvunnen värme	
6. Förnybar och återvunnen kyla	
7. Energieffektiva och fossilfria resor och transporter	7.1 Arbetsmaskiner med förnybart bränsle 7.5 Cykelställ för alla – Bra och inom ram.
8. Utökad tillgång till laddplatser och fossilfria bränslen	8.2 Samnyttja laddstationer när det är möjligt.
9. Koldioxidinfångning och lagring	

INSTRUKTIONER:

- Ange er uppskattade kostnad för respektive åtgärd (gör egen uppskattning) i **miljoner** kr
 - Om fler än en aktör ska genomföra åtgärden - ange bara era egna kostnader
- Välj ett av följande alternativ för varje åtgärd (se följebrev för förklaringar):
 - Inom ram
 - Inom ram med konsekvenser
 - Utökad ram
- Det är viktigt att ni anger kostnad för varje åtgärd (även de som hanteras inom ram) - om ni är c
- Eventuella övriga upplysningar (t.ex. kring osäkerheter) kan lämnas under "Fritt fält"
- För kostnader av utredningskaraktär anges endast kostnaden för själva utredningen under "Inve
- Vid frågor, tveka inte att kontakta Alvin Hilmersson vid Miljöförvaltningen: alvin.hilmersson@m

Åtgärder (de åtgärder ni ska skatta är förifyllda)		
Rubrik	Nr.	Åtgärd
2. Energieffektivisering av den kommunala sektorn	2.2	Alla styrelser och nämnder ska byta ut belysning i sina fastigheter som inte är energieffektiv till energieffektiva alternativ, till exempel LED-belysning.
7. Energieffektiva och fossilfria resor, transporter och arbetsmaskiner	7.5	Alla styrelser och nämnder ska säkerställa att behovet av användarvänliga cykelparkeringar för medarbetare, brukare och besökare är tillgodosett.
8. Utökad tillgång till laddplatser och fossilfria fordonsbränslen	8.2	Alla styrelser och nämnder ska, där så är möjligt, använda laddstationer som samnyttjas av andra verksamheter eller boende och besökare.

osäkra, gör en rimlig bedömning givet förutsättningarna

stering". Under "Fritt fält" anger ni kostnader för åtgärder utredningen kan tänkas föreslå (fler än en kan angiljo.goteborg.se / 031-368 38 06

Summa, per period						
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Hur hantera? (välj ett alternativ)	Investering (miljoner kronor)				Drift, exklusive kapitalkostna		
	År 2022	År 2023	År 2024	År 2025-2030	År 2021	År 2022	År 2023
↓ VÄLJ ↓							
↓ VÄLJ ↓							
↓ VÄLJ ↓							

res)

		Summa, totalt
0,00	0,00	0,00

der (miljoner kronor)		Summa, per åtgärd	Fritt fält (valfria kommentarer)
År 2024	År 2025-2030		
		0,00	
		0,00	
		0,00	



Välkomna att lämna synpunkter på förslaget till Göteborgs Stads energiplan 2022–2030

Miljöförvaltningen har i samverkan med Göteborg Energi AB, Förvaltnings AB Framtiden, och med stöd från förvaltningar och bolag tagit fram ett förslag till **Göteborgs Stads energiplan 2022–2030**. Energiplanen syftar till att driva på genomförandet av åtgärder som leder till att Göteborgs Stad når följande mål i Göteborgs Stads miljö- och klimatprogram 2021–2030:

- Minska energianvändningen i bostäder och lokaler
- Producera energi enbart av förnybara källor
- Minska klimatpåverkan från transporter

Energiplanen syftar även till att bibehålla och utveckla stadens arbete med att ha en trygg och säker energiförsörjning och ska utgöra en gemensam utgångspunkt som visar riktningen för Göteborgs Stads arbete med energifrågor. Genom detta uppfylls samtidigt lagkravet om kommunal energiplanering.

Nu är det dags för er att ge era synpunkter! **Vi vill ha era svar senast den 30 september.**

Remissen är en aktiv del av planens utveckling med syfte att förankra och bearbeta förslaget ytterligare. Synpunkter tas emot genom skriftliga remissvar som är nämnd- eller styrelsebehandlade.

Ytterligare ett syfte med remissen är att samla in underlag till en översiktlig ekonomisk bedömning av energiplanen. Bakgrunden till detta är att kommunfullmäktige har infört tydligare krav på beskrivning av ekonomiska konsekvenser vid beslut om nya styrande dokument i staden. Se fråga 4 nedan.

När **Göteborgs Stads energiplan 2022–2030** antas kommer nuvarande energiplan att sluta gälla.

Frågor att besvara

I ert remissvar vill vi att ni i första hand fokuserar på att besvara följande frågor:

1. Vilka övergripande synpunkter har ni på energiplanens innehåll och struktur?
2. Vilka detaljerade synpunkter har ni på åtgärderna? Svara i mallen i bilaga 2.
3. Vilka ser ni som de mest avgörande faktorerna för att planen ska leda till handling?
4. Vilka övriga åtgärder kommer ni att genomföra som planen bör kompletteras med, och vad bedömer ni att dessa kommer att kosta er att genomföra?
5. Uppskatta era kostnader för de åtgärder ni ska bidra till att genomföra enligt energiplanen. Fyll i kostnaderna i bilaga 3, uppdelat på följande tre kategorier:
 - **Inom ram:**
Åtgärder som kan göras inom nuvarande ekonomisk ram utan att det får några betydande konsekvenser för verksamheten. Till exempel åtgärder som kan genomföras utan att resursbehoven ökar, åtgärder som redan är beslutade eller åtgärder som kommer att genomföras även om förslaget till energiplan inte skulle beslutas.

- Inom ram med konsekvenser:
Åtgärder som kan göras inom nuvarande ekonomisk ram men som kräver omprioritering inom verksamheten. Beskriv vilka konsekvenser det skulle ge för verksamheten. Vad är det som skulle prioriteras bort?
 - Utökad ram:
Åtgärder som ni ser att nämnden/styrelsen kommer behöva göra och som inte ryms inom nuvarande ekonomisk ram. Ange uppskattad kostnad för dessa.
6. Vilka behov kan ni se och exempel på åtgärder som behöver genomföras i samarbete mellan olika förvaltningar och bolag, (utöver de åtgärder er egen nämnd eller styrelse behöver genomföra, se fråga 4). Vilka utmaningar finns idag för att få till ett sådant samarbete?
 7. Har ni några övriga synpunkter på energiplanen?

Dialog under remissperioden

Med anledning av covid-19 kommer dialog under remissperioden i första hand att hållas digitalt. Önskar ni få en presentation av energiplanen, diskutera innehållet eller har några frågor kring remissen kontakta Alvin Hilmersson Haag via mejl eller telefon:

alvin.hilmersson@miljo.goteborg.se

031-368 38 06

På temasidan *Miljöarbete i staden* på Göteborgs Stads intranät kommer vi att lägga upp information om förslaget till energiplan. Den hittar du på: intranat.goteborg.se/miljoarbete.

Svara på remissen senast 30 september

Skicka svaret senast 2021-09-30 till miljoforvaltningen@miljo.goteborg.se märkt med diarienummer MKN-2021-10533. Vi vill att ni bifogar protokollsutdrag samt tjänsteutlåtande. Tjänsteutlåtandet och eventuellt bilaga 2 ska vara i Word-format och bilaga 3 i Excel-format.

Bilagor

- | | |
|----------|--|
| Bilaga 1 | Remissinstanser i Göteborgs Stad |
| Bilaga 2 | Mall för svar på fråga 2, detaljerade synpunkter |
| Bilaga 3 | Mall för svar på fråga 4, uppskattade kostnader för åtgärder som kräver utökad ekonomisk ram |

Bilaga 1 Remissinstanser i Göteborgs Stad

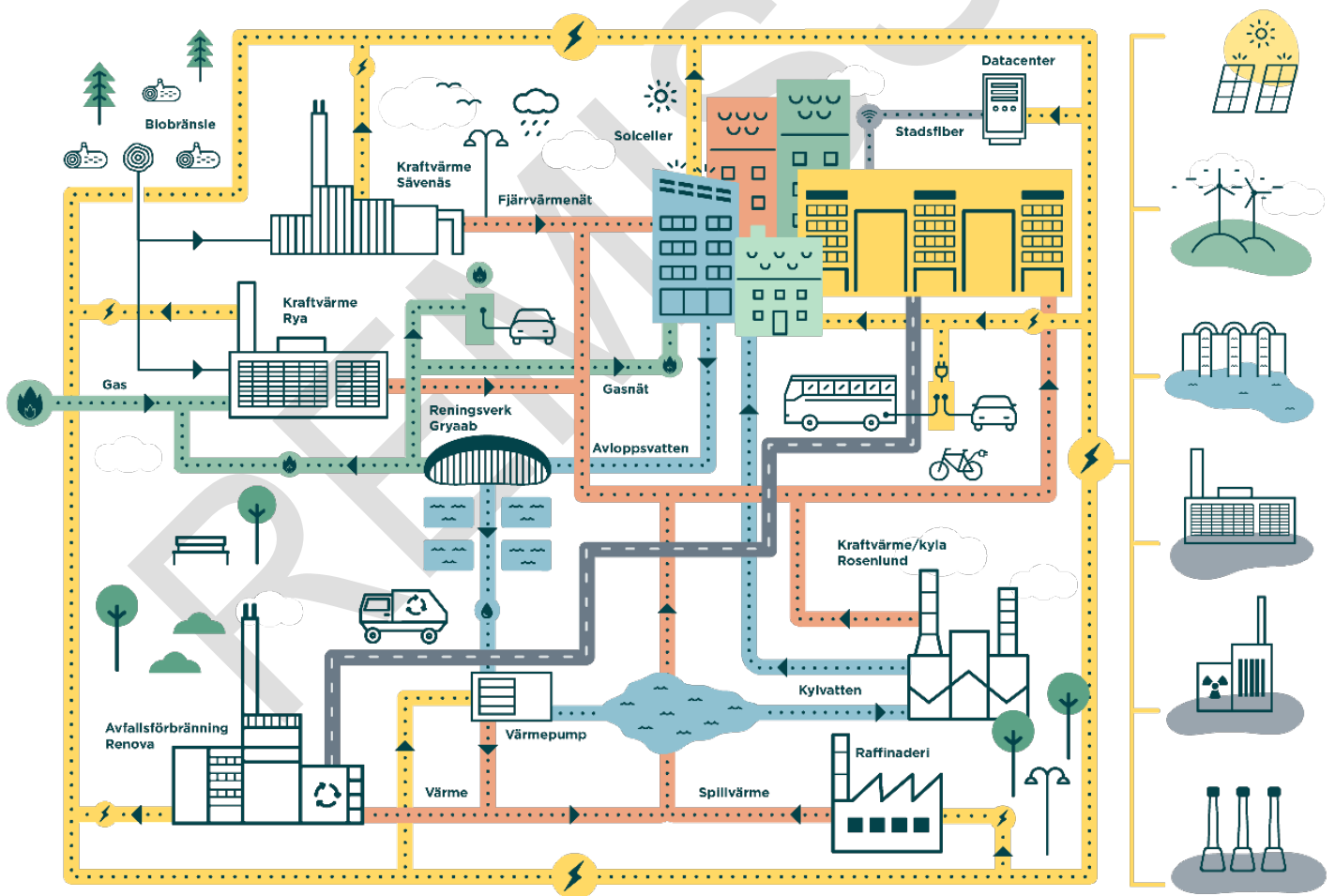
Business Region Göteborg
Byggnadsnämnden
Fastighetsnämnden
Förvaltnings AB Framtiden
Got Event
GREFAB
Gryaab AB
Göteborg Energi AB
Göteborgs Hamn AB
Göteborgs spårvägar AB
Göteborgs Stad Leasing AB
Göteborgs Stad Parkering AB
Higab AB
Idrotts- och föreningsnämnden
Kretslopp- och vattennämnden
Liseberg AB
Lokalnämnden
Nämnden för konsument- och medborgarservice
Park- och naturnämnden
Renova AB
Trafiknämnden
Lindholmen Science Park AB
Johanneberg Science Park AB

[REMISSVERSION]



Göteborgs
Stad

Göteborgs Stads energiplan 2022–2030

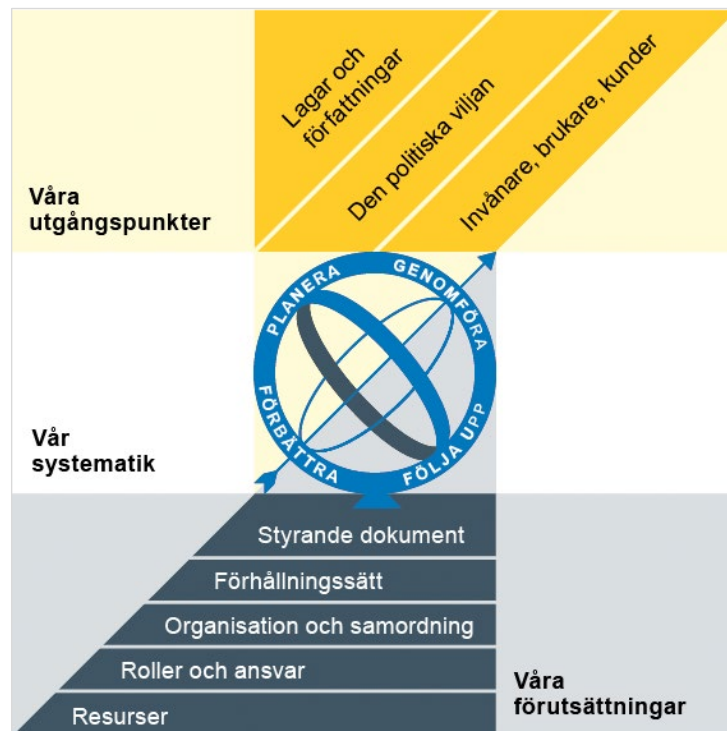


Planerande styrande dokument

- Vision
- Program
- Plan

Göteborgs Stads styrsystem

Utgångspunkterna för styrningen av Göteborgs Stad är lagar och författningar, den politiska viljan och stadens invånare, brukare och kunder. För att förverkliga utgångspunkterna behövs förutsättningar av olika slag. Stadens politiker har möjlighet att genom styrande dokument beskriva hur de vill realisera den politiska viljan. Inom Göteborgs Stad gäller de styrande dokument som antas av kommunfullmäktige och kommunstyrelsen. Därutöver fastställer nämnder och bolagsstyrelser egna styrande dokument för sin egen verksamhet. Kommunfullmäktiges budget är det övergripande och överordnade styrande dokumentet för Göteborgs Stads nämnder och bolagsstyrelser.

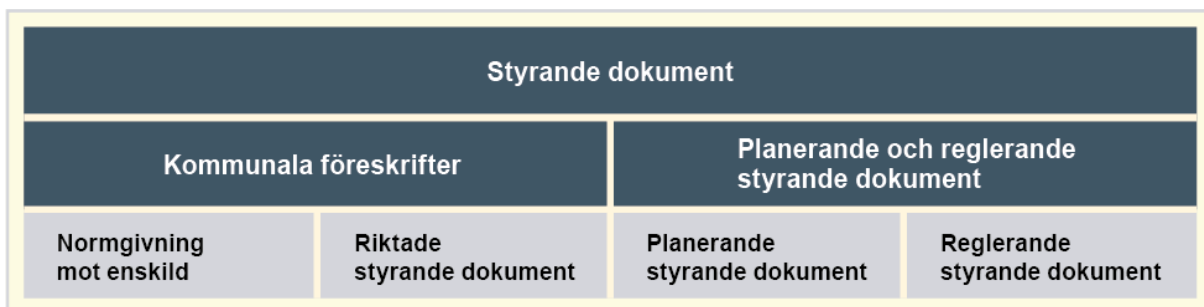


Om Göteborgs Stads styrande dokument

Göteborgs Stads styrande dokument är våra förutsättningar för att vi ska göra rätt saker på rätt sätt. De anger vad nämnder/styrelser och förvaltningar/bolag ska göra, vem som ska göra det och hur det ska göras. Styrande dokument är samlingsbegreppet för dessa dokument.

Stadens grundläggande principer såsom demokratisk grundsyn, principer om mänskliga rättigheter och icke-diskriminering omsätts i praktisk verksamhet genom att de integreras i stadens ordinarie beslutsprocesser. Beredning av och beslut om styrande dokument har en stor betydelse för förverkligandet av dessa principer i stadens verksamheter.

De styrande dokumenten ska göra det tydligt både för organisationen och för invånare, brukare, kunder, leverantörer, samarbetspartners och andra intressenter vad som förväntas av förvaltningar och bolag. De styrande dokumenten ligger till grund för att utkräva ansvar när vi inte arbetar i enlighet med vad som är beslutat.



Dokumentnamn: Göteborgs Stads energiplan 2022–2030			
Beslutad av: [Nämnd/styrelse/befattning]	Gäller för: Göteborgs Stads samtliga nämnder och styrelser	Diarienummer: MKN-2020-19175	Datum och paragraf för beslutet: [Text]
Dokumentsort: Plan	Giltighetstid: 2022–2030	Senast reviderad: [Datum]	Dokumentansvarig: [Funktion]
Bilagor: [Bilagor]			

Innehållsförteckning

Inledning	5
Syftet med denna plan	5
Vem omfattas av planen	5
Giltighetstid	5
Bakgrund	5
Koppling till andra styrande dokument och lagstiftning	5
Stödjande dokument	6
Genomförande	6
Uppföljning av denna plan	7
Planen	8
Energisystemet i Göteborg	9
Göteborgs Stads rådighet över energisystemet i Göteborg	10
Avgränsningar	10
Utmaningar	11
Eleffektbrist	11
Klimatförändringar	13
En kraftig befolkningsökning	13
Styrmedelspåverkan	13
Resurser och rådighet	14
Systemperspektiv och energisystemets utveckling	15
Vätgas	15
Ökad konkurrens om biomassa	15
Infångning och lagring av koldioxid	16
Åtgärder för ett hållbart energisystem	16
Översikt åtgärdsrubriker	18
1. Flexibelt och kapacitetssäkert energisystem	18
2. Energieffektivisering av den kommunala sektorn	20

3. Energieffektivisering av den privata sektorn	22
4. Förnybar el	23
5. Förnybar och återvunnen värme.....	25
6. Förnybar och återvunnen kyla	26
7. Energieffektiva och fossilfria resor, transporter och arbetsmaskiner	27
8. Utökad tillgång till laddplatser och fossilfria fordonsbränslen	29
9. Koldioxidinfångning och lagring	31
Referenser	33
Bilaga 1 Nulägesbeskrivning av energisystemet i Göteborg	37
Energianvändning inom kommungränsen	37
Bostäder och lokaler.....	38
Industri och lantbruk	39
Resor, godstransporter och arbetsmaskiner	40
Energianvändning i kommunkoncernen	44
Bostäder och lokaler.....	44
Resor, transporter och arbetsmaskiner.....	45
Fjärrvärmesystemet	48
Återvunnen värme i första hand.....	48
En del av ett större nät	48
Systemeffektbehov av fjärrvärme	48
Elsystemet	49
Fjärrvärmens avlastar stadens elförsörjning	50
Göteborg Energi AB:s anläggningar.....	50
Kraftvärmeverk.....	50
Hetvattenpannor.....	50
Fjärrkyla	51
Värmepump på Gryaab	51
Solel	51
El, värme och biogas från avfallshantering.....	51
Renova AB.....	51
Avfall som en resurs i energisystemet	52
Småskalig elproduktion.....	54
Gas.....	54
Biogas och naturgas.....	55
Raffinaderier	56
St1	56

Preem	56
Bilaga 2 Energisystemets miljö- och klimatpåverkan.....	57
Resurshushållning	57
Klimat	57
El-, värme- och bränsleproduktion.....	57
Transporter.....	58
Människa	59
Natur.....	60
Försurning.....	60
Svaveloxider från raffinaderierna.....	60
Sjöfart.....	60
Bilaga 3 Mål kopplat till energiområdet	61
Bilaga 4 Register över åtgärder sorterat efter aktör	63
Bilaga 5 Antaganden och information till grund för potentialskattningar ...	64
Flexibelt och kapacitetssäkert energisystem	64
Energieffektivisering i den kommunala sektorn	64
Förnybar el	65
Förnybar och återvunnen värme	65
Förnybar och återvunnen kyla.....	66
Energieffektiva och fossilfria resor och transporter.....	66
Koldioxidinfångning och lagring	67

Inledning

Syftet med denna plan

Syftet med energiplanen är att

- Driva på genomförande av åtgärder som leder till att Göteborgs Stad når följande mål i Göteborgs Stads miljö- och klimatprogram 2021–2030:
 - Minska energianvändningen i bostäder och lokaler
 - Producera energi enbart av förnybara källor
 - Minska klimatpåverkan från transporter
- Bibehålla och utveckla stadens arbete med att ha en trygg och säker energiförsörjning
- Utgöra en gemensam utgångspunkt som visar riktningen för Göteborgs Stads arbete med energifrågor
- Uppfylla kraven i lagen om kommunal energiplanering (1977:439) som säger att varje svensk kommun ska ha en aktuell energiplan som omfattar tillförsel, distribution och användning av energi i kommunen. Den ska även innehålla en analys av vilken inverkan den i planen upptagna verksamheten har på miljön, hälsan och hushållningen med mark och vatten samt andra resurser

Vem omfattas av planen

Denna plan gäller för Göteborgs Stads samtliga nämnder och styrelser.

Giltighetstid

Denna plan gäller för perioden år 2022 till 2030.

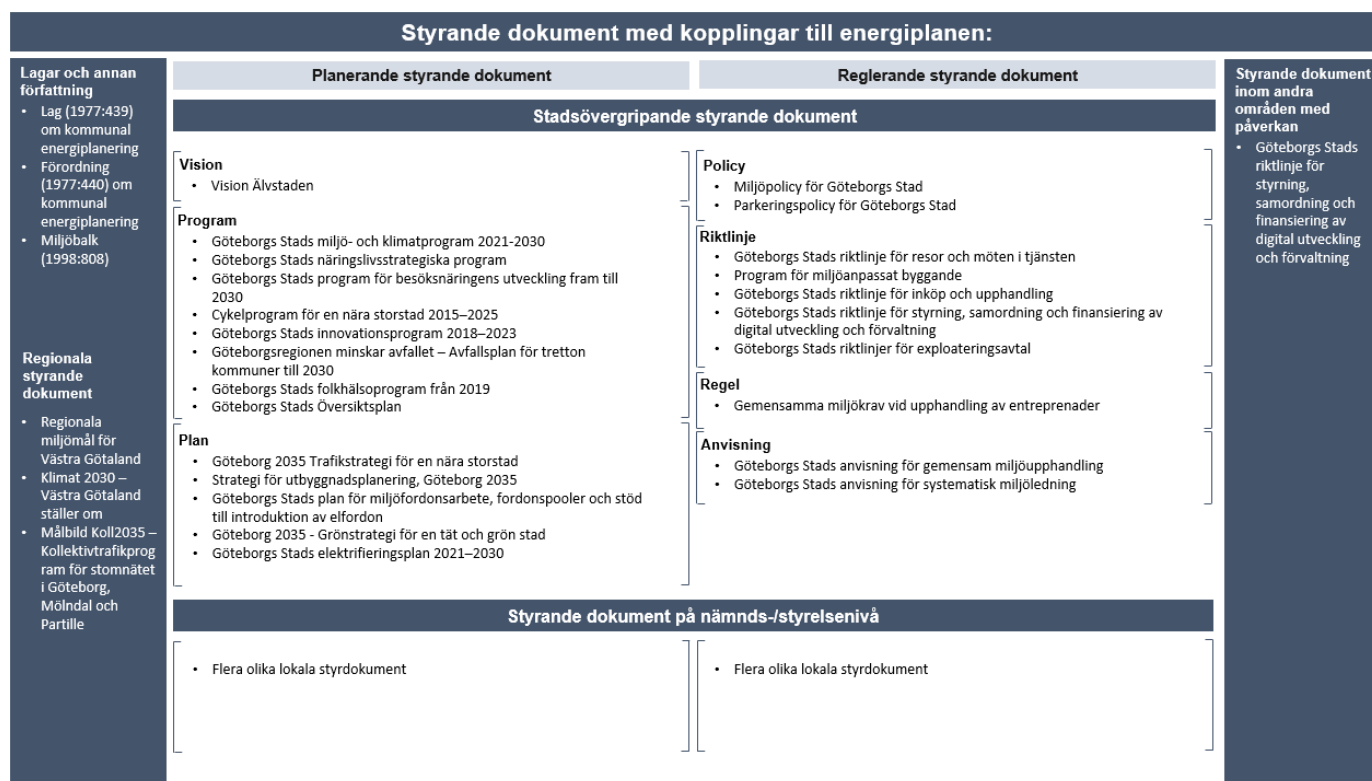
Bakgrund

I Göteborgs Stads budget för 2019 tilldelades miljö- och klimatnämnden tillsammans med kommunstyrelsen uppdraget att justera och uppdatera Göteborgs Stads miljöprogram. I ett senare beslut av kommunstyrelsen gavs Stadsledningskontoret uppdraget att säkerställa att även stadens energiplan uppdateras i samband med arbetet med det nya miljö- och klimatprogrammet. Miljö- och klimatnämnden uppdaterar energiplanen inom ramen för sitt uppdrag att ”driva och samordna stadens arbete inom den ekologiska dimensionen av hållbar utveckling”.

Koppling till andra styrande dokument och lagstiftning

Göteborgs Stads budget är det övergripande styrdokumentet för samtliga styrelser och nämnder. På energiområdet finns internationella överenskommelser, ofta kopplat till klimatförändringar, som Parisavtalet, Agenda 2030 och lagstiftning i form av bland annat EU-direktiv. Det finns också nationell lagstiftning som reglerar hur olika energislag får produceras och användas.

I figur 1 visas vilka styrande dokument inom Göteborgs Stad och på regional nivå som energiplanen huvudsakligen relaterar till samt, på en övergripande nivå, vilka lagar och annan författning som styr miljöområdet.



Figur 1. Styrande dokument med koppling till energiplanen.

Stödande dokument

Följande utredningar och rapporter utgör ett stöd för energiplanen:

- 2018:13 Fossilfritt Göteborg – vad krävs? (Miljöförvaltningen, 2018)
- 2020:11 Uppföljning av Göteborgs lokala miljömål 2019 (Miljöförvaltningen, 2020)
- Utredning om hur stadens uppvärmning kan ställas om till förnyelsebart (Stadsledningskontoret, 2019-11-18)

Genomförande

Miljö- och klimatnämnden kommer att driva och samordna arbetet med att genomföra energiplanen utifrån nämndens uppdrag i reglementet att ”driva och samordna stadens arbete inom den ekologiska dimensionen av hållbar utveckling”.

Som en del av Göteborgs Stads gemensamma miljöledningssystem kommer alla verksamheter i staden att prioritera miljömål som inkluderas i verksamhetens budget och planer. Målen ska utgå från verksamhetens betydande miljöaspekter och risker och från stadens gemensamma mål och krav på målsättning. De åtgärder som listas i energiplanen ska vara ett stöd för verksamheterna i deras eget miljöarbete.

Flera av åtgärderna i energiplanen förutsätter samverkan för att kunna genomföras. Miljö- och klimatprogrammets strategier utgör en plattform för att driva och samordna arbetet med åtgärder inom staden och tillsammans utveckla nya lösningar och arbetssätt, inom staden och med omgivande samhälle. Även Göteborgs Stads arbete kring Klimatkontrakt 2030, med målet att vara en klimatneutral stad år 2030, samt stadens klimatomställningsfunktion, som ska öka takten i omställningen, bidrar till att energiplanen blir framgångsrik. De utgör båda ytterligare plattformar för att utveckla nya samarbeten, processer och finansieringsmöjligheter inom staden, såväl som att skapa ytor för styrmedelspåverkan på nationell och EU-nivå.

Uppföljning av denna plan

Energiplanen kommer att följas upp vartannat år av miljöförvaltningen. Uppföljningen ska redogöra för status på implementering av åtgärderna och eventuella hinder eller utmaningar som står i vägen för utförandet ska beskrivas. Om en eller flera åtgärder inte är utförda till och med det satta mållåret för åtgärden, ska uppföljningen belysa varför de inte är utförda och vad som krävs ytterligare för att genomföra åtgärderna.

Eftersom energiområdet är i ständig förändring, finns det ett behov av att regelbundet utvärdera planens aktualitet och även det energisystem som Göteborg befinner sig i och utgör en del av. Detta för att säkerställa att åtgärderna i planen är tillräckliga för att nå målen i miljö- och klimatprogrammet, samt för att möta de utmaningar som lyfts i denna plan – och framförallt för att kunna säkerställa att Göteborgs Stad har en plan som går i takt med förändringarna i energisektorn. Denna utvärdering, eller energisystemanalys, kommer att ske i samband med uppföljningen.

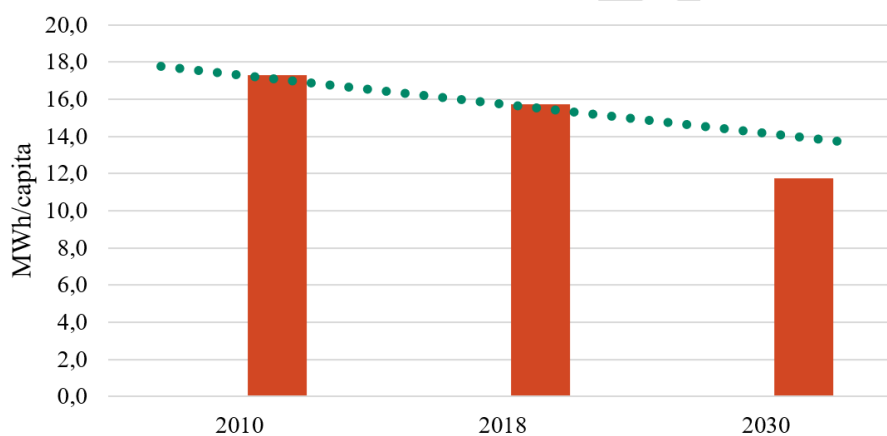
För att genomföra uppföljningen förväntas utpekade nämnder och styrelser rapportera in status på utförandet av åtgärder. Inrapporteringen kommer även ske genom dialog med miljöförvaltningen. Även den energisystemanalys som ska utföras av miljöförvaltningen ska utgå från underlag från nämnder och styrelser i staden.

Uppföljningen ska rapporteras till miljö- och klimatnämnden samt till kommunfullmäktige.

Planen

Energiplanen beskriver hur Göteborgs Stad ska arbeta för att nå de energirelaterade målen i Göteborgs Stads miljö- och klimatprogram och samtidigt upprätthålla ett fortsatt stabilt energisystem med god tillgång till el och hållbara bränslen, utan avbrott och störningar. Planens ramar utgörs av Göteborgs Stads rådighet och de åtgärder som listas kommer inte allena leda till att stadens miljö- och klimatmål nås. För att lyckas med den omställning som är nödvändig behövs samverkan i hela Göteborg — både inom kommunal och regional verksamhet — och med näringsliv, invånare och akademi, för att utveckla verksamheter och förändra beteenden. Göteborgs Stad ska agera efter bästa förmåga för att skapa optimala förutsättningar för att en sådan förändring ska kunna ske i kommunen.

I Göteborg har energianvändningen per invånare minskat de senaste åren. För att nå målet att minska primärenergianvändningen¹ per capita av el och värme med 30 procent till 2030 jämfört med 2010 måste takten öka, se figur 2.

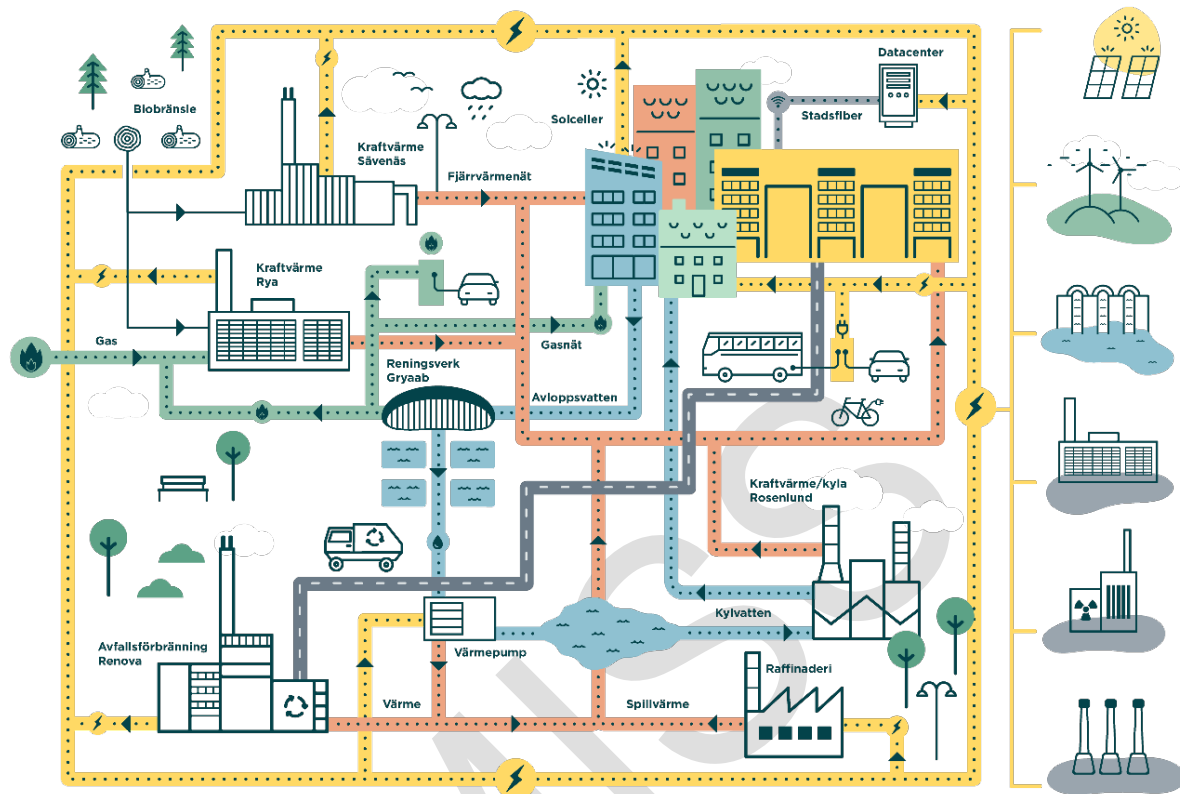


Figur 1. Primärenergianvändningen per capita vad gäller el och fjärrvärme i bostäder och lokaler i Göteborg. Den prickade linjen visar att om energieffektiviseringen fortsätter i samma takt som den gjort sedan 2010 kommer målvärdet år 2030 inte nås.

Genom att uppnå de lokala målen närmar sig staden måluppfyllnad för mål även på regional, nationell och internationell nivå. För en komplett sammanställning av alla mål med koppling till energiområdet som Göteborgs Stad åtagit sig att uppfylla, se Bilaga 3 – Mål kopplat till energiområdet.

¹ Primärenergi är den mängd energi som ett energislag faktiskt har förbrukat i hela värdekedjan. Primärenergiviktning inkluderar energiåtgång vid framställning och transport av energi, som till exempel värmegenereringen i en kärnkraftreaktor eller transmissionsförluster i elledningar.

Energisystemet i Göteborg



Figur 2. Schematisk bild över delar av Göteborgs energisystem som visar komplexiteten i systemet.

Energisystemet i Göteborg består av flera sammankopplade system. De lokala infrastruktursystemen för fjärrvärme, fjärrkyla, el, transport, gas, avlopp och avfall hänger ihop, och är dessutom sammankopplade med regionala, nationella, europeiska och globala system. Det är nödvändigt att se sambanden mellan systemen för att förstå helheten och för att undvika suboptimering när ett enskilt mål ska nås. Att fokusera på sambanden mellan delsystemen kommer att vara nödvändigt för att skapa synergier och uppnå stadens energi- och klimatmål.

Lite förenklat hänger systemen i Göteborg ihop genom att avfallsförbränning och raffinaderier levererar värme som används i fjärrvärmesystemet. Raffinaderierna levererar också bränsle till transportsektorn. Fjärrvärmesystemet skapar i sin tur förutsättningar för effektiv elproduktion, genom att fjärrvärme produceras i så kallade kraftvärmeverk, i vilka el och fjärrvärme produceras samtidigt. Den producerade elen används till olika processer, verksamheter och transporter. Värmen från avloppsvattnet används i värmepumpar som producerar fjärrvärme. Resterna från det reade avloppsvattnet, liksom matavfall, rötas och blir till biogas som används till bland annat fordonsbränsle. Dessutom produceras fjärrkyla av fjärrvärme. Det finns ytterligare kopplingar – till exempel fastigheter som både använder, producerar och lagrar energi, men de ovan nämnda kan räcka för att beskriva komplexiteten i det lokala systemet. En förändring i en del av systemet kan få stor påverkan på övriga delar och det är viktigt att ha helhetsbilden när åtgärder planeras. figur 3 ger en överblicksbild över delar av energisystemet samtidigt som den illustrerar komplexiteten i systemet. För en mer detaljerad och utförlig beskrivning av energisystemet i Göteborg, med information om energianvändning och

energiproduktion inom kommunen, se bilaga 1 – Nulägesbeskrivning av energisystemet i Göteborg.

Göteborgs Stads rådighet över energisystemet i Göteborg

Göteborgs Stads möjlighet att förändra och styra energisystemet i Göteborg kan delas upp i tre olika typer av rådighet: direkt, indirekt och rådighet genom påverkan, se figur 4.

- **Den direkta rådigheten** innefattar det som Göteborgs Stad kan påverka inom den egna verksamheten. Det kan till exempel vara att byta bränsle i kraftvärmeanläggningar, energieffektivisera stadens egna fastigheter eller att byta ut fossilbränslefordon i stadens fordonsflotta.
- **Indirekt rådighet** innefattar möjligheten att ge stadens invånare, företagare och besökare förutsättningar att göra bra val och fatta kloka beslut. Att erbjuda miljömärkt el, att informera hyresgäster om energibesparingsåtgärder och att ge energirådgivning till privatpersoner, organisationer och företag är exempel på indirekt rådighet.
- **Rådighet genom påverkan** betyder att omgivningen påverkas genom att förändring skapas på annat håll. Det innebär till exempel att påverkan på och förändring av styrmedel och lagstiftning kan leda till att Göteborg förses med mer förnybar energi från produktion eller att göteborgarna själva använder mindre energi.



Figur 3. Göteborgs Stads olika grad av rådighet över energisystemet i Göteborg.

Avgränsningar

Planen omfattar den energi som produceras eller används inom kommunens geografiska område, den energi som produceras av Göteborgs Stad utanför kommunens gränser och

den energi som används av kommunens anställda vid resor i tjänsten utanför kommunens gränser. Allmänhetens resor utanför kommunens gränser ingår inte i planen.

Den här planen fokuserar på det lokala energisystemet i Göteborg med de åtgärder som är rimliga att genomföra inom kommunens gränser. Eftersom Göteborgs energisystem är en del av det nordeuropeiska energisystemet bidrar lokala åtgärder även till att förändra den nordeuropeiska energimixen.

Utmaningar

Utöver de energirelaterade mål som Göteborg avser att nå, står kommunen inför en rad utmaningar kopplade till energisystemets utformning såväl som användning. Nedan beskrivs utmaningar kopplat till Göteborgs Stads möjlighet att påverka energisystemet, hur kommunen kan komma att drabbas av eleffektbrist, hur nationella såväl som EU-styrmedel inverkar på energisystemets utformning, hur klimatförändringar kan påverka kommunen samt hur en ökande befolkning kan komma att påverka energisystemet. För att möta dessa utmaningar krävs särskilt agerande från Göteborgs Stad.

Eleffektbrist

Utmaningarna för elnätet ökar i takt med att fler verksamheter ställer om från fossila drivmedel till el, samtidigt som väderberoende elproduktion i form av vindkraft- och solceller ökar och styrbar elproduktion i form av kärnkraft avvecklas. Eleffektbehovet blir större och produktionen blir alltmer oregelbunden. Om en utbredd elektrifiering av industri och transportsektor äger rum kan elanvändningen i Sverige antas vara 240–310 TWh år 2045 (Energiforsk, Profu, 2021), att jämföra med knappt 140 TWh år 2020 (Energiföretagen, 2021). Toppeffektbehovet bedöms öka från 26 GW till ungefär det dubbla.

Elektrifieringen drivs framförallt av tre sektorer:

- Transportsektorn, där den övervägande delen av vägtrafiken antas vara elbaserad år 2045
- Processindustrin, där flera branschers processer ställs om till elbaserade lösningar fram till år 2045
- Service- och företagssektorn, där bland annat utbyggnaden av datahallar antas bli stor i Sverige

För Göteborg och Västsverige bedömer Göteborg Energi AB att toppeffektbehovet kan näst intill fördubblas vid en snabb elektrifiering. Vid en sådan elektrifiering kan omställningen av raffinaderierna och utveckling av fordonsindustrin komma att utgöra majoriteten av ökningen. Utöver vägtrafiken finns också sjöfart och hamnverksamhet som bidrar till att behoven kan öka ytterligare jämfört med i Sverige i stort.

Eleffektbrist utgörs idag huvudsakligen av brist i nätkapacitet i stam- och regionnät. Utöver att elektrifiering driver ett ökat behov av kapacitet bland annat till storstadsregionerna och industrier, kommer den oregelbundna produktionen att kräva högre nätkapacitet i relation till årlig överförd energi, jämfört med exempelvis kärnkraft. Detta eftersom behovet av flexibilitet ökar när höga produktionstoppar behöver kunna hanteras. Mycket vindkraft kommer etableras i norra Sverige, vilket också driver behov av överföringskapacitet mellan norra och södra Sverige.

Idag tar det lång tid att bygga stamnät och öka kapaciteten. Det tar tio till tolv år från planering till driftsättning, främst på grund av tidskrävande tillståndsprocesser som står för mer än halva tiden. De långa planeringstiderna tillsammans med kraftigt ökat kapacitetsbehov har lett till att det idag råder en begränsad tillgång på stamnätskapacitet i Stockholm, Uppsala och Skåne. Länsstyrelserna i dessa län samt i Västra Götaland redovisade i augusti år 2020 ett uppdrag från regeringen kring vilka åtgärder som behöver vidtas för att hantera kapacitetsbristen (Länsstyrelsen Västra Götaland, 2020). De stora åtgärderna ligger i att effektivisera tillståndsprocesserna, öka regional samverkan för bättre prognostisering av kapacitetsbehovet samt etablera flexibilitetsmarknader² för att energikonsumenter och producenter bättre ska kunna matcha sina behov mot nätens tillgängliga kapacitet. Dessutom behöver kommuner som vill ha ökad kapacitet också tillgängliggöra mark för den infrastruktur som krävs.

I Göteborg ägs det lokala elnätet av Göteborg Energi AB genom dotterbolaget Göteborg Energi Nät AB (GENAB). Enligt GENAB:s bedömning finns det tillräcklig nätkapacitet fram till Göteborg ungefär till år 2025–2030. Det är däremot sannolikt att eleffektbehovet kommer öka både snabbare och kraftigare under förutsättning att flera initiativ tas för att minska utsläppen av växthusgaser i Göteborg – initiativ som är nödvändiga för att Göteborg ska nå uppsatta klimatmål.

En annan faktor är fjärrvärmens konkurrenskraft. Om den skulle sjunka kan det innebära ett mycket höjt kapacitetsbehov eftersom uppvärmning av fastigheter med el i stället för fjärrvärme förmodligen skulle öka. Hög elförbrukning tenderar att tidsmässigt sammanfalla med hög värmeförbrukning, framförallt under kalla dagar på vinterhalvåret. Därför är stadens kraftvärmeanläggningar särskilt viktiga för elförsörjningen.

GENAB har en väl etablerad relation med Vattenfall Eldistribution som äger huvuddelen av regionnätet till Göteborg. De diskuterar löpande nuvarande kapacitet, kommande förstärkningar och utvecklingen av behovet. Svenska Kraftnät genomför en stor satsning på stamnätet till Västsverige, men kritiska projekt har försenats. Även den lokala infrastrukturen behöver förstärkas, vilket inkluderar att även marktillgång säkerställs. Detta gäller för anläggningar både över och under mark. För att säkerställa att det finns tillräcklig kapacitet till Göteborg behöver Göteborgs Stad, tillsammans med omkringliggande kommuner, regionen och nätägare, utreda behovet av två till tre nya eller breddade ledningsgator för stam- och regionnät, primärt norr- och österut. Utan mark för nya ledningar saknas förutsättningar att elektrifiera Göteborgs näringsliv.

Förutom att bygga ut kapaciteten kan effektbristen delvis åtgärdas med så kallade flexibilitetsmarknader och efterfrågeflexibilitet som har en potential att minska effektbehovet. Räknat på det högst belastade dygnet finns det en teoretisk potential att minska effektbehovet med cirka 100 MW, vilket motsvarar tio procent av maxbehovet. Att realisera hela den teoretiska potentialen inom de närmsta åren är däremot inte realistiskt. Existerande marknader för flexibilitet är fortfarande i ett utvecklingskede. Inom den närmsta framtiden är det mer sannolikt att nya laster så som fordonsladdning kan förmås styras till tider med låg förbrukning eller styras ned vid tillfällig nätkapacitetsbrist. Även om effektiviseringar genomförs och flexibilitetstjänster införs

² Flexibilitetsmarknader, efterfrågeflexibilitet och flexibilitetstjänster syftar alla till möjligheten för producenter och konsumenter att, utifrån det momentana effektbehovet, minska effektanvändning, öka effektproduktion och lagra eller använda lager av energi vid behov.

förväntas kapacitetsbehovet vid en stark elektrifiering totalt sett öka med 50–75 procent fram till år 2030–2035, framförallt kopplat till omställning av processindustrin och transportsektorn. Därmed är det angeläget att säkerställa att nätkapaciteten till Göteborg kan tillgodose det kommande behovet.

Klimatförändringar

En effekt av den ökande medeltemperaturen på jorden är att extremväder, som värmeböljor och skyfall, inträffar med allt större frekvens och intensitet (SMHI, 2017). Värmeböljor sätter större press på både fjärrkyla och elnät eftersom det blir en större efterfrågan på energi för att kyla ner bostäder, kontor, lokaler och andra fastigheter. Hur själva fastigheterna är anpassade till värmeböljor och hur vegetation utnyttjas i närområdet för att skapa så kallade svala öar har stor påverkan och mycket kan göras för att minska kylbehovet. Samtidigt behöver stadens energisystem ha kapacitet att möta en ökad efterfrågan av kyla, i form av både el och fjärrkyla. En annan effekt är att värmebehovet kan minska. Då minskar efterfrågan av fjärrvärme vilket samtidigt minskar behovet av värmeproduktion i kraftvärmeverk som i sin tur leder till en minskad elproduktion.

Översvämningar till följd av skyfall eller höjda vattennivåer utgör en risk för Göteborgs energisystems infrastruktur. Nätstationer kan sättas ur funktion vilket skulle innebära störningar av eldistribution och längre avbrottstider. Även produktion och distribution av fjärrvärme kan påverkas, beroende på hur mycket vattennivåerna stiger.

En kraftig befolkningsökning

Göteborgs befolkning antas växa med drygt 60 000 invånare mellan år 2020 och 2030 (Stadsledningskontoret, Göteborgs Stad, 2020). En naturlig följd av en ökande befolkningsmängd är att även energibehovet ökar från bostäder, arbetsplatser och transporter. Precis som det ska finnas tillräcklig effektkapacitet i elnätet ska det även finnas tillräckligt med värme, kyla och fordonsbränslen för att tillgodose hela befolkningens behov. Om stadens befolkning fortsätter att använda el och värme och reser på samma sätt som vi gör idag kommer energianvändningen att öka på ett ohållbart sätt. Med tanke på den ökande befolkningen behöver nuvarande och framtida energianvändning effektiviseras och minskas.

Styrmedelspåverkan

Energisystemet är ett område där det relativt ofta sker förändringar i lagstiftning, skatter och andra styrmedel. Kostnaden för energiprodukter består också ofta av skatter eller kostnader som är direkta konsekvenser av olika styrmedel. De flesta styrmedel gäller nationellt, men har ofta sitt ursprung i EU:s regelverk. EU-reglerna begränsar också Sveriges möjligheter att införa egna styrmedel. Det finns också lokala styrmedel, som till exempel trängselskatten i Göteborg. Förändringar av styrmedlen leder till en viss oförutsägbarhet vad gäller el- och värmeproduktion, men även i utvecklingen av andra delar av energisystemet, till exempel satsningar på vätgas eller elfordon.

I Göteborg är el- och värmeproduktionen särskilt påverkade av styrmedel. Exempel är koldioxidskatten som bidrar till en utfasning av fossila bränslen i värmesektorn, EU:s handelssystem med utsläppsrätter och den avfallsförbränningskatt som infördes år 2020. Priset på utsläppsrätter påverkar också den ekonomiska incitamenten koldioxidinfångning och lagring. Ett bra exempel på hur styrmedel kan påverka är biogasmarknaden i Sverige. I Sverige är användning av biogas skattebefriat, vilket

uppmuntrar till användning. I Danmark är produktion av biogas subventionerat, vilket gör att det är billigare att köpa importerad dansk biogas än svenskproducerad. På så sätt är den svenska biogasen inte särskilt konkurrenskraftig mot den danska och den inhemska biogasproduktionen har i stort sett stått still de senaste åren.

Just energiåtervinning av avfall förväntas bli dyrare framöver i och med att Sverige har valt att även avfallsenergianläggningar ska ingå i utsläppsrätssystemet, där priserna på utsläppsrätter har ökat kraftigt de senaste åren och förväntas fortsätta öka.

Avfallsförbränningskatten förväntas också öka vilket ytterligare ökar kostnaderna. Om de ekonomiska styrmedlen för samhällets restavfall blir alltför höga, skulle Renovas verksamhet på avfallskraftvärmeverket i Sävenäs kunna komma att bli så kostsam att den lokala försörjningskapaciteten av el och värme kan påverkas.

Transporter har länge omfattats av styrmedel, såväl nationellt som på EU-nivå. Styrmedlen utvecklas ständigt utifrån ökat behov av att minska transportsystemets klimatpåverkan och påverkar i olika grad fordons- och bränslebranschen samt konsumenterna. Det handlar bland annat om legala styrmedel, som utsläppskrav för nyregistrerade fordon, ekonomiska styrmedel, som drivmedelsbeskattning och stöd till investeringar i laddinfrastruktur för eldrivna fordon, samt reduktionsplikten som ställer krav på inblandning av biobaserade bränslen i drivmedel. Utmaningen ligger i att möta de förändringar i tillgång och efterfrågan som uppstår på grund av förändrade styrmedel och att ligga i fas med dem.

Resurser och rådighet

Att nå de mål som Göteborgs Stad har åtagit sig kommer kräva resurser i form av personal, kunskap och pengar. En stor del av målen, speciellt delmålen om minskad energianvändning och ett minskat vägtrafikarbete till år 2030, ligger utanför Göteborgs Stads direkta rådighet och kommer kräva att stadens indirekta rådighet utnyttjas, till exempel genom stadsutveckling, planprocess, förändrad trafikinfrastruktur, energirådgivning och annat påverkansarbete. Göteborgs Stad har en faktisk möjlighet att påverka styrmedel i en riktning som gynnar ett hållbart energisystem, både vad gäller minskade utsläpp av växthusgaser såväl som långsiktig stabilitet och förutsägbarhet. Att arbeta proaktivt, genom att framföra budskap i olika kanaler eller genom formella uppvaktningsåtgärder på statlig eller europeisk nivå, kan vara ett kraftfullt verktyg. Även remissvar och yttranden till myndigheter på både nationell och internationell nivå är centrala delar i Göteborgs Stads möjlighet till påverkan. Exempelvis kan staden påverka genom det nationella klimatkontrakt som Göteborgs Stad har skrivit under. Där finns intentioner och planer kring att staden ska kunna vara med och påverka utformning av policy, regelverk och styrmedel för att få till en bra helhet på systemnivå. För att både proaktiva och reaktiva insatser ska ha största möjliga påverkan behöver de vara samordnade och samstämmiga. En sådan samordning kan utföras av miljö- och klimatnämnden.

Flera av åtgärderna i den här planen ska utföras inom en snar framtid, vilket kommer att kräva att många investeringar behöver göras ungefär samtidigt. Göteborgs Stad behöver ha rätt kompetens på rätt plats och ett bra samarbete mellan olika aktörer, både inom offentlig och privat verksamhet. Kommunkoncernen har en historia av att ha ett välfungerande samarbete mellan olika bolag och nämnder vilket kan utvecklas i exempelvis stadsplaneringen eller i samverkan och kunskapsutbyten mellan nämnder och bolag.

Tillräckliga resurser är en fråga om tillgängliga medel och prioritering, men även att de medel som faktiskt finns tillgängliga används på rätt sätt. Att åtgärder inom energiområdet, till exempel energirenoveringar av gamla fastigheter, ofta har långa återbetalningstider eller ibland saknar tydlig ekonomisk vinning gör att de historiskt sett inte har varit högprioriterade. Kriterier för en lönsam investering är under förändring och upphandlingsmyndigheten har idag krav på hållbarhetskriterier som offentliga aktörer kan ställa vid upphandling, för att minska negativ miljö- och klimatpåverkan. Uppföljning av gjorda investeringar och upphandlingar utvecklas genom att ekonomiska nyckeltal kompletteras med nyckeltal för miljö- och klimatpåverkan. Att ta ställning till, och vidareutveckla, hur befintliga medel används är ett verktyg som kan användas för att finansiera åtgärderna i energiplanen Utöver de medel som finns inom stadens egna ramar finns det också möjlighet till extern finansiering, till exempel genom projektsatsningar inom EU. Att söka externa medel för åtgärder inom energiområdet är något som Göteborgs Stad kan bli bättre på.

Systemperspektiv och energisystemets utveckling

Samhället och inte minst energisektorn är under ständig utveckling. Under planens löptid förväntas både energiproduktion och konsumtionsmönster fortsätta förändras. Nya tekniker för styrning, reglering, lagring och produktion av energi kommer att utvecklas och etableras. För att uppnå Göteborgs Stads klimatmål och minska, eller helt eliminera, de fossila utsläppen behöver många industrier och sektorer utveckla sin verksamhet och använda andra bränslen och tekniker. Industrins och transportsektorns omställning kommer innebära stora förändringar i nuvarande och investeringar i ny infrastruktur. Det är inte säkert vilken väg de olika industrierna väljer och inte heller hur fordonsflottan ser ut i framtiden. Vätgas, biomassa och koldioxidinfångning förväntas få en allt större roll i framtidens energisystem.

Vätgas

Vätgas kan användas inom ett antal områden och spås bli en viktig del av det framtida energisystemet. I Göteborg kan vätgas tänkas användas som en del i raffinaderiernas biodrivmedelsproduktion, som drivmedel för fordon, för energilagring eller som bränsle i kraftvärmeverk. Hur vätgasen påverkar energisystemet och klimatet beror på hur den produceras. I dagsläget producerar raffinaderierna själva vätgas genom så kallad ångreformerings av naturgas, vilket genererar stora växthusgasutsläpp. Genom att applicera koldioxidinfångningsteknik (CCS) på den processen kan utsläppen minskas. En sådan teknik kommer förmodligen minska tillgången på spillvärme med hög temperatur eftersom CCS kräver mycket värme. Ett alternativ är att producera vätgas med hjälp av el genom elektrolys av vatten. En sådan produktion genererar inga direkta utsläpp men har ett stort elbehov. Utveckling och utbyggnad av infrastruktur för, och produktion av, vätgas i göteborgsregionen medför en rad strategiska vägval. Göteborgs Stad har en aktiv roll i att samordna relevanta aktörer i dessa vägval, ett arbete som kan och bör fortsätta för att utvecklingen ska ske på ett så effektivt sätt som möjligt.

Ökad konkurrens om biomassa

Biomassan spelar en viktig roll för att nå ambitiösa klimatmål i princip i alla sektorer, inte minst för raffinaderi- och el/fjärrvärmesektorn, och efterfrågan på biomassa kommer sannolikt att öka. Drivmedelsproduktion är ett område där biomassa förväntas få en allt större roll. För exempelvis tunga, långväga transporter och för flyg, kommer biomassa

sannolikt kunna erbjuda konkurrenskraftiga alternativ som drivmedel i flytande eller gasform under en lång tid framöver. Biomassa har också potential att användas som råvara för nya material och för kemikalier.

Det är viktigt att Göteborgs Stad följer utvecklingen kring beslut om styrmedel som rör biomassa och biodrivmedel, till exempel reduktionsplikten. Särskilt då biomassa kommer att ha en fortsatt viktig roll som bränsle i Göteborg Energis anläggningar. Kraftvärme, och i det här fallet biobaserad sådan, ger en möjlighet att balansera annan icke-planerbar el- och värmeförsörjning. Fjärrvärme är en viktig del i att nå stadens klimatmål, oavsett om den producerade fjärrvärmens kommer från biokraftvärme eller från överskottsvärme från bioraffinaderier.

Infångning och lagring av koldioxid

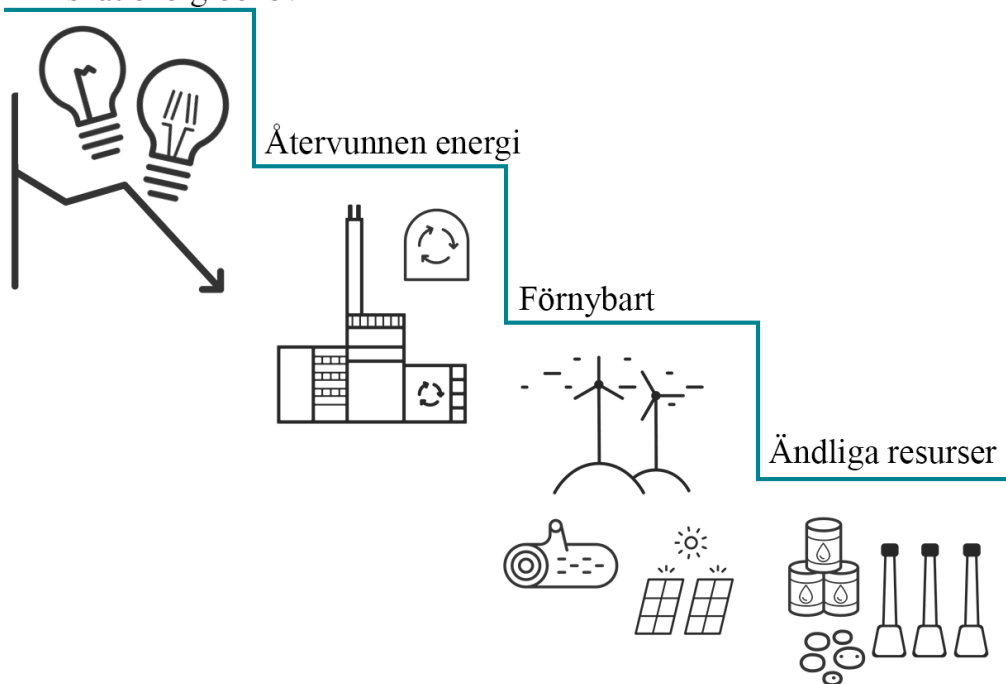
Utveckling av lösningar för CCS kan komma att bli en viktig del av omställningen till nettonollutsläpp i Göteborg. Det finns många närliggande industrier för vilka CCS är intressant. Göteborg ligger dessutom logistiskt bra till, med en väl utvecklad hamninfrastruktur, för att skicka infångad koldioxid till Nordsjön där det redan finns etablerade slutförvar. De större punkttutsläppen av koldioxid i staden där CCS kan bli aktuellt är framförallt Preem, St1 och Renova, som tillsammans står för drygt hälften av stadens utsläpp av fossil koldioxid. Många av de hinder som CCS har stått inför är borta. Återstående problem ligger bland annat i ansvarsfördelningen kring CCS-infrastrukturen, det vill säga vem som ska finansiera och ansvara för transport av infångad koldioxid. Göteborgs Stad har en viktig roll i utvecklingen av CCS-lösningar genom att tydligt bidra i dialog och diskussion, peka ut strategiska områden för ny infrastruktur, ta del i samlade strategier för investering och även påverka styrmedelsutformningar.

Åtgärder för ett hållbart energisystem

För att nå de uppsatta målen och för att möta de identifierade utmaningarna anges ett antal åtgärder i denna plan. Ett stort arbete för att energieffektivisera, minska energianvändning och ställa om till förnybara bränslen pågår redan i Göteborg. Åtgärderna i den här planen kompletterar redan pågående arbete med sådant som identifierats saknas, behöver utvecklas eller intensifieras i Göteborgs Stad.

På en övergripande nivå ska arbetet med åtgärder följa energitrappan, se figur 5. I första hand prioriteras minskad energianvändning, och energibehovet ska tillgodoses med återvunnen energi i så stor utsträckning som möjligt. Först när energianvändningen effektiviserats och återvunnen energi har tagits tillvara, ska återstående energibehov täckas med förnybar el, värme och drivmedel. Ändliga resurser, som kol, olja och naturgas, ska endast användas om inga andra alternativ varit möjliga.

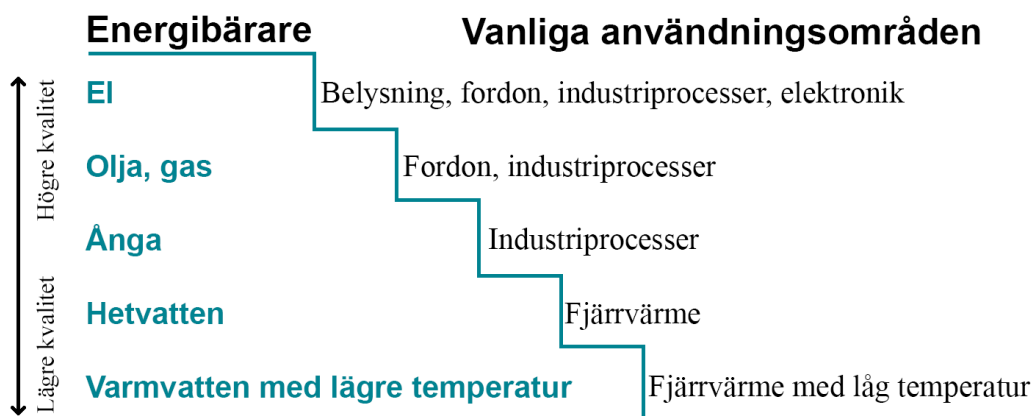
Minskat energibehov



Figur 4. Energitrappan visar hur vi ska arbeta med att nå ett hållbart energisystem. Vi börjar längst till vänster i trappan, ett minskat energibehov har störst effekt.

Energi har olika kvalitet. Att använda energi av högre kvalitet än nödvändigt innebär slöseri med värdefulla resurser. När energi av högre kvalitet produceras, till exempel el, uppstår ofta värme som en biprodukt. Tillvaratas värmen, som är av lägre energikvalitet, används resurser mer effektivt, eftersom även värme efterfrågas i energisystemet. Exempelvis kan värme från elproduktion i ett kraftvärmeverk eller värme från energiåtervinning av avfall och industriprocesser användas i fjärrvärmenätet. figur 6 illustrerar kvaliteten hos olika energibärare och exempel på användningsområden.

Precis som energi har olika kvalitet kan energibärare, till exempel el eller vätgas, vara olika effektiva eller miljövänliga beroende på hur de producerats. Både el och vätgas kan ha både ett fossilt och ett förnybart ursprung beroende på produktionsätt. Återigen är det viktigt att se till helheten när olika lösningar diskuteras.



Figur 5. Illustration över energibärarens olika kvalitet.

På samma sätt som olika energislag har olika kvalitet, har transportsätt olika grad av effektivitet. Fordon för både person- och godstransporter kan vara mer eller mindre energieffektiva, utifrån antal personer eller hur stor mängd gods varje fordon transporterar, samt mängden energi som går åt för att driva fordonet. Generellt är till exempel fartyg och tåg mer energieffektiva då de kan transportera stora mängder och har små energiförluster från friktion. Elfordon är också som regel mer energieffektiva än fordon som drivs med förbränningsmotorer. Beroende på hur dessa delar har optimerats är variationerna mellan olika transportsätt stora.

Översikt åtgärdsrubriker

Listan nedan visar energiplanens övergripande åtgärdsrubriker. Under varje åtgärdsrubrik finns en mer detaljerad beskrivning av de åtgärder som ska genomföras. I bilaga 4 finns ett register över åtgärderna sorterat efter utförande bolag eller nämnd.

1. Flexibelt och kapacitetssäkert energisystem
2. Energieffektivisering av den kommunala sektorn
3. Energieffektivisering av den privata sektorn
4. Förnybar el
5. Förnybar och återvunnen värme
6. Förnybar och återvunnen kyla
7. Energieffektiva och fossilfria resor, transporter och arbetsmaskiner
8. Utökad tillgång till laddplatser och fossilfria fordonsbränslen
9. Koldioxidinfångning och lagring

När ett bolag som har en koncernstruktur med dotterbolag anges som utförare av en åtgärd, exempelvis Förvaltnings AB Framtiden eller Göteborg Energi AB, ska bolaget i fråga avgöra vilken eller vilka delar av bolaget som ska utföra åtgärden. Med ”alla fastighetsägande bolag och nämnder” avses lokalnämnden, trafiknämnden, fastighetsnämnden, kretslopp- och vattennämnden, park- och naturnämnden, idrott- och föreningsnämnden, Gryaab AB, Renova AB, Göteborg Energi AB, Förvaltnings AB Framtiden, Higab, Liseberg AB, Göteborgs Hamn AB och Göteborgs Spårvägar AB.

Åtgärderna har antingen ett målår eller har beteckningen ”n/a”, vilket innebär att åtgärden ska utföras som ett kontinuerligt arbete. De åtgärder som har ett målår ska vara utförda senast under det angivna året. Kontinuerligt arbete innebär att åtgärden omgående ska påbörjas, om arbetet inte redan pågår, och sedan fortsätta pågå under planens löptid.

1. Flexibelt och kapacitetssäkert energisystem

Göteborg behöver en stabil och säker tillgång till energi för att upprätthålla samhällsviktiga funktioner och för att vara en attraktiv plats för ett konkurrenskraftigt näringsliv. Med de förändringar som sker i elsystemet, med en växande andel förnybar produktion och en ökande elektrifiering av bland annat transportsektorn, krävs ett fortsatt aktivt arbete för att upprätthålla leveranssäkerhet och tillräcklig eleffektkapacitet i kommunen. Detsamma gäller fjärrvärmens, där Göteborg Energi AB:s värmeproduktion står inför stora förändringar för att nå målet att fjärrvärmens ska vara helt baserad på förnyelsebar eller återvunnen energi år 2025, samtidigt som leveranskapaciteten ska bibehållas eller öka.

Det finns flera strategier för att undvika att Göteborg får kapacitetsproblem i framtiden. Att utveckla ett flexibelt energisystem är en sådan strategi. Smart effektstyrning, energilagring och flexibilitetsmarknader bidrar till ökad flexibilitet. Idag är kostnaden för

energilager i form av batterier och vätgassystem hög, men alternativ som är både miljömässigt och mer ekonomiskt fördelaktiga, förväntas utvecklas i hög takt. Ett energisystem med smart styrning på användarsidan gör att den ökande mängden förnybar produktion i energimixen, med sitt oförutsägbara effektutbud, blir lättare att hantera. Göteborg Energi AB arbetar redan aktivt med att påverka såväl eleffekt- som värmeeffektuttaget genom att förändra taxorna så att priset i högre grad återspeglar produktionskostnaden. Göteborgs Stad deltar idag aktivt i innovationsprojekt och bör fortsätta att prioritera forskningssamverkan och deltagande i pilotprojekt som rör styrd användning och lagring av el, värme och kyla för att på olika sätt öka robustheten i ett energisystem som ställs inför allt fler och större utmaningar.

Förutom att undvika effekttoppar inom kommunens gränser, i den utsträckning som är möjlig, behöver en utbyggnad av regionnätet möjliggöras för att öka kapaciteten fram till Göteborg. Som en del av detta behöver staden samverka med nationella aktörer, som Svenska Kraftnät, för att säkerställa tillräcklig nätkapacitet i Göteborg. Det är också möjligt att genom energieffektivisering minska effektbehovet av både el och värme, vilket skulle minska kapacitetsbehovet. Åtgärder för energieffektivisering återfinns under åtgärdsrubrikerna 2 och 3.

Tabell 1. Åtgärder för att upprätthålla leveranssäkerhet och kapacitet i energisystemet, sorterade efter målår

Åtgärd	Målår
<p>1.1 Göteborg Energi AB ska tillsammans med Förvaltnings AB Framtiden starta pilotprojekt för att utveckla och implementera tekniker för smart styrning av effektanvändning i elnätet, i kombination med energilager, för att utreda möjligheten att i stor skala minska eleffekttoppar. Lärdomarna från projektet ska spridas till andra fastighetsägande och förvaltande bolag och nämnder inom Göteborgs Stad.</p> <p>Potential: 5–10% lägre effektbehov Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	2022
<p>1.2 Göteborg Energi AB ska tillsammans med Förvaltnings AB Framtiden starta pilotprojekt för att undersöka möjligheten att i stor skala minska värmeeffekttoppar i flerbostadshus genom smart styrning och värmelagring. Lärdomarna från projektet ska spridas till andra fastighetsägande och förvaltande bolag och nämnder inom Göteborgs Stad.</p> <p>Potential: 3–15 MW lägre effektbehov / 0–15 GWh mindre energianvändning Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	2022
<p>1.3 Göteborg Energi AB ska starta ett projekt för att pröva en flexibilitetsmarknad för el i Göteborg.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	2022
<p>1.4 Göteborg Energi AB ska förekomma kommande lagkrav och ta fram en så kallad nätutvecklingsplan för Göteborg, i syfte att underlätta samarbete med övriga aktörer i elsystemet.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	2023

Åtgärd	Målår
<p>1.5 Miljö- och klimatnämnden ska samverka med Göteborgs Energi AB, Renova AB och andra relevanta regionala aktörer för att utveckla en lokal vätgasstrategi för Göteborgsregionen som en del av den nationella vätgasstrategin.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	2023
<p>1.6 Göteborgs Energi AB ska verka för att eleffektkapaciteten möter eleffektbehovet i Göteborg, både fram till och inom staden. Detta genom att arbeta för en utbyggnad av stamnätet till regionen, tillsammans med andra relevanta aktörer inom och utom Göteborgs Stad, och förstärka stadsnätet där det behövs, till exempel för att elektrifiera och bygga ut kollektivtrafiken.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	n/a
<p>1.7 Göteborgs Energi AB ska tillsammans med andra relevanta aktörer aktivt arbeta för en hushållning av eleffektanvändningen och en stabilisering av eleffektbehovet i Göteborg. Detta genom att ta vara på potential för efterfrågefleksibilitet genom exempelvis Vehicle-to-Everything (V2X)-teknik, smart effektstyrning av elbilsladdare, centrala och lokala ellager samt att effektstyra värmepumpar hos villakunder.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	n/a
<p>1.8 Göteborgs Energi AB ska tillsammans med Renova AB verka för att påverka nationella och internationella styrmedel och lagstiftningar som möjliggör utökad lokal biogasproduktion.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	n/a

2. Energieffektivisering av den kommunala sektorn

Att effektivisera och minska användningen av energi är ett kraftfullt verktyg för att minska klimatpåverkan från energisystemet, minska kostnader och underlätta för en fortsatt hållbar utveckling. Göteborgs Stad har med sina många bostäder, lokaler, anläggningar och verksamheter en stor energieffektiviseringspotential. Arbetet för att ta tillvara på denna potential pågår redan. Det behöver fortsätta och prioriteras högre och tydligare än tidigare om det ska vara möjligt att nå stadens klimat- och energimål.

Energieffektivisering kan ske med både tekniska lösningar och genom beteendeförändringar. Alla stadens bolag och nämnder har möjlighet att energieffektivisera sin verksamhet, sina processer eller fastigheter. Potentialen och förutsättningarna för detta kan dock variera kraftigt över Göteborgs Stads olika verksamheter.

Åtgärder som kan utföras utan omfattande insatser har störst potential att bli lönsamma. Exempelvis smart styrning och övervakning, beteendeförändring eller att använda ytor mer effektivt. Vissa åtgärder, som energireoveringar eller omfattande uppgradering av utrustning, kan med fördel göras när en fastighet ändå ska underhållas eller när utrustningen nått sin tekniska livslängd. Det finns också åtgärder som kan förhindra att ett energibehov uppstår. Med smart stadsplanering kan till exempel framtida behov av kyla minska genom att öka grönytefaktorn i staden och genom att använda vegetation och annan solavskärmning för att skugga byggnader.

Tabell 2. Åtgärder för att energieffektivisera den kommunala sektorn, sorterade efter målår

Åtgärd	Målår
<p>2.1 Förvaltnings AB Framtiden, Göteborg Energi AB, Göteborgs Hamn, Higab, idrott- och föreningsnämnden, kretslopp- och vattennämnden, Liseberg AB, lokalnämnden och Renova AB ska utreda potentialen för energieffektivisering i hela det egna fastighetsbeståndet och utöver det fastställa ett mål för energieffektivisering i linje med Göteborgs Stads miljö- och klimatprogram och en tillhörande energieffektiviseringsplan för att nå målet.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	2022
<p>2.2 Alla styrelser och nämnder ska byta ut belysning i sina fastigheter som inte är energieffektiv till energieffektiva alternativ, till exempel LED-belysning.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	2023
<p>2.3 Alla fastighetsägande styrelser och nämnder ska se över sina fastigheters styr- och reglersystem och säkerställa att de är rätt injusterade. Samtidigt ska utvecklingspotentialen av dessa system ses över vad gäller styrning av till exempel belysning och ventilationssystem. Denna potential ska tas vara på i bolagens och nämndernas energieffektiviseringsplaner.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	2023
<p>2.4 Förvaltnings AB Framtiden, Higab och lokalnämnden ska utreda potentialen för att utnyttja fastighetsytorna effektivare i befintligt fastighetsbestånd. Att agera på denna potential ska vara en del av bolagen och nämndernas strategier för energieffektivisering. Higab och lokalnämnden ska samverka med sina hyresgäster för att främja effektivt användande av ytor.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	2023

Åtgärd	Målår
<p>2.5 Fastighetsnämnden ska utreda möjligheten att införa särskilda krav på effektivt användande av yta, och hur dessa krav kan se ut för såväl bostäder som lokaler, i Göteborgs Stads program för miljöanpassat byggande eller motsvarande styrdokument. Syftet med en sådan kravställning skulle vara att minska energianvändningen per boende, arbetsplats eller motsvarande.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	2024
<p>2.6 Trafiknämnden ska säkerställa att gatubelysningen är energieffektiv och att gamla ljuskällor som inte är energieffektiva byts ut. Som en del av detta arbete ska minst 60 % av belysningen som trafiknämnden ansvarar för drivas med LED-teknik.</p> <p>Potential: 10–20 GWh lägre energianvändning per år Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	2025
<p>2.7 Alla byggande styrelser och nämnder ska vid nybyggnation utföra en kostnads- och energibesparingsanalys för användande av solavskärmning för att sänka behovet av kylning under varma dagar.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	n/a
<p>2.8 Alla fastighetsägande styrelser och nämnder ska vid planering av större underhållsåtgärder på en befintlig fastighet även genomföra en analys över energieffektivisering. Möjligheten att utföra energibesparande åtgärder, exempelvis tilläggsisolering, i samband med underhåll ska då undersökas.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	n/a
<p>2.9 Förvaltnings AB Framtiden, Higab och lokalnämnden ska systematiskt arbeta med beteendeförändring hos, och i samarbete med, sina hyresgäster och ge incitament för minskad användning av verksamhetsenergi och även hushållsenergi där det är applicerbart, exempelvis genom information, stöd, inspiration och gröna hyresavtal.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	n/a

3. Energieffektivisering av den privata sektorn

För att underlätta omställningen till ett hållbart energisystem behöver hela samhället effektivisera sin energianvändning och byta fossila bränslen till förnybara alternativ. Det gäller fastighetsbolag, bostadsrättsföreningar och privatpersoner så väl som butiker, industrier och småföretagare. Industrin står med sina processer och lokaler för en stor del av energianvändningen i Göteborg.

Göteborgs Stad har möjlighet att påverka det lokala näringslivet. Tillsammans med näringslivet driver Business Region Göteborg projekt för ökade energibesparingar och

minskad klimatpåverkan i göteborgsregionen, ett arbete som kräver fortsatt utveckling. Miljö- och klimatanmännen har genom miljötillsyn och energi- och klimatrådgivning också en påverkansmöjlighet. Att nyttja stadens möjlighet att påverka styrmedel och lagstiftning på såväl nationell som EU-nivå kan också vara ett kraftfullt verktyg för att påverka den privata sektorn.

Tabell 3. Åtgärder för att energieffektivisera den privata sektorn, sorterade efter målår

Åtgärd	Målår
<p>3.1 Göteborg Energi AB ska genomföra en satsning för att tydligare visa för sina fjärrvärmekunder hur fjärrvärmens returtemperatur påverkar priset samt ge kunderna råd om hur de kan agera för att sänka sin returtemperatur. Detta ska även ske gentemot kunder inom Göteborgs Stad.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	2024
<p>3.2 Göteborg Energi AB ska aktivt samverka med aktörer inom näringslivet för att öka kunskaps- och kompetensspridning inom energieffektivisering, kompetens som också ska överföras till aktörer inom Göteborgs Stad. Detta kan exempelvis ske genom att delta i branschkluster och/eller nätverk i regionen.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	n/a
<p>3.3 Miljö- och klimatanmännen ska upprätthålla och utveckla sitt stöd till, och öka kunskapen kring hållbar uppvärmning och kylning hos privatpersoner, företag och föreningar genom energi- och klimatrådgivning, kunskapsspridning i olika nätverk och myndighetstillsyn. Det kan röra såväl minskad energianvändning eller effektivare användning av energi av olika slag, exempelvis säsongslagring av värme i fastighetsnära värmelager eller kylning i form av frikyla där det är lämpligt.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	n/a
<p>3.4 Miljö- och klimatanmännen, Business Region Göteborg och Göteborg Energi AB ska verka både reaktivt och proaktivt för att påverka nationella och internationella styrmedel och lagstiftningar som leder till en effektivare energianvändning inom privat sektor och näringsliv.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	n/a

4. Förnybar el

Ett av de viktigaste stegen mot energisystem med minimal påverkan på miljö och klimat är att den energi som används har producerats på ett sätt som är långsiktigt hållbart. För att minska kommunens påverkan på klimatet har Göteborg Energi AB åtagit sig att sluta använda fossila bränslen i sin elproduktion och enbart producera förnybar el. Arbetet för att nå målet är redan igångsatt. Genom att använda de lokala förutsättningarna som finns i

form av antingen produktionslägen eller kunskap kan Göteborg producera mer förnybar el som bidrar till att uppfylla såväl lokala som nationella och internationella energimål.

Småskaliga produktionsanläggningar kan komplettera stora anläggningar och bidra till den totala andelen förnybar energi. Göteborgs Stad har byggt solceller på flera kommunala fastigheter men det finns fortfarande en stor outnyttjad potential vad gäller lämpliga ytor. Arbetet med att bygga solcellsanläggningar kan och bör fortsätta. Vid nyproduktion bör byggnader anpassas för att möjliggöra effektiv installation av småskaliga solcellsanläggningar och vid takunderhåll av redan befintliga byggnader bör installation uppmuntras där det anses gångbart. Göteborgs Stad ska vara föregångare och göra småskalig förnybar elproduktion synlig för att skapa intresse, inspirera och driva marknaden framåt. Installation av solceller på byggnaders tak och fasader och över parkeringsplatser är ett effektivt sätt att utnyttja ytor som samtidigt minskar behovet av att bygga stora anläggningar på exempelvis odlingsbar mark. Dessutom för det produktionen närmare användningen när allt större andel bilar är eldrivna och har ett behov av fastighetsnära laddning.

Tabell 4. Åtgärder för att öka andelen förnybar elproduktion, sorterade efter målår

Åtgärd	Målår
<p>4.1 Alla fastighetsägande och byggande styrelser och nämnder ska upprätta en solenergiplan där möjligheten för utbyggnad av solceller på befintliga byggnader och nyproduktion utreds, målsätts och planeras.</p> <p>Potential: 35–40 GWh förnybart producerad energi per år Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	2022
<p>4.2 Byggnadsnämnden ska, i samarbete med Göteborgs Energi AB, utreda möjligheten att det i planer och program säkerställs att hänsyn tas till markanvändnings- och bygglovsfrågor för lokaliseringar av anläggningar för storskalig förnybar el- och fjärrvärmeproduktion.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	2022
<p>4.3 Byggnadsnämnden ska utreda möjligheten att det i planer och program ges förutsättningar för att byggnaders placering och utformning görs på sådant sätt att det uppmuntrar till installation av solfångare eller solceller på byggnaden.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	2022
<p>4.4 Miljö- och klimatnämnden och Göteborgs Energi AB ska samverka för att bidra till att småskalig produktion av solel hos privata fastighetsägare ska öka.</p> <p>Potential: 350 GWh förnybart producerad energi per år Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	2025

Åtgärd	Målar
<p>4.5 Alla fastighetsägande styrelser och nämnder ska vid takrenoveringar alltid genomföra en kostnads kalkyl för att anlägga solpaneler som ett alternativ till ett konventionellt tak.</p> <p>Potential: Se åtgärd 4.1</p> <p>Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	n/a

5. Förnybar och återvunnen värme

Att lokaler och bostäder i Göteborg värms upp på ett hållbart sätt är en förutsättning för att staden ska nå uppsatta klimatmål. Som en del av arbetet för att minska Göteborgs klimatpåverkan ska fjärrvärmen i kommunen utgöras av enbart förnybar och återvunnen energi senast år 2025. Det innebär att Göteborg Energi AB behöver avveckla befintliga fossilbränsle drivna kraftvärmeverk och ersätta dem med förnybara motsvarigheter. Detta arbete har redan påbörjats. Baserat på de fossila utsläppen från fjärrvärmeproduktionen år 2017–2019 kan de totala utsläppen minska med 70 000–120 000 ton per år genom denna omställning. Kontinuerligt samarbete pågår redan med befintliga värmeleverantörer i syfte att optimera leveranser och öka andelen återvunnen värme i fjärrvärmemixen. Ett utbyte sker också med intilliggande kommuner som har egna fjärrvärmesystem.

Även när Göteborg Energi AB:s produktionsanläggningar drivs på endast förnybara bränslen ska fjärrvärmen i första hand baseras på återvunnen värme för att spara biobränslen, enligt principerna om olika energislags kvalitet. Totalt utgör den återvunnen värme i snitt cirka 70 procent av de totala värmeleveranserna till slutkund. Den återvunna värmen kommer främst från de stora värmeleverantörerna Renova AB, St1 och Preem. Under sommarhalvåret är den återvunna värmen tillräcklig för att försörja hela Göteborg Energi AB:s kundbehov. Resten av året stötts systemet av produktion i Göteborg Energi AB:s anläggningar. Den egna anläggningsparken utformas utifrån avvägningar mellan åtgärder hos spillvärmeleverantörer och egen produktion, olika scenarier för bränsletillgång och kundbehov.

Även om fjärrvärmenätet är utbrett i Göteborg täcker det inte hela kommunens fastighetsbestånd. De fastigheter som inte är anslutna till fjärrvärmenätet, till exempel majoriteten av småhusen i kommunen, värms i stället i de flesta fallen med el, antingen genom värmepump eller direktverkande el. Denna elanvändning utgör ett stort effektuttag i storleksordningen ungefär samma eleffekt som Rya kraftvärmeverks maximala elkapacitet. Göteborgs Stad har begränsad möjlighet att påverka denna sektor men bör göra det som ligger inom stadens rådighet för att öka användningen av fjärrvärme där så är möjligt och andra hållbara alternativ för uppvärmning där fjärrvärme inte är ett alternativ, exempelvis med hjälp av egenproducerad förnybar el eller med geoenergi, samt säsongslagring av värme i fastighetsnära värmelager. Miljöförvaltningen har genom sin energi- och klimatrådgivning en aktiv och pågående roll i detta arbete. Att bygga ut fjärrvärmenätet och göra det tillgängligt för fler villakunder är svårt ur ett konkurrensperspektiv. Om det skulle finnas nationella styrmedel i form av exempelvis subventioner eller bidrag för utbyggnad av respektive anslutning till fjärrvärmenätet skulle situationen kanske se annorlunda ut.

Tabell 5. Åtgärder för förnybar och återvunnen värme, sorterade efter målår

Åtgärd	Målår
<p>5.1 Göteborg Energi AB ska, i samarbete med byggnadsnämnden, utreda möjligheter att bygga ut fjärrvärmenätet i förväg där det finns planer på nybyggnation. På så sätt möjliggörs en proaktiv utbyggnad av fjärrvärmen i staden.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	2023
<p>5.2 Göteborg Energi AB ska fortsätta följa utvecklingen, utreda och verka för, där så är lämpligt, kombinationslösningar där fjärrvärme och värmepump används tillsammans för uppvärmning.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	2025
<p>5.3 Göteborg Energi AB ska fortsätta utveckla fjärrvärmen för att bli så långsiktigt hållbar som möjligt genom att undersöka möjligheter att premiera återvunnen värme med förnybart och hållbart ursprung.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	n/a
<p>5.4 Byggnadsnämnden ska med stöd av Göteborg Energi AB och Business Region Göteborg ta hänsyn till verksamheters behov och överskott av värme och kyla i tidigt skede i översiktsplan och detaljplaner. Eventuella synergier och symbios ska tas till vara där verksamheter och/eller fastigheter kan nyttja varandras energibehov och överskott.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	n/a

6. Förnybar och återvunnen kyla

I och med att klimatförändringar sannolikt leder till varmare somrar i Göteborg förväntas behovet av komfortkyla öka. För att undvika ett ökat eleffektbehov behöver Göteborgs Stad förekomma och utveckla fjärrkylan till ett effektivt och konkurrenskraftigt alternativ.

Uppskattningsvis kommer den årliga användningen av fjärrkyla att öka från cirka 100 till 200 GWh från 2021 till och med 2030. För att möta det beräknade kylbehovet planerar Göteborg Energi AB för en ackumulatortank (30–35 MW) och nya absorptionsmaskiner. Dessutom pågår ett digitaliseringsarbete för att optimera och visualisera produktionen av kyla.

Fjärrkyla kommer inte vara ett tillgängligt alternativ i hela kommunen men för de centrala delarna av Göteborg ska det vara ett attraktivt alternativ till fastighetsnära kylmaskiner. Fjärrkylasystemet ska utvecklas så att det ska vara konkurrenskraftigt i jämförelse med en lokal eldriven lösning. Även för de som inte har tillgång till fjärrkyla kan Göteborgs Stad påverka genom rådgivning för att informera om hållbara alternativ för att kyla sin

fastighet. Detta är ett arbete som miljöförvaltningen redan bedriver med sin energi- och klimatrådgivning.

Tabell 6. Åtgärder för förnybar och återvunnen kyla, sorterade efter målår

Åtgärd	Målår
<p>6.1 Göteborgs Energi AB ska utveckla fjärrkyla till ett konkurrenskraftigt alternativ till småskaliga lokala eldrivna kylanläggningar, så att fjärrkyla utgör ett självklart val i stadens centrala delar.</p> <p>Potential: 0–60 GWh lägre primärenergianvändning Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	2025
<p>6.2 Alla styrelser och nämnder som bygger och förvaltar fastigheter ska vid ett identifierat kylbehov i första hand välja fjärrkyla. Där fjärrkyla inte är ett lämpligt alternativ ska alternativa kylmetoder utredas, såsom frikyla eller solkyla. Eldrivna kylanläggningar ska i den mån det är möjligt drivas av egenproducerad sol på den aktuella fastigheten.</p> <p>Potential: Se åtgärd 6.1 Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	n/a

7. Energieffektiva och fossilfria resor, transporter och arbetsmaskiner

Göteborgs befolkning antas växa med drygt 60 000 invånare mellan år 2020 och 2030 (Stadsledningskontoret, Göteborgs Stad, 2020). Reser den tillkommande befolkningen med samma färdmedelsfördelning som idag kommer energianvändningen inom transportsektorn att öka på ett ohållbart sätt. Om fossilfria bränslen och elkapaciteten ska räcka till, behöver resor och transporter bli färre och effektivare. Målet i miljö- och klimatprogrammet är att vägtrafikarbetet ska vara 25 procent lägre år 2030 jämfört med 2020. För att nå det målet behöver resande till fots, med cykel och kollektivtrafik stimuleras och prioriteras i förhållande till biltrafik. Stadsplaneringens roll är viktig för att uppnå detta, då faktorer som befolkningstäthet och infrastruktur påverkar resmönster. En för låg befolkningstäthet (exempelvis vidsträckt småhusområden) tenderar att skapa bilberoende. Förtätning i kombination med förbättrad infrastruktur för hållbara transportslag kan bidra till att vägtrafikarbetet och transportsektorns utsläpp minskar. Elektrifiering av transportsystemet innebär även, utöver kraftigt minskade utsläpp, en effektivare energianvändning jämfört med förbränningsmotorer.

Göteborgs Stad har utarbetade styrdokument och planer som beskriver hur Göteborg kan utvecklas till en nära stad för att minska resebehovet och utveckla ett mer hållbart resande i staden. Arbetet enligt dessa behöver intensifieras. Den digitala utvecklingen ger stora möjligheter till minskade persontransporter. Det visade inte minst den stora omställning till digitala möten och hemarbete som Covid-19 pandemin ledde till på många arbetsplatser. Alla kan och bör inte arbeta hemifrån, men om fler skulle göra det skulle det innebära minskade resor och transporter i och till kommunen.

Göteborgs Stads egna tjänsteresor styrs av Göteborgs Stads riktlinje för resor och möten i tjänsten. Där står att det först ska övervägas om det är möjligt att ersätta resan till förmån för videokonferens eller liknande, därefter ska resesätt med cykel och till fots prioriteras. Göteborgs Stad har som mål att den egna fordonsflottan ska vara helt fossilfri senast

2023, och det finns samtidigt potential till effektivisering. Med cirka 55 000 medarbetare kan Göteborgs Stad också påverka genom att underlätta både arbete hemifrån, och resor till och från arbetet på annat sätt än med bil.

En del av fordonstrafiken i Göteborg består av godsdistribution. Det finns stora möjligheter till energieffektivisering, exempelvis genom hög nyttjandegrad och samordnade godstransporter mellan sjöfart och järnväg. Övergång till förnybara drivmedel inom dessa transportslag är viktigt för att nå stadens klimatmål. I Göteborg finns en stark industri och akademi som tillsammans med Göteborgs Stad arbetar aktivt med att utveckla, testa och driva på utvecklingen av effektivisering och omställning till förnybara drivmedel i godstrafiken.

Göteborgs Stad ansvarar för många transporter i form av renhållningstransporter, färdtjänst och distribution av material och mat till kommunens verksamheter. I egenskap av beställare av produkter och tjänster kan vi till exempel ställa krav på förnybara drivmedel i upphandlade leveranser. Vidare behöver uppföljningen förbättras för att säkerställa bästa resultat vid upphandling. Genom stadens gemensamma miljökrav vid upphandling av entreprenader skärps kraven kontinuerligt och skapar incitament för omställning till el och vätgas, alternativt andra förnybara drivmedel. På så sätt påskyndas användningen av energieffektiva och mer miljöanpassad teknik och drivmedel. Samverkan på nationell nivå är i dessa sammanhang viktigt.

Tabell 7. Åtgärder för energieffektiva och fossilfria resor och transporter, sorterade efter målår

Åtgärd	Målår
<p>7.1 Förvaltnings AB Framtiden, park- och naturnämnden, lokalnämnden, kretslopp- och vattennämnden, Liseberg AB, idrotts- och föreningsnämnden samt Got Event ska, när det gäller egna arbetsmaskiner, använda arbetsmaskiner som drivs på el-, vätgas- eller biogas som är förnybart producerat. För de arbetsmaskiner där dessa alternativ inte finns tillgängliga ska de drivas med annat förnybart drivmedel.</p> <p>Potential: 1 000–2 000 ton lägre koldioxidutsläpp per år Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	2023
<p>7.2 Förvaltnings AB Framtiden ska erbjuda mobilitetsalternativ, exempelvis elbils- eller lastcykelpool, som ett komplement till kollektivtrafik till alla boende. Syftet är att bidra till minskat bilresande och att öka sannolikheten att privatpersoner väljer hållbara alternativ till konventionellt ägande av fossildrivna fordon.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	2023
<p>7.3 Trafiknämnden ska i samverkan med miljö- och klimatnämnden, verka för att optimera trängselskatten utifrån målet om minskat vägtrafikarbete, till exempel genom platsdifferentierad taxa.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	2023

Åtgärd	Målår
<p>7.4 Göteborgs Stads Parkering AB, trafiknämnden och Förvaltnings AB Framtiden ska genom att höja kostnaden för att parkera i Göteborg, där rådighet finns, öka incitament att välja alternativa transportsätt, som exempelvis kollektivtrafik eller cykel.</p> <p>Potential: En höjd avgift med 20 kr/dag innebär cirka 25 000 ton lägre koldioxidutsläpp per år Resursbehov: 1–10 miljoner kronor</p>	2024
<p>7.5 Alla styrelser och nämnder ska säkerställa att behovet av användarvänliga cykelparkeringar för medarbetare, brukare och besökare är tillgodosett.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	2025
<p>7.6 Trafiknämnden ska i samverkan med miljö- och klimatnämnden utreda införande av miljözon 3 i Göteborg.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	2025
<p>7.7 Förvaltnings AB Framtiden, byggnadsnämnden, fastighetsnämnden och Göteborgs Stads Parkering AB, ska prioritera parkeringsplatser dedikerade för bilpooler framför privata parkeringsplatser.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	n/a

8. Utökad tillgång till laddplatser och fossilfria fordonsbränslen

Transportsektorns elektrifiering och omställning till förnybara drivmedel är nödvändig för nå stadens klimatmål. Stadens rådighet i omställningen handlar framförallt om att ge bra förutsättningar att använda eldrift och förnybara drivmedel i Göteborg. Staden kan planera för både ny infrastruktur i form av laddplatser och ökad tillgång till exempelvis vätgas. Även om eldrift förväntas bli det dominerande alternativet för transporter, och Göteborgs Stad måste skapa förutsättningar för det, är det fördelaktigt om ett brett utbud av alternativ finns tillgängligt. Det ger dels användaren frihet att välja, dels minskad sårbarhet i konkurrensen mellan olika resursers användningsområden. Det handlar också om att kunna välja det bästa alternativet utifrån transportens specifika förutsättningar. Samtidigt ska de satsningar Göteborgs Stad genomför ha ett helhetstänk, där exempelvis resurseffektivitet och konsekvenser för människors hälsa som buller och luftföroreningar samt biologisk mångfald ska väga tungt.

Med ökad kravställning på förnybara drivmedel och energieffektiva transporter i upphandlingar behöver Göteborgs Stad också ta ansvar för att förutsättningarna för detta finns på plats. Det kan göras med stöd av stadens trafikstrategi, inom ramen för arbetet med stadens elektrifieringsplan för ett elektrifierat transportsystem och genom pågående innovationsprojekt. Det behövs aktivt arbete för att säkerställa tillräcklig nätkapacitet för elektrifiering av, och tillgång till, förnybara drivmedel för person- och godstrafik.

Tabell 8. Åtgärder för utökad tillgång till förnybara fordonsbränslen, sorterade efter målår

Åtgärd	Målår
<p>8.1 Förvaltnings AB Framtiden, Higab AB, Lokalnämnden och Göteborg Energi AB ska säkerställa att tillgången till laddstationer för lätta fordon, som kan nyttjas av boende och verksamheter i de utpekade aktörernas bostäder och lokaler, möter behovet. Målsättningen ska vara att de boende inte upplever att brist på laddstationer är ett hinder för att skaffa elbil.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	2024
<p>8.2 Alla styrelser och nämnder ska, där så är möjligt, använda laddstationer som samnyttjas av andra verksamheter eller boende och besökare.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	2024
<p>8.3 Renova AB ska upprätta en plan för att uppgradera sin anläggning på Marieholmsområdet för hantering av biologiskt avfall, på ett sådant sätt att tillvaratagandet av biogaspotentialen i avfallet ökar, i enlighet med A2030³.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	2025
<p>8.4 Göteborg Energi AB ska, i samverkan med Business Region Göteborg, trafiknämnden och regionala aktörer, bidra till att tillgången till publika snabbaddstationer för tunga transporter möter behovet. Målsättningen ska vara att verksamhetsutövare inom tunga transporter anser att tillgången till laddmöjligheter är tillräcklig för att välja eldrivna fordon.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	n/a
<p>8.5 Göteborg Energi AB ska, i samverkan med Business Region Göteborg, trafiknämnden och regionala aktörer, utreda möjligheterna för utökad tillgång till förnybart producerad vätgas, även flytande, för tunga fordon.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	n/a
<p>8.6 Byggnadsnämnden ska, i samverkan med Göteborg Energi AB, fastighetsnämnden och trafiknämnden, säkerställa att det i översiktsplan och detaljplaner tas hänsyn för markanvändnings- och bygglovsfrågor för lokaliseringar av infrastruktur och depåer för elladdning, samt förnybara fordonsbränslen.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	n/a

³ A2030 är göteborgsregionens avfallsplan, Göteborgsregionen minskar avfallet – Avfallsplan för tretton kommuner till 2030.

9. Koldioxidinfångning och lagring

För att nå 1,5-gradersmålet krävs minusutsläpp redan år 2030 för att kunna undvika en orimlig omställning år 2045, enligt FN:s klimatpanel IPCC. Avskiljning och lagring av koldioxid, CCS (Carbon Capture and Storage), är en avgörande teknik för att åstadkomma minskade och negativa utsläpp. För koldioxid som uppstår vid förbränning av biogent material kallas tekniken BECCS (Bio-Energy with Carbon Capture and Storage) eller bio-CCS. I den här texten benämns båda teknikerna som CCS om inget annat angetts.

CCS är relevant för energiområdet dels då själva processen beräknas vara mycket energikrävande, dels för att det gör det möjligt att kraftigt minska utsläppen från energiproduktionen. Är utsläppen biogena utgör de dessutom en potentiell kolsänka genom så kallade negativa utsläpp.

Göteborg har goda förutsättningar för CCS med flera stora punktutsläpp och en väl fungerande och utbyggd hamn vilket ger en närhet till redan etablerade lagringsområden i Nordsjön. Potentialen uppgår till cirka två miljoner ton koldioxid per år inräknat raffinaderier, avfallsförbränning och Göteborg Energi AB:s samlade utsläpp. Det motsvarar ungefär två tredjedelar av de direkta utsläppen av fossil och biogen koldioxid i staden. Med CCS på Renovas avfallskraftvärmeverk skulle den biogena delen av utsläppen utgöra en kolsänka. Förutsatt att Göteborg Energi ställer om till att enbart använda biobaserade bränslen skulle detta gälla även på deras anläggningar.

Teknik för att avskilja, transportera och lagra koldioxid som uppstår vid förbränning är redan utvecklad. CCS är dock fortfarande väldigt kostsamt och energikrävande. Idag saknas marknadsmässiga incitament, såväl i Sverige som i EU, för att bygga anläggningar för avskiljning och infrastruktur för transport av koldioxid. Det är viktigt att kombinera CCS och bio-CCS för att nå bästa möjliga nytta och de skalfördelar som uppstår då flera verksamheter kan nyttja samma infrastruktur. Styrmedel bör utformas för att stödja möjligheten att kombinera CCS och bio-CCS för att uppnå maximal samhällsnytta.

Göteborgs Stad har en aktiv roll i utvecklingen av CCS i regionen. Staden har bland annat deltagit i ett projekt tillsammans med andra relevanta aktörer i regionen där en förstudie gjorts om hur en gemensam infrastruktur för bortforsling av infångad koldioxid kan se ut. Nästa steg är att utreda var CCS-anläggningar bör installeras för att avfalls- och energisystemet i Göteborg ska minska sin klimatpåverkan så mycket som möjligt. Även hur sådana anläggningar ska finansieras behöver utredas, då det i dagsläget är osannolikt att en aktör kan stå för hela kostnaden. Göteborg bör aktivt marknadsföra sitt intresse för CCS gentemot Sverige och EU för att få ta del av de offentliga medel som planeras bidra till utredning och införande av tekniken. Göteborgs Stad har en pågående satsning som täcker in alla dessa områden, något som bör fortsätta framöver och byggas vidare på för att säkerställa en effektiv och samordnad utveckling av CCS i Göteborg.

För att Göteborgs Stad ska kunna investera i CCS behöver svensk och internationell lagstiftning som stödjer CCS vara på plats. Alla relevanta aktörer måste också ha erforderliga tillstånd för avskiljning, mellanlagring och transporter. En koldioxidavskiljningsanläggning tar utrymme i anspråk vilket behöver ses över i detaljplaner och avtal. Lokal infrastruktur för transport av koldioxid från anläggningen till hamnen och sedan vidare till en färdigställd lagringsmöjlighet behövs också. Det är också

viktigt att kommunikation kring CCS sker på ett bra sätt för att tekniken ska kunna accepteras av intressenter och även av allmänheten. Nämnden för konsument- och medborgarservice har i sin dialog med Göteborgs invånare potential att bedriva ett sådant arbete, något som redan görs inom andra områden.

Tabell 9. Åtgärder för att införa CCS i Göteborg, sorterade efter målår

Åtgärd	Målår
<p>9.1 Göteborg Energi AB ska, tillsammans med Renova AB, tillsätta en arbetsgrupp för att utreda behov, placering, investeringsbehov och affärsmodell för en eller flera CCS-anläggningar på Göteborgs Stads värme- och kraftvärmeverk och eventuell gemensam infrastruktur med andra relevanta aktörer i regionen.</p> <p>Potential: 150 000–370 000 ton infångad fossil koldioxid per år / 320 000–400 000 ton negativa koldioxidutsläpp per år Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	2022
<p>9.2 Renova AB ska, tillsammans med kretslopp- och vattennämnden och Göteborg Energi AB, starta ett pilotprojekt för att producera biokol av insamlat avfall från trädgårdar och parker, med möjligheten att ta vara på överskottsvärme som en resurs i fjärrvärmesystemet.</p> <p>Potential: 4 500–8 500 ton negativa koldioxidutsläpp per år / 6–10 GWh producerad överskottsvärme per år Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	2024
<p>9.3 Byggnadsnämnden ska, i samarbete med Göteborg Energi AB och Renova AB, utreda hur utrymme kan säkerställas i planer och program för placering av CCS-anläggningar och infrastruktur.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	n/a
<p>9.4 Miljö- och klimatnämnden ska, i samarbete med Göteborg Energi AB och Renova AB, samordna Göteborgs Stads arbete för att påverka nationella och internationella styrmedel och lagstiftningar som möjliggör CCS-anläggningar i Göteborg.</p> <p>Potential: n/a Resursbehov: XX heltidstjänster / YY kronor</p>	n/a

Referenser

- Länsstyrelsen Västra Götaland. (2020). *Kartläggning och analys av elförsörjningssituationen i Västra Götaland - Redovisning av Regeringsuppdrag Trygg elförsörjning*.
- Besmä. (2019). *Förstudie - Potential för energieffektivisering i småhus*. Stockholm. Hämtat från http://energieffektivasmahus.se/wp-content/uploads/2018/09/BeSm%C3%A5-Energieffektiviseringspotential_slutrapport.pdf
- CEWEP. (2019). Circular Economy Calculation Tool. Hämtat från <https://www.cewep.eu/circular-economy-calculator/>
- Energiforsk, Profu. (den 23 april 2021). *Energiföretagen*. Hämtat från Efterfrågan på fossilfri el - Analys av högnivåscenario: <https://www.energiforetagen.se/globalassets/dokument/fardplaner/scenario-2045-april-2021/scenarioanalys-efterfragan-fossilfri-el-2045-slutrapport.pdf>
- Energiföretagen. (den 29 mars 2021). *Energiföretagen*. Hämtat från Elanvändning: <https://www.energiforetagen.se/energifakta/elsystemet/energibranschen-viktig-for-svensk-ekonomi/elanvandning/>
- Energigas. (2020). *Energigas Sverige*. Hämtat från Fakta om gas: <https://www.energigas.se/fakta-om-gas/fordonsgas-och-gasbilar/tanka-gas/>
- Energigas Sverige. (den 10 maj 2021). *Energigas*. Hämtat från Statistik om fordonsgas: <https://www.energigas.se/fakta-om-gas/fordonsgas-och-gasbilar/statistik-om-fordonsgas/>
- Energimyndigheten. (2019). *Kontrollstation 2019 för reduktionsplikten - Reduktionspliktens utveckling 2021-2030*. Eskilstuna: Energimyndigheten. Hämtat från <https://energimyndigheten.a-w2m.se/Home.mvc?ResourceId=158594>
- Energimyndigheten. (den 18 November 2020). *Växthusgasutsläpp*. Hämtat från Energimyndigheten: <http://www.energimyndigheten.se/fornybart/hallbarhetskriterier/drivmedelslagen/vaxthusgasutslapp>
- Energimyndigheten. (2021). *Energimyndigheten*. Hämtat från Prognoser och scenarier: <http://www.energimyndigheten.se/statistik/prognoser-och-scenarier/>
- Energimyndigheten. (2021). *Energimyndigheten*. Hämtat från Projektdatabas - projektinformation: <https://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/projektdatabas/sokresultat/?projectid=28182>
- Europeiska kommissionen. (den 10 maj 2021). *European Commission*. Hämtat från 2030 Climate & Energy Framework: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en
- Folkhälsomyndigheten. (2017). *Miljöhälsorapport 2017*. Solna: Folkhälsomyndigheten.

- Förvaltnings AB Framtiden. (den 6 Oktober 2020). *Redovisning av åtgärder för energi- och effekteffektivisering*. Hämtat från Göteborgs Stad:
https://goteborg.se/wps/PA_Pabolagshandlingar/file?id=27217
- Göteborg Energi. (2016). *Solceller i Göteborg: Samarbetsprojekt mellan Göteborg Energi och Framtiden*.
- Göteborg Energi. (2017). *Göteborg Energi AB:s hemställan till kommunfullmäktige om investering "Fjärrkyla Älvstaden"*. Hämtat från
[https://www4.goteborg.se/prod/intraservice/namndhandlingar/samrumportal.nsf/BA208FBDAB3CB726C125818A005154CA/\\$File/2.1.7_20170906.pdf?OpenElement](https://www4.goteborg.se/prod/intraservice/namndhandlingar/samrumportal.nsf/BA208FBDAB3CB726C125818A005154CA/$File/2.1.7_20170906.pdf?OpenElement)
- Göteborgs Spårvägar. (2020). *Verksamhetsberättelse med hållbarhetsrapport 2019*. Göteborg. Hämtat från <http://www.goteborgssparvaggar.se/wp-content/uploads/2020/04/28251gsverksamhetsberattelse2019-low.pdf>
- Göteborgs Stad. (2019). *Göteborgs Stads åtgärdsprogram mot buller 2019-2023*. Göteborg: Göteborgs Stad. Hämtat från
<https://goteborg.se/wps/wcm/connect/aa94c45e-81a5-4518-a338-d042491ad612/G%C3%B6teborgs+stads+%C3%A5tg%C3%A4rdsprogram+mot+buller+2019-2023.pdf?MOD=AJPERES>
- Göteborgs Stad. (december 2020). Hämtat från Ladda elbil i Göteborg:
<https://goteborg.se/wps/portal?uri=gbglnk%3a2016327213851950>
- Göteborgs Stad. (2021). *Statistikdatabas Göteborgs Stad*. Hämtat från
<http://statistikdatabas.goteborg.se/pxweb/sv/>
- Göteborgs Stad et. al. (den 09 november 2017). Hämtat från
[https://www5.goteborg.se/prod/Stadsledningskontoret/LIS/Verksamhetshandbok/Forfattn.nsf/63335A33EC15F00EC1257B1F00495C43/\\$File/WEBVBUC228.pdf?OpenElement](https://www5.goteborg.se/prod/Stadsledningskontoret/LIS/Verksamhetshandbok/Forfattn.nsf/63335A33EC15F00EC1257B1F00495C43/$File/WEBVBUC228.pdf?OpenElement)
- LEKS. (2017). *LEKS, Länsstyrelserna Energi- & klimatsamordning*. Hämtat från Energibalans Västra Götaland, statistik 2017: <https://www.leks.se/energistatistik/>
- Miljöförvaltningen. (2018). *Fossilfritt Göteborg - vad krävs?* Hämtat från Göteborgs Stad: https://goteborg.se/wps/wcm/connect/e260f66a-077f-459c-a073-5e1c318c98bd/N800_R_2018_13.pdf?MOD=AJPERES
- Miljöförvaltningen, Göteborgs Stad. (2020). *Miljöförvaltningens emissionsdatabas*. Göteborg: Miljöförvaltningen.
- Miljöförvaltningen, Göteborgs Stad. (2020). *Uppföljning av Göteborgs lokala miljömål 2019. Rapport 2020:11*. Göteborg: Göteborgs Stad. Hämtat från
https://goteborg.se/wps/wcm/connect/eda6bf20-3ab7-447d-89a9-4a3b48c29514/R+2020_11+Rapport+uppfo%C3%B6ljning+av+G%C3%B6teborgs+lokala+milj%C3%B6m%C3%A5l+2019.pdf?MOD=AJPERES
- Naturvårdsverket. (den 15 juni 2020). *Naturvårdsverket*. Hämtat från Avfallsmängder i Sverige: <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Avfallsmangder/>

- Naturvårdsverket. (den 10 maj 2021). Hämtat från <https://www.naturvardsverket.se/Samar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-fran-arbetsmaskiner/>
- Paulsson, M. (2020). *Sammanfattande slutrapport för projektet Rest till bäst (steg 2)*.
- Preem. (2021). Hämtat från Preemraff Göteborg: <https://www.preem.se/om-preem/om-oss/vad-vi-gor/raff/preemraff-goteborg/>
- Regeringskansliet. (den 10 maj 2021). *Regeringen*. Hämtat från Mål för energipolitiken: <https://www.regeringen.se/regeringens-politik/energi/mal-och-visioner-for-energi/>
- Renova. (2020). *Hållbarhetsredovisning 2019*. Göteborg: Renova AB.
- Renova AB. (2019). *Förstudie: Biokol av ris i trädgårdsavfall från Renovas ägarkommuner*. Göteborg.
- Riksrevisionen. (2019). *Stöd till renovering och energieffektivisering - en riktad satsning till vissa bostadsområden*. Stockholm. Hämtat från <https://data.riksdagen.se/fil/FF1AE2C3-A3D0-4D86-B1B2-5759016673FD>
- SCB. (den 31 Oktober 2017). *Belysningsel industri och vägbelysning: Underlagsrapport Belysningsutmaningen*. Hämtat från Energimyndigheten: <https://www.energimyndigheten.se/globalassets/belysningsutmaningen---portal/rapporter/belysningsel-industri-och-vagbelysning-scb-2017-underlagsrapport-belysningsutmaningen.pdf>
- SJ. (2019). *Rapport om klimatsmart resande*. Stockholm: SJ. Hämtat från <https://www.sj.se/content/dam/SJ/pdf/sj-klimatrapport-maj-2019.pdf>
- SMHI. (den 20 mars 2017). *SMHI*. Hämtat från Klimatberäkningar visar på mer extremt väder: <https://www.smhi.se/forskning/forskningsnyheter/nya-klimatberakningar-visar-pa-mer-extremt-vader-1.12922>
- St1. (2021). Hämtat från Framställning: <https://www.st1.se/om-st1/fornybar-energi/framstallning>
- St1. (2021). Hämtat från Raffinaderiet i Göteborg: <https://www.st1.se/om-st1/foretagsinformation/forskning-och-utveckling/raffinaderiet-i-goteborg>
- Stadsledningskontoret, Göteborgs Stad. (2019). Redovisning av uppdrag att se över hur väl Göteborgs Stads resepolicy följs i syfte att stärka efterlevnaden. Göteborg. Hämtat från [https://www4.goteborg.se/prod/Intraservice/Namndhandlingar/SamrumPortal.nsf/186D989335B0DD98C12583EB004FD8A7/\\$File/2.2.15_20190508.pdf?OpenElement](https://www4.goteborg.se/prod/Intraservice/Namndhandlingar/SamrumPortal.nsf/186D989335B0DD98C12583EB004FD8A7/$File/2.2.15_20190508.pdf?OpenElement)
- Stadsledningskontoret, Göteborgs Stad. (2020). *Befolkningsprognos 2021-2040*. Göteborg: Göteborgs Stad. Hämtat från https://goteborg.se/wps/wcm/myconnect/3f124c56-985b-4c45-8b6f-3fdd6f027c36/Kommunprognos+2020.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=ROO-TWORKSPACE-3f124c56-985b-4c45-8b6f-3fdd6f027c36-n3jErYR&CONVERT_TO=url

Statistiska Centralbyrån. (den 25 februari 2021). *SCB*. Hämtat från Kommunal och regional energistatistik: <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/energi/energibalanser/kommunal-och-regional-energistatistik>

Statistiska Centralbyrån. (den 4 maj 2021). *SCB*. Hämtat från Fordonsstatistik: <https://scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/transporter-och-kommunikationer/vagtrafik/fordonsstatistik/>

Stockholms Stad, Göteborgs Stad, Malmö Stad. (2021). *Miljöfordon*. Hämtat från <https://www.miljofordon.se/>

Swedegas. (2021). Hämtat från www.swedegas.se

Trafikkontoret, Göteborgs Stad. (2020).

Trafikkontoret, Göteborgs Stad. (2020). *Trafik- och resandeutveckling 2019*. Göteborg: Göteborgs Stad. Hämtat från https://goteborg.se/wps/wcm/connect/604aef91-a9f0-4cca-841b-d94dd86c0403/TRU_2019_slutversion.pdf?MOD=AJPERES

Trafiknämnden. (2020). *Årsrapport 2020*. Hämtat från Göteborgs Stad: <https://goteborg.se/wps/wcm/myconnect/8c541c00-e902-4b77-b9b2-b23cb1d565f1/Trafikn%C3%A4mndens+%C3%A5rsrapport+2020.pdf?MOD=AJPERES>

Trafikverket. (2018). *Transportplanering 2.0 - En åtgärd intierad av Miljömålsrådet*. Borlänge: Trafikverket. Hämtat från <http://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1364012/FULLTEXT01>

UNDP. (den 23 februari 2021). *Globala målen*. Hämtat från Hållbar energi för alla: <https://www.globalamalen.se/om-globala-malen/mal-7-hallbar-energi-alla/>

Västra götalandregionen. (den 10 maj 2021). *Klimat2030*. Hämtat från Skriv på: <https://klimat2030.se/skriv-pa/>

Västtrafik. (2020). *Västtrafiks hållbarhetsredovisning 2019*. Göteborg: Västtrafik. Hämtat från Miljö: <https://www.vasttrafik.se/om-vasttrafik/miljo/>

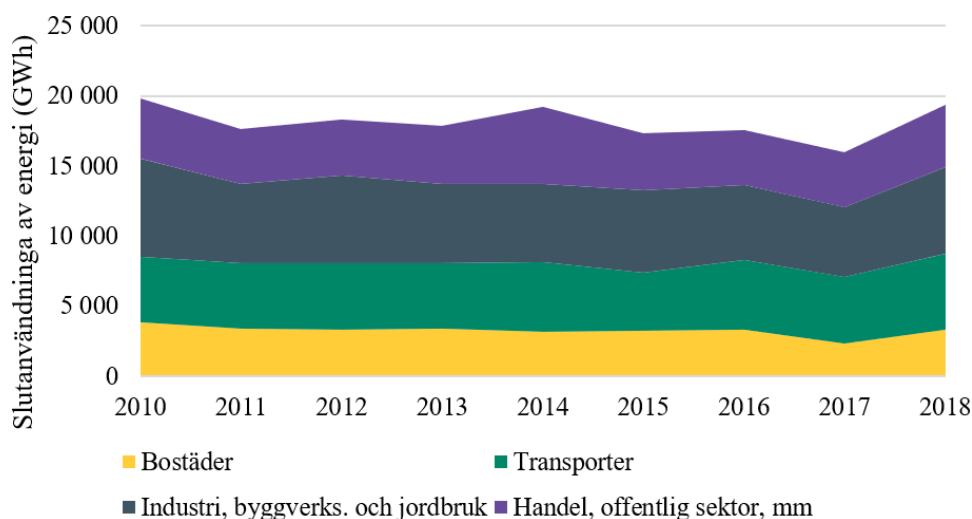
Bilaga 1

Nulägesbeskrivning av energisystemet i Göteborg

Energianvändning inom kommungränsen

I Göteborg var slutanvändningen av energi år 2018 cirka 19 TWh, vilket inkluderar all energi som använts till transporter, el, uppvärmning, industriprocesser och så vidare (Statistiska Centralbyrån, 2021). Av dessa var cirka 4,5 TWh el, drygt 3 TWh fjärrvärme och resterande 11,5 TWh en blandning av fossila och förnybara bränslen. I figur 7 är energianvändningen uppdelad i fyra sektorer: industrier, byggverksamheter och jordbruk; transporter; bostäder; handel, offentlig sektor med mera. Detta ger en bra överblick över vart energin används i kommunen. Statistiken är hämtad från SCB och har en relativt låg nivå av noggrannhet. Inrapporterade data kan variera över åren och viss data är sekretessbelagd vissa år. I de fallen har uppskattningar gjorts baserat på intilliggande år. Dessutom är det generellt svårt att härleda var och när energin har använts. Här har heller ingen normalårskorrigerings gjorts, vilket gör att variationer i temperatur över åren kan ha en tydlig inverkan på energianvändningen under vissa år. Figurerna är alltså inte exakta utan ger en fingervisning om energianvändningen i Göteborg.

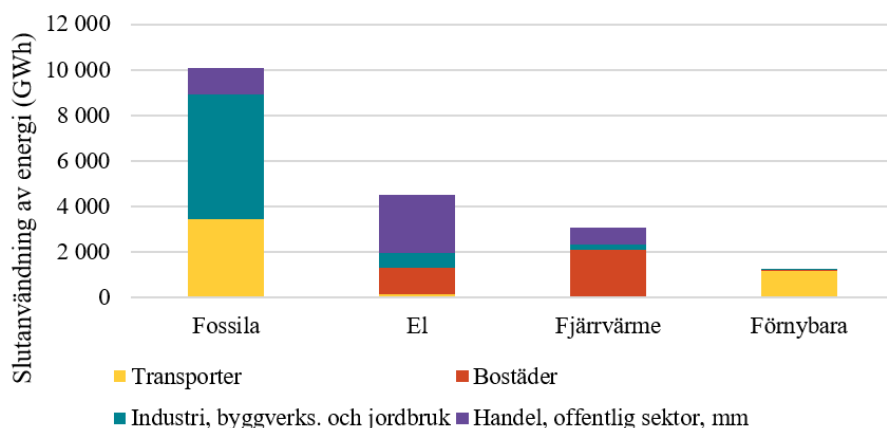
Slutanvändning av energi i Göteborg per sektor



Figur 6. Slutenergianvändningen i Göteborg kommun under åren 2010–2018, uppdelat per sektor. Data från SCB (Statistiska Centralbyrån, 2021).

Fördelningen av energislag varierar mellan de olika sektorerna. De fossila bränslena dominerar inom industri, byggverksamhet och jordbruk samt transporter. En stor del av användningen i industrin utgörs av så kallad raffinaderigas, eller bränngas, i oljeraffinaderierna. Raffinaderigas är en gas som uppstår vid behandling av råolja och som sedan återanvänds i processerna för att producera olika oljeprodukter. Elanvändningen är störst inom handel, offentlig sektor, med mera och det används mest fjärrvärme i stadens bostäder.

Slutanvändning av energi år 2018 efter bränsletyp och sektor

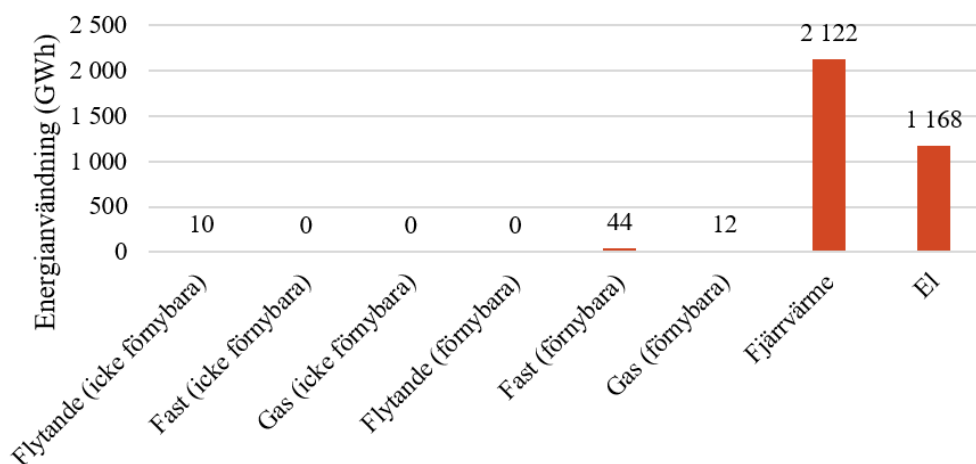


Figur 7. Slutenergianvändningen i Göteborg år 2018, uppdelat efter bränsletyp och sektor. Fossila bränslen är den dominanta bränsletypen, följt av el, fjärrvärme och förnybara bränslen.

Bostäder och lokaler

Bostäder och lokaler innefattar både allmännyttiga och privata bostäder samt offentlig och privat verksamhet. I den här sektorn ingår sjukhus, skolor, sporthallar, mässhallar, butiker, restauranger, kontor, flerbostadshus, småhus, fritidshus och så vidare. År 2019 fanns det ungefär 286 000 bostäder i kommunen, varav cirka 211 000 flerbostadshus och 54 000 småhus. Bostäderna använder primärt fjärrvärme för uppvärmning. En försvinnande liten andel använder värmepannor med träpellets och ännu färre använder olja eller gas. Ytterligare en andel av bostäderna, främst småhus, använder el för uppvärmning. I figur 9 visas den energi som går till uppvärmning, varmvatten, fastighetsel⁴ och hushållsel⁵.

Energianvändning i bostäder år 2019



Figur 8. Energianvändningen år 2019 i bostäder, uppdelat efter energislag.

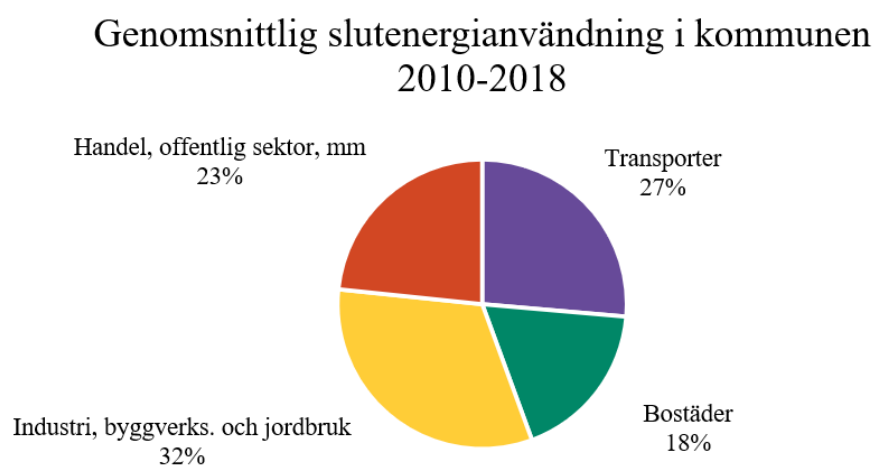
⁴ Fastighetsel för flerbostadshus inkluderar belysning och apparater i gemensamma utrymmen, ventilation, hissar och liknande.

⁵ Hushållselen är all den el som används av de boende själva i sina lägenheter eller hus.

Energieffektiviseringspotential av bostäder i Göteborg är inte känd och det skulle krävas omfattande undersökningar och analyser för att få fram en exakt siffra, men det går att göra uppskattningar. Det finns studier (Riksrevisionen, 2019) som visar på en nationell effektiviseringspotential på 40–45 procent för flerbostadshus och upp till 60 procent för småhus (Besmå, 2019). En stor del av de effektiviseringsåtgärder som kan utföras är ekonomiskt lönsamma.

Industri och lantbruk

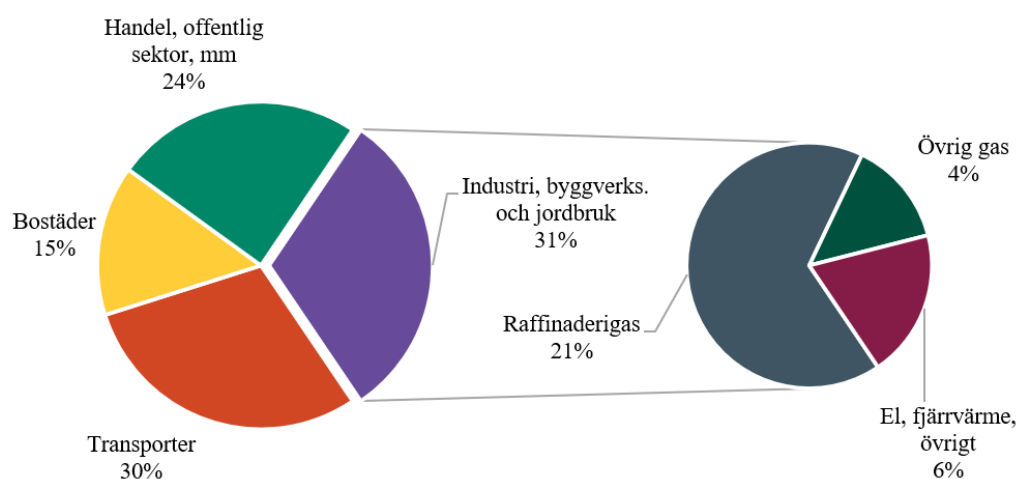
I Göteborg finns en energiintensiv industri i form av oljeraffinaderierna ägda av St1, Nynas AB och Preem. SCB:s energistatistik visar att ungefär en tredjedel av slutanvändningen av energi i Göteborg sker inom industri och jordbrukssektorn, se figur 10.



Figur 9. Genomsnittliga slutenergianvändningen i kommunen under åren 2010–2018.

År 2017 gjorde Länsstyrelsernas energi- & klimatsamordning en sammanställning av energianvändningen i Sveriges kommuner (LEKS, 2017) med en djupare analys och härledning av SCB:s statistik. Även detta år stod industri och jordbrukssektorn för ungefär en tredjedel av den totala energianvändningen. Av denna tredjedel stod jordbruket för ungefär tre promille. I LEKS sammanställning framgick att större delen av energianvändningen inom industrin sker i form av eldning av raffinaderigas, cirka 21 procent av den totala energianvändningen i kommunen. I figur 11 illustreras hur slutenergianvändningen fördelar sig på olika sektorer.

Slutenergianvändning Göteborg 2017

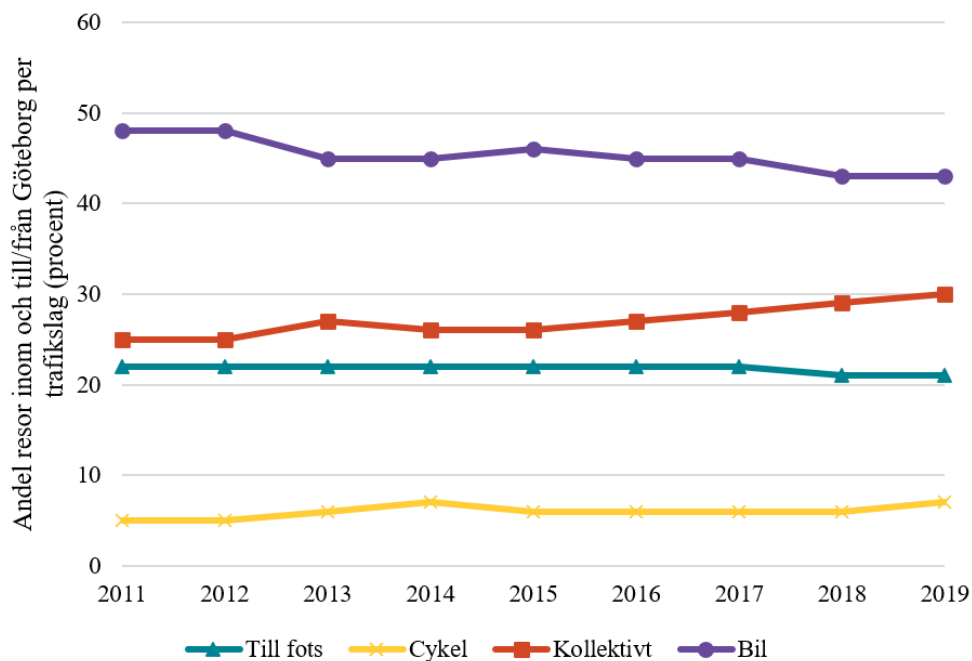


Figur 10. Energianvändning i Göteborgs kommun under 2017 i olika sektorer och applikationer. Summan av delarna av cirkeln till höger utgör hela tårtbiten "Industri, byggverks. och jordbruk" i cirkeln till vänster.

Resor, godstransporter och arbetsmaskiner

I Göteborg görs resor till och från arbete och skola, fritidsaktiviteter, serviceinrättningar, handel med mera. Förutom göteborgarnas resor inom kommunen sker pendling till, och inpendling från, närliggande kommuner samt besöksresor i form av turism. Stora flöden gods transporteras också till och från Göteborg och genom Göteborgs hamn passerar en stor del av Sveriges export och import. Slutanvändning av energi (oavsett bränsletyp) till transporter inom det geografiska området var år 2018 i Göteborg 9 MWh/invånare (Statistiska Centralbyrån, 2021). I Göteborg pågår även flera bygg- och anläggningsprojekt med energikrävande arbetsmaskiner.

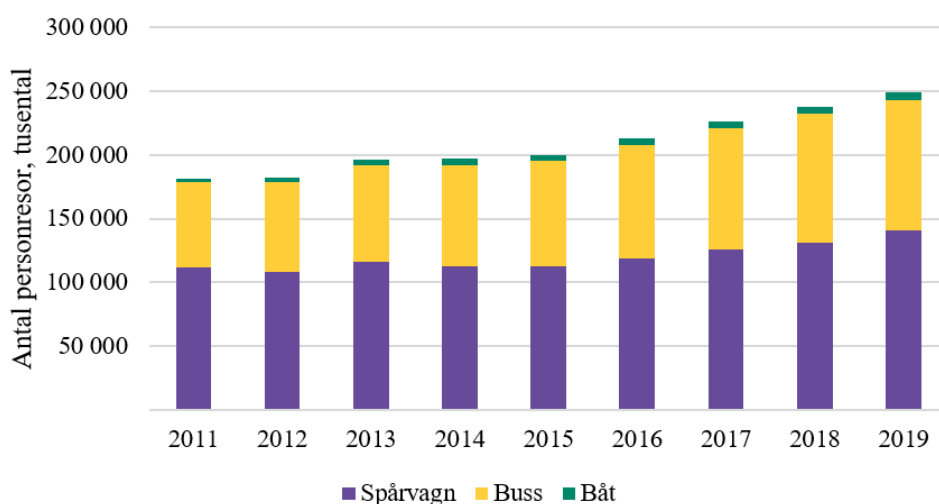
År 2019 skedde 28 procent av resorna i Göteborg till fots eller med cykel och 41 procent av de motoriserade resorna sker med kollektivtrafik (Trafikkontoret, Göteborgs Stad, 2020), se figur 12. Byggnationer och trafikomläggningar som genomförts under året har gjort det svårt att beräkna trafikutvecklingen av cykel- och bilresor, vilket gör denna statistik mindre tillförlitlig. Göteborgs besökare kommer till 75 procent från andra delar av Sverige och för dessa är bilen än så länge det vanligaste färdmedlet. Enligt SJ:s rapport om klimatsmart resande (SJ, 2019) ökade andelen svenskar som väljer tåg framför bil från 20 procent 2017 till 27 procent 2018.



Figur 11. Resandeutvecklingen inom och till/från Göteborg, 2011–2019 (Trafikkontoret, Göteborgs Stad, 2020).

I Göteborg styrs kollektivtrafiken av Västra Götalandsregionen genom Västtrafik. Göteborgs Stad är med och påverkar trafiken utifrån göteborgarnas behov och antalet resande med kollektivtrafiken har ökat de senaste åren, se figur 13. Göteborgs Stad äger spårvagnar och spårbanor men själva trafiken sköts av Västtrafik. Kollektivtrafikens drivmedel utgjordes 2019 av 97 procent förnybara drivmedel (Västtrafik, 2020).

Antal resor med spårvagn, buss och båt

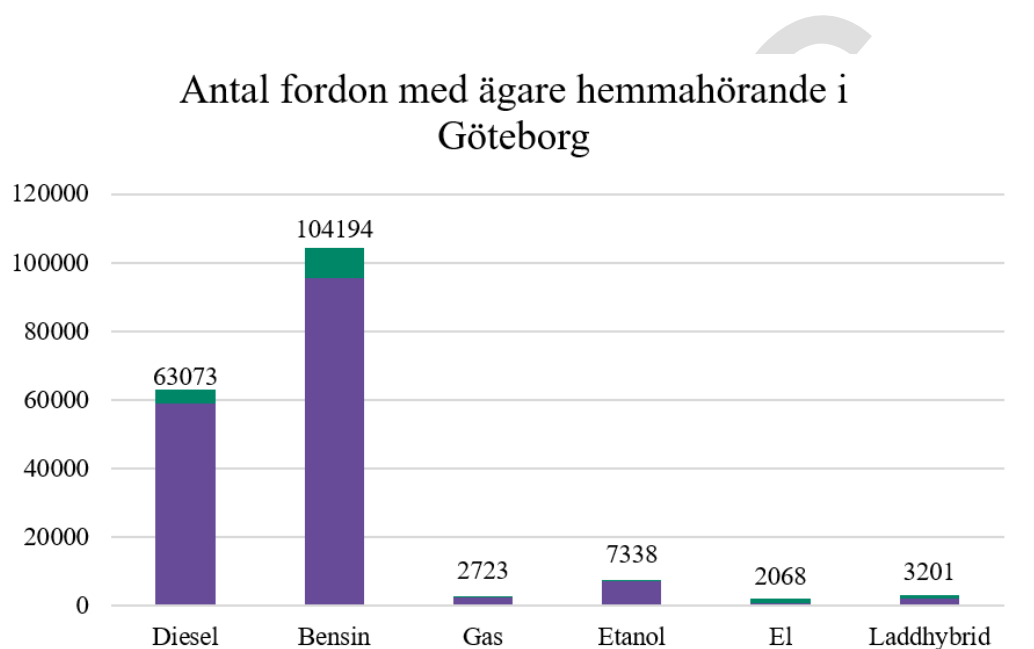


Figur 12. Antal resor med spårvagn, buss och båt i Göteborg, 2011–2019.

År 2019 uppgick elanvändningen för spårvagnar samt för spårgående arbetsfordon till cirka 56 GWh. Under 2019 minskade elanvändningen per delresa till 0,40 kWh genom att antalet resenärer per vagn ökade (Göteborgs Spårvägar, 2020). En delresa innebär att en resenär har stigit på en spårvagn.

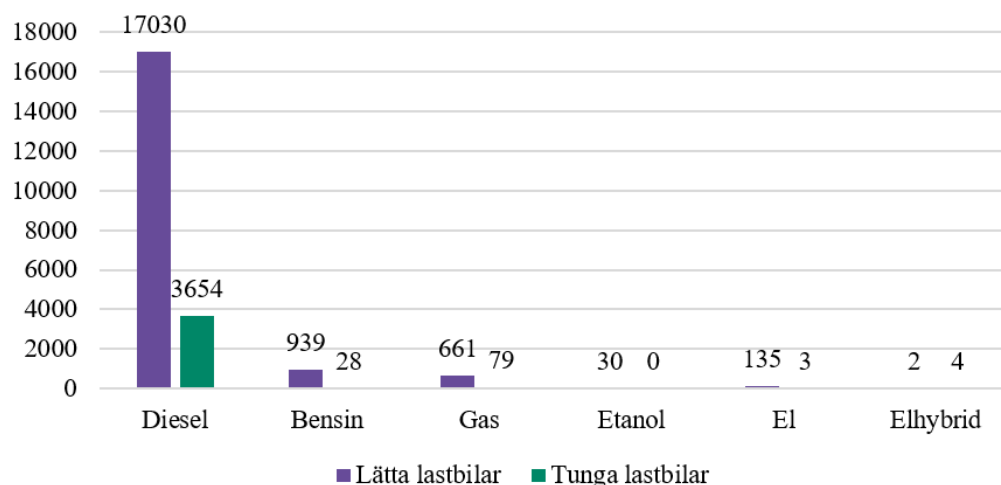
Personbilar i Göteborg drivs till övervägande del med fossila bränslen, främst bensin, se figur 14. När det gäller nyregistrerade fordon har antalet elfordon mer än fördubblats år 2019 jämfört med året innan, dock från en mycket låg nivå. För lastbilar är andelen som drivs med fossila bränslen ännu större och det är främst diesel som används, se figur 15. Många av de fordon som säljs idag förväntas användas till 2030 (Trafikverket, 2018) vilket gör att efterfrågan på fossila bränslen kommer att finnas kvar lång tid framöver.

År 2020 fanns ett femtiotal modeller av personbilar för fordonsgasdrift på marknaden, drygt 150 modeller av personbilar för ren eldrift samt 200 modeller av personbilar som är laddhybrider. Det fanns samma år totalt 19 transportfordon på marknaden för fordonsgasdrift, ett fåtal tyngre lastbilar för flytande fordonsgas samt 70 transportfordon på marknaden för ren eldrift (Stockholms Stad, Göteborgs Stad, Malmö Stad, 2021).



Figur 13. Stapeldiagram över antal fordon med ägare hemmahörande i Göteborg. Den översta delen av stapeln anger antal nyregistrerade fordon år 2019 (Statistiska Centralbyrån, 2021).

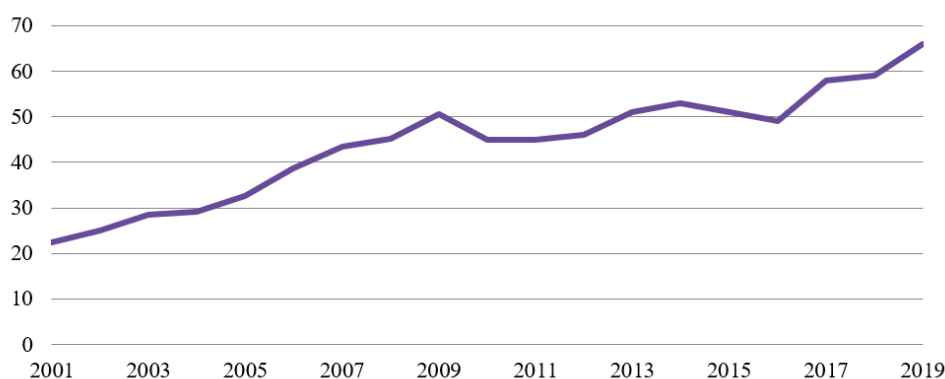
Antal lastbilar i trafik efter drivmedel



Figur 14. Stapeldiagram över antal lätta och tunga lastbilar i trafik i Göteborg i slutet av 2019 (Statistiska Centralbyrån, 2021).

Genom Göteborgs hamn passerar ungefär en tredjedel av Sveriges utrikeshandel. Containergodset till och från hamnen fraktades 2019 till 66 procent med tåg, se figur 16. Tågtransporter är mer energieffektiva och bidrar till betydligt mindre utsläpp av luftföroreningar än transporter med lastbil. Eftersom lastfartyg använder energi även när de ligger vid kaj, oftast med dieseldrivna hjälpmotorer som släpper ut luftföroreningar, ges möjlighet till elanslutning. Ett lastfartyg som är anslutet till el förbrukar vid ett genomsnittligt hamnuppehåll lika mycket energi som en normalstor villa förbrukar under ett helt år.

Andel gods som transporteras med tåg till och från Göteborgs hamn



Figur 15. Andel godsvolym som transporteras på järnväg till och från hamnen (Miljöförvaltningen, Göteborgs Stad, 2020).

Fordonsbränsle

Det finns cirka hundra drivmedelsstationer i Göteborg som erbjuder bensin, diesel och E85 samt cirka 15 stationer som erbjuder fordonsgas. I Göteborg är tillgången på laddstationer för elbilar och laddhybrider god med drygt 300 publika stationer, varav ett

tjugotal är snabbbladdare. Förutom de laddstationer som Göteborgs Stad har satt upp tillhandahålls flera av exempelvis butiker, hotell och tankstationer (Göteborgs Stad, 2020).

I Sverige ökade försäljningen av flytande fordonsgas till godstrafiken femdubbel under år 2019 jämfört med året innan, och antalet tankstationer ökade från 6 till 17. Totalt såldes 23 GWh flytande fordonsgas och andelen flytande biogas var 46 procent, att jämföra med de 84 TWh som var den totala energianvändningen inom inrikes transporter i Sverige 2018 (Energimyndigheten, 2021). Det fanns år 2020 endast två tankstationer för flytande fordonsgas i Göteborg (Energigas, 2020).

Reduktionsplikten, lagkravet som innebär att drivmedelsleverantören varje år måste minska växthusgasutsläppen från bensin och diesel genom inblandning av biodrivmedel, påverkar efterfrågan. En uppskattning som har gjorts av Energimyndigheten pekar på att enbart reduktionsplikten kan innebära nästan en tredubblad efterfrågan på biodrivmedel i Sverige år 2030 (Energimyndigheten, 2019). Biodrivmedel som blandas in i bensin och diesel kan produceras av exempelvis restprodukter från livsmedels- och skogsindustri eller odlade grödor som raps.

Under år 2020 såldes i Sverige 1 491 GWh fordonsgas och andelen biogas var 95 procent (Energigas Sverige, 2021). De tankstationer som drivs av FordonsGas Sverige är kopplade till gasnätet som tillhandahålls av Swedegas.

Energianvändning i kommunkoncernen

Inom kommunkoncernen används energi främst i form av drivmedel till fordon, el till kontorsverksamhet och fjärrvärme för uppvärmning. I en stor organisation som Göteborgs Stad finns det många fastigheter, processer och verksamheter som är energikrävande.

Bostäder och lokaler

Tillsammans äger bolag och förvaltningar i koncernen Göteborgs Stad drygt 70 000 lägenheter, vilket utgör en tredjedel av alla lägenheter i hela kommunen (Göteborgs Stad, 2021). Därtill äger och förvaltar staden nästan 3,5 miljoner kvadratmeter lokalyta som utgörs av bland annat kontor, skolor, förskolor och sporthallar. Alla dessa fastigheter förbrukar energi i form av uppvärmning, fastighetsel (belysning i trapphus, hissar, ventilation, och så vidare) och verksamhetsel (kontorsutrustning, belysning, processer i energisystemet, etcetera).

Inom de fastighetsägande bolagen och förvaltningarna bedrivs ett aktivt och målinriktat energiarbete. Förutom de gemensamma mål som presenteras i exempelvis miljö- och klimatprogrammet specificeras ofta egna långsiktiga mål. Arbetet med bland annat energieffektivisering har gett tydliga resultat och energianvändningen per kvadratmeter har minskat i stadens fastigheter, se figur 17. Vissa bolag och förvaltningar har undersökt den kvarstående effektiviseringspotential som finns i det egna beståndet. Trots att det finns en beräknad tillväxt av fastighetsbeståndet är prognosen att energianvändningen totalt sett kommer minska till 2030.

Energianvändning i kommunkoncernens fastigheter*



Figur 16. Energianvändningen i Göteborgs Stads fastigheter för åren 2011–2019. *De fastigheter som avses är sådana där verksamheten går att koppla till yta, till exempel kontorsverksamhet. Liseberg och sporthallar är till exempel inte med i statistiken.

En utmaning för de flesta bolag och förvaltningar inom staden är att det saknas särskilt dedikerade personalresurser och investeringsmedel till energieffektiviserande åtgärder. Ingen av organisationerna har någon särskild ekonomisk styrning för energirelaterade projekt och lönsamhetskraven är samma som för övriga investeringar. Det leder till att energieffektiviseringsåtgärder kan ha svårt att konkurrera med andra investeringar.

Vid nybyggnation ska energiprestandan minst vara i linje med stadens Program för miljöanpassat byggande, vilket ställer hårdare krav än Boverkets byggregler. Vissa verksamheter ställer högre krav än så. I många fall är det dock svårt att se till att hårda energikrav verkligen uppfylls i produktionen.

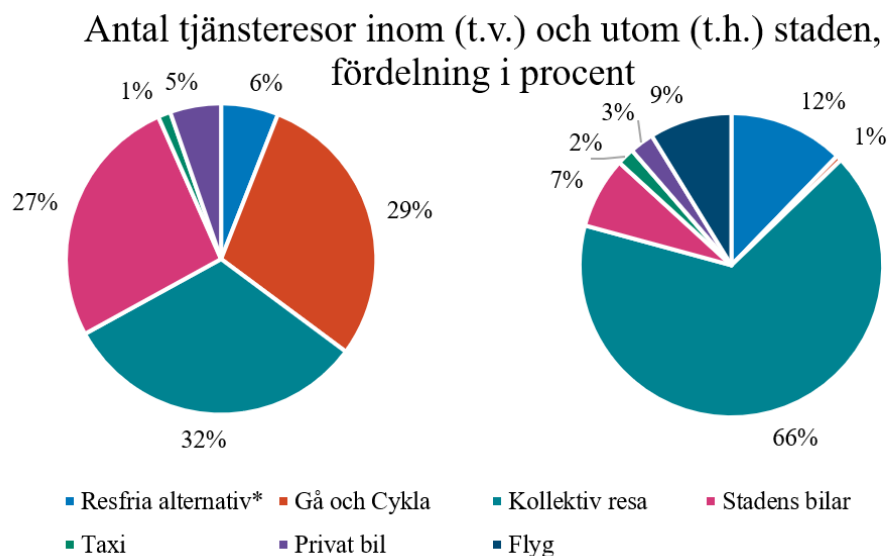
Som en stor fastighetsägare har kommunkoncernen många hyresgäster, vilkas energianvändning kommunen saknar direkt rådighet över. Lokalnämnden som hyr ut många lokaler till externa aktörer, arbetar trots det med att påverka sina hyresgästers energianvändning med hjälp av energipedagoger som ger råd och vägledning i frågan.

Resor, transporter och arbetsmaskiner

Göteborgs Stads *Policy och riktlinjer för resor i tjänsten* styr mot att det minst klimatpåverkande färd sättet ska väljas vid tjänsteresor och att i första hand utvärdera om resan alls behöver göras. Göteborgs Stad har även ett klimatväxlingssystem som innebär att kostnaderna för koldioxidutsläppen som tjänsteresorna orsakar ska kompenseras med 1,50 kronor per kilo utsläppt koldioxid. De insamlade pengarna används till åtgärder som syftar till att minska utsläppen. Sådana åtgärder kan exempelvis handla om att köpa in tjänstecyklar eller installera elbilsaddare.

I uppföljningen av stadens tjänsteresor ingår flygresor, resor med egen bil i tjänst, stadens fordon, bilpool och taxi. Resor med kollektivtrafik, till fots eller med cykel följs inte upp, inte heller resfria alternativ. Med resfria alternativ menas hur många resor som undviks genom att till exempel ha digitala möten där resa annars hade varit nödvändig. När

efterlevnaden av Göteborgs Stads resepolicy utvärderades (Stadsledningskontoret, Göteborgs Stad, 2019) uppskattades fördelningen mellan olika tjänsteresor i tjänsteresorna i stadens förvaltningar och bolag som visas i figur 18.

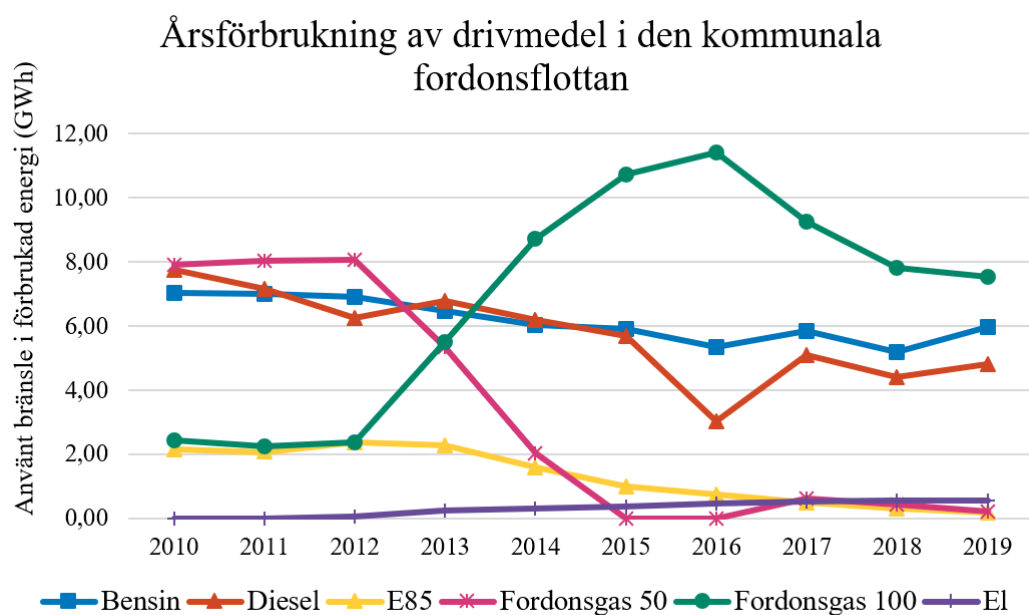


Figur 17. Fördelningen mellan färdssätt för antal tjänsteresor för anställda inom Göteborgs Stad inom (till vänster) och utom (till höger) den geografiska kommunen. *Med resfria alternativ menas hur många resor som undviks genom att till exempel ha digitala möten där resa annars hade varit nödvändig.

Göteborgs Stad äger cirka 2 300 personbilar och lätta lastbilar med följande fördelning per drivmedel:

- 870 gasfordon
- 50 bensinfordon
- 199 dieselfordon
- 308 elfordon
- 124 etanolfordon
- 165 HVO100-fordon
- 550 elhybrider
- 57 laddhybrider

Drivmedelsanvändningen består främst av biogas, följt av bensin och diesel, se figur 19. Staden har ett mål att fordonsflottan ska vara fossilfri senast år 2023. Vid årsskiftet 2020/2021 räknades 59 procent av stadens lätta fordon som ”fossilfria”, vilket innebär att de är elbilar (hybrider räknas inte), gasbilar alternativt drivs med HVO (biodiesel).



Figur 18. Årsförbrukning av drivmedel i den kommunala fordonsslottan för åren 2010 och 2019 (Trafikkontoret, Göteborgs Stad, 2020).

Arbets- och anläggningsmaskiner står idag för cirka 17 procent av transportsektorns utsläpp av växthusgas. Cirka 40 procent av dessa utsläpp utgörs av arbetsmaskiner inom industri- och byggsektorn och knappt 12 procent utgörs av kommersiella och offentliga verksamheter (Naturvårdsverket, 2021). I Göteborgs Stad pågår flera projekt med syfte att öka användningen av utsläppsfria (el- eller vätgasdrivna) arbetsmaskiner i stadens verksamheter och i upphandlade entreprenader.

Det finns gemensamma miljökrav för Göteborgs, Malmö och Stockholms Stad samt Trafikverket vid upphandling av entreprenader (Göteborgs Stad et. al., 2017) avseende klimatpåverkan från drivmedel till fordon och arbetsmaskiner i storstadsregionerna. Minst 20 procent av den samlade energianvändningen, avseende fordon och arbetsmaskiner, ska bestå av el från förnybara energikällor och/eller hållbara höginblandade och hållbara rena biodrivmedel som inte omfattas av reduktionsplikt. Med förnybara energikällor avses biobränsle, geotermisk energi, solenergi, vattenkraft, vindkraft och vågenergi enligt lagen om elcertifikat (2011:1200).

Avseende renhållningstransporter ställs upphandlingskrav på att använda fossilfritt bränsle samt att vissa fordon ska vara eldrivna. Andelen fossilfritt bränsle för de fordon som används i avfallsverksamheterna var 99,6 procent år 2019. Energieffektiviteten för avfallstransporterna mäts i kilowattimmar per ton avfall. År 2019 uppmättes den till 73 kWh/ton (Miljöförvaltningen, Göteborgs Stad, 2020).

Fjärrvärmesystemet

Fjärrvärmesystemet i Göteborg består av ett 1400 kilometer långt ledningsnät, värme- och kraftvärmeverk, anläggningar för produktion av fjärrkyla och ett antal källor till spillvärme, som återanvänds i fjärrvärmenätet. De anläggningar som bara producerar el, värme eller kyla samt hela fjärrvärmenätet ägs och drivs av det kommunala bolaget Göteborg Energi AB.

Återvunnen värme i första hand

Fjärrvärmen i Göteborg ska i första hand, i den utsträckning det är möjligt, baseras på återvunnen värme. Detta för att spara in på biobränslen enligt de grundläggande principerna om resurseffektivitet.

Göteborg Energi AB arbetar aktivt tillsammans med sina

värmeleverantörspartners för att ytterligare öka mängden återvunnen värme i fjärrvärmeleveransen. Totalt uppgick år 2020 leveranskapaciteten av återvunnen värme till 270 MW från de stora värmeleverantörerna Renova, St1 och Preem. Under sommarhalvåret är den återvunna värmen i regel tillräcklig för att försörja hela kundbehovet.

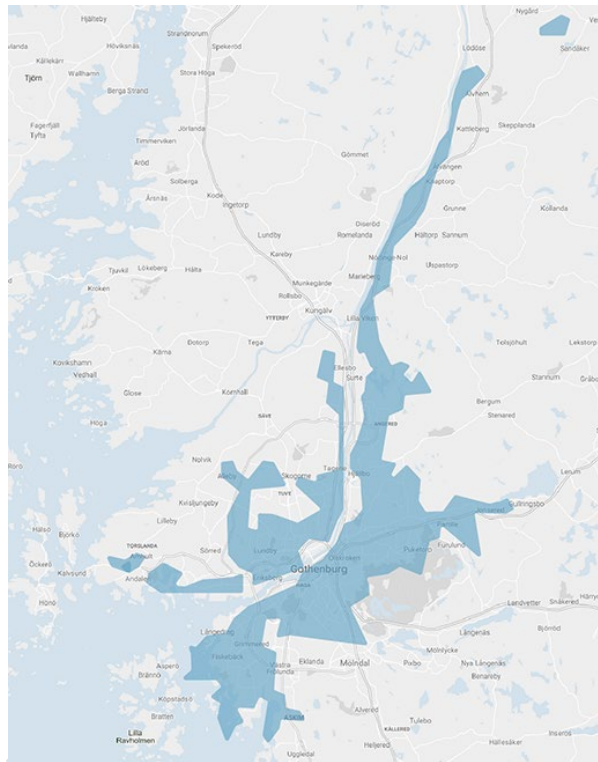
En del av ett större nät

Göteborgs fjärrvärmenät är sammanbyggt med fjärrvärmenäten i flera av kranskommunerna. Nätet sträcker sig cirka 80 km från Lindome i söder till Älvängen i norr, vilket skapar förutsättningar för en effektiv drift av nätet. Göteborg Energi AB samverkar på flera olika sätt med fjärrvärmeaktörerna i kranskommunerna. Mölndal Energi köper och säljer värme till Göteborg Energi AB. Partille Energi köper fjärrvärme av Göteborg Energi AB. I Ale äger Göteborg Energi AB största delen av fjärrvärmesystemet och driver det som en integrerad del i systemet. Ägandet i Ale Fjärrvärme avvecklades under år 2020.

Systemeffektbehov av fjärrvärme

Den totala produktionskapaciteten som behöver finnas installerad beror på kundernas maximala effektbehov och ledningsnätets begränsningar i överföringskapacitet. Utöver det behövs reservkapacitet för att kunna garantera leveranssäkerheten om någon av värmekällorna eller stamnätledningarna skulle bli otillgänglig, på grund av tekniska haverier eller vid bränslebrist i produktionen.

Kundernas behov varierar beroende på utetemperatur, solinstrålning, tid på dygnet och om det är vecko- eller helgdag. Systemet dimensioneras utifrån driftdata under den mest krävande situationen under de senaste 20 åren för att inte riskera att behovet någon gång



Figur 19. Utbredningen av Göteborgs fjärrvärmesystem.

blir större än den installerade effekten. Detta omprövas löpande allteftersom staden växer och förändringar införs i systemet. Systemet ska utformas för att vara robust och klara bortfall av den största pannan. På olika sidor av en plats med begränsad överföringskapacitet behöver risken för effektbortfall hanteras på båda sidor. År 2020 var det dimensionerande effektbehovet cirka 1 440 MW och den totala installerade produktionskapaciteten uppgick till 1 940 MW. Strategin är att ha en välavvägd och flexibel anläggningspark med hög leveranssäkerhet.

Elsystemet

I Göteborg förbrukas årligen fyra till fem TWh el. Merparten av elen produceras i det nordeuropeiska elsystemet och matas in från stamnätet via regionnätet till Göteborg Energi AB Nät AB:s (GENAB) lokala elnät. Räknat på volym är endast cirka tio procent av elproduktionen lokal, men när systemet är som hårdast belastat står de lokala produktionsanläggningarna, framförallt Rya Kraftvärmeverk, för cirka 300 MW eller 30 procent av effektbehovet.

Det nordeuropeiska elsystemet är sammankopplat och el exporteras och importerats ständigt mellan länderna. Både mellan och inom länder finns överföringsbegränsningar som gör att elpriserna ibland skiljer sig åt mellan olika områden. I systemet finns stora mängder vatten- och kärnkraft (i Skandinavien) och kol- och gaskraft (främst i Tyskland och Polen). Hälften av Europas kolkraft ligger i Tyskland och Polen, mindre än 100 mil från Göteborg. I hela Nordeuropa ökar andelen el som produceras från vind och sol.

Sverige är nettoexportör av el de allra flesta timmarna på året och bidrar på så sätt till att hålla nere de samlade utsläppen av växthusgaser och luftföroreningar från elproduktionen i Nordeuropa. Dock är Sverige beroende av import av el när behovet är stort. Eftersom elsystemet är integrerat påverkas hela marknaden av ökad eller minskad elanvändning eller elproduktion i Göteborg. Då den förnyelsebara produktionen från solceller och vindkraftverk beror av hur mycket solinstrålning det är eller hur mycket det blåser, är det i regel kol- och gaskraftverk i Tyskland eller Polen som får täcka upp när vädret varierar. Därför innebär ny elproduktion, givet att denna har lägre utsläpp än marginalproduktionen i systemet, en stor klimatnytta. På samma sätt är en minskad el- och effektanvändning i Sverige till nytta för hela elsystemet.



Figur 20. Det nordeuropeiska elsystemet.

Fjärrvärmens avlastar stadens elförsörjning

Utan fjärrvärme i staden skulle värmebehovet främst behöva tillgodoses med elbaserade uppvärmningslösningar som direktel eller värmepumpar och elnätets kapacitet skulle nästan behöva fördubblas. Fjärrvärmens spelar i detta en viktig roll för att avlasta elsystemet och bidra till den lokala elförsörjningen med hjälp av dess kraftvärme. Den lokala tillgången till eleffekt är en kritisk fråga i Göteborg. Eleffektproblematiken förväntas bli alltmer ansträngd i takt med att stora delar av samhället, såsom kollektivtrafiken, personbilstrafiken, tunga fordon, arbetsmaskiner och industrier, elektrifieras. Nätkapacitet är avgörande för stadens fortsatta utveckling och åtgärder behöver genomföras för att minska elkonsumtionen samtidigt som stadens lokala kraftförsörjningskapacitet upprätthålls. Tack vare den lokala elproduktionen står Göteborg väl rustat inför ett större haveri på stamnät eller regionnät och för att överbrygga ledtiderna när stam- och regionnätskapacitet byggs ut.

Göteborg Energi AB:s anläggningar

Kraftvärmeverk

Rya Kraftvärmeverk, som producerar både värme och el, är en av de nyare anläggningarna i Göteborg Energi AB:s fjärrvärmesystem. Effekten är 294 MW värme och 261 MW el. Anläggningen togs i drift år 2006. Produktionen varierar från år till år, beroende på väderlek, bränsle och elpriser. År 2019 var produktionen 462 GWh fjärrvärme och 394 GWh el. Rya Kraftvärmeverk eldas med naturgas. För närvarande undersöker Göteborg Energi AB möjligheten att använda biogas samt att tillföra en biobränsleeldad ångpanna för att konvertera verket till att drivas på förnybara bränslen. Göteborg Energi AB äger och driver dessutom ett mindre naturgasledat kraftvärmeverk i Högsbo med effekten 16 MW värme och 13 MW el. I Sävenäs ligger ytterligare ett kraftvärmeverk där den största pannan använder skogsflis som bränsle. Pannan har lägre eleffekt i förhållande till värmeeffekt än de gaseldade anläggningarna. Värmeeffekten är 95 MW och eleffekten 13 MW. Övriga pannor drivs på bioolja, diesel och naturgas. År 2019 levererade anläggningen 326 GWh värme och 41 GWh el.

Hetvattenpannor

Till Göteborg Energi AB:s anläggningar hör även ett antal hetvattenpannor, vilka enbart levererar fjärrvärme. Den största hetvattenpannan, på 100 MW, finns i Ryaområdet på Hisingen och eldas med pellets. År 2019 levererade den 76 GWh. Övriga hetvattenpannor finns i Sävenäs, Rosenlund, Angered, Tynnered, Sisjön, Backa och Björndammen. Sävenäs HP1 och Rosenlund HP 5 eldas med gas. År 2019 gick de på biogas och producerade då totalt 26 GWh och maxeffekterna från pannorna är 73 MW respektive 140 MW. Övriga hetvattenpannor drivs med bioolja (Angered) eller fossil olja. De senare används endast som reserv för att kunna stötta vid haverier.

Det finns pannor som används främst för spetslastproduktion. De så kallade spetslastanläggningarna används bara under de allra kallaste dagarna på året eller när det är driftstörningar i någon anläggning alternativt fjärrvärmeledning. De används väldigt få timmar per år och eftersom de måste ha kort uppstartstid eldas de med fossil olja, bioolja eller gas. De gaseldade spetslastpannorna har tidigare använt naturgas, men 2019 användes biogas. Göteborg Energi AB har ett antal spetslastpannor som är placerade på olika ställen i staden för att kunna stötta vid ett haveri eller kall väderlek. Den största är Rosenlundsverket som står för mindre än 1 procent av fjärrvärmeleveranserna men

25 procent av fjärrvärmesystemets totala kapacitet. Den 17 oktober 2019 beslutade kommunfullmäktige att ge Göteborg Stadshus AB och Göteborg Energi AB i uppdrag att ta fram en färdplan för verksamheten så att en nedläggning av Rosenlundsverket blir möjlig till 2040–2045.

Fjärrkyla

För fjärrkylasystemet utgör Rosenlundsverket basproduktion och står för cirka 90 procent av leveranserna och cirka 68 procent av produktionskapaciteten. Fjärrkyla är i en expansiv fas och till och med år 2030 beräknas produktionskapaciteten öka från dagens 65 MW till 148 MW drivet av ökande kundbehov. Totalt produceras idag cirka 100 GWh.

Värmepump på Gryaab

Göteborg Energi AB har en anläggning med fyra stora värmepumpar som utnyttjar värmeinhållet i det av Gryaab renade avloppsvattnet, innan detta släpps ut i Göta Älv. Värmepumparna kan producera totalt 160 MW värme, och förbrukar då cirka 50 MW el. År 2019 producerades 318 GWh värme och 93 GWh el förbrukades.

Solel

Göteborg Energi AB äger två storskaliga solcellsanläggningar med en topeffekt på fem MW vardera och en planerad årlig produktion på sammanlagt cirka 11 GWh. En av anläggningarna, Nya Solevi, ligger i Säve och var störst i Sverige under några månader efter att den invigdes år 2018. I januari år 2021 kopplades den andra solcellsparken, som är placerad i Utby, in på elnätet.

El, värme och biogas från avfallshantering

Renova AB

I Göteborg kommer en betydande del av både värme och el från avfallskraftvärmeverket i Sävenäs. Renova AB, som äger och driver anläggningen, är majoritetsägt av Göteborgs Stad. Övriga delägare är kommunerna Ale, Härryda, Kungälv, Lerum, Mölndal, Partille, Stenungsund, Tjörn och Öckerö. Renova AB samlar in, återvinner och behandlar avfall från alla ägarkommuner.

Det material som återstår efter källsortering och vidare sortering från hushåll och verksamheter energiåtervinns på avfallskraftvärmeverket. Biologiskt avfall som samlas in hanteras i Renova AB:s Marieholmsanläggning. Där blir avfallet till en så kallad slurry som sedan skickas vidare till rötningsanläggningar utanför kommunen. Slurryn kan beskrivas som ett halvfabrikat, vilket används för att producera biogas. Under 2019 behandlade Renova AB drygt 50 000 ton matavfall som resulterade i ungefär 30 000 MWh biogas (cirka 0,6 MWh per ton avfall), vilket motsvarade ungefär 1,5 procent av den totala biogasproduktionen i Sverige.

Den fjärrvärme som produceras i avfallskraftvärmeverket säljs till Göteborg Energi AB, som sedan säljer och levererar den till slutkund. Renova AB:s andel av den totala fjärrvärmeproduktionen är ungefär 30–35 procent beroende på hur varmt eller kallt det varit under året.

Elen som produceras i avfallsvärmeverket bidrar med ungefär fem procent av årsbehovet i Göteborg. Anläggningen har stor betydelse för effektbalansen i energisystemet och får en alltmer betydande roll i takt med att andel intermittent elproduktion ökar.

Produktionen av el i Renova AB:s anläggning är förutsägbar och kontinuerlig och kan

producera el oberoende av yttre omständigheter, förutsatt att avfall finns tillgängligt. Produktionen sker dessutom nära konsumtionen i Göteborg vilket minskar förluster och överföringsproblem i ledningsnätet.

Tabell 10. Producerad och levererad energi utifrån förbrända avfallsmängder på Renova AB:s avfallskraftvärmeverk (Renova, 2020)

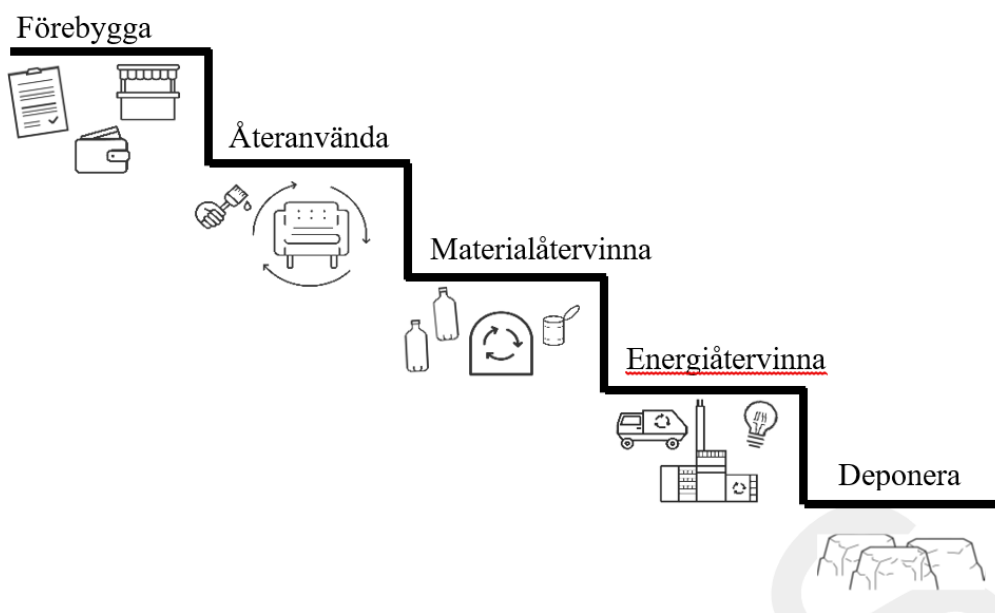
Energiproduktion, Sävenäs		2019	2018	2017	2016
<i>Producerad energi (MWh)</i>	<i>El</i>	<i>279 100</i>	<i>279 000</i>	<i>269 000</i>	<i>250 000</i>
	<i>Värme</i>	<i>1 500 800</i>	<i>1506 000</i>	<i>1 454 000</i>	<i>1 506 000</i>
<i>Levererad energi (MWh)</i>	<i>El</i>	<i>206 200</i>	<i>20 5000</i>	<i>195 000</i>	<i>184 000</i>
	<i>Värme</i>	<i>1 398 500</i>	<i>139 3000</i>	<i>1 339 000</i>	<i>1 389 000</i>
<i>Mängd förbränt avfall (ton)</i>		<i>526 200</i>	<i>538 200</i>	<i>549 200</i>	<i>536 000</i>

Avfall som en resurs i energisystemet

Trots att Renova AB:s verksamhet i huvudsak är att behandla avfall, är energin som genereras från denna verksamhet, i form av biogas, fjärrvärme, och el, en biprodukt som medför nytta i energisystemet. Avfall utgör alltså en resurs för energisystemet och kommer troligen göra det även framöver. Trots ambitioner på kommunal, nationell och EU-nivå att minska avfallsmängderna och materialåtervinna mer kommer avfall med största sannolikhet att ha en roll i energisystemet även i vår närmsta framtid. Det deponeras fortfarande mycket stora mängder brännbart avfall i Europa. Realiseras samtliga mål i EU:s cirkulära paket om ökad materialåtervinning och minskad deponering kommer det fortfarande finnas ett kraftigt underskott på energiåtervinningskapacitet (om ingen nyinvestering sker) för det resterande avfallet i norra Europa (CEWEP, 2019). Sverige har kapacitet att ta emot avfall även från andra länder.

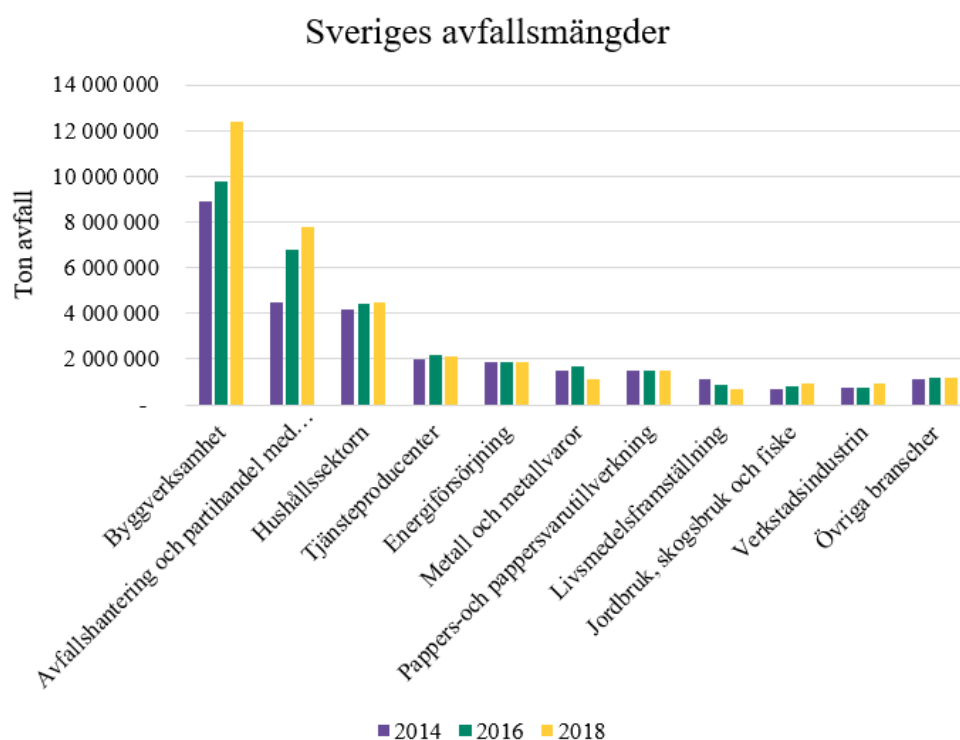
För att avfallsförbränning ska klassas som energiåtervinning finns det krav på en nedre gräns för energieffektivitet. Renova AB:s anläggning, liksom andra i Sverige, ligger mycket långt över denna gräns, medan anläggningar i främst södra Europa kan ha svårt att nå upp till den. Detta pekar på att det förmodligen fortsatt kommer att finnas behov av Renova AB:s anläggning i Sävenäs, även ur ett europeiskt perspektiv.

Enligt EU:s och Sveriges avfallshierarki, figur 22, som styr lagstiftning och styrmedel för avfall, är målet alltid att minska mängden avfall och att materialåtervinna det avfall som uppkommer i så stor utsträckning som möjligt. Det innebär att så lite avfall som möjligt ska gå till energiåtervinning och deponering ska undvikas helt.



Figur 21. Avfallshierarkin, eller avfallstrappan, är en del av svensk och EU-lagstiftning och visar hur avfall ska hanteras, med start längst till vänster i trappan.

Miljöpåverkan vid tillverkning av produkter, inklusive mat, är i regel mycket större än miljöpåverkan vid avfallshanteringen. Det medför att det är högre prioriterat att minska avfallsmängderna och öka materialåtervinningsgraden än att använda avfall som en resurs för energisystemet. Avfallsmängden i samhället har historiskt följt den ekonomiska konjunkturen och visar över tid en ökande trend, se figur 23.



Figur 22. Stapeldiagram över olika avfallsmängder under åren 2014, 2016 och 2018 (Naturvårdsverket, 2020).

Även om avfallsmängderna skulle minimeras skulle det förmodligen fortsatt finnas avfall tillgängligt som resurs för energisystemet. Minskar exempelvis mängden ätbart matsvinn till noll skulle matavfallsmängderna minska men sannolikt inte gå mot noll, eftersom en hel del matavfall består av icke-ätbar materia i form av exempelvis växtdelar. Det kvarvarande materialet kommer därmed alltid vara relevant att nyttja för biogasproduktion. En del av det avfall som förbränns på avfallskraftvärmeverket är också sådant som på grund av lagkrav måste destrueras via energiåtervinning, till exempel farligt eller smittsamt avfall, ABP-klassat⁶ och sjukhusens riskavfall. Denna typ av avfall utgör cirka 10 procent av avfallet som förbränns på avfallskraftvärmeverket.

Småskalig elproduktion

Småskalig elproduktion, i form av solcellsanläggningar eller vindkraftverk, är under kraftig utbyggnad i Sverige och även i Göteborg. Solceller installeras runt om i kommunen, både mikroanläggningar på villatak och småskaliga anläggningar på kommunala byggnader. Totalt utgör solet en väldigt liten del av den totala elproduktionen och varierar kraftigt över året.

Tabell 11. Antal solcellsanläggningar och installerad effekt i Göteborg år 2019, både på kommunala och privata fastigheter. Mikroanläggningar motsvarar storleksordning villatak, småskalig större tak och anläggningar motsvarande solcellsparkar, i det här fallet solcellsparken Solevi i Säve

	Mikro <63 kW	Småskalig <1500 kW	Anläggningar >1500 kW
Antal	836	145	2
Installerad effekt (kW)	8 297	7 909	10 000

För att underlätta installation av solceller togs bygglovskrav på att installera solceller i Göteborg bort den 1 augusti 2018, förutsatt att de följer byggnadens form och inte är fasad- eller takintegrerade solceller.

Göteborg Energi AB äger dessutom flera vindkraftverk varav ett ligger i Göteborg, i Gårdsten. Övriga ligger utanför kommunens gränser: nio i Töftedal i Dalsland samt ett vardera i Mariedamm och Källeberget som båda ligger i Västergötland. Även Liseberg äger ett vindkraftverk, vilket ligger utanför Varberg. Under år 2020 restes ett nytt vindkraftverk i trä av utvecklingsföretaget Modvion på Björkö i Göteborgs skärgård. Vindkraftverket beställdes av Svenskt Vindkraftstekniskt Centrum på Chalmers som kommer använda kraftverket i forskningssyfte.

Gas

Gas används idag inom flera olika kundkategorier i Göteborg. Framst handlar det om industriell verksamhet, transporter, samt uppvärmning och matlagning i restauranger och lägenheter. Gas är också ett bränsle i den lokala el och värmeproduktionen. Sedan 2009 består gasen i stadsgasnätet, liksom i det överliggande stamnätet, av naturgas med

⁶ ABP står för Animaliska Biproduktförordningen. APB-klassat avfall kan till exempel vara slakteriavfall, självdöda djur eller livsmedel från länder utanför EU.

inblandning av biogas, huvudsakligen metan. Gasen distribueras i staden i ett gasnät, ägt av GEGAB, ett helägt dotterbolag till Göteborg Energi AB.

De största volymerna används inom industrin och transportsektorn. Inom industrisektorn används gas i en mängd applikationer, tack vare gasens möjligheter att leverera stora effekter, med hög precision. Gas används också som råmaterial i vissa processer inom den kemiska industrin och även som bränsle för personbilar, bussar och tunga lastbilar. År 2020 fanns cirka 15 publika tankställen för fordonsgas i Göteborgsområdet, och två stationer för flytande gas till tunga transporter.

Sett till antalet är den största användargruppen spiskunder, med cirka 6 500 hushåll, men den gasvolymen utgör mindre än en procent av den totala volymen gas som omsätts i Göteborg. Ungefär 700 villor är dessutom gasuppvärmda.

Den största andelen gas i el- och värmeproduktionssegmentet används i Rya Kraftvärmeverk. Historiskt, ända sedan anläggningen togs i drift 2006, har drifttiden för anläggningen varierat kraftigt, beroende på hur kalla vintrarna varit och på relationerna mellan elpriser, gaspriser och priserna på andra bränslen. Därmed har anläggningen spelat en betydande roll för flexibiliteten i fjärrvärmesystemet.

Infrastrukturen för gas är en viktig del av kommunens energisystem, eftersom cirka 30 procent av den tillgängliga eleffekten är beroende av gas, liksom 20 procent av fjärrvärmeeffekten. Vidare är överföringseffekten i gasnätet betydande med en kapacitet på cirka 1 100 MW, vilket är något högre än i elnätet.

Tabell 12. Gasanvändare och volymer 2019

Användningsområde	GWh
Kraftvärme/Fjärrvärme	1 155
Företag, inkl. transportsektorn	669
Villor (712 st.)	9
Spisar (6 532 st.)	3
Totalt	1 836

Biogas och naturgas

Gasen som används i nätet är som tidigare nämnts metan. Energiinnehållet i metangas är högt och kan förbrännas med låga utsläpp av föroreningar jämfört med andra bränslen. Till skillnad från olja och kol genererar den i princip inga utsläpp av svavel. Koldioxidutsläppen är dessutom lägre per energienhet än för olja och kol. Metan med fossilt ursprung går under namnet naturgas. Förnybar metan, som vanligtvis framställs genom rötning av olika former av avfall, kallas biogas. Historiskt har gassystemet i Sverige och resten av världen baserats på fossil naturgas, men under senare år har intresset för biogas ökat starkt. Även gasbranschen i stort har en färdplan som beskriver vägen till klimatneutralitet vid mitten av seklet. En stor fördel med gassystemet är att fossil naturgas successivt kan bytas ut mot förnybar biogas. Biogas är har flera användningsområden, inte minst inom transportsektorn. Biogas har också blivit ett attraktivt alternativ till fossila bränslen för spetslaständamål i fjärrvärmeproduktion.

Andelen biogas i gasnätet ökade mellan 2015–2020 till följd av att det utvecklats en internationell marknad för just biogas. Stora mängder biogas har importerats framförallt från Danmark. År 2020 var cirka 10 procent av gasen i stamnätet förnybar (Swedegas, 2021) och av de cirka 10 TWh gas som årligen används i Sverige är drygt 30 procent

biogas. Flera olika drivkrafter påverkar utvecklingen, och olika segment har kommit olika långt. I transportsektorn överstiger biogasandelen 95 procent. I Göteborg får alla gasspiskunder biogas sedan halvårsskiftet 2020. Även inom fjärrvärmesektorn används mer och mer biogas.

I Göteborg produceras biogas i Gryaabs reningsverk, som en del i behandlingsprocessen av det rötslam som uppstår i reningsprocessen. Biogasen förs genom en ledning till Göteborg Energi AB:s uppgraderingsanläggning ett par kilometer därifrån. Där renas den från koldioxid och andra oönskade ämnen, så att den går att använda i det lokala gasnätet. Årsproduktionen av biogas var år 2019 cirka 80 GWh.

Raffinaderier

I Göteborg finns tre oljeraffinaderier, varav två producerar drivmedel som levereras till Sverige och Europa. I raffinaderierna tillhörande St1 och Preem tas även spillvärme till vara och levereras till fjärrvärmenätet. Båda företagen har som långsiktiga strategier att producera en större andel förnybara bränslen i sina anläggningar. Preem producerar idag biodiesel (HVO) och har en anläggning för att producera den vätgas som används i processen. Även St1 har en anläggning för vätgasproduktion under konstruktion (St1, 2021) och planerar ett fristående bioraffinaderi. Dessa anläggningar förbrukar stora mängder energi och ett skifte från fossil till förnybar bränsleproduktion skulle leda till en betydligt större energianvändning i båda raffinaderierna. Den ökande energianvändningen kan vara i form av el alternativt biobränslen, för hydrering av biobränslen eller vätgasproduktion.

St1

St1:s raffinaderi i Göteborg har en produktionskapacitet på cirka fyra miljoner ton och producerar bensin, diesel, flygfotogen, gasformiga bränslen och tunga eldningsolja (St1, 2021). St1 säljer ungefär en tredjedel av den spillvärme som genereras i sina processer till Göteborg Energi AB som i sin tur levererar den som fjärrvärme till sina kunder. Den årliga leveransen är cirka 660 GWh värme.

Preem

Preems raffinaderi i Göteborg, Preemraff Göteborg, har en produktionskapacitet på cirka sex miljoner ton och producerar drivmedel och eldningsolja (Preem, 2021). Även i Preems raffinaderi tas överskottsvärme till vara och säljs till Göteborg Energi AB. Värmen används både i fjärrvärmenätet, 300 GWh/år och i Volvos produktionsanläggningar, 100 GWh/år.

Preem genomförde tillsammans med Vattenfall under år 2018–2019 en genomförbarhetsstudie kring produktion av förnybar vätgas genom elektrolys, vilket motsvarar ett effektbehov på cirka 18–20 MW (Energimyndigheten, 2021). Målet är att ha elektrolysören i drift från och med år 2024.

Bilaga 2

Energisystemets miljö- och klimatpåverkan

Resurshushållning

Att energisystemet ska ha begränsad påverkan på klimat och miljö, är centralt i energiplanen. Miljöbalkens hushållnings- och kretsloppsprincip⁷ är viktiga delar i detta. Hänsyn behöver tas till hela livsrymden för att använda resurser på ett bra sätt, energisystemet är dock komplext och ibland svårt att överblicka och bedöma. Exempelvis ger åtgärden att installera elbilsaddare förutsättningar att använda elbil, vars motor är mer energieffektiv än en förbränningsmotor. Samtidigt tillverkas dagens bilbatterier av metaller som utvinns genom gruvdrift, en process som både är energikrävande och tar markresurser i anspråk. Återvinningsgraden av dessa metaller är idag låg. Ett annat exempel är biobränslen, som när de produceras av restprodukter har relativt låg miljöpåverkan. Produceras bränslet däremot av grödor som i stället skulle kunna använt som livsmedel, eller exempelvis energiskog som odlats på jordbruksmark som annars skulle kunna användas för produktion av livsmedel blir miljöpåverkan större. Energisystemets infrastruktur (exempelvis kraftvärmeverk, solcellsparker, elbilsaddare) tar markresurser i anspråk och en avvägning behöver göras i varje enskilt fall så att markresursen används på ett sätt som främjar en långsiktigt god hushållning och hållbarhet. Genom att använda yteffektiva lösningar och i första hand nyttja redan hårdgjorda ytor minskar de negativa konsekvenserna.

Klimat

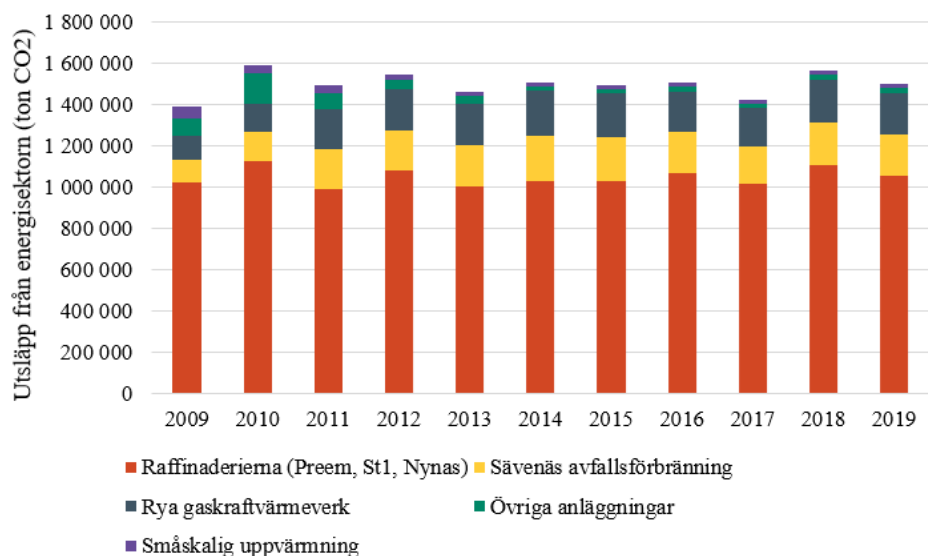
Koldioxid från fossila energikällor utgör cirka 90 procent av växthusgasutsläppen i Göteborg. Därutöver finns det utsläpp av andra växthusgaser såsom metan, lustgas och svavelhexafluorid. I denna bilaga fokuseras på de fossila koldioxidutsläpp som kan kopplas till energisystemet och delas upp efter el-, värme- och bränsleproduktion och transporter.

El-, värme- och bränsleproduktion

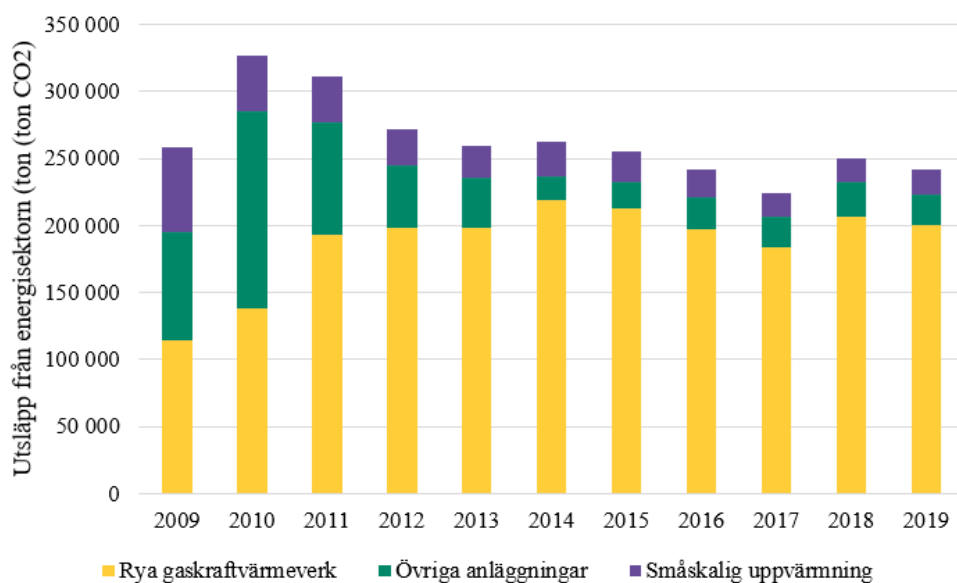
De absolut största fossila utsläppen inom energisektorn i Göteborg år 2019 kom från raffinaderierna, vilket blir tydligt i figur 24. Den näst största utsläppskällan var Göteborg Energi AB:s anläggning Rya kraftvärmeverk, som förbränner naturgas. Inkluderas även Renova AB:s avfallsförbränning, där utsläppen till cirka 40 procent är fossila, till energisektorn utgör anläggningen den tredje största utsläppskällan. Utsläppen från anläggningar som enbart finns för att producera el och värme, alltså inte raffinaderier eller avfallsförbränningsanläggningen, redovisas gemensamt i figur 25. Den småskaliga uppvärmningen utgörs främst av mindre värmepannor som använder olja, gas eller pellets i småhus och enstaka lokaler, något som blir allt ovanligare. Göteborgs Stad står för majoriteten av utsläppen från el- och värmeproduktionen. Utsläppen från el- och

⁷ Miljöbalken 2 kap 5§,

uppvärmningssektorn kan variera kraftigt från år till år beroende på väder och efterfrågan på elmarknaden.



Figur 23. Koldioxidutsläppen från energisektorn i Göteborg från år 2009 till 2019, uppdelat efter utsläppskällor (Miljöförvaltningen, Göteborgs Stad, 2020).

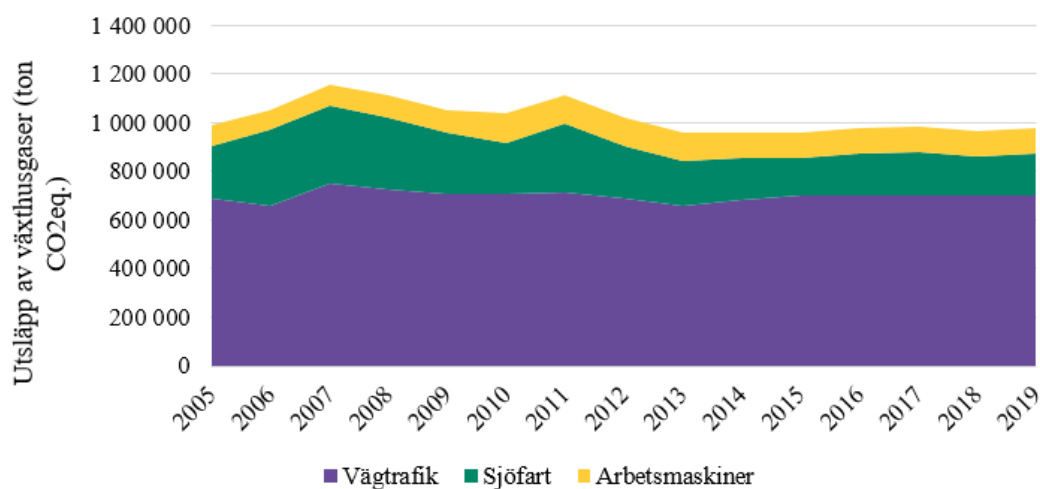


Figur 24. Koldioxidutsläppen från ren el- och värmeproduktion i Göteborg från år 2009 till 2019, uppdelat efter utsläppskällor (Miljöförvaltningen, Göteborgs Stad, 2020).

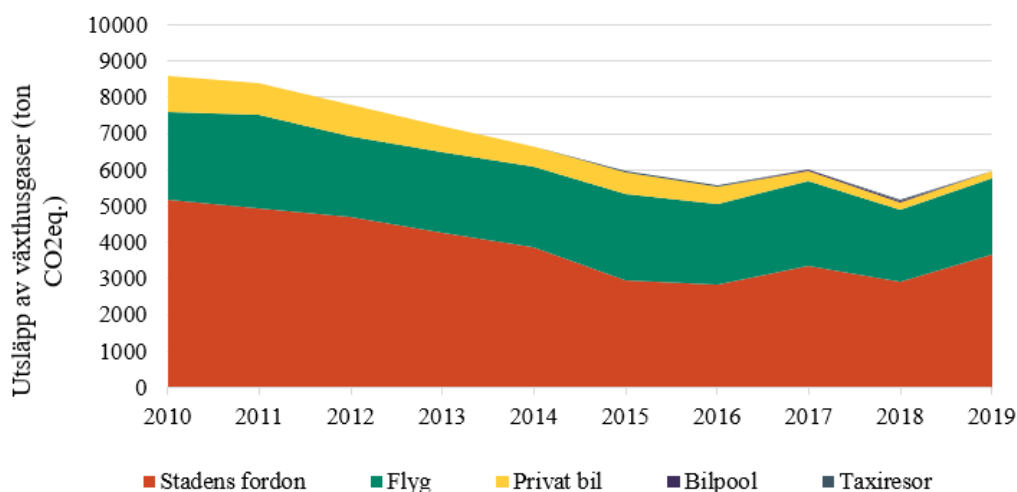
Transporter

Transportsektorns utsläpp orsakas till stor del av användning av fossila bränslen i vägtrafiken, det vill säga gods- och personbilstrafik. Effekterna av förbättrad fordonsteknik och ökad andel biodrivmedel har motverkats av ett ökande antal resor och transporter, med allt tyngre fordon. Övriga transportutsläpp inom kommunens geografiska gränser kommer från sjöfartens och arbetsmaskinernas bränsleförbrukning, se

figur 26. Utsläppen från Göteborgs Stads tjänsteresor, vilket återges i figur 27, utgör en bråkdelens promille av de totala utsläppen från vägtrafiken i kommunen.



Figur 25. Koldioxidutsläpp från transportsektorn inom Göteborgs geografiska gränser från år 2005 till 2019, uppdelat efter utsläppskällor (Miljöförvaltningen, Göteborgs Stad, 2020).



Figur 26. Klimatpåverkan från Göteborgs Stads tjänsteresor med bil och flyg 2010–2019 (Miljöförvaltningen, Göteborgs Stad, 2020).

Människa

Energianvändningen i Göteborg bidrar till luftföroreningar som påverkar människors hälsa negativt. Föroreningarna inkluderar partiklar, kvävedioxid och flyktiga organiska kolväten som ger ökad risk att drabbas av sjukdomar i hjärta, kärl och luftvägar samt cancer. Det finns ett samband mellan ohälsa och luftföroreningar även vid måttliga halter men det har inte identifierats någon lägstanivå för vilken hälsoeffekter helt uteblir (Folkhälsomyndigheten, 2017).

Den energianvändning som mest påtagligt drabbar människor i Göteborg sker som en direkt konsekvens av transporter. I Göteborg står vägtrafiken för det enskilt största bidraget till höga halter av luftföroreningar på platser där människor bor och vistas. Även

energiproduktion, raffinaderierna samt småskalig vedeldning bidrar till utsläpp av hälsoskadliga luftföroreningar (Miljöförvaltningen, Göteborgs Stad, 2020). Vägtrafiken är även den dominerande källan till buller vilket är en av de störningarna som dagligen drabbar flest antal göteborgare (Göteborgs Stad, 2019). Buller ökar risken för hjärt- och kärlsjukdomar samt sömnstörningar.

Genom att energieffektivisera, minska trafikvolymerna och skifta till eldrivna fordon i Göteborg minskar inte bara energianvändningen utan också buller och utsläpp som påverkar människors hälsa negativt.

Natur

Energianvändningen i Göteborg påverkar naturen på olika sätt. Utsläpp från förbränningsmotorer i transportsektorn, el- och värmeproduktion i lokala kraftverk och processer i raffinaderierna har en negativ inverkan på närmiljön.

Försurning

Försurningen påverkar ständigt markerna och sjöarna i de höglänta områdena, vilket medför läckage av metaller till grundvatten, vattendrag och sjöar. Det har i sin tur lett till att i stort sett alla sjöar i Göteborg är drabbade av försurning. Kalkningsåtgärder motverkar effekten av försurningen, men det löser inte orsaken till problemet. Den enda hållbara lösningen är att nedfallet av försurande ämnen minskar till den nivå som naturen tål. Nedfallet av försurande ämnen kommer främst från andra länder och från internationell sjöfart, men också från lokal väg- och sjötrafik, värme- och elkraftverk samt industrier. Genom att effektivisera energianvändningen och använda förnybara bränslen i större utsträckning minskar källorna till försurande ämnen i Göteborg.

Svaveloxider från raffinaderierna

Utsläppen har minskat drastiskt sedan början av 2000-talet, då raffinaderierna i Göteborg släppte ut runt 700 ton svaveldioxid per år. År 2012 skedde ett trendbrott när utsläppen halverades jämfört med året innan. Det kan förklaras av att Nynas AB från och med 2012 använder olja med lägre svavelhalt i sina pannor och av att St1 producerar mindre än tidigare, vilket leder till lägre utsläppsmängder. Utsläppen har legat på ungefär samma nivå sedan år 2012, runt 200 ton per år. Variationerna mellan åren beror delvis på andelen raffinaderigas och brännolja som har använts, eftersom deras respektive svavelinnehåll är olika.

Sjöfart

När ett fartyg ligger vid kaj används vanligtvis fartygens dieseldrivna hjälpmotorer, vilket genererar stora utsläpp av föroreningar till luften. Om fartyget i stället kopplar in sig på det lokala elnätet minskar utsläppen drastiskt. Ett lastfartyg som är anslutet till el förbrukar vid ett genomsnittligt hamnuppehåll lika mycket energi som en normalstor villa förbrukar under ett helt år (Miljöförvaltningen, Göteborgs Stad, 2020). Det finns med andra ord mycket att vinna på att fler fartyg ansluts till el när de ligger vid kaj.

Under år 2019 var andelen elanslutna fartygsanlöp i Göteborgs Hamn 38 procent (Miljöförvaltningen, Göteborgs Stad, 2020). Siffran anger andelen anlöp till hamnen där förutsättningar för elanslutning finns, och kan skilja sig från andelen som faktiskt ansluter till el. Vissa fartyg väljer att inte ansluta på grund av exempelvis kort vistelse i hamnen.

Bilaga 3

Mål kopplat till energiområdet

I FN:s globala hållbarhetsmål, Agenda 2030, står det att ett hållbart, tillförlitligt och förnybart energisystem är en förutsättning för att möta flera av vår tids största utmaningar: fattigdom, klimatförändringar och inkluderande tillväxt i ett globalt perspektiv (UNDP, 2021). Av dessa är klimatförändringar den utmaning som är störst för Sverige och Göteborg. Lokalt och nationellt behöver energisystemets klimatavtryck minska för att hålla ökningen av den globala medeltemperaturen under 1,5 grader. Även inom EU är energiområdet identifierat som ett av de viktigaste att göra åtgärder inom för att motverka fortsatta klimatförändringar (Europeiska kommissionen, 2021). De unionsövergripande målen för minskade växthusgasutsläpp ställs sida vid sida med mål för ökad energieffektivitet och ökad andel förnybar energi. På nationell nivå har Sverige satt mål om en helt förnybar elproduktion till år 2040 samt en 50 procent effektivare energianvändning år 2030 jämfört med 2005 (Regeringskansliet, 2021). I Västra Götaland finns målet att minska de totala växthusgasutsläppen inom regionens gränser med 80 procent till år 2030 jämfört med år 1990 (Västra götalsregionen, 2021). I Göteborg är målet att bli klimatneutralt så snabbt som möjligt, minska energianvändningen, ställa om till förnybar energiproduktion och säkerställa fossilfria lokala transportmöjligheter.

Tabell 13. Lokala, regionala, nationella och internationella mål som går att koppla till energiproduktion och energianvändning

Ramverk	Mål	Basår/Målår
FN - Agenda 2030	Hållbar energi för alla	-/2030
EU - 2030 climate & energy framework	Minst 32 % förnybar energi	-/2030
EU - 2030 climate & energy framework	Minst 32,5 % energieffektivisering jämfört med prognoser för förväntad energianvändning år 2030	-/2030
Global Covenant of Mayors / Borgmästaravtalet	Minst 40 % mindre växthusgasutsläpp	1990/2030
Sveriges miljömål	Växthusgasutsläppen i Sverige i ESR-sektorn ⁸ bör vara minst 63 % lägre (för att nå målet om nettonollutsläpp 2045)	1990/2030
Sveriges miljömål	Växthusgasutsläpp från inrikes transporter ska minska med minst 70 %	2010/2030
Sveriges mål för energipolitiken	100 % förnybar energiproduktion	-/2040
Sveriges mål för energipolitiken	50 % effektivare energianvändning, mätt i energi per BNP	2005/2030
Västra Götalandsregionen – Klimat 2030	Växthusgasutsläppen i Västra Götaland ska minska med 80 %	1990/2030
Västra Götalandsregionen – Klimat 2030	Växthusgasutsläpp från konsumtion, oavsett vart de sker, ska minska med 30 %	2010/2030
Västra Götalandsregionen – regionala tilläggs mål	En ekonomi oberoende av fossila bränslen	-/2030

⁸ EU:s ansvarsfördelningsförordning (European Sharing Regulation, ESR) fångar in de sektorer som inte faller under EU:s utsläppsrättshandel (ETS).

Västra Götalandsregionen – regionala tilläggs mål	Andelen förnybar energi ska vara minst 80 %	-/2030
Västra Götalandsregionen – regionala tilläggs mål	Minskad energianvändning i bostäder och lokaler med 50 %	1995/2030
Göteborgsregionen – Göteborgsregionen minskar avfallet	Avfallstransporter ska vara 10 % mer effektiva	-/2030
Göteborgsregionen – Göteborgsregionen minskar avfallet	Fordon, maskiner och anläggningar inom kommunens avfallsverksamhet ska drivas fossilfritt	-/2030
Göteborgs Stads miljö- och klimatprogram	Klimatet miljömål för klimatet - Minska klimatutsläppen med 10,3% per capita per år	2018/2030
Göteborgs Stads miljö- och klimatprogram	Klimatet delmål 1: 30 % mindre primärenergianvändning per invånare (exklusive transportsektorn och industri)	2010/2030
Göteborgs Stads miljö- och klimatprogram	Klimatet delmål 2: 100 % förnybar energiproduktion (exklusive återvunnen värme)	-/2025
Göteborgs Stads miljö- och klimatprogram	Klimatet delmål 3: klimatpåverkan från transporter i Göteborg ska minska med minst 90 %	2010/2030
Göteborgs Stads miljö- och klimatprogram	Klimatet delmål 3: Minskat vägtrafikarbete med 25 %	2020/2030
Göteborgs Stads miljö- och klimatprogram	Klimatet delmål 3: Göteborgs Stads fordonsflotta ska vara fossilfri	-/2023
Fossilfritt Sverige - Transportutmaningen	Både resor och transporter som Göteborgs Stad utför själv och köper in ska vara fossilfria	-/2030
Sveriges allmännyttas klimatinitiativ	De allmännyttiga bostadsföretagen ska vara fossilfria	-/2030
Sveriges allmännyttas klimatinitiativ	30% lägre energianvändning	2007/2030

Bilaga 4

Register över åtgärder sorterat efter aktör

Nämnd / Bolag	Åtgärder
Alla styrelser och nämnder	2.2, 7.5, 8.2
Alla styrelser och nämnder som bygger och förvaltar fastigheter	6.2
Alla byggande styrelser och nämnder	2.7, 4.1
Alla fastighetsägande bolag och nämnder	2.3, 2.8, 4.1, 4.5
Business Region Göteborg	3.4, 5.4, 8.4, 8.5
Byggnadsnämnden	4.2, 4.3, 5.1, 5.4, 7.7, 8.6, 9.3
Fastighetsnämnden	2.5, 7.7, 8.6
Förvaltnings AB Framtiden	1.1, 1.2, 2.1, 2.4, 2.9, 7.1, 7.2, 7.4, 7.7, 8.1
Got Event	7.1
Göteborgs Energi AB	1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 2.1, 3.1, 3.2, 3.4, 4.2, 4.4, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 6.1, 8.1, 8.4, 8.5, 8.6, 9.1, 9.2, 9.3, 9.4
Göteborgs Hamn	2.1
Göteborgs Stads Parkering AB	7.4, 7.7
Higab	2.1, 2.4, 2.9, 8.1
Idrotts- och föreningsnämnden	2.1, 7.1
Kretslopp- och vattennämnden	2.1, 7.1, 9.2
Liseberg AB	2.1, 7.1
Lokalnämnden	2.1, 2.4, 2.9, 7.1, 8.1
Miljö- och klimatnämnden	1.5, 3.3, 3.4, 4.4, 7.3, 9.4
Park- och naturnämnden	7.1
Renova AB	1.5, 1.8, 2.1, 8.3, 9.1, 9.2, 9.3, 9.4
Trafiknämnden	2.6, 7.3, 7.4, 7.6, 8.4, 8.5, 8.6

Bilaga 5

Antaganden och information till grund för potentialskattningar

En potentialskattning av åtgärderna i energiplanen har utförts för att ge en uppfattning om åtgärdernas effekt på koldioxidutsläpp, energianvändning, energiproduktion och effektbehov. Många av åtgärderna i planen är av utredande eller påverkande karaktär, vilket gör det svårt att uppskatta vilken effekt de kommer att ha. Flera åtgärder rör dessutom åtgärder som vid planens framtagande är i framkant vad gäller teknik och systemutveckling, vilket gör att en potentialskattning skulle innebära allt för stora osäkerheter för att kunna vara till någon reell nytta. På grund av detta har endast 12 av totalt 49 åtgärder potentialskattats. I följande avsnitt redogörs för de antaganden och den information som ligger bakom respektive potentialskattning.

Flexibelt och kapacitetssäkert energisystem

1.1 Göteborg Energi AB ska tillsammans med Förvaltnings AB Framtiden starta pilotprojekt för att utveckla och implementera tekniker för smart styrning av effektanvändning i elnätet, i kombination med energilagring, för att utreda möjligheten att i stor skala minska eleffekttoppar. Lärdomarna från projektet ska spridas till andra fastighetsägande och förvaltande bolag och nämnder inom Göteborgs Stad

Potentialen för denna åtgärd har skattats leda till en minskning av eleffektbehovet i nätet med 5–10%. För antaganden och information kring denna potentialskattning se bilaga 2 i rapporten ”Redovisning av åtgärder för energi- och effekteffektivisering” (Förvaltnings AB Framtiden, 2020).

1.2 Göteborg Energi AB ska tillsammans med Förvaltnings AB Framtiden starta pilotprojekt för att undersöka möjligheten att i stor skala minska värmeeffekttoppar i flerbostadshus genom smart styrning och värmelagring. Lärdomarna från projektet ska spridas till andra fastighetsägande och förvaltande bolag och nämnder inom Göteborgs Stad

Potentialen för denna åtgärd har skattats leda till en minskning av eleffektbehovet i nätet med 3–15 MW samt en minskad energianvändning upp till 15 GWh/år. För antaganden och information kring denna potentialskattning se bilaga 2 i rapporten ”Redovisning av åtgärder för energi- och effekteffektivisering” av Förvaltnings AB Framtiden (Förvaltnings AB Framtiden, 2020).

Energieffektivisering i den kommunala sektorn

2.6 Trafiknämnden ska säkerställa att gatubelysningen är energieffektiv och att gamla ljuskällor som inte är energieffektiva byts ut. Som en del av detta arbete ska minst 60 % av belysningen som trafiknämnden ansvarar för drivas med LED-teknik

Enligt Trafiknämnden fanns det år 2020 104 000 ljuspunkter i stadens gatubelysning med en total energiförbrukning på 27,8 GWh per år (Trafiknämnden, 2020). De typer av ljuskällor som finns i Göteborgs Stads gatubelysning är LED, högtrycksnatrium, metall/keramisk halogen, kvicksilver och lågenergi/kompaktljuskällor. I denna potentialskattning har en brinntid antagits för varje ljuskälla på 4 000 timmar per år, vilket rekommenderas i SCB:s rapport ”Belysningsel industri och vägbelysning: Underlagsrapport Belysningsutmaningen” (SCB, 2017). Då ingen genomsnittseffekt har kunnat tas fram per typ av ljuskälla har en genomsnittlig energiförbrukning per ljuskälla tagits fram enligt ovanstående information. Att byta ut ej energieffektiva ljuskällorna till energieffektiva ljuskällor resulterar i energibesparingar om 10–20 GWh per år.

Förnybar el

4.1 Alla fastighetsägande och byggande styrelser och nämnder ska upprätta en solenergiplan där möjligheten för utbyggnad av solceller på befintliga byggnader och nyproduktion utreds, målsätts och planeras

För att bedöma potentialen för installation av solceller på stadens fastigheters tak har stadens bolag och nämnder kontaktats och tillfrågats om de gjort en potentialskattning av detta. Skattningar har bland annat mottagits från Förvaltnings AB Framtiden och Lokalnämnden vilka tillsammans bedöms inneha en stor del av den totala takytan i Göteborgs Stads fastighetsägande bolag och nämnder. En stor andel av resterande bolag och nämnder har i dagsläget däremot inte gjort någon skattning och för dessa har därför ingen data kunnat samlas in. Potentialen för denna åtgärd bedöms kunna leda till 35–40 GWh förnybart producerad energi per år till 2030. Det bör även noteras att skillnader kan förekomma i nämndernas och bolagens skattningar, vissa av nämnderna och bolagen har angett den tekniska potentialen medan andra har angett den ekonomiskt försvarbara.

4.4 Miljö- och klimatnämnden och Göteborg Energi AB ska samverka för att bidra till att småskalig produktion av solel hos privata fastighetsägare ska öka

Potentialen för denna åtgärd har skattats leda till en energiproduktion om 350 GWh/år. För antaganden och information angående denna potentialskattning se rapporten ”Solceller i Göteborg – Samarbetsprojekt mellan Göteborg Energi och Förvaltnings AB Framtiden”.

4.5 Alla fastighetsägande styrelser och nämnder ska vid takrenoveringar alltid genomföra en kostnads kalkyl för att anlägga solpaneler som ett alternativ till ett konventionellt tak

Se kommentar för åtgärd 4.1.

Förnybar och återvunnen värme

De totala koldioxidutsläppen från Göteborg Energi AB:s fjärrvärmeproduktion varierar kraftigt från år till år, bland annat på grund av varierande väder och värmebehov. För att visa potentialen för att ställa om fjärrvärmeproduktionen till förnybar och återvunnen har de fossila utsläppen från produktionen år 2017–2019 beaktats i denna skattning. Då år 2016 var ett ovanligt kallt år och år 2020 ett ovanligt varmt år (utsläpp motsvarande 180 000 respektive 9 000 ton) har de bedömts ej representativa och därför inte tagits med

i potentialskattningen. Baserat på fjärrvärmens produktnyckeltal och storleken på fjärrvärmeleveransen har de fossila koldioxidutsläppen varierat mellan 70 000–120 000 ton per år mellan år 2017 och 2019. Genom att fasa ut den fossilt producerade fjärrvärmens och ersätta denna med återvunnen eller förnybar produktion kan de årliga koldioxidutsläppen därmed minska i denna storleksordning.

Förnybar och återvunnen kyla

6.1 Göteborg Energi AB ska utveckla fjärrkyla till ett konkurrenskraftigt alternativ till småskaliga lokala eldrivna kylanläggningar, så att fjärrkyla utgör ett självklart val i stadens centrala delar

I Göteborg Energi AB:s begäran till kommunfullmäktige om investeringen ”Fjärrkyla Älvstaden” (Göteborg Energi, 2017) ses en möjlighet till att bygga ut fjärrkylan med 85 MW fram till år 2035. Kunderna beräknas utnyttja knappt 1 000 fullasttimmar per år, vilket resulterar i att cirka 85 GWh fjärrkyla kommer att produceras per år. I denna potentialskattning har nyttan av att installera fjärrkyla jämförts mot att använda sig av direkt kylning med hjälp av värmepump med Coefficient of Performance (COP) på två. Om kylbehovet på 85 GWh skulle genereras med lokala kylmaskiner skulle det krävas cirka 20–60 GWh el, vilket motsvarar 30–110 GWh primärenergi enligt Boverkets Byggregler (BBR) där el har en primärenergifaktor på 1,8. Om behovet på 85 GWh istället tillgodoses med hjälp av fjärrkyla motsvarar detta en primärenergianvändning på cirka 50 GWh enligt BBR där fjärrkyla har en primärenergifaktor på 0,6. Den potentiella primärenergibesparingen med att använda fjärrkyla istället för lokala kylmaskiner för att tillgodose kylbehovet kan därmed skattas att vara i storleksordningen 0–60 GWh.

6.2 Alla styrelser och nämnder som bygger och förvaltar fastigheter ska vid ett identifierat kylbehov i första hand välja fjärrkyla. Där fjärrkyla inte är ett lämpligt alternativ ska alternativa kylmetoder utredas, såsom frikyla eller solkyla. Eldrivna kylanläggningar ska i den mån det är möjligt drivas av egenproducerad sol på den aktuella fastigheten

Se kommentar för åtgärd 6.1.

Energieffektiva och fossilfria resor och transporter

7.1 Förvaltnings AB Framtiden, park- och naturnämnden, lokalnämnden, kretslopp- och vattennämnden, Liseberg AB, idrotts- och föreningsnämnden samt Got Event ska, när det gäller egna arbetsmaskiner, använda arbetsmaskiner som drivs på el-, vätgas- eller biogas som är förnybart producerat. För de arbetsmaskiner där dessa alternativ inte finns tillgängliga ska de drivas med annat förnybart drivmedel

År 2020 fanns det enligt Göteborgs Stads Leasing AB 32 tunga arbetsmaskiner, 370 större maskiner, 214 mindre arbetsfordon och 1 712 småmaskiner i staden. Baserat på de utpekade nämndernas och bolagens bränsleförbrukningar för arbetsmaskiner samt genomsnittliga koldioxidutsläpp för olika drivmedel år 2020 (Energimyndigheten, 2020) bestämdes deras årliga koldioxidutsläpp till cirka 1 000–2 000 ton per år. Genom att ställa om flottan till att drivas på el-, vätgas eller biogas kan de årliga koldioxidutsläppen

minska i samma storleksordning. Det har i denna potentialskattning antagits att elfordon drivs på nordisk elmix med emissionsfaktor 13 gCO₂/MJ (Energimyndigheten, 2020).

7.4 Göteborgs Stads Parkering AB, trafiknämnden och Förvaltnings AB Framtiden ska genom att höja kostnaden för att parkera i Göteborg, där rådighet finns, öka incitament att välja alternativa transportsätt, som exempelvis kollektivtrafik eller cykel

Potentialen för denna åtgärd har skattats leda till minskningar av koldioxidutsläpp med 25 000 ton per år. För antaganden kring denna potentialskattning se rapporten ”Fossilfritt Göteborg – vad krävs?” (Miljöförvaltningen, 2018).

Koldioxidinfångning och lagring

9.1 Göteborg Energi AB ska, tillsammans med Renova AB, tillsätta en arbetsgrupp för att utreda behov, placering, investeringsbehov och affärsmodell för en eller flera CCS-anläggningar på Göteborgs Stads värme- och kraftvärmeverk och eventuell gemensam infrastruktur med andra relevanta aktörer i regionen

De fossila och biogena utsläppen från Göteborg Energi AB varierar från år till år, detta beror delvis på att behovet varierar. För att visa denna variation har Göteborg Energi AB:s utsläpp från år 2017–2020 beaktats i denna potentialskattning. Det bör även noteras att 2020 var ett varmt år vilket resulterade i relativt låga fossila koldioxidutsläpp. Det har i denna skattning även antagits att CCS-anläggningar kan installeras på samtliga av Göteborg Energi AB:s anläggningar. På Renova AB:s anläggningar har det däremot antagits att CCS kommer kunna installeras på 60% av utsläppen, vilket Renova AB har angett är möjligt till runt 2030. Utöver detta har det även antagits att infångning av biogen koldioxid resulterar i negativa utsläpp. Detta resulterar i en sammanlagd potential för Göteborg Energi AB samt Renova AB om cirka 150 000–370 000 ton infångad fossil koldioxid samt 320 000–400 000 ton infångad biogen koldioxid.

9.2 Renova AB ska, tillsammans med kretslopp- och vattennämnden och Göteborg Energi AB, starta ett pilotprojekt för att producera biokol av insamlat avfall från trädgårdar och parker, med möjligheten att ta vara på överskottsvärme som en resurs i fjärrvärmesystemet

År 2016–2018 inkom det drygt 6 000 ton trädgårdsavfall per år i form av ris för behandling till Renova från ett flertal av dess ägarkommuner. Om alla ägarkommuner tilldelade sitt trädgårdsavfall till Renova skulle avfallsmängden av ris kunna öka till cirka 10 000 ton per år. Majoriteten av det ris som inkommer till Renova idag används som bränsle till avfallskraftvärmeverket. Detta trädgårdsavfall skulle istället kunna användas till att producera biokol. När träflis används som substrat vid produktionen av biokol omvandlas cirka 23 viktprocent av ingående substrat till biokol. Vid produktionen bildar cirka hälften av energiinnehållet (2 MWh per ton färskt trä) i substratet överskottsvärme som exempelvis kan användas till stadens fjärrvärmesystem (Renova AB, 2019).

I denna potentialskattning antas att 6 000–10 000 ton ris kommer att kunna användas till att producera biokol i Göteborgsregionen varje år. Från detta avfall kan cirka 1 300–2 300 ton biokol produceras, vilket innebär en koldioxidsänka på cirka 4 500–8 500 ton. Här har det även antagits att 95% av biokolet kommer att finnas kvar efter 100 år (Paulsson, M,

2020). Vid produktion av biokol från dessa avfallsmängder bildas cirka 6–10 GWh överskottsvärme.

I denna potentialskattning antas att 6 000–10 000 ton ris kommer att kunna användas till att producera biokol i Göteborgsregionen varje år. Från detta avfall kan cirka 1 300–2 300 ton biokol produceras, vilket innebär en koldioxidsänka på cirka 4 500–8 500 ton. Här har det även antagits att 95% av biokolet kommer att finnas kvar efter 100 år (Paulsson, M, 2020). Vid produktion av biokol från dessa avfallsmängder bildas cirka 6–10 GWh överskottsvärme.

REMISS

Beställt av
Göteborgs Stad

Utfört av
Rikard Edland

Elin Svensson

Anette Winter

Mikael Odenberger (Chalmers Tekniska Högskola)

Datum
2021-04-29

Version
Slutversion



Göteborgs Stads Energiplan – Utvärdering och perspektiv

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning	2
1 Introduktion	3
2 Metod för potentialuppskattning	5
3 Bedömning av åtgärderna i relation till målen	6
3.1 Delmål 1 – Energianvändning i bostäder och lokaler	6
3.1.1 Indikator 1a – MWh/invånare	6
3.1.2 Indikator 1b och 1c – kWh/m ² bostäder och lokaler	7
3.1.3 Bedömning av åtgärderna	9
3.2 Delmål 2 – Göteborgs Stad producerar enbart energi av förnybara källor	12
3.2.1 Indikator 2a – 100% förnybar elproduktion i Göteborg Energis produktionsanläggningar	12
3.2.2 Indikator 2b – förnybar fjärrvärmeproduktion i Göteborg Energis produktionsanläggningar	13
3.2.3 Bedömning av åtgärderna	14
3.3 Delmål 3 – Göteborgs Stad minskar klimatpåverkan från transporter	15
3.3.1 Indikator 3a – Utsläpp av växthusgaser från transporter i Göteborg minskar med 90% jämfört med 2010	15
3.3.2 Indikator 3b – Vägtrafikarbete minskar med 25% till 2030 jämfört med 2020 ____	17
3.3.3 Indikator 3c – Andelen fossilfria fordon som ägs av Göteborg Stad är 100% år 2023	17
3.3.4 Bedömning av åtgärderna	18
3.4 Effektfrågan	20
4 Systemperspektiv och energisystemets utveckling	23
4.1 Vätgas	24
4.2 Elektrifiering i industri- och transportsektorn	28
4.3 Infångning och lagring av (fossil eller biogen) koldioxid	30
4.4 Ökad konkurrens om biomassa	32
4.5 Relevanta projekt att följa	35
5 Sammanfattande reflektioner	42
6 Referenser	44

1 Introduktion

Göteborgs Stad håller för närvarande (April 2021) på att ta fram *Göteborgs Stads Energiplan 2022–2030* som är ett av kommunens styrande dokument. Syftet med Energiplanen är att driva på genomförandet av åtgärder som dels leder till att kommunen kan ha en trygg och säker energiförsörjning, dels till att tre specifika delmål i *Göteborgs Stads miljö- och klimatprogram 2021–2030* [1] uppnås. Energiplanen blir också en gemensam utgångspunkt som visar riktningen för Göteborgs Stads arbete med energifrågor.

Vid rapportens författande har 72 åtgärder föreslagits, varav de flesta har som syfte att bidra till att uppnå de tre relevanta målen i *Göteborgs Stads miljö- och klimatprogram 2021–2030* (från och med nu förkortat MKP). Åtgärderna är kategoriserade i nio åtgärdsrubriker (Tabell 1) och de tre relevanta målen från MKP är presenterade i Tabell 2 tillsammans med indikatorer

CIT Industriell Energi har fått i uppdrag av Göteborgs Stad att göra en bedömning av åtgärderna och Energiplanen i sin helhet. Den här rapporten beskriver först Energiplanen och åtgärderna i relation till delmålen i MKP och diskuterar sedan Energiplanen i relation till utvecklingen av energisystemet.

Tabell 1. Åtgärdsrubriker i Energiplanen

#	Åtgärdsrubrik
1	Flexibelt och kapacitetssäkert energisystem
2	Energieffektivisering av den kommunala sektorn
3	Energieffektivisering av den privata sektorn
4	Förnybar el
5	Förnybar och återvunnen värme
6	Förnybar och återvunnen kyla
7	Energieffektiva och fossilfria resor, transporter och arbetsmaskiner
8	Utökad tillgång till laddplatser och fossilfria fordonsbränslen
9	Koldioxidinfångning och lagring

Tabell 2. Delmålen i Göteborgs Stads miljö- och klimatprogram 2021–2030.

Delmål 1 – Göteborgs Stad minskar energianvändningen i bostäder och lokaler			
Indikator	Värde 2010	Nuvärde	Målvärde
a) Primärenergianvändning per invånare inom kommunens gränser	18 MWh/inv	16 MWh/inv (2018)	12 MWh/inv (2030)
b) Genomsnittlig primärenergianvändning per kvadratmeter i Göteborgs Stads bostäder	106 kWh/m ² (2009)	94 kWh/m ² (2017)	76 kWh/m ² (2030)
c) Genomsnittlig primärenergianvändning per kvadratmeter i Göteborgs Stads lokaler där verksamheten kan relateras till yta	183 kWh/m ²	180 kWh/m ² (2017)	134 kWh/m ² (2030)
Delmål 2 – Göteborgs Stad producerar enbart energi av förnybara källor			
Indikator	Värde 2010	Nuvärde	Målvärde
a) Andelen el som produceras av förnybara bränslen i Göteborg Energi AB:s produktionsanläggningar	1,6 %	20 % (2018)	100 % (2025)
b) Andelen fjärrvärme som produceras av förnybara bränslen i Göteborg Energi AB:s produktionsanläggningar	35 %	69 % (2018)	100 % (2025)
Delmål 3 – Göteborgs Stad minskar klimatpåverkan från transporter			
Indikator	Värde 2010	Nuvärde	Målvärde
a) Utsläpp av växthusgaser från transporter i Göteborg	999 900 ton	945 600 ton (2017)	99 990 ton (2030)
b) Vägtrafikarbete, det vill säga antal körda kilometer med alla typer av motoriserade vägfordon per vardagsdygn, i Göteborg	Kräver utredning	-	Minskning med 25% jämfört med 2010 (2030)
c) Andel av Göteborgs Stads fordon som är fossilfria	-	55 % (2019)	100 % (2023)

2 Metod för potentialuppskattning

Metodiken för att bedöma potentialen som Energiplanens åtgärder har för att nå delmålen är att först analysera delmålet och försöka kvantifiera vad målen innebär i förändrad energianvändning (ex. MWh) eller konkreta utsläppsminskningar (ex. kton CO₂e). Sen diskuteras åtgärderna och en bedömning görs. För några åtgärder har beräkningar gjorts för att få en uppskattning av vilken effekt de kan tänkas ha, och ibland har andra rapporter refererats till för att få fram ett värde. Många åtgärder är dock av ”utredningstyp” (till exempel att bolag ska utreda sin effektiviseringspotential och sätta mål, eller att pilotprojekt ska startas) vilket gör att många åtgärders potential är svåruppskattad. De flesta bedömningar är därmed kvalitativa och beskriver exempelvis hur en grupp med åtgärder kan bidra till målen.

För att kvantifiera hur många MWh Delmål 1 handlar om har data för Göteborgs befolkning (historik och prognos) tagits från Göteborgs Stads statistikdatabas [2], och data för Göteborgs Stads bostadsarea och lokalarea har fått från miljöförvaltningen för åren 2009–2019, se Tabell 3. För areauppskattningen 2030 har kvoten mellan area och befolkning 2019 använts tillsammans med befolkningsprognosen 2030. För bostadsarea blev kvoten 10,7 m²/inv och för lokalarean 5,8 m²/inv. Enligt datan i tabellen nedan kan man urskilja en trend som visar att kvoten mellan area och invånare har minskat mellan åren. Om trenden skulle fortsätta linjärt kommer bostadsarean inte att öka markant jämfört med 2019 (6 270 000 m²), och lokalarean kommer minska (3 124 928 m²).

Tabell 3. Befolkning inom Göteborg samt Göteborgs Stads bostadsarea och lokalarea (där verksamheten kan relateras till yta)

År	Befolkning [#]	Bostadsarea [m ²]	Lokalarea [m ²]
2009	507330	5898700	3129300
2010	513751	5926100	1372000*
2011	520374	5931900	2980600
2012	526089	5964300	3091800
2013	533271	5976000	3130500
2014	541145	5993000	3081200
2015	548190	6019000	3069200
2016	556640	6050000	3088900
2017	564039	6145000	3088900
2018	571868	6185000	3070000
2019	579281	6211000	3358000
2030	644647	6911849	3736916

*Avvikande värde. Arealen 3000000 har använts i uppskattningarna

Göteborgs Energis årsredovisningar ligger till grund för att kvantifiera antal MWh som Delmål 2 handlar om. För Delmål 3 har information fått direkt från miljöförvaltningen (till exempel antal fordon och fordonstyp i Stadens egen fordonsflotta) eller från Energiplanen och dess bilagor.

3 Bedömning av åtgärderna i relation till målen

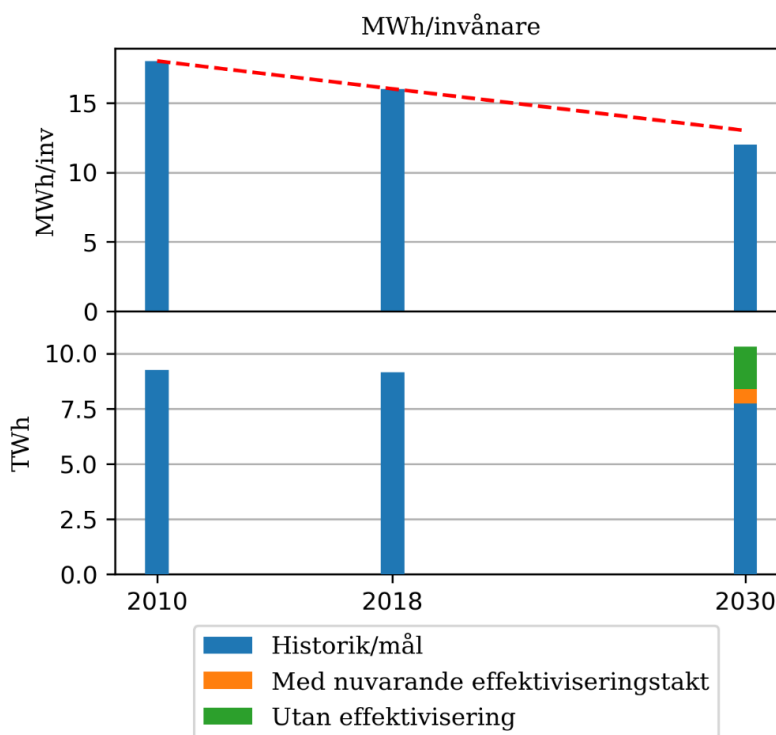
3.1 Delmål 1 – Energianvändning i bostäder och lokaler

3.1.1 Indikator 1a – MWh/invånare

Den första indikatorn är den mest övergripande indikatorn då det är summan av mängden primärenergi som används till byggnader, offentlig verksamhet och övriga tjänster¹ delat på befolkningen inom Göteborgs kommun. Primärenergin har räknats ut i enlighet med Boverkets Byggregler (BBR), dvs att byggnadens energianvändning multipliceras med viktningsfaktorer, beroende på vilken eller vilka energibärare som används. El har till exempel faktorn 1,8, medan fjärrvärme

¹ Se bilaga till miljö- och klimatprogrammet för en beskrivning av vilken statistik från Statistiska Centralbyråns kommunala och regionala energistatistik som är inkluderad.

har faktorn 0,7 och fjärrkyla har faktorn 0,6. Figur 1 visar hur målet 2030 förhåller sig till utvecklingen mellan 2010 och 2018, och det kan konstateras att om nuvarande trend håller i sig till 2030 kommer inte målet att nås. Omräknat till total primärenergianvändning innebär målet att primärenergianvändningen från Göteborgs invånare ska minska från ca 9.2 TWh till ca 7.7 TWh mellan 2018 och 2030. Om ingen effektivisering sker landar den runt 10,3 TWh om befolkningsprognosen stämmer. Åtgärderna behöver därmed bidra till en minskning med 2,6 TWh. Om nuvarande trend håller i sig kommer primärenergianvändningen 2030 landa runt 8.3 TWh, och då saknas fortfarande 0,6 TWh. Det räcker alltså inte bara med att effektiviseringstakten fortsätter utan åtgärderna behöver bidra till att takten accelererar. En diskussion och bedömning av åtgärderna kommer i avsnitt 3.1.3

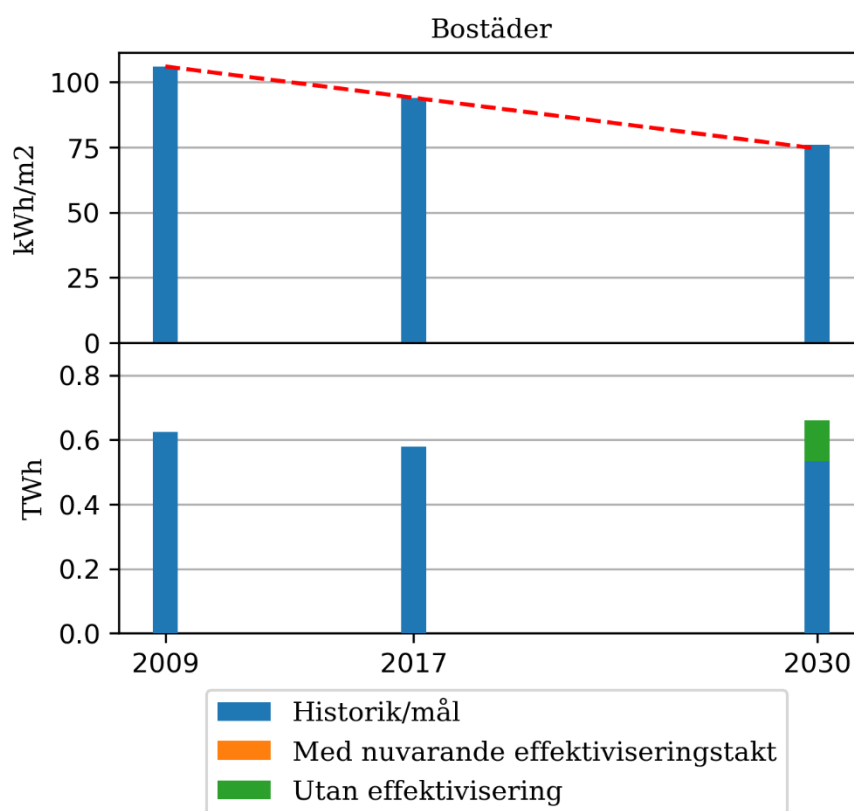


Figur 1. Övre: Energianvändning per invånare för 2010 och 2018 jämfört med målet 2030. Nedre: Energianvändning per invånare multiplicerat med antal invånare. Värdena för 2030 är baserade på prognosen för befolkningsökning.

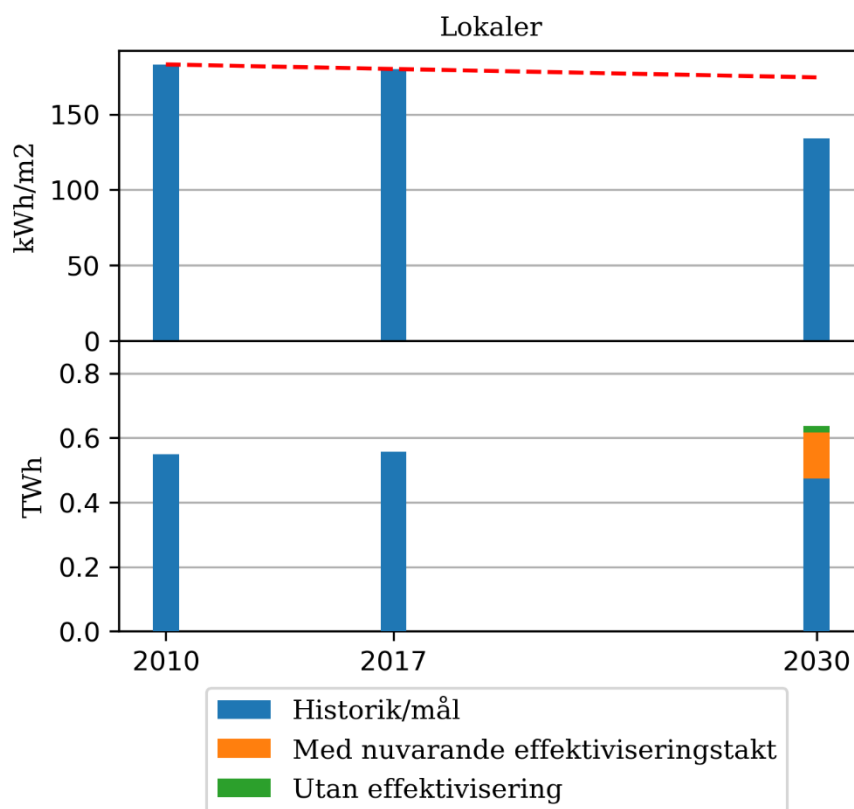
3.1.2 Indikator 1b och 1c – kWh/m² bostäder och lokaler

Figur 2 visar att om trenden för energieffektivisering i Göteborgs Stads **bostäder** mellan 2009 och 2017 fortsätter kommer målet 2030 att nås. Omvandlat till total mängd primärenergi till Göteborgs stads bostäder behöver energieffektiviseringen stå för en minskning från 0,58 TWh år 2017 till 0,53 TWh år 2030. Om befolkningen ökar utan att någon effektivisering sker blir primärenergianvändningen 0,66 TWh år 2030.

Figur 3 visar att om trenden för energieffektivisering i Göteborgs Stads **lokaler** mellan 2010 och 2017 fortsätter kommer målet 2030 inte att nås. Omvandlat till total mängd primärenergi behöver energieffektiviseringen stå för en minskning från 0,56 TWh år 2017 till 0,47 TWh år 2030, förutsatt att lokalarean ökar med en ökande befolkning. Om lokalarean ökar utan att någon effektivisering sker blir primärenergianvändningen 0,63 TWh. Om nuvarande effektiviseringstakt håller i sig landar energianvändningen på 0,62 TWh och då saknas fortfarande 0,15 TWh.



Figur 2. Övre: Energianvändning per bostadsarea för Göteborgs Stads bostäder 2009 och 2017 jämfört med målet 2030. Nedre: Energianvändning per bostadsarea multiplicerat med bostadsarea. Värdena för 2030 är baserade på prognosen för befolkningsökning och en specifik boyta på 10.7 m²/invånare.



Figur 3. Övre: Energianvändning per area för Göteborgs Stads lokaler 2010 och 2017 jämfört med målet 2030. NB: idrottshallar och Liseberg ingår inte i den inkluderade arean. Nedre: Energianvändning per lokalarea multiplicerat med lokalarea. Värdena för 2030 är baserade på prognosen för befolkningsökning och en specifik boyta på 5.8 m²/invånare.

3.1.3 Bedömning av åtgärderna

Under åtgärdsrubrik 2 (energieffektivisering av den kommunala sektorn) fokuserar majoriteten av åtgärder på att bolag och nämnder ska utreda effektiviseringspotentialen, sätta upp mål, se över att styrsystem är korrekt inställda, och arbeta med beteendeförändring. Dessa åtgärder kommer med hög sannolikhet bidra till att effektiviseringstakten åtminstone fortsätter vilket är det som behövs när det gäller målet för bostäder. Det är ändå av vikt att målet om 76 kWh/m² för bostäder är tydligt för bolagen som ska sätta interna mål. För lokaler är målet på 134 kWh/m² utmanande.

Under åtgärdsrubrik 4 finns fyra åtgärder om att öka mängden solpaneler på byggnader. Om mer el (eller värme) genereras och används lokalt i byggnader minskar mängden energi som behöver levereras till byggnaderna, vilket i sin tur minskar primärenergitalet (enligt Boverkets Byggregler (BBR)). Potentialen för solgenererad el från solceller på Framtidens tak beräknas kunna vara över 50 GWh/år 2030 [3], vilket i storleksordning motsvarar en tredjedel av målet för lokaler. För hela Göteborg är uppskattningen ca 350 GWh/år. Den solgenererade

elen måste dock användas inom byggnaden för att den ska minska byggnadens primärenergital, det som går ut på nätet kan inte tillgodoräknas.

Åtgärdsrubrik 5 fokuserar på fjärrvärme och handlar både om att fler ska kunna och vilja välja fjärrvärme istället för andra uppvärmningsalternativ, och om att producera fjärrvärme från förnybara eller återvunna källor. Genom en övergång till fjärrvärme finns potential att minska bostäders och lokalers primärenergital eftersom uppvärmning med fjärrvärme kan vara mer resurseffektivt än att värma med el (speciellt med tanke på att det framtida effektbehovet troligtvis kommer öka). Eftersom Boverkets regler viktat fjärrvärmens med en primärenergifaktor på 0,7, medan el har 1,8, innebär det att direktverkande elpannor och värmepumpar med låga COP-värden (under 2,6) kan bytas ut mot fjärrvärme för att öka resurseffektiviteten (enligt definitionen av primärenergi). Boverkets primärenergital för fjärrvärme tar dock inte hänsyn till lokala förutsättningar och hur fjärrvärmemixen ser ut i just Göteborg. Göteborg Energi anger till exempel ett betydligt lägre värde på 0,13 för fjärrvärme. Det är dock Boverkets siffror som används i delmålet. Dessa kan visserligen komma att ändras, men om en sådan ändring i byggreglerna sker kommer även siffrorna i delmålet att uppdateras. Det går därmed inte att nå målet bara genom att få till en ändring i hur fjärrvärmens viktas. Om ett lägre värde används för fjärrvärme i framtiden skulle dock incitamentet till utbyggnad av fjärrvärme öka. Hur Göteborg Energis primärenergiviktning för fjärrvärmens ser ut i framtiden kommer bero på vilka beslut som tas inom raffinaderierna och hur mycket som kan återvinnas från deras processer för leverans till fjärrvärmennätet (se också avsnitt 4). Här är viktigt att ha en beredskap för olika utvecklingar.

Åtgärdsrubrik 6 handlar om fjärrkyla. Göteborg Energi har ett genomsnittligt system-COP för sin fjärrkyla på ca 8,5 (för ett normalår). Denna siffra beräknas som all levererad kyla delad på all relaterad elförbrukning (inklusive belysning). Användning av absorptionskylmaskiner och frikyla gör att detta blir betydligt bättre än användning av klassiska kylaggregat som ofta har ett lägre COP (eller EER som ofta används för kylmaskiner) runt 1,5–3,5. Göteborg Energi har uppskattat att användningen av fjärrkyla kommer öka med ca 100 GWh fram till 2030. Om den kylan skulle genereras med lokala kylmaskiner skulle det kräva ca 30–70 GWh el, vilket motsvarar 50–120 GWh primärenergi. Om Boverkets primärenergiviktning för fjärrkyla (0,6) används motsvarar 100 GWh fjärrkyla 60 GWh primärenergi. Potentiell primärenergibesparing kan alltså anses vara i storleksordningen 0–60 GWh. Om Göteborg Energis system-COP används blir resultatet att det skulle krävas ca 12 GWh el, vilket motsvarar drygt 20 GWh primärenergi (alltså en besparing på 100 GWh). Oavsett hur energibesparingen beräknas så är det oklart hur stor andel av den sparade energin som Göteborgs

Stads bostäder och lokaler står för, men med tanke på att åtgärderna driver på att fjärrkyla ska användas så kommer andelen troligtvis vara betydande. Om primärenergibesparingen från fjärrkyla i Göteborgs Stads bostäder och lokaler blir ca 50 GWh skulle det motsvara en tredjedel av effektiviseringsmålet för lokalerna.

En åtgärd som rör indikator 1a (MWh/invånare) men inte 1b och 1c (kWh/m²) är åtgärden om att trafikkontoret ska energi- och effekteffektivisera gatubelysningen. En inventering av ljuskällor erhöles från trafikkontoret och en bedömning av energibesparingen baserat på om alla ljuskällor byttes till LED har gjorts. De nämnda åtgärderna är sammanställda i Tabell 4 nedan. Summan av potentialen för att installera solceller och använda fjärrkyla i stället för lokala kylmaskiner uppgår till 80–170 GWh. Det är i samma storleksordning som de 160 GWh som krävs för att nå målet för lokaler. Det ska dock påpekas att det är oklart hur mycket av den solgenererade elen som kan användas internt i byggnaderna och hur stor andel av fjärrkylan som går till Göteborgs Stads bostäder/lokaler. Även om bara 50% av de uppskattade potentialerna kan tillgodoräknas så utgör de ändå en väsentlig del av målen (ca 20–40% av Delmål 1c, Tabell 1). Med tanke på att arbetet med energieffektivisering kommer drivas på av åtgärderna under åtgärdsrubrik 2 finns det goda förutsättningar för att nå Delmål 1b och c med de föreslagna åtgärderna. Om en högre andel av byggnaderna får fjärrvärme (framför allt om fjärrvärmens produceras i hög utsträckning från återvunnen värme) eller värmepumpslösningar med höga COP istället för direktverkande el eller värmepumpar med ett COP under 3 skulle även det kunna utgöra en viktig del av det som krävs för att nå målen. Det är rekommenderat att bolagen och nämnderna fokuserar extra på energianvändningen i lokaler eftersom det i nuläget inte finns någon trend som visar på att primärenergianvändningen minskar märkvärt.

Tabell 4. Åtgärder som anses vara relevanta för delmål 1 där potentialuppskattningar har gjorts. Elbesparingar har omvandlats till primärenergianvändning genom att multiplicera med 1.8.

Åtgärd	Uppskattad besparing i primärenergi [GWh/år]
2.7 Trafikkontoret ska energi- och effekteffektivisera gatubelysningen.	25–35
4.1/4.2/4.4/4.5 Ökad användning av solceller	50–100
6.1/6.2/6.3 Ökad användning av fjärrkyla	0–60

För Delmål 1a (Tabell 1) inkluderas mycket mer än bara Göteborgs Stads bostäder och lokaler (till exempel gatu- och vägbelysning, avfallshantering, och den privata

bostadssektorn) och det är vanskligt att ge en uppskattning kring hur bra åtgärderna i Energiplanen driver på delmålet. Skulle målen för Göteborgs Stads bostäder och lokaler uppfyllas sparas ca 0,29 TWh vilket är 11% av de 2,6 TWh som behövs för att nå Delmål 1a. Enligt Göteborgs Statistikdatabas äger allmännyttiga bostadsföretag ca 26% av bostäderna i Göteborg, medan bostadsrättsföreningar och fysiska personer äger 29% respektive 20%. Energieffektivisering av den privata sektorn är därmed viktig för att nå målet. Åtgärderna under Åtgärdsrubrik 3 (Energieffektivisering av den privata sektorn) ämnar öka energieffektiviseringen även i den privata sektorn genom kompetensspridning. Dessa åtgärder är i dagsläget vagt formulerade ("samverka med aktörer", "verka för att upprätthålla och utveckla påverkan") vilket är rimligt eftersom Göteborgs Stad inte har direkt rådighet över den privata sektorn. För att uppnå Delmål 1a är det däremot viktigt att Göteborgs Stad aktivt driver på att kunskapsspridningen sker ordentligt och att energieffektiviseringsåtgärder implementeras. Ett förslag till ytterligare åtgärder, för den privata sektorn som skulle kunna komplettera de huvudsakligen mjuka åtgärder som finns i energiplanen, är att i högre utsträckning använda sig av prestandabaserade avtal (till exempel med villkor om energiprestanda, energieffektivisering eller hållbarhet) – både vid upphandling och exempelvis för avtal som Göteborg Energi har med sina kunder.

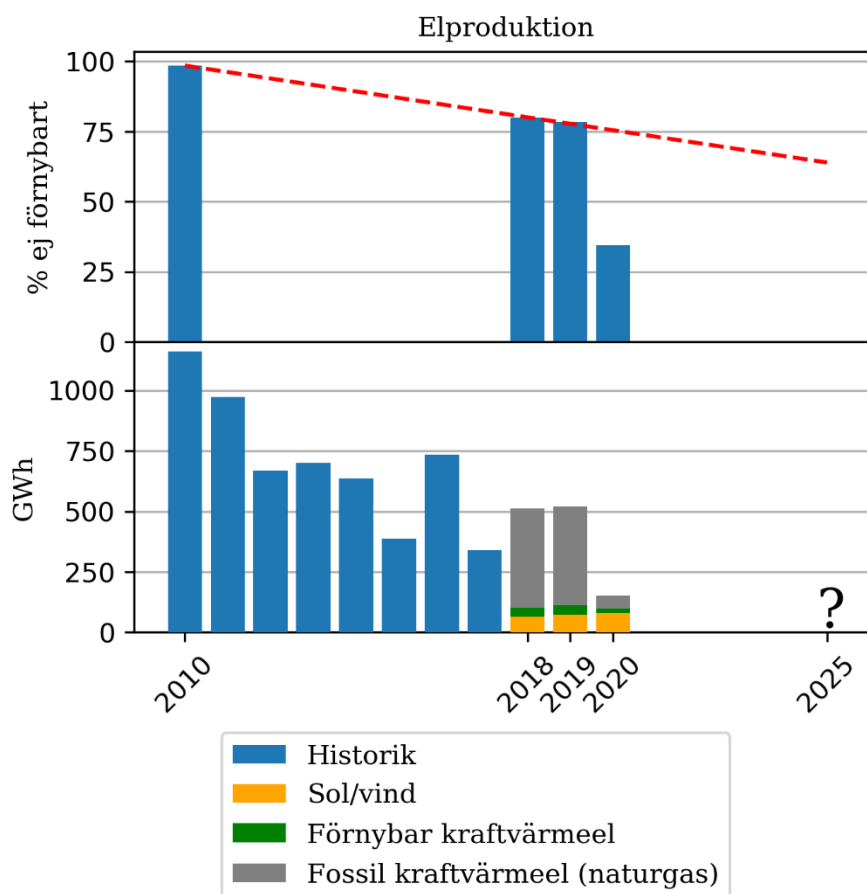
3.2 Delmål 2 – Göteborgs Stad producerar enbart energi av förnybara källor

3.2.1 Indikator 2a – 100% förnybar elproduktion i Göteborg Energis produktionsanläggningar

Figur 4 visar andelen av Göteborg Energis elproduktion som inte har varit förnybar (övre) de senaste åren och total mängd producerad el (nedre). Om trenden för förnybar el mellan 2010 och 2018 håller i sig skulle målet om 100% förnybar elproduktion inte nås utan landa på 36% (64% ej förnybart). Det kan dock påpekas att omställningen i den här typen av system ofta sker i diskreta steg, där en anläggning byts ut till något nytt, vilket kan göra det mindre relevant att enbart titta på trender. I nuvarande teknikpark och planer ligger dock inte några sådana större nedläggningar eller idrifttaganden av nya (större) anläggningar. I figuren har även data för år 2019 och 2020 inkluderats. År 2020 var ett varmt år och mängden kraftvärmeel var därför ovanligt låg, vilket resulterade i en relativt hög andel förnybar elproduktion. Som referens har år 2021 varit betydligt kallare och mer fossilt bränsle har använts under perioden januari-mars än under hela 2020.

För att nå 100% förnybar elproduktion krävs antingen att kraftvärmeverken (framför allt Rya kraftvärmeverk) drivs med biobränslen eller förnybar vätgas, eller

att Göteborg Energis kraftvärmeverk lägger ned och att elbehovet täcks av import, lokalt producerad sol- och vindkraft och eventuellt energilager. Det är svårt att uppskatta hur mycket kraftvärmeel Göteborg Energi kan tänkas producera i framtiden (det styrs främst av värmebehovet idag), men med tanke på ett ökat elbehov, intermittent produktion (både lokalt och högre upp i nätet), och eventuella begränsningar i överföring till lokalnätet, är det troligt att Rya kan komma att fylla en viktig roll. Rya har en hög elproduktionskapacitet (261 MW el) och om den kapaciteten behövs kommer biogas utgöra en viktig faktor för att nå målet om 100% förnybart. Om elproduktionen ska bestå av sol- och vindkraft ökar behovet av energilager eller förstärkning av överföringskapaciteten. Fram till 2025 bedöms dock inte Göteborg Energis intermittenta elproduktion driva på en ökad överföringskapacitet.

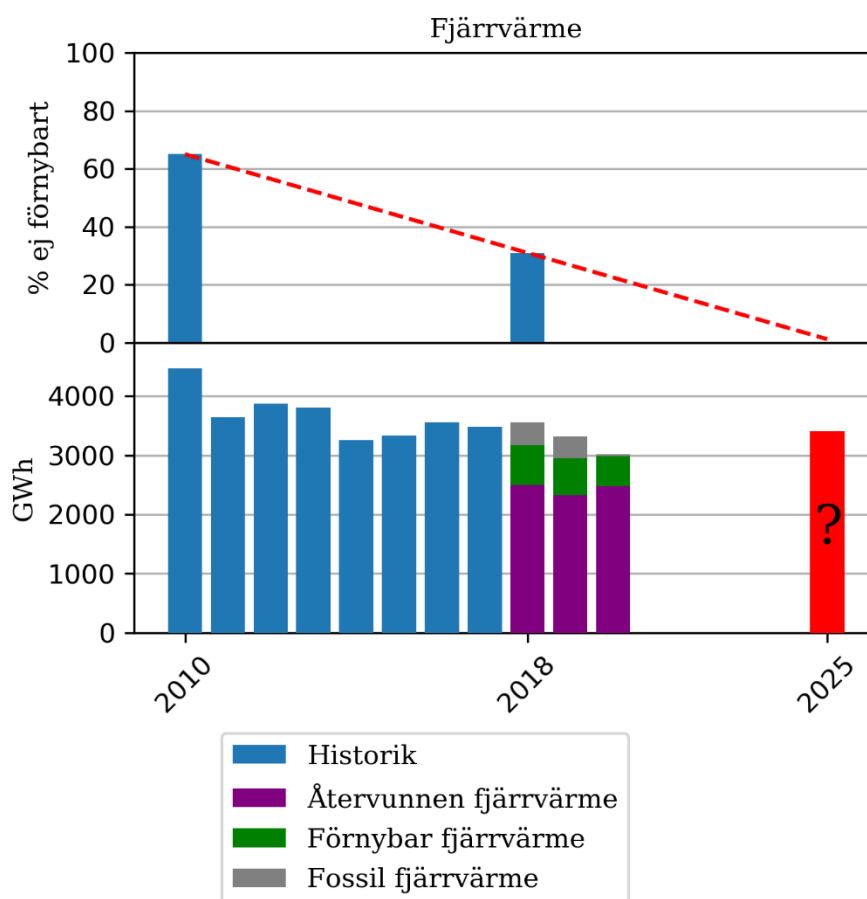


Figur 4. Historiska data över Göteborg Energis elproduktion. Övre: Andel ej förnybar elproduktion. Undre: Producerad el för samma period. Frågetecknet innebär att det är svårt att uppskatta hur mycket el Göteborg Energi kommer producera 2025.

3.2.2 Indikator 2b – förnybar fjärrvärmeproduktion i Göteborg Energis produktionsanläggningar

Figur 5 visar andelen fossilbaserad fjärrvärmeproduktion i Göteborg Energis anläggningar (övre) och levererad fjärrvärme (nedre). Om trenden mellan 2010 och

2018 håller i sig kommer målet om 100% förnybar fjärrvärmeproduktion att nås, vilket är positivt (även om de få datapunkterna knappast utgör ett säkert underlag). Som påpekats ovan säger den historiska trenden också lite om framtida större förändringar i anläggningsparken. Som framgår av den nedre figuren står den återvunna värmen för en stor andel av leveransen och för att biobränslet ska räcka till är därmed överskottsvärme från industrin en viktig pusselbit för att kunna uppnå målet. Till år 2025 kommer det troligtvis inte att ske några större förändringar i tillgänglig värme, men på sikt kan fjärrvärmeleveransen från raffinaderierna och Renova att förändras (både minska och öka, se avsnitt 4 för en diskussion kring effekten av framtida utvecklingsmöjligheter). Det är därför viktigt att ha en god beredskap inför olika scenarier.



Figur 5. Historiska data över Göteborg Energis fjärrvärmeproduktion och leverans. Övre: Andel ej förnybar fjärrvärmeproduktion från Göteborg Energis anläggningar. Undre: Levererad fjärrvärme för samma period. Den röda stapeln är en grov uppskattning av levererad fjärrvärme 2030 (medelvärde för levererad värme under 2016–2020) och frågetecknet indikerar att det är oklart hur mycket av den levererade värmen som är förnybart producerad i Göteborg Energis anläggningar.

3.2.3 Bedömning av åtgärderna

Göteborg Energi är tydliga i sina årsredovisningar med att de ska ha 100% förnybar produktion av både el och fjärrvärme 2025, och det finns även två

specifika åtgärder i Energiplanen om att produktionen av respektive energibärare ska vara förnybar. Bedömningen är därmed att det inte råder någon brist på målsättning eller drivkraft.

En potentiell utmaning är att ha en produktionskapacitet av el och fjärrvärme som bygger på förnybara och återvunna energiflöden som alltid kan täcka behovet. Att kunna producera tillräckligt med förnybar el om överföringen från regionnätet (eller från stamnätet till regionnätet) på längre sikt når sin begränsning kan kräva en stor tillgång till biobränslen, grön vätgas, alternativt stora energilager. Det här bedöms inte vara något problem till 2025 men kan utgöra ett hinder framför allt efter 2030.

Åtgärderna under fem åtgärdsrubriker i Energiplanen utgör tillsammans bra förutsättningar för att Delmål 2 om 100% förnybar el- och värmeproduktion i Göteborg Energis anläggningar ska nås. Förutom Åtgärdsrubrik 4, som handlar om förnybar elproduktion i staden och åtgärdsrubrik 5 som handlar om förnybar och återvunnen fjärrvärme, så bidrar åtgärderna under åtgärdsrubrik 2 och 3 genom effektivisering som kan minska behovet av el- och fjärrvärmeproduktion (eller åtminstone motverka ökningen som en ökad befolkning bidrar med). Energiplanen har dessutom en hel åtgärdsrubrik (åtgärdsrubrik 1) som till stor del fokuserar på att kapa oönskade effekttoppar vilket minskar risken att produktionsbehovet överskrider den förnybara kapaciteten.

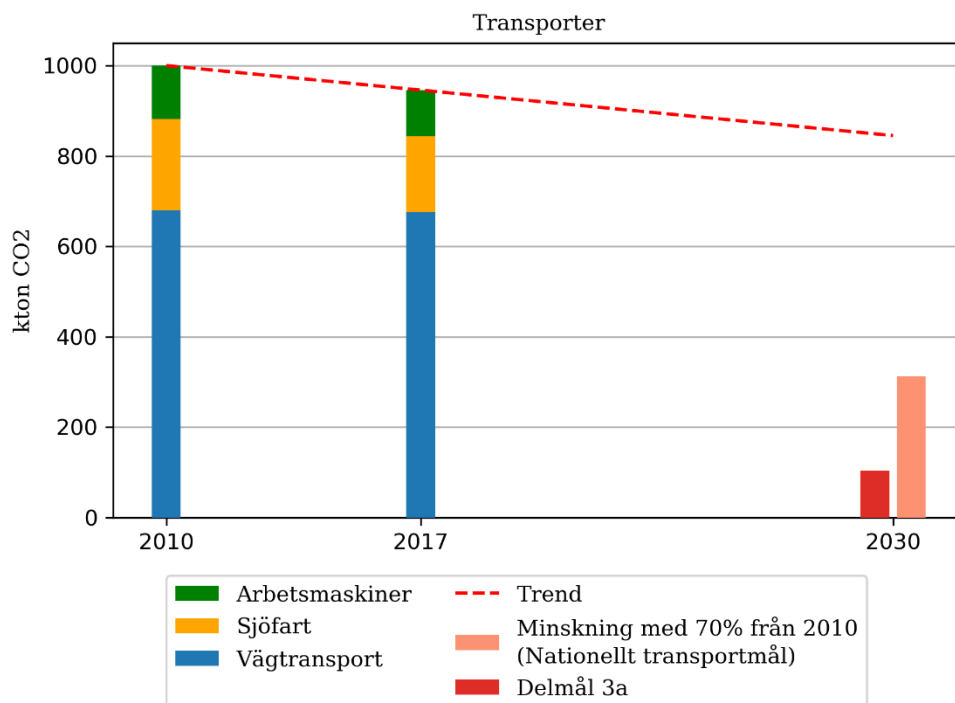
3.3 Delmål 3 – Göteborgs Stad minskar klimatpåverkan från transporter

3.3.1 Indikator 3a – Utsläpp av växthusgaser från transporter i Göteborg minskar med 90% jämfört med 2010

Det här delmålet är hårdare än det nationella målet om att utsläppen från transporter ska minska med 70% till 2030 jämfört med 2010. Anledningen till att Göteborgs Stad har satt ett hårdare mål än det nationella är att Göteborg anses ha goda förutsättningar för att minska utsläppen med hjälp av kollektivtrafik och stadsplanering. Figur 6 visar hur Delmål 3a förhåller sig till utsläppen från transportsektorn i Göteborg 2010, 2017, samt vad utsläppen skulle bli om de minskade med 70% jämfört med 2010. Det är uppenbart att små årliga förbättringar inte kommer göra att målet nås utan en mer genomgripande omställning av transportsektorn behövs. För att nå målet om en minskning med 90% behöver utsläppen minska med ca 850 kton jämfört med 2017 års nivåer.

Reduktionsplikten implementerades 2018 och kommer bidra betydligt till en utsläppsminskning. I det här uppdraget har en grov uppskattning gjorts av vilken

effekt reduktionsplikten skulle ha om reduktionsnivåerna för 2030 gällde idag – dvs förutsatt att transportmönster, fordonstyper, bränsleförbrukning m.m. är oförändrade. Uppskattningen baseras på antal bensin- och dieseldrivna personbilar i Göteborg, genomsnittlig (nationell) körsträcka, genomsnittlig bränsleförbrukning, samt CO₂-utsläpp per liter bensin/diesel. Med dessa antaganden skulle reduktionsplikten bidra till att utsläppen från personbilar i Göteborg minskar med ca 100 kton. Reduktionsplikten påverkar även resterande del av transportsektorn och kommer minska de fossila utsläppen ytterligare (det är däremot svårare att uppskatta eftersom bränsleförbrukningen för exempelvis lastbilar beror på hur tungt de är lastade). Reduktionsplikten (eller över huvud taget förnybara drivmedel) kommer inte att räcka för att nå varken det nationella 70%-målet eller det Göteborgsspecifika målet om 90% utan minskat vägtrafikarbete och elektrifiering behöver också ske [4]. En prognos [5] spår att antalet laddbara bilar i Göteborgs kommun kommer vara ca 70 000 år 2030. Om alla dessa var elbilar och ersätter lika många av dagens bensin/diesel-bilar skulle utsläppen minska med uppskattningsvis 130 kton (enligt beräkningar i detta projekt). Den relativa ”vinsten” av att ersätta bensin- och dieselbilar med elbilar minskar ju högre inblandning av biodrivmedel som sker på grund av reduktionsplikten. I ett framtida scenario då det finns lika många bilar år 2030 som år 2020, fast 70 000 bensin- och dieselbilar har ersatts med elbilar och reduktionsplikten har minskat utsläppen från resterande bilar, skulle utsläppen från personbilar vara ca 200 kton lägre än 2020. För att kunna minska utsläppen med 90% till 2030 krävs att Göteborg ligger i framkant och underlättar en snabbare omställning än snittet i landet. En diskussion och bedömning av åtgärderna görs i 3.3.4.



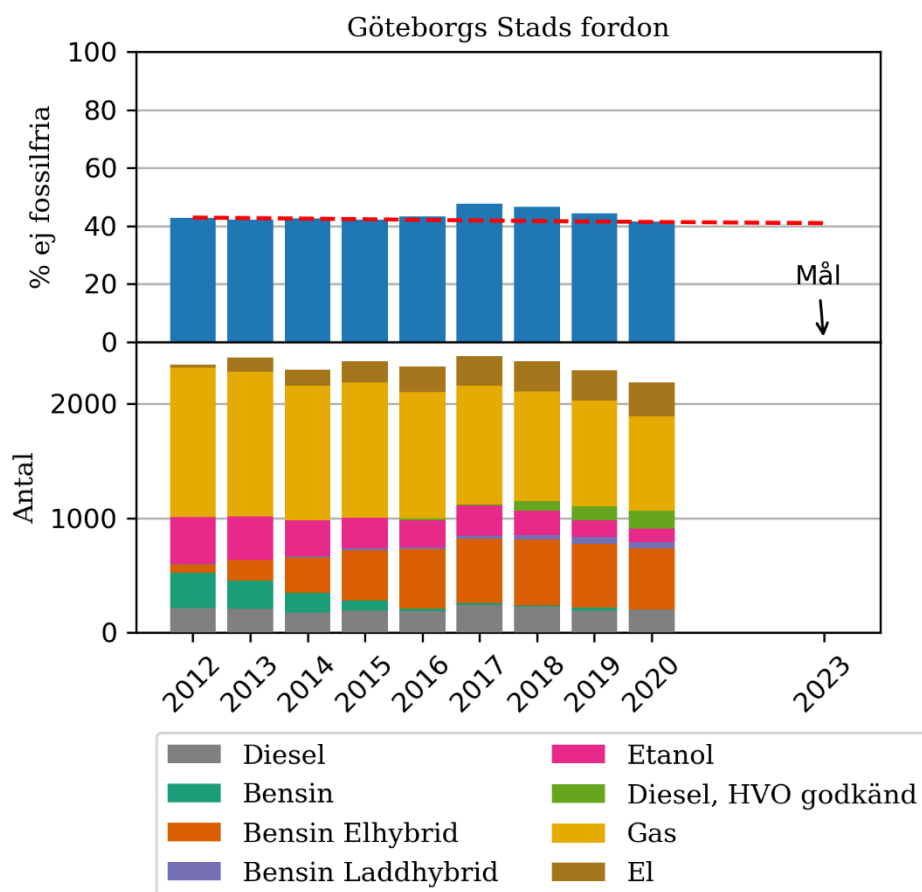
Figur 6. Växthusgasutsläpp från transporter i Göteborg. Källa: Energiplanen och miljö- och klimatprogrammet

3.3.2 Indikator 3b – Vägtrafikarbete minskar med 25% till 2030 jämfört med 2020

Vägtrafikarbetet, dvs antal körda kilometer med alla typer av motoriserade vägfordon per vardagsdygn, har inte ett fastställt nuvärde i nuvarande version av miljö- och klimatprogram och därför har ingen figur tagits fram. En diskussion och bedömning av åtgärderna görs i 3.3.4.

3.3.3 Indikator 3c – Andelen fossilfria fordon som ägs av Göteborg Stad är 100% år 2023

Figur 7 visar information om Göteborgs Stads fordonsflotta. Den övre delen visar andel fossildrivna fordon (inklusive laddhybrider) och den nedre delen visar totalt antal och fördelning av fordon. Även om trenden av fossilfria fordon inte indikerar att målet kommer nås så har andelen rena bensin- och dieslbilar minskat de senaste åren och ser ut att ha ersatts av hybridbilar. För att nå målet om 100% fossilfrihet till 2023 behöver även dessa bytas ut mot helt fossilfria alternativ. Notera att gasfordonen räknas som fossilfria, vilket bygger på att Göteborgs Stad har upphandlat om 100% biogas.



Figur 7. Göteborgs Stads fordonssflotta (exklusive arbetsmaskiner). Laddhybrider, elhybrider och etanol har inte räknats som fossilfria.

3.3.4 Bedömning av åtgärderna

De relevanta åtgärdsrubrikerna för Delmål 3 är främst åtgärdsrubrik 7 (energieffektiva och fossilfria resor och transporter) och 8 (utökad tillgång till laddplatser och fossilfria fordonbränslen) som tillsammans inkluderar 20 åtgärder (vid rapportens författande). Under åtgärdsrubrik 7 återfinns 10 åtgärder varav 7 är relaterade till minskat bilåkande och 3 till fossilfri drift. Åtgärder för minskat åkande har fördelen att de bidrar både till en förbättring av indikator 3a och 3b. Under åtgärdsrubrik 8 återfinns 10 åtgärder varav 8 handlar om laddstationer och tillgänglighet av el, 1 handlar om tillgänglig förnybar vätgas och 1 handlar om biogas.

Som nämnt tidigare krävs en stor omställning av transportsektorn för att minska utsläppen med 70% jämfört med 2010 (det nationella målet), och att minska det ytterligare till 90% (Delmål 3a) blir ytterligare en utmaning. Skillnaden mellan en minskning med 70% och 90% är ca 200 kton. Lite grovt skulle man kunna tänka att dessa extra 200 kton CO₂ ska minskas genom ytterligare minskning av bilåkandet jämfört med vad som krävs för det nationella målet eftersom anledningen till att

Göteborgs Stad har satt ett tuffare mål är att Göteborg anses ha goda förutsättningar för att minska utsläppen genom kollektivtrafik och stadsplanering.

Åtgärder där det har gjorts uppskattningar (antingen i det här arbetet eller i tidigare arbeten) är inkluderade i Tabell 5. De enklaste åtgärderna att uppskatta är de som rör Göteborgs Stads egen fordonsflotta. Åtgärd 7.1 och 7.2 handlar om att kommunen ska använda fordon och arbetsmaskiner som drivs på el-, vätgas- eller biogas som är förnybart producerat. År 2019 släpptes 3,8 kton CO₂e ut från Göteborgs Stads egna fordon (exklusive tunga fordon och arbetsmaskiner), och drygt 5 kton CO₂e från tunga fordon och arbetsmaskiner. Dessa åtgärder kan därmed stå för en minskning i storleksordningen 10 kton CO₂e, vilket är ca 1% av vad som krävs för att nå Delmål 3a. Åtgärderna ska enligt Energiplanen vara implementerade år 2023 vilket innebär att de starkt bidrar till att Delmål 3c kan nås. Åtgärd 7.4 och 7.7 går in på att uppmuntra till cykelåkande. Baserat på rapporten ”Resvaneundersökning 2017” [6] och Naturvårdsverkets vägledning om cykelåtgärder till klimatklivet [7] har en grov uppskattning gjorts som resulterar i en utsläppsminskning på ca 1 kton. Övriga uppskattningar i Tabell 5 är tagna från IVL:s rapport om minskade utsläpp i Göteborg från 2017.

Tabell 5. Åtgärder där beräkningar har gjorts, antingen inom detta projekt eller i andra projekt.

Åtgärd	Uppskattad potential [kton CO ₂]
7.1/7.2 Göteborgs Stad ska i den egna verksamheten, i så stor utsträckning som möjligt, använda fossilfria fordon och arbetsmaskiner	10
7.4/7.7 Stadens bolag och förvaltningar ska säkerställa att behovet av användarvänliga cykelparkeringar är tillgodosett och erbjuda information och prova-på aktiviteter för cykel	1
7.6 Parkeringsbolaget och stadens bostadsförvaltande bolag ska höja kostnaden för att parkera i Göteborg	25 (med en höjning av 20 kr/dag) [8]
7.9 Göteborgs Stads ska införa miljözon 3	10–20 [8]

Andra åtgärder som är värda att nämna är 7.7 och 7.12 som uppmuntrar till minskat bilresande genom ett ökat användande av bilpool. En sammanställning av studier [9] visar att CO₂-utsläppen för en individ kan väntas minska med 0–60%

(beroende på stad och omständigheter) om individen väljer bilpool istället för egen bil. För cykelpooler är resultaten mer varierande eftersom effekten beror på om pool-cyklarna ersätter privata cyklar eller något annat (energin som behövs för den digitala infrastrukturen för bokning, upplåsning etc kan ha en negativ påverkan). Det är dock osäkert hur många som kommer välja bilpool eller cykelpool, och därför har ingen konkret uppskattning gjorts för dessa åtgärder i det här arbetet.

Sammantaget bedöms det att Delmål 3a kommer bli svårt att nå eftersom det finns många hinder och osäkerheter (tillgänglighet av el, laddstationer, biogas, vätgas, samt svårigheter att ändra beteende), men om den nationella satsningen om en utsläppsminskning med 70% drivs på som planerat av exempelvis reduktionsplikten och elektrifiering finns ändå möjligheten att målet nås. Det finns en bred uppsättning åtgärder i Energiplanen som rör ett flertal relevanta aspekter (förutom möjligen stadsplanering). För att uppnå en högre utsläppsminskning än 70% är det viktigt att det satsas på Delmål 3b (minskat vägtrafikarbete). Potentialen för att nå Delmål 3b är dock svår att uppskatta eftersom det inte finns något nuvärde att relatera minskningen med 25% till. Delmål 3c har Göteborgs Stad egen rådighet över och det bedöms att det kan nås till 2023 om åtgärd 7.1 implementeras. Det kan dock noteras att detta endast motsvarar ca 1% av Delmål 3a.

3.4 Effektfrågan

Att undvika en framtida effektbrist (av framför allt el) är en central del i Energiplanen och en förutsättning för att Göteborgs Stad ska lyckas med flera av målen. För att undvika att effektbrist uppstår i staden finns ett antal alternativ:

- Energieffektivisera - både för att ”göra plats” åt nya behov och för att avveckling av fossilbaserad produktion inte ska leda till effektbrist.
- Kapa oönskade effekttoppar, exempelvis med ”smart” styrning
- Producera mer el lokalt
- Investera i energilager
- Bygga ut överföringskapaciteten från regionnätet till lokalnätet
- Verka för att det ska finnas tillräckligt med effekt i regionnätet

Energiplanen tar upp åtgärder som rör i stort sett alla dessa alternativ. Åtgärderna om energieffektivisering (åtgärdsrubrik 2 och 3), fjärrvärme (åtgärdsrubrik 5) och elproduktion (åtgärdsrubrik 4) bidrar till att parera effektbehovsökningen som en ökad befolkning bidrar med. Den mest relevanta åtgärdsrubriken är dock rubrik 1 (flexibelt och kapacitetssäkert energisystem) som är skapt just för ändamålet att undvika effektbrist. Av de tolv åtgärder som finns med under rubriken fokuserar

åtta på att kapa önskade effekttoppar, tre om ökad biogasproduktion och energilager, och en om förstärkning av regionnätet. Eftersom åtgärderna handlar om att utveckla nya lösningar, så som att utveckla elnätstaxor och starta pilotprojekt, så har ingen konkret potentialuppskattning gjorts. Däremot konstaterade en studie [10] att lokalnätet i Göteborg är tillräckligt för att klara omställningen av transportsektorn om smart styrning (exempelvis nattladdning) implementeras.

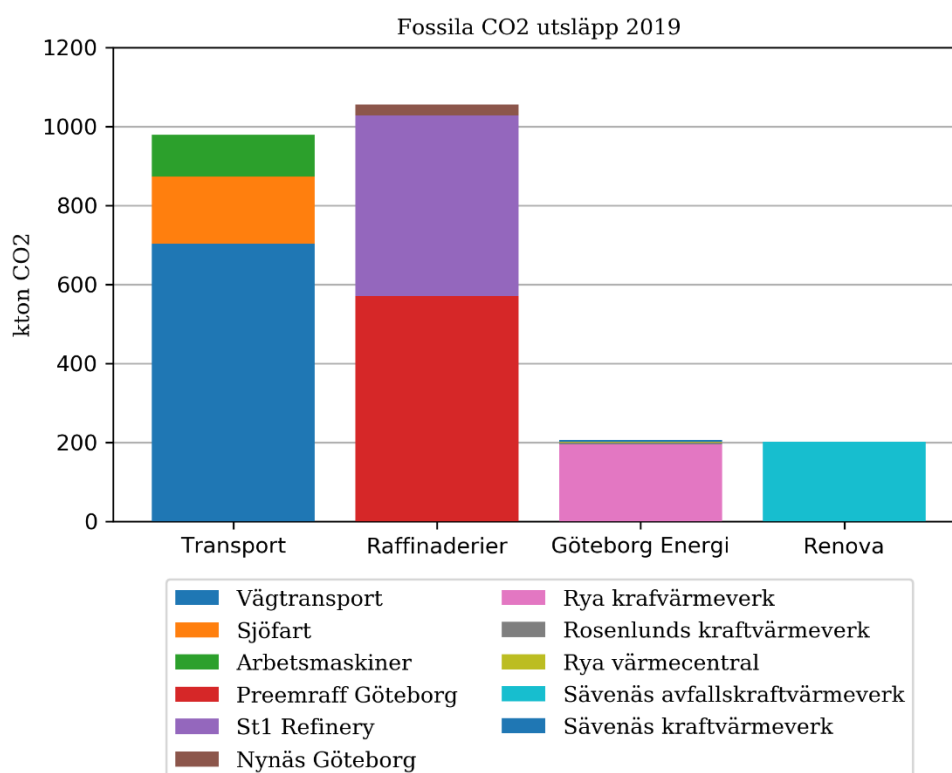
Om raffinaderierna i Göteborg skulle satsa på elektrifiering, dvs ett varaktigt utökat elbehov med ett ökat kontinuerligt flöde av el över dygnet, finns en risk att det inte räcker med att förskjuta annat effektbehov i tiden för att klara sig med nuvarande nätkapacitet. I så fall behövs en förstärkning av överföringskapaciteten. I dagsläget har dock raffinaderierna i Göteborg inte annonserat några planer för en stor elektrifiering innan 2030 och därmed finns det en god möjlighet att de föreslagna åtgärderna räcker för att uppnå målen som Göteborgs Stad har till 2030. På sikt är det dock sannolikt att raffinaderierna kommer att vilja elektrifiera en del av sina processer som en del i att uppnå sina egna klimatmål, vilket då kan innebära mycket stora effektbehov. Det är därför viktigt att ha en dialog med dem, dels för att se till att de faktiskt har möjlighet att elektrifiera, dels för att förbereda elsystemet på det ökade effektbehovet. Det enda scenariot där raffinaderierna finns kvar i Göteborg och är klimatneutrala utan en stor ökning i effektbehov år 2045 är om de gör en mycket omfattande satsning på CCS.

Kostnaden av en begränsad överföringskapacitet i ett svenskt perspektiv undersöktes i en del av en avhandling [11]. I avhandlingen användes modellering för att optimera kostnaden för ett elsystem om överföringskapaciteten från regionnätet till städer var 100%, 75%, 50% och 0% av städernas maxbehov. Regionen som undersöktes var elprisområde SE3 där städerna Stockholm, Göteborg, och Uppsala behandlas som en nod och utbytet med regionen (SE3) studeras. Ansatsen påbjuder att elbalansen klaras inom staden även i de fall då det finns överföringsbegränsningar mellan stad och region, vilket innebär att energilager och ökad lokal elproduktion behövde investeras i för fallen under 100%. Årsmedelvärdet för marginalkostnaden för el ökade från ca 50 EUR/MWh vid en överföringskapacitet på 100% till ca 55 EUR/MWh då överföringskapaciteten var 75% av toppbehovet, vilket inte är en stor ökning. Det var först när överföringskapaciteten kom ned på 50% som marginalkostnaden ökade markant till drygt 70 EUR/MWh. För en helt isolerad stad (0% överföringskapacitet) blev marginalkostnaden drygt 100 EUR/MWh. Detta i sig är ett tydligt tecken på att dimensionering av överföringskapacitet är relaterat till ganska få timmar per år med hög belastning men de flesta timmar är systemet relativt lågt belastat.

För att undvika höga kostnader är det därmed viktigt att kvoten mellan överföringskapacitet och stadens maximala effektbehov inte blir alltför låg. Av åtgärderna att döma är Göteborgs Stads strategi att undvika en kraftig ökning av stadens maximala effektbehov, vilket bedöms vara tillräckligt till 2030 om åtgärderna resulterar i att exempelvis smart styrning relaterat till effekttoppar faktiskt blir effektivt implementerat. Anledningen till att åtgärderna bedöms räcka är delvis att nätet i dagsläget redan har en god kapacitet. Med tanke på en ökad befolkning, en elektrifierad fordonsflotta, en potentiell kraftig elektrifiering av raffinaderierna, samt övriga möjliga framtida effektslukare (t ex serverhallar) kan det dock bli viktigt att kunna förstärka överföringskapaciteten på sikt. Eftersom ledtiderna för beslut kring omfattande infrastrukturprojekt är långa är det därför av stor vikt att redan idag förbereda och skapa förutsättningar för eventuell förstärkning av överföringskapaciteten så att effektförsörjningen i regionen och Göteborg inte blir begränsande för vare sig klimatmål eller tillväxt.

4 Systemperspektiv och energisystemets utveckling

För att uppnå klimatmålen och minska/eliminera de fossila utsläppen behöver många industrier och sektorer ställa om sin verksamhet. Industrins och transportsektorns omställning kommer innebära stora förändringar och investeringar i nuvarande infrastruktur, men det är inte säkert vilken väg de olika industrierna tar och inte heller hur fordonsflottan ser ut i framtiden även om mycket pekar på en snabb elektrifiering av personbilstransporter. I det här avsnittet diskuteras de olika utvecklingarna som redan har påbörjats i liten skala men som kommer växa i framtiden och påverka energisystemet i Göteborg. Extra fokus läggs på raffinaderierna eftersom dessa är de största punktkällor av fossil CO₂ inom Göteborg (se Figur 8), och som dessutom sätter staden i en unik situation jämfört med andra stora svenska städer. Besluten som raffinaderierna tar för att reducera utsläppen av växthusgaser kan få stora konsekvenser för Göteborgs energisystem i form av ökat effektbehov eller förändrad tillgång på fjärrvärme. Besluten avgör också vilka roller som Göteborgs Stad kan tänkas få för att bidra till klimatomställningen.



Figur 8. Fossila utsläpp från anläggningar inom Göteborgs kommun 2019. Källor: Naturvårdsverket, Utsläpp i siffror [12] och Energiplanen (för transport)

4.1 Vätgas

Vätgas kan tillämpas inom ett antal områden och spås bli en viktig del av det framtida energisystemet. Relevanta användningsområden inom Göteborg kan vara:

- I raffinaderierna för att avlägsna syre i bioråvaror, för svavelrening och för hydrokrackning, eller för produktion av elektrobränslen
- Som drivmedel för fordon
- För energilagring som i vissa fall behöver kompletteras med teknik som använder vätgasen (ex. återgår till el) efter lagring
- Som bränsle i kraftvärmeverk

Raffinaderierna använder redan idag stora mängder vätgas. Preem (i Göteborg och Lysekil) och St1 står idag själva för 72% av Sveriges produktion och användning av ca 180 000 ton vätgas per år (motsvarande ca 6 TWh vätgas per år) [13]. Idag förser raffinaderierna sig själva med vätgas och det är troligt att de gör det till stor del framöver också. Samtidigt är det mycket troligt att raffinaderiernas vätgasbehov kommer att öka –till och med kraftigt, i takt med att raffinaderierna ställer om mot produktion av mer klimatneutrala drivmedel. Ett viktigt styrmedel i det här sammanhanget är reduktionsplikten som kräver successivt ökade nivåer av inblandning av biodrivmedel i bensin och diesel. Fortsatta satsningar på biodrivmedel innebär att vätgasbehovet skulle öka drastiskt jämfört med idag. Detta då biobaserade råvaror naturligt innehåller mer syre än de fossila råvaror som används idag och vätgas används för att ta bort syret, som man vill undvika att få in i många av processerna och slutprodukterna. I grova drag kan man uppskatta att biodrivmedelsproduktion kräver 3-4 gånger mer vätgas än produktion av motsvarande fossila drivmedel [13]²). Även produktion av så kallade elektrobränslen, vilket är en ny möjlighet för drivmedelstillverkning, kräver stora mängder vätgas.

En del av den vätgas som behövs i raffinaderierna utvinns ur vätgasrika sidoströmmar från raffinaderiets processer. När den återvunna vätgasen inte räcker för att täcka behoven behöver ytterligare vätgas produceras. Den process som används för vätgasproduktion i raffinaderierna idag är ångreformerings av metan (naturgas). Detta är en process i vilken det bildas stora mängder fossil koldioxid, vilket i sig inte är förenligt med framtida utsläppsmål och kriterier för de förnybara drivmedel som vätgasen ska användas för. Detta gör det nödvändigt att se på alternativa produktionstekniker. Ångreformerings är en process som kräver mycket

² Preem har till exempel som målbild att producera 5 miljoner m³ biodrivmedel per år 2030 (vid båda sina raffinaderier), vilket motsvarar ett totalt vätgasbehov på cirka 5 TWh per år.

energi i form av bränsle och ånga, men också avger mycket överskottsvärme vid hög temperatur. Om raffinaderierna väljer att producera sin vätgas på något annat sätt kommer det att ha stor påverkan för el- och fjärrvärmesystemen. I grova drag kan man beskriva alternativen för att producera vätgas med lägre klimatpåverkan som följande:

- Elektrolys av vatten (med hjälp av el med noll eller litet klimatavtryck). Att spjälka vatten till vätgas (och syrgas) kräver stora mängder el (en typisk verkningsgrad på 65% ger ett elbehov på ca 1,5 TWh el för att producera 1 TWh vätgas). Samtidigt genereras stora mängder överskottsvärme, men vid betydligt lägre temperaturer än traditionell ångreformerings. Mängd och temperatur beror på vilken typ av elektrolysör som används, men som exempel kan nämnas att en typisk drifttemperatur för en PEM (Proton Exchange Membrane)-elektrolysör är omkring 80°C. Det finns uppskattningar som visar att man skulle kunna återvinna omkring 20% av insatt el för en PEM-elektrolysör i form av fjärrvärme vid ca 62°C [14]. Detta kan användas för att värma upp returvattnet i fjärrvärmenätet, men är inte tillräckligt för att uppnå de framledningstemperaturer som används idag (65-100°C). Ett tillägg av storskalig elektrolys av vatten kommer alltså att öka eleffektbehovet markant. Enligt uppgift skulle en elektrolysör med kapacitet på ca 20 MW (eleffekt, kontinuerlig drift) endast täcka ca 5-15 % av Preems vätgasbehov (idag) [15], vilket innebär ett eleffektbehov på omkring 200 MW för att täcka hela behovet av vätgas genom elektrolys för raffinaderiet idag. Ett motsvarande behov för St1, och dessutom 3-4 gånger högre vätgasbehov vid en övergång till biodrivmedelsproduktion skulle då innebära tillkommande eleffektbehov över 1 GW. Samtidigt finns en risk att den överskottsvärme som bildas har så pass låg temperatur att den blir svår att utnyttja för fjärrvärme. Å andra sidan är elektrolys främst av intresse då elen är billig, och då kan värmepumpning vara ett bra sätt att utnyttja den lågvärdiga värmen. Det finns också elektrolystekniker som möjliggör drift vid högre temperaturer, vilket då visserligen kräver uppvärmning med ånga, men å andra sidan både minskar elbehovet och ger överskottsvärme vid högre temperaturer.
- Ångreformerings av (fossil) metan med CCS – ibland kallat blå vätgas som dock innebär att exempelvis biodrivmedel som producerats med sådan vätgas inte helt kan räknas som helt förnybara. För att klara höga krav på utsläppsreduktion erfordras avskiljning och infångning av koldioxid, vilket kräver mycket värme vid hög temperatur. För att undvika en stor ökning av bränsleanvändningen i raffinaderiet för att generera värmen till CCS-processen är det en fördel om behovet kan täckas med överskottsvärme från processerna i så stor utsträckning som möjligt. Det kan i så fall

innebära att mindre överskottsvärme blir tillgängligt för fjärrvärmeleveranser även om det inte nödvändigtvis är värme vid samma temperaturnivåer som är aktuella att utnyttja.

Koldioxidinfångningsprocessen själv genererar dock också överskottsvärme, som skulle kunna användas för fjärrvärme, speciellt om värme vid lägre temperaturer kan utnyttjas. Se också avsnitt 4.3 för en utförligare diskussion kring detta. Även elbehovet ökar något vid CCS.

- Biobaserad vätgas. Det finns också olika processer för att producera vätgas från bioråvara [16], till exempel genom ångreformeringsprocessen (istället för naturgas) eller termokemisk omvandling av biomassa, dvs förgasning. I takt med att raffinaderierna övergår till en större andel biobaserad produktion kommer också en större del av den internt genererade bränningsgasen, som används för att täcka energibehovet i processen, att ha ursprung från biomassa. Det i sin tur gör att klimatavtrycket även av den konventionella ångreformeringsprocessen minskar något, även om råvaran till vätgasproduktionen till viss del fortfarande är fossil. En övergång till biovätgas kan ge stor påverkan på både el och värmebalanser, men hur beror på vilken process som används. I dagsläget ser heller inte biovätgasen ut att få någon större roll i raffinaderierna som i första hand vill utnyttja biomassan som en möjlig råvara för drivmedel. Om vätgasproduktion från biobaserad råvara kombineras med CCS skapas möjlighet till negativa utsläpp under förutsättningen att biomassa fortsätter att betraktas som klimatneutral (se också avsnitt 4.3).

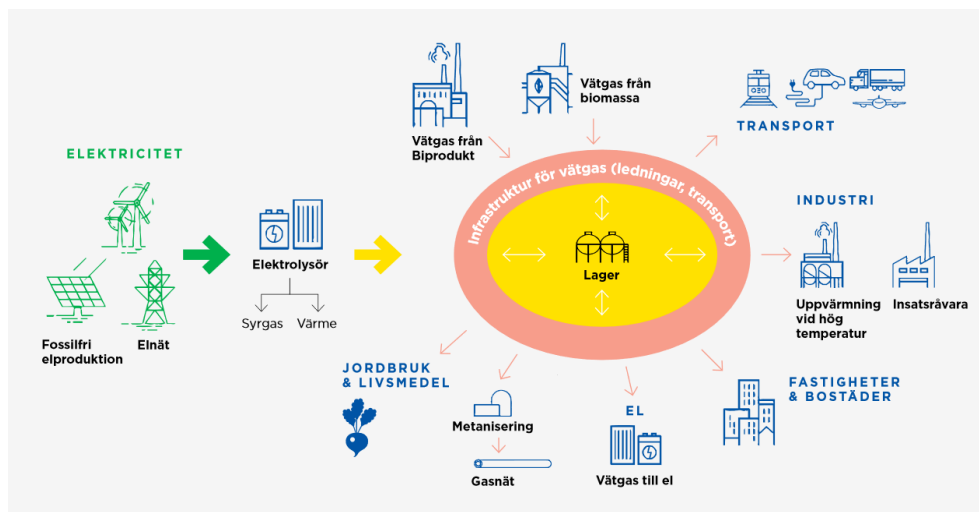
Att minska utsläppen från vätgasproduktion är alltså en viktig aspekt när det gäller raffinaderierna. Om de nya teknikerna ersätter nuvarande ångreformeringsprocesser påverkas temperaturnivåer och energibalanser i raffinaderiet, och förutsättningarna för fjärrvärmeleveranser kan påverkas. Det är dock viktigt att inte glömma bort att vätgasproduktionen bara är en del av utsläppen från deras anläggningar och att även de andra utsläppen behöver åtgärdas för att klimatmålen ska nås. CCS (se avsnitt 4.3) eller ett byte till biobaserad råvara (se avsnitt 4.4) – eller en kombination – kommer därför behövas på raffinaderierna. Det är i dagsläget inte klart vilka vägval som kommer att tas, och hur de här olika utvecklingsvägarna kommer att kombineras.

Vätgas spås också få en viktig roll utanför den tunga industrin, och produktionsteknikerna är då i princip samma som de som nämnts ovan (ångreformeringsprocessen av metan med eller utan CCS, elektrolys av vatten, samt biovätgas). Till exempel kan vätgas användas för energilagring i ett alltmer intermittent elsystem. När det finns ett överskott av elproduktion från vind och sol kan vätgas produceras via elektrolys, för att sedan användas för att generera el (och

värme) vid behov. Ett sådant system byggs nu för demonstration i projektet Zero Emission Hydrogen Turbine Center [17]. El kan genereras från vätgasen antingen via bränsleceller eller i gasturbiner. Även om det förstås skapar förluster att först producera vätgas från förnybar el för att sedan återigen omvandla vätgasen till el, så finns det ett värde i att på så sätt kunna använda vätgasen för energilagring – producera när det finns tillgång till förnybar el, och använda när el- och/eller effektbehov finns. En ökning av bränslecellsdrivna fordon (främst aktuellt för tunga fordon i Sverige) och en ökning i elektrobränsleproduktion kommer även ge upphov till ett ökat vätgasbehov.

I januari 2021 lämnade Fossilfritt Sverige över en rapport kallad ”Strategi för fossilfri konkurrenskraft – vätgas” [13] till regeringen. Ett förslag i strategin är att regeringen bör ha som mål att ha 3 GW installerad elektrolyseffekt till 2030, vilket kan jämföras med EU:s vätgasstrategi [18] där ett mål är att ha 40 GW förnybar elektrolyseffekt installerad 2030. Som referens kan också nämnas att år 2019 installerades ca 25 MW elektrolyseffekt globalt (dvs, storleksordningen en faktor 1000 mindre i jämförelse med vad som nämns i målen för 2030) [19]. Som jämförelse kan också nämnas Preem och Vattenfalls genomförbarhetsstudie för elektrolysören på 18-20 MW eleffekt som nämndes tidigare (detta motsvarar ungefär en fördubbling av det eleffektbehov raffinaderiet har idag). En sådan elektrolysör skulle bli Europas största anläggning för elektrolys kopplat till raffinaderi men trots denna ”rekord”-stora anläggning, skulle det bara motsvara 5-15 % av det nuvarande vätgasbehovet i raffinaderiet [15]. Nästa steg handlar dock inte om en satsning i Göteborgsraffinaderiet, utan en utredning om ännu mer storskalig, fossilfri vätgasproduktion i raffinaderiet i Lysekil där man siktar på storleksordningen 200-500 MW. Framför allt St1 har också visat intresse för produktion av elektrobränslen vilket även det skulle öka behovet av vätgas producerad genom elektrolys.

Hur mycket av de 3 GW installerad effekt som nämns i Fossilfritt Sveriges vätgasstrategi som kan hamna i Göteborg och vilken användning (raffinaderier, energilagring, drivmedel) vätgasen får i så fall får är oklart, men strategin visar Västsverige och Göteborg som ett potentiellt ”vätgaskluster” där vätgas produceras, distribueras och används inom ett begränsat regionalt område. Figur 9 är en illustrativ bild på vätgasens potentiella roll i samhället.



Figur 9. Illustration av vätgasens möjliga roll i ett vätgaskuster. Källa: Fossilfritt Sveriges vätgasstrategi [13]

Fossilfritt Sveriges vätgasstrategi pekar särskilt ut kapacitetsbegränsningar i elsystemet som en utmaning för storskaliga satsningar på välgas från elektrolys – särskilt i storstadsområden, i elområde 3 och 4. Elnätsutmaningar kommer dock inte bara från ett ökat välgasbehov. Elektrifieringsfrågan tas därför upp i ett eget avsnitt (se avsnitt 4.2).

Göteborgs Stads roll i välgasfrågan kan vara att samordna projekt så att inte alla möjliga parter jobbar på var sitt håll. Man kan peka ut strategiska områden där det finns lämplig infrastruktur för att installera elektrolysörer (el, vatten, välgasdistribution), och vara tidigt med i diskussioner med företag för att kunna initiera dialog upp mot regionnät/överföringskapacitet. Göteborgs Stad skulle även kunna utvärdera möjligheten att vara med och investera i infrastrukturen (exempelvis välgasledning) för att minska risken för involverade parter. En ytterligare roll kan vara att bidra till utveckling och testning av teknik för användning av välgas t.ex. i fordon som används i kommunens bolag och förvaltningar.

4.2 Elektrifiering i industri- och transportsektorn

Elektrifieringen av transportsektorn och industrin kommer bli en stor utmaning för elsystemet, men det är svårt att uppskatta hur omfattande elektrifieringen blir. En uppskattning av det framtida eleffektbehovet för industrin i Västra Götaland landade på en ökning med mellan 65% och 450% till 2045 [20]. Den stora spridningen beror på besluten som kan tänkas tas inom de olika industrierna för att nå de mål de satt upp om nettonollutsläpp till 2045. För Göteborg och fram till och med år 2030 är det främst besluten som tas inom raffinaderierna som kommer

påverka hur stor ökningen i eleffektbehov för stadens industri blir, även om andra industrier troligen också kommer få ett något ökat behov. Som diskuterats i avsnitt 4.1. kan raffinaderierna effektbehov komma att öka kraftigt om de genomför en storskalig satsning på elektrolytisk vätgas. På sikt kan det handla om flera hundra MW, men till 2030 troligen en mer måttlig ökning. Detta kan relateras till topplatsen i hela systemet som ligger kring 5-10 GW.

Intresseorganisationen Power Circle gjorde 2017 en analys av elbilsläget i Göteborg samt en prognos [5] som visade att det kommer finnas ca 70 000 laddbara fordon i Göteborg år 2030, vilket är betydligt högre än dåvarande antal på 2462. Vid årsskiftet 2020/2021 var antalet laddbara bilar (el + laddhybrid) 9188 i Göteborgs kommun [21] vilket ligger ungefär i linje med Power Circles prognos. Det är samtidigt viktigt att vara försiktig med den här typen av prognosen på ny teknik, där exempel från bl.a. solceller och vindkraft konstant har överträffat de mest optimistiska prognoserna. Det viktiga här är att ha en beredskap för olika utvecklingar. Ett scenario för en mycket optimistisk utveckling skulle då kunna baseras på studier som visar att bilar i Sverige har en livslängd på ca 16 år. Om alla nya bilar är elbilar kan ca 50% av fordonsflottan bestå av elbilar 2030.

Ett potentiellt hinder för elektrifiering är överföringskapaciteten för Göteborgs lokalnät. En rapport kallad PussEl [10] konstaterar att elektrifiering av en stor andel av fordonsflottan skulle kunna ske till 2030 utan ett ökat behov av nätkapacitet, om nattladdning och annan smart laddinfrastruktur implementeras. Forskning från Chalmers visar också att uppemot 85% av laddbehovet för elbilar är flexibelt och att smarta laddningsstrategier kan göra det möjligt att uppnå 62% solel i laddmixen jämfört med 24% om bilarna laddades direkt när de parkeras [22]. Resultaten visar att smarta system för laddning minskar behovet av stationära batterier och spetslastanläggningar i stadens el- och värmesektor, och att sektorskoppling är en viktig strategi för att utnyttja flexibilitetsmöjligheter i stadens el-, fjärrvärme och transportsystem. Fordonsbatterier skulle i framtiden också kunna fungera som flexibla energilager och på så sätt hjälpa till att avlasta elnätet. Det kräver dock att utbytet mellan fordon och elsystem kan optimeras och styras utifrån både elnätets, fastigheters och användares behov. I ett nyligen beviljat projekt kommer den här tekniken att utvecklas och testas i olika demonstrationsmiljöer i Göteborg [23].

När det gäller nätkapacitet för elektrifiering av industrin är en utmaning att om inte överföringskapaciteten är tillräcklig finns inget incitament till storskalig elektrifiering, men däremot finns det heller inget incitament för elnätsägarna att bygga ut kapaciteten om det inte är säkert att den behövs. Det är dock värt att påminna om de studier som diskuteras i avsnitt 3.4 som visar att smart integrering av lokal elproduktion och laddning (inklusive s.k. vehicle to grid) drastiskt kan

minska behovet av överföringskapacitet. En tät dialog mellan relevanta aktörer (till exempel Preem, St1 och Göteborg Energi samt Vattenfall och Svenska Kraftnät) är därmed avgörande för att få till en smidig elektrifiering. Göteborgs Stad kan ha en viktig roll i att se till att den dialogen förs.

4.3 Infångning och lagring av (fossil eller biogen) koldioxid

Utveckling av lösningar för CCS (carbon capture and storage) kan komma att bli en viktig del av omställningen till nettonollutsläpp i Göteborg. Staden kan få en central roll, både eftersom det finns många närliggande industrier där CCS är intressant och eftersom staden ligger logistiskt bra till för att skicka infångad koldioxid till Nordsjön (CCS). De större punktutsläppen av koldioxid i staden där CCS kan bli aktuellt är framför allt Preem, St1 och Renova, som tillsammans står för drygt hälften av stadens utsläpp av fossil koldioxid. Många av de hinder som CCS har stått inför har undanröjts. Återstående problem ligger bland annat i ansvarsfördelningen kring CCS-infrastrukturen, dvs vem ska finansiera och ansvara för transport av infångad koldioxid. Göteborgs Stad har en viktig roll i utvecklingen av CCS-lösningar i att tydligt bidra i dialog och diskussion och peka ut strategiska områden för ny infrastruktur. Detta täcks också in på ett bra sätt av de åtgärder som föreslås i Energiplanen under åtgärdsrubrik 9. Utöver detta är det bra om man kan bidra till att ledtiderna för mark- och planbeslut inte blir för långa. Möjligen kan man även, liksom för vätgasinfrustrukturen, undersöka möjligheterna att dela på risker och stödja ansökningar för finansiering av infrastruktur för CCS, då denna behövs också för att införa CCS vid de egna anläggningarna.

Raffinaderierna är stora punktutsläppare av koldioxid, både från vätgas-anläggningarna (se avsnitt 4.1), och från andra processer. I vätgasproduktionen bildas koldioxid i den kemiska reaktionen där metan reformeras till koldioxid och vätgas. Det gör att koldioxidkoncentrationen är högre från den processen än från en vanlig förbränningsprocess. Övriga utsläpp på raffinaderierna sker främst från förbränning av de bränningsgaser som utgörs av restströmmar från de olika processtegen. Så länge oljeråvaran är fossil kommer även dessa restströmmar (som ej går att undvika och inte har något marknadsvärde och därmed måste förbrännas) att vara det, och CCS kan vara en lösning för att få ner utsläppen till atmosfären. I takt med att raffinaderierna övergår till en större andel biobaserad produktion (se också avsnitt 4.4) kommer en större del av de internt genererade restgaserna att ha ursprung från biomassa, och en större del av förbränningsutsläppen kommer därmed ha biogent ursprung. CCS på dessa skulle då innebära negativa utsläpp.

För att driva en process för koldioxidinfångning krävs stora mängder energi, vanligtvis i form av värme vid hög temperatur. I raffinaderierna kan detta

energibehov täckas antingen genom ökad bränsleanvändning, exempelvis förbränning av naturgas/bränningsgas för ångproduktion (där utsläppen från förbränning också kan fångas in), eller genom att använda överskottsvärme som idag används för andra ändamål, som fjärrvärme. En del av den energi som används för att driva koldioxidinfångningen kommer dock kunna återvinnas vid lägre temperaturer. En CCS-process behöver inte heller köras konstant över året, och det kan finnas möjlighet att anpassa driften utifrån exempelvis säsongsvariationer och en avvägning om var värmen gör bäst nytta: för fjärrvärmeproduktion eller CCS (se t.ex. [24] där detta har studerats). Ytterligare möjligheter kan finnas kopplat till sänkta temperaturer i fjärrvärmesystemet, vilket skulle kunna göra det möjligt att bättre utnyttja överskottsvärme från koldioxidinfångningsprocessen eller andra överskottsvärmekällor, eventuellt med hjälp av värmepumpning. Frågeställningen kring lägre värmtemperaturer, återvunnen värme, värmepumpning och möjlighet att frigöra mer högvärdig värme för CCS har studerats för just Göteborg och de två raffinaderierna i ett examensarbete från 2020 [25]. I projektet ”Preem CCS” har CCS testats kopplat till Preems raffinaderi i Lysekil, men projektet innehåller också ett arbetspaket som syftar till att ta fram färdplaner för CCS för båda Preems raffinaderier.

För Göteborgs Stads egen verksamhet är CCS kanske allra mest relevant just för Renovas avfallsförbränningsanläggning i Sävenäs. Även med ökad återanvändning och återvinning av material i samhället kommer sannolikt alltid en viss del fossilt avfall (t.ex. vissa plaster) gå till förbränning. För att kunna uppskatta framtida nivåer av fossilt innehåll i avfallet är det dock viktigt att följa utvecklingen av olika cirkulära lösningar, så som returraffinaderier för plast [26]. I och med att en stor andel av avfallet är biogent skulle en koldioxidanläggning även medföra negativa utsläpp och därmed kunna kompensera för utsläpp från andra anläggningar och sektorer som är svårare att få bukt med. All koldioxidinfångning kräver energi – i form av värme och/eller el beroende på teknik- och systemlösning. För Renovas del skulle ca en tredjedel av energin från förbränning av avfallet krävas för att avskilja 90% av koldioxiden från rökgaserna. Om det finns möjlighet att utnyttja mer lågtempererad värme, genom exempelvis ett fjärrvärmenät med lägre temperaturer, skulle möjligheten att återvinna värme från CCS-processen öka och ”energistraffet” skulle därmed inte bli lika högt. Analyser visar också att det kan vara fördelaktigt med säsongsanpassad drift där koldioxidinfångningen endast körs under sommarhalvåret då fjärrvärmebehovet är som lägst. De negativa utsläppen från CCS på den biogena delen av avfallet under den driftperioden skulle då kunna kompensera för de fossila utsläpp som uppstår under vinterhalvåret så att avfallsförbränningen ger netto-noll-utsläpp över året [27].

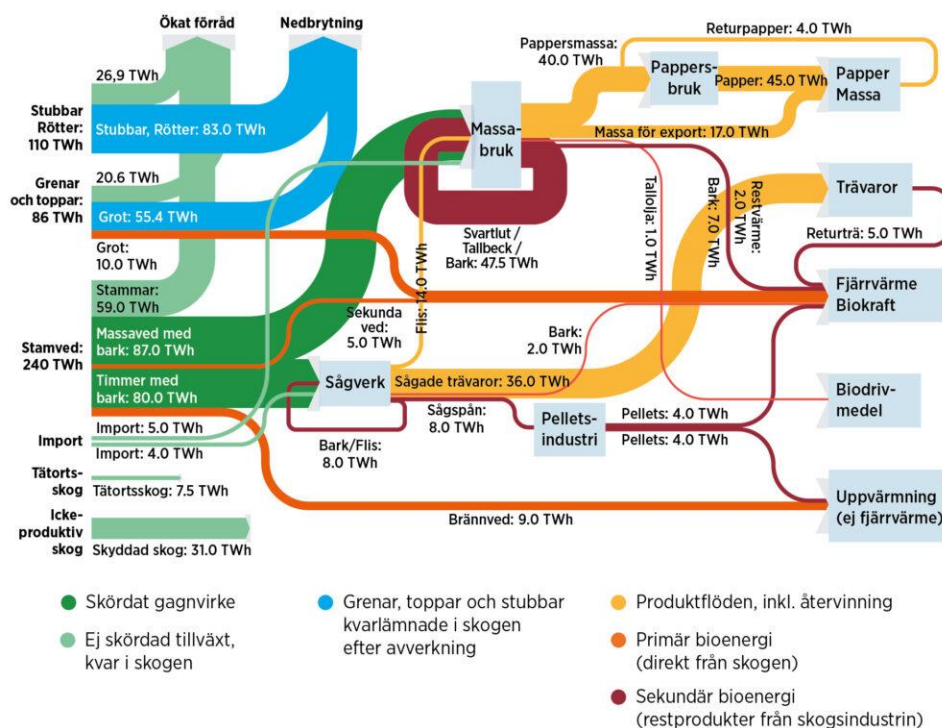
När det gäller CCS på rena biokraftvärmeverk (BECCS eller Bio-CCS) för att uppnå negativa utsläpp finns det andra kommuner/kommunala energibolag som är drivande i fråga om teknikutveckling och uppskalning, framför allt Stockholm (Stockholm Exergi). Göteborgs Stad bör följa utvecklingen och det är fördelaktigt att även driva på de åtgärder om utredning och pilotprojekt som finns med i Energiplanen relaterat till CCS.

Ett viktigt fokusområde kan vara att stödja dels en utveckling kopplat till avfalls-CCS, där Renova ligger långt framme, dels satsningarna för att etablera en infrastruktur för koldioxid i regionen (oavsett fossilt eller biogent ursprung), som då möjliggör CCS inte bara för de utsläpp som staden har direkt rådighet över utan också för utsläpp från andra aktörer. I dagsläget finns inget styrmedel som uppmuntrar negativa utsläpp, men diskussion förs kring hur sådana styrmedel kan utformas [28]. Här har Göteborgs Stad en viktig roll att engagera sig och bidra med inspel – inte minst kring vikten av att utforma sådana styrmedel för att hantera CCS på anläggningar som Renovas där utsläppen har både fossilt och biogent ursprung. En annan viktig fråga för att få till stånd storskaliga CCS-lösningar är investeringsstöd – både för infångningsanläggningar och infrastruktur. Här kan också staden ha en viktig roll, som nämnts i första stycket i avsnittet.

Det är också viktigt att fortsatt medverka i relevanta projekt och nätverk kring CCS. Det finns redan idag ett flertal nätverk och projekt där CCS-frågan drivs och utvecklas där Göteborg och/eller stadens bolag medverkar. Här kan nämnas projektet CinfraCap kring infrastruktur för transport och mellanlagring av koldioxid i Göteborgs hamn, samt arbetet med att ta fram en färdplan för Bio-CCS i fjärrvärmesektorn. Se avsnitt 4.5 för mer information om dessa projekt.

4.4 Ökad konkurrens om biomassa

Många studier visar att det finns en stor potential för hållbar (främst skogsbaserad) biomassa i Sverige (se t.ex. [29]). Vi har mycket produktionsskog som brukas för massaved och sågtimmer. Figur 10 visar hur ungefär hälften av den stamved som avverkas idag blir olika typer av biprodukter som kan användas som energi – för el- och fjärrvärmeproduktion, för pelletsproduktion och för att försörja industrier med processvärme. Det handlar till exempel om bark och spån. Men även om en stor del av restprodukterna redan används för el- och värmeproduktion finns ändå ett överskott, som det idag inte lönar sig att plocka ut ur skogen.



Figur 10. Bioenergi från skogen. Källa: Svebio blogg: <https://www.svebio.se/press/blogginlagg/argumentet-om-de-kortlivade-produkterna/>

Biomassan spelar en viktig roll för att nå ambitiösa klimatmål i princip i alla sektorer (inte minst för raffinaderi- och el/fjärrvärmesektorn) och efterfrågan på biomassa kommer sannolikt öka. För att skogen då ska räcka så långt som möjligt behöver den utnyttjas effektivt, och det inte är självklart hur den används bäst.

Förutom traditionell användning förväntas biomassa för drivmedelsproduktion få en allt större roll (inte minst driver reduktionsplikten på en sådan utveckling). För exempelvis tunga, långväga transporter och för flyg, kommer biomassa sannolikt kunna erbjuda konkurrenskraftiga alternativ som drivmedel i flytande eller gasform under lång tid framöver. Men biomassa har också potential att användas som råvara för nya material och för kemikalier. Skogsbaserad biomassa kan omvandlas till bränslen, drivmedel och kemikalier på olika sätt, via termokemiska eller biokemiska processer. Exempel på termokemiska processer är förbränning, förgasning (t.ex. som i GoBiGas) och pyrolys. Exempel på biokemiska processer är hydrolys och fermentering, och rötning. Anläggningar där stora mängder biomassa används skapas också förutsättningar för negativa utsläpp genom infångning av den biogena koldioxid som bildas. Biomassan har några principiellt värdefulla egenskaper, oavsett förädlingsform: 1) de gröna kolatomerna, molekylerna, 2) möjlighet att lagra tills behov finns, och 3) energiinnehållet. Medan det finns flera andra alternativ till hållbar energitillförsel (såsom vindkraft), så blir det viktigt att utnyttja just det gröna kolet, och lagringsegenskaperna hos biomassan så bra som möjligt.

Samtidigt finns det viktiga geografiska aspekter kring biomassa. I princip finns det mesta av råvaran (skogen) på ett ställe, industrin (t.ex. raffinaderier och massa- och pappersbruk) på ett annat, och slutanvändarna (av t.ex. biodrivmedel, fjärrvärme och el) på ett tredje. Det är framför allt i södra Sverige kraftvärmeverken finns och där är konkurrensen om skogsråvaran stor. Å andra sidan visar resultat från projekt kring optimal lokalisering av biodrivmedelsanläggningar ([30]) att kostnaden för transport av råvara och produkter inte spelar så stor roll för lönsamheten. Vad som är viktigare är att lägga biodrivmedelsanläggningar där det finns möjligheter till integration med annan industri, där man kan bygga stora anläggningar och där konkurrensen om råvaran inte är för stor.

När det gäller biomassa är alltså systemperspektivet viktigt just för att ha koll på att biomassan används så effektivt som möjligt. Här är det viktigt att undvika att mål för en sektor (t ex kraftvärme) leder till användning av biomassa som gör det svårare att nå mål i andra sektorer/regioner. Här finns risk för målkonflikter när det gäller målen om 100% förnybarhet i Göteborg Energis produktionsanläggningar för el och fjärrvärme.

Det har genomförts projekt för att skapa en bättre systemförståelse av interaktionen mellan fjärrvärmesystemet, skogsbiomassasystemet och biodrivmedelssystemet. I en studie från Energiforsk 2017 [31] analyserades tillgängligheten av och konkurrensen om biobränsle med ett fjärrvärmeperspektiv. Den här studien ger en bra förståelse för målkonflikter mellan el/fjärrvärme, biodrivmedel och minskade utsläpp. Samtidigt bör det nämnas att studien inte inkluderar biomassa för andra ändamål, så som råvara för kemiindustrin. I princip bör dock de övergripande slutsatserna gälla även för dessa användningsområden. Om mer skogsråvara ska användas till drivmedel så skulle det kunna minska tillgången på biobränsle för fjärrvärmebranschen, men det är inte alls säkert. Fjärrvärmebranschen använder restprodukter från skogen och skogsindustrin som än så länge inte har så mycket annan avsättning. Dessutom kan biodrivmedelsproduktion (och andra typer av bioraffinaderier för produktion av exempelvis biokemikalier) ge upphov till överskottsvärme som kan användas till fjärrvärme. Fast om mer fjärrvärme produceras från överskottsvärme istället för från biokraftvärmeverk, så leder det färre drifttimmar för kraftvärmeverken och därmed minskad elproduktion från kraftvärmeverken (räknat som energi över året). Det här gör att det finns en målkonflikt, inte primärt kopplat till fjärrvärme, utan mellan produktion av biobaserad el och biodrivmedel. Kapaciteten i befintliga kraftvärmeverk finns ju dock kvar, och kan vara tillgänglig vid effekttoppar. Resultaten från studien [31] visar dock att så länge biodrivmedelsproduktionen hålls under ca 10-15 TWh per år (vilket kan jämföras med det reduktionspliktsscenario som tagits fram av Energimyndigheten där det uppskattas behövas ca 40 TWh biodrivmedel år 2030

[32]), så är det mer kostnadseffektivt att integrera nya anläggningar med befintlig sågverks- och massa- och pappersindustri snarare än med fjärrvärmesystem. Där gör å andra sidan integrationen att potentialen för industrins egenproduktion av förnybar el i mottrycksturbiner minskar. Så åter igen finns en målkonflikt mellan biodrivmedel och biobaserad el.

Det är viktigt att Göteborgs Stad följer utvecklingen kring beslut om styrmedel som rör biomassa och biodrivmedel (till exempel reduktionsplikten). När det gäller användning av biomassa för energiändamål, t.ex. i fjärrvärmesystemet, är det viktigt att i första hand utnyttja restprodukter från annan användning där man först har tagit tillvara på så mycket som möjligt av biomassans struktur, molekyler och gröna kolatomer. Alternativt när det går att utnyttja överskottsvärme från anläggningar från olika typer av bioraffinaderier. Biomassa har dock troligen även framöver en viktig roll för energiändamål, då biokraftvärme ger en möjlighet att balansera annan icke-planerbar el- och värmeförsörjning. Fjärrvärme är en viktig del i att nå riktigt låga koldioxidnivåer, oavsett om den producerade fjärrvärmen kommer från biokraftvärme eller från överskottsvärme från bioraffinaderier.

4.5 Relevanta projekt att följa

Övergång till en koldioxidneutral industri i Norge och Sverige - processlösningar och stödjande infrastruktur	CCS, elektrifiering, biomassa
Chalmers, Cementsa, Stockholm Exergi, Preem, Göteborg Energi	2019-2023
Projektet syftar till att analysera och beskriva hur svensk basindustri och kraftvärmeanläggningar kan uppnå klimatneutralitet till 2045. Analysen kommer att ha fokus på byte av bränsle från fossilt till biomassa, elektrifiering samt tillämpning av koldioxidavskiljning och lagring från fossila och biobaserade utsläpp (CCS och BECCS).	
https://research.chalmers.se/project/9176	

Transformativ omställning mot nettonegativa utsläpp inom svensk raffinaderi- och kemiindustri	Vätgas, elektrifiering, CCS, biomassa
Chalmers, Borealis, Preem	2019-2021
Projektet syftar till att skapa en förståelse för olika utvecklingsvägar som kan bidra till en transformativ omställning av raffinaderier och petrokemiska industrier till att bli negativa utsläppskällor av klimatgaser.	
https://research.chalmers.se/project/9475	

Vätgas på västkusten (ett projekt inom Klimatledande processindustri)	Vätgas, (elektrifiering)
Adecco BioProducts, Borealis, Chalmers, Göteborg Energi, Inovyn, Linde Gas AB, Perstorp, Preem, Nordion Energi, Nouryon, Rabbalshede Kraft, RISE, Siemens Energy, St1, Vattenfall	2021-03-01 – 2021-11-31
Syftet med projektet är att kartlägga tänkbara scenarier för det framtida behovet av koldioxidneutral vätgas på västkusten. Projektet avser utreda vätgasinfrastruktur kopplat till elnätinfrastruktur och identifiera utmaningar som kräver regional samordning. Projektets resultat syftar till att tjäna som underlag för vidareutveckling av en samordnad strategi kring vätgas för industri-, kraft- och värmesektorn på västkusten.	
https://www.johannebergsciencepark.com/klimatledandeprocesssteknik	

Regeringens nationella vätgasstrategi	Vätgas, (elektrifiering)
	Redovisas senast 31 juli 2021.
Regeringen har gett Energimyndigheten i uppdrag att ta fram förslag till en övergripande strategi för vätgas. Målet med strategin och åtgärdsförslagen är utveckla och tillvarata möjligheterna med vätgas och elektrobränslen och underlätta för omställningen till fossilfrihet.	
https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2021/02/regeringen-tar-fram-nationell-vatgasstrategi/	

Zero Emission Hydrogen Turbine Center (Vätgasturbincenter med nollutsläpp)		Vätgas, elektrifiering, effektfrågan
	Siemens Energy, Länsstyrelsen Östergötland, Finspång kommun, Chalmers, University of Bologna, Linde Group	2019-2022
<p>I projektet skapas en demonstrationsanläggning för att visa hur vätgas och gasturbiner, förnybar energiproduktion och energilagring samverkar i ett framtida flexibelt och hållbart energisystem. Överskottsel från fabrikstester och el från solceller kommer att lagras i ett batteri samt kommer att användas till att producera vätgas som används som bränsle till gasturbiner.</p>		
https://www.zehhc.org/		

Mistra Electrification		Elektrifiering, effektfrågan
	Energiforsk, Chalmers, IVL Svenska Miljöinstitutet, University of Exeter, Lunds universitet och Sveriges lantbruksuniversitet, SLU. Svenska Kraftnät, Stockholm Exergi, Fortum, Nordion Energi, Göteborg Energi, Vattenfall, Hitachi ABB, Egain och Utilifeed	2021-2025
<p>Mistra Electrification (tidigare Mistra Electric Transition) är ett forskningsprogram med tre primära mål: Att beskriva tekniskt genomförbara och kostnadseffektiva lösningar som leder till ett fossilfritt energisystem, med särskilt fokus på elektrifiering och att koppla samman olika sektorer. Att analysera hur fossilfria tekniker och infrastrukturer kan implementeras i den takt som krävs för att nå Sveriges utsläppsmål. Att visa hur energiomställningen kan stötta en positiv samhällsekonomisk utveckling. Istället för att fokusera på el, värme, transporter och industri var för sig, är ansatsen elektrifiering och sektorkopplingar. Mistra Electrification kommer dock särskilt att studera transport- och industrisektorerna, kopplingarna dem emellan och dess förhållande till elsystemet, för att öka förståelsen för hur varje sektor kan bidra till en omställning.</p>		
https://www.mistra.org/nyhet/50-msek-till-mistra-electric-transition-forskning-om-ett-hallbart-energisystem/		

Forsknings-och demonstrationsprojekt för Vehicle to everything (V2X) -tekniker	Elektrifiering, effektfrågan
Chalmers, Polestar, CTEK, Ferroamp, Göteborg Energi	2021-2024
<p>Projektet tar ett unikt helhetsgrepp över flexibla energilagrar i fordon vilket kommer leda till snabbare marknadsintroduktion för produkter som integrerar fordon och elnät på ett smart sätt. Aktörerna i projektet ska, förutom att ta fram tekniska lösningar, även titta närmare på vilka olika barriärer, nyttor och potentiella affärsmodeller som finns för att underlätta integrationen av laddfordon med elsystemet. Den slutliga demonstrationen av tekniken kommer att ske på Chalmers campus för att göra det möjligt att delta på den lokala energimarknaden, samt utanför Polestars kontor i Göteborg. Både Vehicle-to-grid (V2G) och Vehicle-to-home (V2H) kommer att demonstreras.</p>	
https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2021/nytt-projekt-for-snabbare-integration-mellan-laddfordon-och-elnet/	

CinfraCap	CCS
Nordion Energi, Göteborg Energi, Renova, Göteborgs Hamn, Preem och St1	Förstudie Q1 2021
<p>CinfraCap står för Carbon Infrastructure Capture. Projektet har fokus på själva transporten av infångad koldioxid; hur den kan göras på ett så klimatsmart och kostnadseffektivt sätt som möjligt. Med CinfraCap vill man få en mer heltäckande bild av logistikkedjan för redan infångad koldioxid från olika anläggningar i Västsverige, från förvätskning och mellanlagring via distribution till fartyg och vidare transport till slutlagring. Själva gränssnittet för CinfraCap blir vid staketgränsen till aktuell anläggning i Västsverige som fångar in koldioxid, till lastarmen på de fartyg som sedan transporterar flytande koldioxid vidare för slutförvaring.</p>	
https://www.goteborgshamn.se/hamnens-projekt/cinfracap/	

Preem CCS		CCS
	Sintef, Chalmers, Preem, Equinor, Aker Solutions	2019-2021
	<p>Detta är ett svensk-norskt demonstrationsprojekt för infångning och lagring av koldioxid genom CCS vid Preems raffinaderi i Lysekil. Syftet är att undersöka möjligheterna att upprätta en fullskalig anläggning för att fånga in och lagra koldioxid på raffinaderiets vätgasanläggning, som kan minska koldioxidutsläppen från raffinaderiet med upp till 500 000 ton per år. Demonstrationsanläggningen är ett steg i ambitionen att upprätta en fullskalig anläggning år 2025. Projektet ska också utvärdera lösningarna och kostnaderna längs hela CCS-värdekedjan – från infångning vid raffinaderiet i Lysekil, till transport och till slut lagring av gaserna vid en lagringsplats utanför den norska västkusten. I ett arbetspaket tas färdplaner mot nettonoll fram för båda Preems raffinaderier.</p>	
	https://www.preem.se/om-preem/hallbarhet/ccs/	

Bio-CCS Stockholm Exergi		CCS
	Stockholm Exergi	Fördjupad förstudie 2020. Mål: investeringsbeslut, halvårsskiftet 2022, uppstart fullskala 2025.
	<p>Stockholm Exergi inledde 2016 utredningsarbetet för en möjlig anläggning för avskiljning av koldioxid ur rökgaserna från det biobränsleeldade kraftvärmeverket i Värtan (KVV8), så kallad Bio Energy Carbon Capture and Storage (bio-CCS). De tidiga utredningarna resulterade i valet av en teknisk lösning baserad på tekniken Hot Potassium Carbonate (HPC). Fortsatta studier genomfördes med stöd från Energimyndigheten och i maj 2020 fattade Stockholm Exergi beslut om att inleda en fördjupad förstudie med syfte att uppföra en fullskalig bio-CCS-anläggning. Men för att nå dit är det flera bitar som ska komma på plats, det handlar om att söka och få de tillstånd som krävs för att driva anläggningen, att slutligt avgöra hur anläggningen ska utformas för bästa energieffektivitet, att teckna avtal för transport och lagring av koldioxiden och att säkerställa finansieringen.</p>	
	https://www.stockholmexergi.se/minusutslapp/beccs/	

Bio-CCS i fjärrvärmesektorn		CCS
	Energiforsk, Profu, Chalmers, Linköpings universitet, IVL, RISE och fjärrvärmeföretagen	?
<p>Projektet ska utveckla en färdplan som visar hur fjärrvärmesektorn kan bidra till att Sverige uppnår nettonollutsläpp av växthusgaser senast år 2045. Färdplanen ska ge konkret vägledning för hur fjärrvärmeföretag kan implementera bio-CCS och visa hur bio-CCS från och med 2030 kan drivas på affärsmässiga grunder. Färdplanen ska också visa hur fjärrvärmesektorn och andra sektorer kan samverka för att minska kostnader och investeringsrisker kring infrastruktur för transport och lagring av koldioxid.</p>		
https://energiforsk.se/program/bio-ccs-i-fjarrvarmesektorn/om-projektet/		

Newest CCUS		CCS
	Carbon Clean, Scottish Carbon Capture & Storage (SCCS), Sintef, the University of Edinburgh, the University of Sheffield, University of Stuttgart, TNO, m.fl.	Sep 2019 – Aug 2022
<p>Newest-CCUS är ett projekt som finansieras av ERA-NET Accelerating CCS Technologies. Syftet med projektet är att accelerera utveckling och implementering av tekniker för koldioxidinfångning specifikt för avfallskraftvärme. Fokus är på att öka teknikmognaden för olika tekniker genom en kombination av pilotstudier och modellering. Projektet utreder också potentialen för negativa utsläpp från avfallssektorn.</p>		
https://www.newestccus.eu/		

Langskip (Longship) and the Northern Lights project	CCS
Northern Lights (Equinor, Shell, Total), Norcem cement, Fortum Oslo Varme,	Byggfas 2021-2024
<p>Den norska regeringen har beslutat att stötta det norska fullskaleprojektet för CCS, som kallas Langskip. Detta inkluderar finansiering för transport- och lagringsprojektet Northern Lights, för infångning av koldioxid vid Norcems cementfabrik, och möjligen vid Fortum Oslos avfallskraftvärmeverk förutsatt att de säkrar tillräckligt med egen finansiering.</p> <p>Northern Lights är ett samarbete mellan Equinor, Shell och Total, som utvecklar en öppen lösning för koldioxidtransport och lagring.</p> <p>Infrastrukturlösningen bygger på transport med fartyg från olika koldioxidkällor (i Norge såväl som andra länder) till en terminal i Västnorge varifrån koldioxiden transporteras med pipeline för permanent lagring i en underhavsreservoar. Första fasen av projektet ska avslutas under 2024 och då ska det finnas kapacitet att lagra upp till 1,5 miljoner ton CO₂ per år. I mars 2021 bildade man ett bolag, för att sälja koldioxidtransport och -lagring som en service för CCS i industriell skala.</p>	
<p>https://ccsnorway.com/no/</p> <p>https://northernlightscs.com/</p>	

CCS vid Fortum Oslo Varme	CCS
Fortum Oslo Varme	
<p>CCS vid Fortum Oslo Varmes avfallskraftvärmeverk i Klemetsrud är en av två infångningsanläggningar som ingår i det norska fullskaleprojektet för CCS (Langskip), förutsatt att man säkrar egen finansiering. Projektet siktar på att bygga världens första fullskaliga koldioxidinfångning kopplat avfallskraftvärme. Projektet har genomfört detaljerade genomförbarhetsstudier, kört en pilotanläggning i 5500 timmar, och demonstrerat stabil infångning. CCS vid anläggningen kommer att generera negativa utsläpp då 50% av avfallet har biologiskt ursprung.</p>	
<p>https://www.fortum.com/about-us/media/press-kits/carbon-removal/fortum-oslo-varme-and-our-carbon-capture-project</p>	

5 Sammanfattande reflektioner

Den övergripande bedömningen är att Energiplanen täcker in nästan alla relevanta områden och att den utgör goda förutsättningar för att driva på de tre delmålen i miljö- och klimatprogrammet som Energiplanen har listat upp, samt målet om en trygg och säker energiförsörjning. Det ska dock påpekas att målbilden i sig omfattar aktiviteter, strukturer och processer där staden har begränsad rådighet vilket kan utgöra en stor utmaning för att nå målen (som är ambitiöst satta). Eftersom många åtgärder är av ”utredningstyp” eller ”kompetensspridningstyp” är det omöjligt att säga om åtgärderna i sig kommer räcka eftersom det beror på vad diverse utredningar kommer fram till och i vilken utsträckning ökad kompetens (om exempelvis energieffektivisering) verkligen påverkar beteenden och beslut. Utöver att gå före och visa vägen för energieffektivisering, förnybar produktion, och fossilfria fordon, behöver Göteborgs Stad se till att hålla en tät dialog med den lokala industrin och den privata sektorn.

Om man jämför nuvärden för de indikatorer som är angivna i miljö- och klimatprogrammet (t ex MWh/invånare) med historiska värden från 2009/2010 så ser man att ingen av indikatorerna (förutom kWh/m² bostäder och 100% förnybar och återvunnen fjärrvärme) kommer nå sitt målvärde om utvecklingen det kommande decenniet följer samma takt som det förra decenniet. Energiplanen måste därför bidra till att energieffektiviseringen ökar och att växthusgasutsläppen minskar betydligt snabbare än vad som har skett hittills.

För delmålens indikatorer som är starkt kopplade till Göteborgs Stads egen verksamhet (Delmål 1b, 1c, 2a, 2b, och 3c) finns många bra och tydliga åtgärder i Energiplanen, varav vissa är formulerade på ett sådant sätt att de innebär att ett målvärde ska nås (till exempel att Göteborg Energi ska producera 100% förnybar fjärrvärme i sina anläggningar). Även om Göteborgs Stad har stor rådighet över den egna verksamheten kommer några av dessa målvärden bli svåra att nå eftersom de är ambitiöst satta – exempelvis 134 kWh/m² för Göteborgs Stads lokaler. Däremot finns det en bred uppsättning åtgärder som underlättar arbetet genom att arbeta på flera fronter samtidigt. Att få ner primärenergitalet för lokaler kommer till exempel underlättas om användningen av fjärrkyla och takintegrerade solceller ökar. Bedömningen är att Göteborgs Stad har goda möjligheter att nå dessa målvärden. Lyckas kommunen med att uppnå de målvärden som rör sin egen verksamhet motsvarar det 10% av Delmål 1a (12 MWh/invånare), 100% av Delmål 2 (förnybar el- och värmeproduktion), och 1% av Delmål 3a (utsläppsminskning med 90% från transporter).

De mest utmanande delmålen att nå blir de som är beroende av den privata sektorn där kommunen inte har direkt rådighet. För att nå Delmål 1a räcker det som sagt inte med att Göteborgs Stad minskar energianvändningen i Allmännyttans bostäder och lokaler utan bostadsrättsföreningar och privata ägare behöver också energieffektivisera. Även om det finns med åtgärder om kompetensspridning så finns det ingen garanti att den privata sektorn har samma ambition som kommunen. Gällande Delmål 3a (utsläpp från transporter ska minska med 90%) utgör Göteborgs Stads egen fordonsflotta en minimal andel av totala antalet fordon i Göteborg, och här behövs både ett minskat bilåkande och ökade möjligheter att använda fossilfria energibärare. Energiplanen täcker in åtgärder som underlättar mycket av det som behöver ske.

Gällande den privata sektorn är det också viktigt att följa utvecklingen av raffinaderierna³. Deras beslut för hur de ska bli klimatneutrala kommer påverka Göteborg, oavsett om det gäller satsningar på storskalig elektrifiering eller CCS. I dagsläget finns det dock stora osäkerheter kring hur industrin kommer att ställa om för att minska utsläppen, både kring teknikval (för t.ex. elektrolys eller koldioxidinfångning), men också för hur olika processlösningar och utvecklingsvägar (elektrifiering, biobaserad råvara, CCUS) kan kombineras och integreras. Det ligger i både raffinaderiernas och kommunens intresse att kommunicera och förstå varandras påverkan på (och av) energisystemet (framför allt eleffektbehov och leveranser av värme till fjärrvärmesystemet).

³ Notera att raffinaderierna har planer och visioner för klimatneutralitet till 2045 vilket gör det osannolikt att uppnå det övergripande målet om att "Göteborgs klimatavtryck ska vara nära noll" i miljö- och klimatprogrammet redan 2030.

6 Referenser

- [1] Göteborgs Stad, “Göteborgs Stads miljö- och klimatprogram 2021-2030,” 2020, <https://goteborg.se/wps/wcm/connect/4578bcdd-0a21-4d90-98c5-8ec4e68b366b/Göteborgs+Stads+miljö+och+klimatprogram+2021-2030.pdf?MOD=AJPERES>.
- [2] Göteborgs Stad, “Statistikdatabas Göteborgs Stad.” [Online]. Available: <http://statistikdatabas.goteborg.se/pxweb/sv/>. [Accessed: 01-Apr-2021].
- [3] R. Palmgren, “Solceller i Göteborg Samarbetsprojekt mellan Göteborg Energi och Framtiden,” 2016.
- [4] Trafikverket, *Scenarier för att nå klimatmålet för inrikes transporter*. 2020.
- [5] Power Circle, “En analys av Elbilsläget i Göteborg,” 2017, [https://www4.goteborg.se/prod/Intraservice/Namndhandlingar/SamrumPortal.nsf/32D01ECE3B04FE66C12582F0003DBFDD/\\$File/279_Bilaga_2.pdf?OpenElement](https://www4.goteborg.se/prod/Intraservice/Namndhandlingar/SamrumPortal.nsf/32D01ECE3B04FE66C12582F0003DBFDD/$File/279_Bilaga_2.pdf?OpenElement).
- [6] Kommunalförbund Göteborgsregionens, Göteborgs Stad, Region Halland, Trafikverket, Västra Götalandsregionen, and Västtrafik, “Resvaneundersökning 2017,” 2018, <https://goteborg.se/wps/wcm/connect/2d77832c-4521-432a-819f-6740ebcd320b/Resvaneundersökning-2017-final.pdf?MOD=AJPERES>.
- [7] Naturvårdsverket, “Klimatklivet – Vägledning om cykelåtgärder,” 2019, <https://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/bidrag-och-ersattning/bidrag/klimatklivet/191016-vagledning-klimatinvesteringar-cykelatgarder.pdf>.
- [8] IVL, “Minskade utsläpp från trafik och arbetsmaskiner i Göteborg,” 2017, <https://www.ivl.se/download/18.34244ba71728fcb3f3fa3d/1591705756882/C262.pdf>.
- [9] C. Wilson, L. Kerr, F. Sprei, E. Vrain, and M. Wilson, “Potential Climate Benefits of Digital Consumer Innovations,” *Annu. Rev. Environ. Resour.*, vol. 45, pp. 113–144, 2020.
- [10] ABB, AB Volvo, Sweco, Göteborg Energi Elnät, Vattenfall, and Volvo Cars, “PussEl - vad behövs för att elektrifiera transposystemet i Göteborg,” 2018.
- [11] V. Heinisch, “Decentralization in energy systems - Low-carbon technologies and sector coupling on the household, community and city scales,” Chalmers University of Technology, 2021.
- [12] Naturvårdsverket, “Utsläpp i siffror,” 2019. [Online]. Available: <https://utslappisiffror.naturvardsverket.se/Alla-utslapp-till-luft/>. [Accessed: 31-Mar-2020].
- [13] Fossilfritt Sverige, “Strategi för fossilfri konkurrenskraft - vätgas,” 2021, <https://fossilfritt Sverige.se/wp-content/uploads/2021/01/Vatgasstrategi-for-fossilfri-konkurrenskraft-1.pdf>.

- [14] W. J. Tiktak, “Heat Management of PEM Electrolysis,” Delft University, 2019.
- [15] A.-K. Jannasch, H. Phil, M. Persson, E. Svensson, S. Harvey, and H. Wiertzema, “Opportunities and barriers for implementation of Power-to-X (P2X) technologies in the West Sweden Chemicals and Materials Cluster’s process industries,” 2020, [https://www.johannebergsciencepark.com/sites/default/files/Möjligheter och hinder P2X_final.pdf](https://www.johannebergsciencepark.com/sites/default/files/Möjligheter_och_hinder_P2X_final.pdf).
- [16] F. Pröjts Erlandsson, “A future introduction of biohydrogen to the Swedish energy system,” Lund University, 2020.
- [17] ZEHTC, “ZEHTC - Zero Emission Hydrogen Turbine Center.” .
- [18] European Commission, “A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe,” 2020, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1594897267722&uri=CELEX:52020DC0301>.
- [19] International Energy Agency (IEA), “Hydrogen,” 2020, <https://www.iea.org/reports/hydrogen>.
- [20] CIT Industriell Energi, “Kartläggning av effektbehov i västra götaland,” 2020, https://chalmersindustrietechnik.se/app/uploads/2020/09/Slutrapport_final.pdf .
- [21] Trafikanalys, “Fordon i län och kommuner vid årsskiftet 2020/2021,” 2021, <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/transporter-och-kommunikationer/vagtrafik/fordonsstatistik/>.
- [22] V. Heinisch, L. Göransson, R. Erlandsson, H. Hodel, F. Johnsson, and M. Odenberger, “Smart electric vehicle charging strategies for sectoral coupling in a city energy system,” *Appl. Energy*, vol. 288, p. 116640, 2021.
- [23] “Nytt projekt för snabbare integration mellan laddfordon och elnät.” .
- [24] Å. Eliasson and E. Fahrman, “Utilization of Industrial Excess Heat for CO₂ Capture Effects on Capture Process Design and District Heating Supply,” Chalmers, 2020.
- [25] E. Nouri, “Investigation of system effects of return flow temperature in a district heating system containing waste heat sources,” Chalmers, 2020.
- [26] Kemiföretagen i Stenungsund 2030, “Plastreturaffinaderi.” [Online]. Available: <http://kemiforetagenistenungsund.se/vart-arbete/returaffinaderi/>.
- [27] J. Andersson, “An investigation of carbon capture technologies for Sävenäs waste-to-energy plant,” Luleå University of Technology, 2020.
- [28] L. Zetterberg, L. Källmark, and K. Möllersten, “Incitament och finansiering av Bio-CCS i Sverige,” 2019, <https://www.ivl.se/download/18.34244ba71728fcb3f3fae3/1591706081124/C417.pdf>.
- [29] P. Börjesson, “Potential för ökad tillförsel och avsättning av inhemsk

biomassa i en växande svensk bioekonomi,” 2016.

- [30] f3 centre, “Biodrivmedelsaktörer samverkar i projektserien BeWhere Sweden | f3 centre,” 2017. .
- [31] A. K. Riekkola, E. Wetterlund, and E. Sandberg, “Biomassa, systemmodeller och målkonflikter,” Energiforsk, 2017.
- [32] Energimyndigheten, “Komplettering till Kontrollstation 2019 för reduktionsplikten,” 2019.