



29.05.2025

DETALJREGULERING AV MASKINISTGATA 2

RAPPORT KLIMAGASSBEREGNINGER

UTARBEIDET AV: PKA ARKITEKTER, ANDREA WELTE

INNHold

0.INNLEDNING

- 0.1 BESKRIVELSE AV OPPDRAGET OG FORMÅL MED KLIMAGASSBEREGNINGER
- 0.2 BESKRIVELSE AV REGULERINGSPLANEN
- 0.3 FORUTSETNINGER SOM LEGGES TIL GRUNN

1. KLIMAGASSBEREGNING MATERIALBRUK

- 1.1 REFERANSENIVÅ
- 1.2 FORUTSETNINGER SOM LEGGES TIL GRUNN
- 1.3 RESULTAT
- 1.4 VURDERING AV ALTERNATIVER

2. KLIMAGASSBEREGNING ENERGI I DRIFT

- 2.1 REFERANSENIVÅ
- 2.2 FORUTSETNINGER SOM LEGGES TIL GRUNN
- 2.3 RESULTAT
- 2.4 VURDERING AV ALTERNATIVER

3. KLIMAGASSBEREGNING ARBEID PÅ ANLEGGSPASS

- 3.1 REFERANSENIVÅ
- 3.2 FORUTSETNINGER SOM LEGGES TIL GRUNN
- 3.3 RESULTAT
- 3.4 VURDERING AV ALTERNATIVER

4. RESULTATER

- 4.1 TOTALT UTSLIPP OG ENHETSUTSLIPP PER M2 BRA PER ÅR
- 4.2 KVALITATIVE VURDERINGER
- 4.3 ANBEFALINGER FOR VIDERE ARBEID

Oppdragsgiver: Bane NOR Eiendom

Oppdragsgivers kontaktperson: Dag Haugdal

Rådgiver: PKA Arkitekter

Fagansvarlig: Andrea Welte

versjon	dato	status	sign.
01	29/05-2025	Som illustrert i reguleringsplanarbeid før 1. gangsbehandling (materialbruk, energi i drift, arbeid på anleggsplass)	AW

0. INNLEDNING

0.1 BESKRIVELSE AV OPPDRAGET OG FORMÅL MED KLIMAGASSBEREGNINGER

PKA Arkitekter er engasjert av Bane NOR Eiendom AS i forbindelse med detaljregulering av Maskinistgata 2 i Trondheim. Formålet er å dokumentere forventede klimakonsekvenser som følge av gjennomføring av reguleringsplanen. Klimagassberegningen fungerer som et klimagassbudsjett for prosjektets ambisjoner og settes i forhold til et referansenivå. Beregninger og dokumentasjonen er utarbeidet i henhold til Klimaveileder for plan- og byggesaker i Trondheim kommune (versjon «sluttbehandling mai 2024»).

0.2 BESKRIVELSE AV REGULERINGSPLANEN

Planområdet er på ca. 25 daa og ligger på Nyhavna, nord/øst for Trondheim sentrum. Området avgrenses av Skippergata i vest, Maskinistgata i nord og Strandveien i øst, samt Nordlandsbanen ved Lademoen stasjon i sør. Det foreslås å regulere området til sentrumsformål, grønnstruktur og samferdselsanlegg for å legge til rette for hotell, næring, kontor og boliger med tilhørende uteareal og grøntområdet «Jernbaneparken».

Bebyggelsen foreslås organisert i en kvartalsstruktur som danner byrom i form av gater, veil og torg. Kvartalenes form og geometri påvirkes av det planlagte gatenettet og kvartalenes planlagte funksjoner er tilpasset disse.

Strandveikvartalet er et klassisk boligkvartal med 2 boligblokker på henholdsvis 4-8 og 3-4 etasjer over en felles parkeringskjeller. Bebyggelsen er organisert rundt et felles gårdsrom og deler av første etasjen settes av til næring.

Stasjonskvartalet er en vinkelformet bygning på 5-7 etasjer som danner et kvartal planlagt for kontor- og næringsarealer.

Knutepunktkvartalet reguleres til hotell og kontor og består av to volum som bygges inntil hverandre. Det høye volumet på 11 etasjer har en kompakt form mens hotellbygget er en U-form i 8 etasjer.

Arealer mellom jernbanelinjen, knutepunktkvartalet og stasjonskvartalet settes av til uterom over en felles sokkel med parkeringsarealer.

0.3 FORUTSETNINGER SOM LEGGES TIL GRUNN

Klimagassberegninger og dokumentasjonen er utarbeidet i henhold til Klimaveileder for plan- og byggesaker i Trondheim kommune (versjon «sluttbehandling mai 2024»).

Beregningene er basert på en mulighetstudie som illustrerer reguleringsplanens intensjoner. Ambisjonsnivå med tanke på reduksjon i klimagassutslipp sammenlignet med referansenivået gjenspeiler både intensjoner i Kvalitetsprogram for Nyhavna og oppdragsgiverens ambisjoner for planområdet.

Siden planområdet ligger i byggesone 1 er *basis uten lokalisering* lagt til grunn for omfang på klimagassberegninger. Dette medfører at klimagassutslipp fra tomtebearbeiding og klimagassutslipp fra transport i drift ikke inngår i klimagassbudsjettet. Med bakgrunn i at store deler av planområdet er ubebygget og benyttet som bobilparkering i dag forventes det ingen store klimagassutslipp fra landeffekter. Transport i drift derimot vil medføre betydelige utslipp over et livsløp på 50 år. Både fordi klimagassberegninger ikke skal brukes som grunnlag for valg av tomt og fordi transport i drift påvirkes i langt større grad av vedtak og temaplaner som ligger utenfor reguleringsplanens påvirkningsmulighet anser vi det likevel som akseptabelt å utelate modul B8 fra beregningen.

Det vises videre til kommunale overordnede vedtak og temaplaner om blant annet metrobusstrasé og Nyhavna som nullutslippsbydel.

Nyhavna skal utvikles som nullutslippsområde. Tiltak og krav knyttet til dette er nærmere definert i Kvalitetsprogram for Nyhavna der det blant annet foreslås å bruke FME ZEN metodikken for oppfølging. En sentral konsekvens av dette er at systemgrenser for energi- og klimatiltak og -vurderinger utvides til å gjelde hele området og ikke bare et enkelt bygg eller et begrenset planområde. Dette inkluderer blant annet høy energieffektivitet og en høy andel av ny fornybar energi i områdets forsyningssystem for energi, men også smart styring av energiflyten innenfor området og utveksling med omkringliggende energisystemer.

Selv om det er veldig relevant å inkludere områdets planlagte energisystemer i klimagassberegninger for å belyse prosjektets ambisjoner er det i denne beregningen valgt å ikke utvide systemgrensen utover forhold som kan påvirkes direkte innenfor planområdet. Årsaken til dette er både definisjonen NS 3720 legger til grunn for systemgrenser ved klimagassberegninger for bygninger og fordi det foreløpig er knyttet en del usikkerheter til både utformingen av energisystemet, systemets omfang/kapasitet, energieffektivitet og tidspunkt for etablering.

Klimagassberegninger er utarbeidet ved hjelp av Carbon Designer 3D i One Click LCA. Beregningene er basert på NS 3720 og verktøyets datagrunnlag for «Norwegian DFØ reference building v2024.1». Sammenstilling av resultater og supplerende vurderinger er gjennomført i excel.

For omregning mellom BTA og BRA er faktor oppgitt i Klimaveilederen brukt for både referansenivå og prosjektets klimagassberegning.

Se kapittel 1-3 for mer detaljert informasjon om forutsetninger som legges til grunn for beregning av klimagassutslipp fra de ulike modulene.

1. KLIMAGASSBEREGNING MATERIALBRUK

1.1 REFERANSENIVÅ

Beregningen av referansenivå er basert på prosjekterte arealer og klimaveilederens referanseverdier for utslipp innenfor de ulike bygningstypene. Bygningstyper som er lagt til grunn er uoppvarmet kjeller/lagerbygning, boligbygg, forretningsbygg og kontor. For hotell-funksjonen er boligbygg valgt som nærmeste bygningstype og for parkeringskjellere er verdier for uoppvarmet kjeller valgt selv om arealene muligens varmes opp til litt over frysepunktet.

Utslipp fra materialer for grunn og fundamenter (bygningssdel 21) er beregnet etter samme prinsipp som utslipp fra tilsvarende bygningsdel i prosjektets klimagassregnskap (se forutsetninger under punkt 1.2), men med et normalt/standard materialvalg basert på tilgjengelige generiske verdier i verktøyet OneClickLCA. (Dvs en 80cm tykk kontinuerlig bunnplate av ferdigbetong B30 av normal styrke, 270,88 kgCO₂e/m³ og tilhørende stålarmering, 60,3 kg CO₂e/m³ betong)

1.2 FORUTSETNINGER SOM LEGGES TIL GRUNN

Det er en ambisjon å oppnå en reduksjon i klimagassutslipp fra materialer på minimum 40% sammenlignet med standard-løsninger. For å kunne oppnå dette er det relevant å gjøre tiltak på flere ulike områder:

- Fundamentering

Som det fremgår av prosjektets geotekniske notat (utarbeidet av Rambøll, datert 21.10.2022) vil direkte fundamentering og fundamentering på pæler være aktuelle løsninger for fundamentering. Videre konkluderer notatet med at valg av fundamenteringsløsning vil høyst sannsynlig styres av krav til setning og det vil være gunstig med størst mulig grad av kompensert fundamentering, det vil si at det graves ut masser minst tilsvarende vekten av ny bebyggelse. Bebyggelse med jevnt fordelt last over bygget vil være gunstig med hensyn til skjev- og differansesetninger. Bygg med varierende

last (f.eks. varierende antall etasjer) medfører større risiko for skjev- og differansesetninger. For å redusere risikoen for differansesetninger vil fundamentering på hel bunnplate kunne benyttes. Også høyere eller flere kjeller-etasje(er) vil være gunstig med tanke på setninger.

Med bakgrunn i vurderingene nevnt ovenfor antas det at både Strandveikvartalet Stasjonskvartalet kan utføres med kompensert fundamentering mens stor variasjon i antall etasjer kan gjøre situasjonen mer krevende for Knutepunktkvartalet. Det er på nåværende tidspunkt ikke utført mer detaljert prosjektering av fundamenteringssystem og muligheter for direkte fundamentering og fundamentering på pæler er dermed ikke belyst ytterligere. Det er heller ikke utført klimagassberegninger for å sammenligne klimakonsekvenser av de to nevnte alternativene.

For å likevel inkludere klimagassutslipp fra materialer for grunn og fundamenter (bygningsdel 21) er det tatt med betong og tilhørende armering i en mengde som tilsvarer en gjennomgående bunnplate med en tykkelse på total 80cm betong.

- Konstruksjonsmåte

Det er en uttalt ambisjon å velge konstruksjoner med lave klimagassutslipp. Med bakgrunn i vurderinger knyttet til både antall etasjer, brannkrav, gjennomførbarhet og økonomisk bærekraft er det valgt å legge til grunn betong i hovedkonstruksjoner. Boligblokkene i Strandveikvartalet er da forutsatt med hulldekker og bærende innervegger av betong mens bebyggelsen i Stasjonskvartalet og Knutepunktkvartalet er forutsatt med hulldekker og søylebjelkeramme av forhåndsstøpt betong.

For å redusere utslipp fra konstruksjoner så mye som mulig er det forutsatt CEM III-betong i både plasstøpte og forhåndsstøpte konstruksjoner, med unntak av kjellervegger som er forutsatt i betong med lavkarbonklasse A. Hulldekker er forutsatt med lavkarbon ekstrem betong siden beregningsverktøyet ikke har tilgjengelig EPD for Hulldekker i CEM III-betong.

- Produktvalg og lavutslippsmaterialer

Det forutsettes bruk av gode eller aller helst optimale produkter også utover hovedkonstruksjonen. Størst fokus bør rettes til bygningsdeler og materialer som påvirker klimagassregnskapet mest.

Selv om klimagassregnskapet i utgangspunktet er basert på standardmaterialer fra Carbon Designer sitt datagrunnlag for «Norwegian DFØ reference building v2024.1» er samtlige materialer som utgjør mer enn 3% av det totale klimagassutslippet byttet ut med betydelig bedre alternativer. I tillegg til samtlige betongkonstruksjoner (også ikke bærende) gjelder dette blant annet avretting, pussede overflater og solceller på tak. Relevante EPDer er valgt blant generisk data og lokal data som er tilgjengelig i beregningsverktøyet.

- Ombruk av materialer og bygningsdeler

Det er en uttalt ambisjon å realisere ombruk av materialer og bygningsdeler innenfor planområdet. Ambisjonsnivået for omfanget er foreløpig anslått til ca 20%, men potensialet kan være større når den pågående utviklingen av sirkulære verdikjeder har kommet lengre om bare noen få år.

Med bakgrunn i byggenæringens foreløpig noe begrensede erfaring med gjennomføring av ombruksprosjekt er ombruk av bygningsdeler i prosjektets klimagassregnskap begrenset til noen få materialer. For å forenkle beregningen er det valgt 100% ombruk på all teglkledning, 100% ombruk på all kledning med fasadeplater og 100% ombruk på samtlige gulvbelegg med tepper. Det anses ikke som realistisk å kunne oppnå hele 100% ombruk innenfor alle disse materialene, men omfanget er tenkt supplert med mest mulig ombruk også innenfor andre materialer og bygningsdeler. Eventuell ombruk av bærende konstruksjoner som for eksempel hulldekker vil kunne bidra meget positivt i et klimaperspektiv.

- Solceller

Siden det forutsettes lokal energiproduksjon ved hjelp av solceller er utslipp fra disse også inkludert i prosjektets klimagassregnskap. (Se punkt 2.2 for mer informasjon om omfang og plassering av solceller).

- Vedlikehold

Klimaveilederen forutsetter at modul B2 inngår i beregningen. Med bakgrunn i dette er utslipp fra vedlikehold av gulvoverflater (parkett, teppe og vinyl) tatt med i klimagassberegningene. Utslippsfaktorer er basert på tilgjengelig data i beregningsverktøyet.

1.3 RESULTAT

REFERANSEBYGG	Sum materialer kg CO2
Strandveikvartalet nord	3 574 527
Strandveikvartalet sør	1 106 648
Kjeller Strandveikvartalet	1 445 244
Stasjonskvartalet	3 271 457
Knutepunktkvartalet nord	5 577 468
Knutepunktkvartalet sør	1 890 824
Sokkel Stasjonskvartalet og Knutepunktkvartalet	590 626
SUM Referansebygg	17 456 794

ILLUSTRERT BYGG (Scenario 1 med hulldekker og prefab betong)	A1-A3 kg CO2	B2 kg CO2	B4-B5 kg CO2	Sum materialer kg CO2
Strandveikvartalet nord	1 303 235	92 084	530 010	1 925 329
Strandveikvartalet sør	497 675	26 575	231 818	756 068
Kjeller Strandveikvartalet	740 517	0	13 976	754 493
Stasjonskvartalet	1 412 579	35 979	740 237	2 188 795
Knutepunktkvartalet nord	1 944 900	11 0919	593 033	2 648 852
Knutepunktkvartalet sør	883 960	21 265	361 843	1 267 068
Sokkel Stasjonskvartalet og Knutepunktkvartalet	396 035	0	1 3127	409 162
SUM Illustrert bygg	7 178 901	286 822	2 484 044	9 949 767

1.4 VURDERING AV ALTERNATIVER

Det er utarbeidet klimagassberegninger som belyser alternativer med treverk i konstruksjoner. Den største reduksjonen av klimagassutslipp kan da oppnås ved hjelp av lette dekkekonstruksjoner, dvs bjelkelag av treverk. Muligheten for dette bør vurderes videre i neste fase, men med bakgrunn i vurderinger knyttet til brann- og lydkrav er beregninger for Scenario 2 utarbeidet for dekkekonstruksjoner i massivtre.

Boligbebyggelsen i Strandveikvartalet er da forutsatt med CLT lastbærende innervegger mens bebyggelsen i Stasjonskvartalet og Knutepunktkvartalet er forutsatt med søylebjelkesystem i tre. Også i disse beregningene er det valgt lavutslippsprodukter for materialer som påstøp, avretting, puss og solceller og omfang på ombrukte materialer er også beholdt likt som i beregningene med betongkonstruksjoner.

ILLUSTRERT BYGG (Scenario 2 med trekonstruksjoner)	A1-A3 kg CO2	B2 kg CO2	B4-B5 kg CO2	Sum materialer kg CO2
Strandveikvartalet nord	1 668 162	97 608	568 902	2 334 672
Strandveikvartalet sør	611 474	26 575	236 839	874 888
Kjeller Strandveikvartalet	740 517	0	13 976	729 789
Stasjonskvartalet	1 338 176	35 979	780 528	2 154 683
Knutepunktkvartalet nord	1 808 082	110 919	651 371	2 570 372
Knutepunktkvartalet sør	888 439	21 265	380 831	1 290 535
Sokkel Stasjonskvartalet og Knutepunktkvartalet	396 035	0	1 3127	388 342
SUM Illustrert bygg	7 450 885	292 346	2 645 574	10 343 281

Resultat fra alternativsvurderingene viser i korte trekk at:

- Betongkonstruksjoner med bærende innervegger av betong medfører lavere klimagassutslipp enn konstruksjoner med søylebjelkekonstruksjoner av forhåndsstøpt betong.
- Valg av CEM III betong kan medføre et potensiale for å redusere klimagassutslipp fra konstruksjoner med ca 50% sammenlignet med samme konstruksjon i betong med lavkarbonklasse B.
- Bjelkelag av tre medfører betydelig lavere klimagassutslipp enn massivtredekker.
- Trekonstruksjoner som baserer seg på søylebjelkesystem i tre reduserer klimagassutslipp mer enn konstruksjoner med bærende vegger i massivtre.
- Optimalisering av betongkonstruksjoner (hulldække og konsekvent bruk av CEM III betong) kan oppnå lavere klimagassutslipp enn trekonstruksjoner med utstrakt bruk av massivtre i både vegger og dekker. Det totale resultatet påvirkes i stor grad av materialvalget innenfor de enkelte materialene og bygningsdelene.

Det anbefales å utrede klimagasskonsekvenser av ulike konstruksjonsmåter videre også i neste fase.

2. KLIMAGASSBEREGNING ENERGI I DRIFT

2.1 REFERANSENIVÅ

Beregningen av referansenivå er basert på prosjekterte arealer og klimaveilederens referanseverdier for utslipp innenfor de ulike bygningskategoriene. Bygningskategorier som er lagt til grunn er boligblokk, kontorbygning, hotellbygning og forretningsbygning. Eventuell energibehov for parkeringskjeller er ikke inkludert i beregningen siden arealene ikke varmes opp i nevneverdig grad (se også punkt 1.1). For valg

av energibærere er det lagt til grunn en 50/50 fordeling mellom elektrisitet og fjernvarme. Ved sammenligningen mellom det illustrerte prosjektet og referansegrunnlaget er utslippsfaktorer i scenario 1 lagt til grunn for referansenivået.

2.2 FORUTSETNINGER SOM LEGGES TIL GRUNN

- Energibehov

I følge «miljøprgramm for Nyhavna – energi og klima» er det svært usannsynlig at energi- og nullutslippsmål vil oppnås med dagens byggeteknisk standard (TEK17) og det anbefales at nye bygg prosjekteres med en enda bedre standard enn passivhusnivå. For å oppfylle EU-taksonomiens kriterier for oppføring av bærekraftige nybygg må bebyggelsens primærenergibehov (målt i primærenergi) være minst 10% lavere enn det som er lagt til grunn for definisjonen av nZEB.

Prosjektet har en ambisjon om å redusere primærenergibehovet med minst 15% sammenlignet med norsk nZEB definisjon. Energibehovet som er lagt til grunn i klimagassberegningene er dermed forutsatt 15% lavere enn tabellen nedenfor viser for de ulike bygningskategoriene.

Tabell Nesten nullenergibygning

Bygningskategori	Nesten nullenergibygning [kWh/m ² oppvarmet BRA per år]
Småhus*	86 + 1600/m ² oppvarmet BRA
Boligblokk*	67
Barnehage	129
Kontorbygning	76
Skolebygning	91
Universitet/høyskole	84
Sykehus	165 (212)**
Sykehjem	163 (204)**
Hotellbygning	159
Idrettsbygning	142
Forretningsbygning	162
Kulturbygning	123
Lett industri/verksteder	113 (138)

* Bygningskategorien omfatter også fritidsboliger.

** Tallene i parentes gjelder for arealer der varmegjenvinning av ventilasjonsluft medfører risiko for spredning av forurensning eller smitte.

- Fordeling på energibærere

Basert på erfaringstall og antagelser er det lagt til grunn at beregnet energibehov iht antagelser og forutsetninger nevnt ovenfor fordeles likt mellom elektrisk energi og termisk energi.

- Solceller

I følge «miljøprgramm for Nyhavna – energi og klima» vil utstrakt produksjon av elektrisk strøm med solceller være avgjørende for å nå nullutslippsmålet. Det anbefales/forutsettes at store deler av takflaten og aktuelle deler av fasader må benyttes til dette.

Utstrakt produksjon av elektrisk strøm med solceller er en ambisjon som også gjelder for planområdet, men omfang på relevante arealer er vurdert noe annerledes. Siden deler av takflaten påvirkes av skygger fra nabobygg og siden det er et sterkt ønske om å ta i bruk deler av takflaten til takterrasser og takhager (grønne tak) vil det være behov for å ta i bruk fasadearealer der dette er hensiktsmessig. Bruk av vertikale solceller på tilgjengelige takflater kan dessuten være med på å veie opp for reduksjon i tilgjengelig areal. Siden prosjekteringen ikke har kommet langt nok til å vurdere omfang på relevante arealer er det gjort en antagelse at det etableres solceller som tilsvarer arealet på 80% av takflater, selv om plasseringen vil være på både tak og fasader.

Oppnådd effekt på installerte solceller vil påvirkes både av plassering, utforming og ikke minst produktkvalitet. Det kan dessuten forventes en videre utvikling også innenfor produksjon og utforming av solceller og tilhørende systemer.

Beregnet effekt fra antatt omfang på solceller er ikke trukket fra i beregningen av prosjektets behov for elektrisk energi siden ambisjonen om å redusere primærenergibehovet med minst 15% sammenlignet med norsk nZEB definisjon forutsetter at dette fratrekket allerede er hensyntatt i denne sammenhengen. Utslipp fra produksjon av solceller er supplert i modul for materialbruk (se også punkt 1.2).

- Energisystemer i nabolaget

Nyhavna skal utvikles som nullutslippsområde. Tiltak og krav knyttet til dette er nærmere definert i Kvalitetsprogram for Nyhavna der det blant annet foreslås å bruke FME ZEN metodikken for oppfølging. En sentral konsekvens av dette er at systemgrenser for energi- og klimatiltak og -vurderinger utvides til å gjelde hele området og ikke bare et enkelt bygg eller et begrenset planområde. Dette inkluderer blant annet høy energieffektivitet og en høy andel av ny fornybar energi i området forsyningssystem for energi, men også smart styring av energiflyten innenfor området og utveksling med omkringliggende energisystemer.

Aktørene på Nyhavna er i ferd med å inngå en forpliktende samarbeidsavtale som ivaretar blant annet disse ambisjonene. Samarbeidet følges opp av et miljøforum med regelmessige statusmøter og ikke minst i felles utredninger av energikonsept og energiløsninger for området. Blant tiltak som utredes er et termisk energiforsyningssystem (varme og kjøling) for Nyhavna som kombinerer sjøvannsvarmepumper, et høytemperatur borehullsbasert sesongvarmelager på Ladehammerkaia og en integrering i fjernvarmesystemet for styrket fleksibilitet (*for mer detaljert prosjektbeskrivelse se dokument «Nyhavna i Trondheim – pilottester for høytemperatur sesongvarmelager (HT-BTES) og integrering i fjernvarmesystemet for styrket fleksibilitet»*).

Områdeutvikler for Maskinistgata 2, Bane NOR Eiendom, bidrar og er godt orientert om pågående vurderinger og utvikling av helhetlige konsept og prosjekt for Nyhavna-området. Aktørene i området akter å samarbeide om blant annet livsløpsvurderinger (LCA) for området energisystem og samlet utbygging i området.

Dersom området energikonsept realiseres slik det er utredet på nåværende tidspunkt kan kombinasjonen av sjøvannsvarmepumpe og sesongvarmelager dekke all behov for både oppvarming og kjøling innenfor planområdet.

Selv om det er veldig relevant å inkludere området planlagte energisystemer i klimagassberegninger for å belyse prosjektets ambisjoner er det i denne beregningen valgt å ikke utvide systemgrensen utover forhold som kan påvirkes direkte innenfor planområdet. Årsaken til dette er både definisjonen NS 3720 legger til grunn for systemgrenser ved klimagassberegninger for bygninger og fordi det foreløpig er knyttet en del usikkerheter til både utformingen av energisystemet, systemets omfang/kapasitet, energieffektivitet og tidspunkt for etablering.

- Valg av utslippsfaktorer for ulike energibærere

For beregning av prosjektets klimagassutslipp fra elektrisk energi er det lagt til grunn Norsk forbruksmix med forventet gjennomsnitt over neste 60 år (se punkt 2.4 for vurdering av alternativer).

Med bakgrunn i vurderinger nevnt under «energisystemer i nabolaget» er utslippsfaktor for termisk varme valgt med utgangspunkt i fjernvarme og scenario 1 iht klimaveilederen. Dette valget er gjort for å lettere kunne sammenligne prosjektet med referansebygget innenfor de samme systemgrensene på nåværende tidspunkt. I prosjektsammenheng og ikke minst når utforming av nabolagets energisystemer er endelig avklart vil det være relevant å endre utslippsfaktoren for fjernvarme med de faktiske utslippene fra brukte energibærere. Det kan forutsettes en betydelig reduksjon av klimagassutslipp med bakgrunn i dette (se også punkt 2.4).

2.3 RESULTAT

Scenario 1	REFERANSEBYGG	ILLUSTRERT BYGG
------------	---------------	-----------------

	B6 sum energi kg CO2	B6 sum energi kg CO2
Strandveikvartalet nord	490 285	130 419
Strandveikvartalet sør	152 157	41 821
Kjeller Strandveikvartalet	0	0
Stasjonskvartalet	768 767	146 667
Knutepunktkvartalet nord	1 159 230	394 434
Knutepunktkvartalet sør	312 972	75 225
Sokkel Stasjonskvartalet og Knutepunktkvartalet	0	0
SUM	2 883 412	788 566

2.4 VURDERING AV ALTERNATIVER

I henhold til klimaveilederen og NS 3720 er det utarbeidet alternative klimagassberegninger for både referansebygg og illustrert bygg. For referansebygget er utslippsfaktorer i henhold til klimaveilederen lagt til grunn for både elektrisitet og fjernvarme. I alternativ klimagassberegningen for det illustrerte bygget er utslippsfaktor for fjernvarme valgt likt scenario 2 i klimaveilederen mens utslippsfaktor for elektrisitet er valgt basert på forventet gjennomsnitt for europeisk (EU28+NO) forbruksmiks over de neste 60 år.

Klimagassutslipp i alternativ scenario 2 er som forventet betydelig høyere enn i scenario 1.

Scenario 2	REFERANSEBYGG B6 sum energi kg CO2	ILLUSTRERT BYGG B6 sum energi kg CO2
Strandveikvartalet nord	3 431 995	1 531 349
Strandveikvartalet sør	1 065 103	490 893
Kjeller Strandveikvartalet	0	0
Stasjonskvartalet	5 381 372	1 722 245
Knutepunktkvartalet nord	8 114 610	4 631 662
Knutepunktkvartalet sør	2 190 807	883 577
Sokkel Stasjonskvartalet og Knutepunktkvartalet	0	0
SUM	20 183 887	9 259 726

Utover dette anses som svart relevant å utarbeide alternative beregninger der utslippsfaktor for fjernvarme byttes ut med utslippsfaktor for energisystemet i nabolaget, men med bakgrunn i manglende datagrunnlag på nåværende tidspunkt anbefales det å utsette denne vurderingen til oppstarten av neste fase.

3. KLIMAGASSBEREGNING ARBEID PÅ ANLEGGSPASS

3.1 REFERANSENIVÅ

Beregningen av referansenivå er basert på prosjekterte arealer og klimaveilederens referansenivå per m².

3.2 FORUTSETNINGER SOM LEGGES TIL GRUNN

- byggeplass-scenario

Prosjektet forutsetter fossilfri byggeplass og byggeplassdriften skal være så utslippsfritt som mulig. Med bakgrunn i dette er det beste tilgjengelige scenarioet i verktøyet OneClickLCA valgt som grunnlag for beregningen: «gjennomsnittlig energi og drivstoff bruk i byggeplassen – Norden, med 100% biodiesel» scenario. Dette scenarioet inkluderer både strøm, drivstoff, avfall og transportpåvirkning.

- riving

Klimagassutslipp fra riving er ikke inkludert i klimagassberegningene siden omfang av eksisterende bygg og konstruksjoner anses som svært liten.

- terrenginngrep

Prosjektet/illustrert bebyggelse innenfor planområdet forutsetter kjeller under Strandveikvartalet og en nedgravd sokkel mellom Stasjonskvartalet, Knutepunktkvartalet og jernbanelinjen. Et utarbeidet geoteknisk notat for området viser dessuten at det kan være relevant med kompenserende fundamentering, det vil si at det graves ut masser minst tilsvarende vekten av ny bebyggelse. (Se også **punkt 1.2**)

På nåværende tidspunkt er det likevel ingenting som tyder på et behov for uvanlig store terrenginngrep. Resultat fra grunnundersøkelser påviser heller ikke grunnforhold som er spesielt krevende å håndtere. Med bakgrunn i dette er det ikke tatt med utslipp fra terrenginngrep utover det som allerede er inkludert som gjennomsnittlig tomtebearbeiding i byggeplass-scenarioet som er valgt som grunnlag for klimagassberegninger.

3.3 RESULTAT

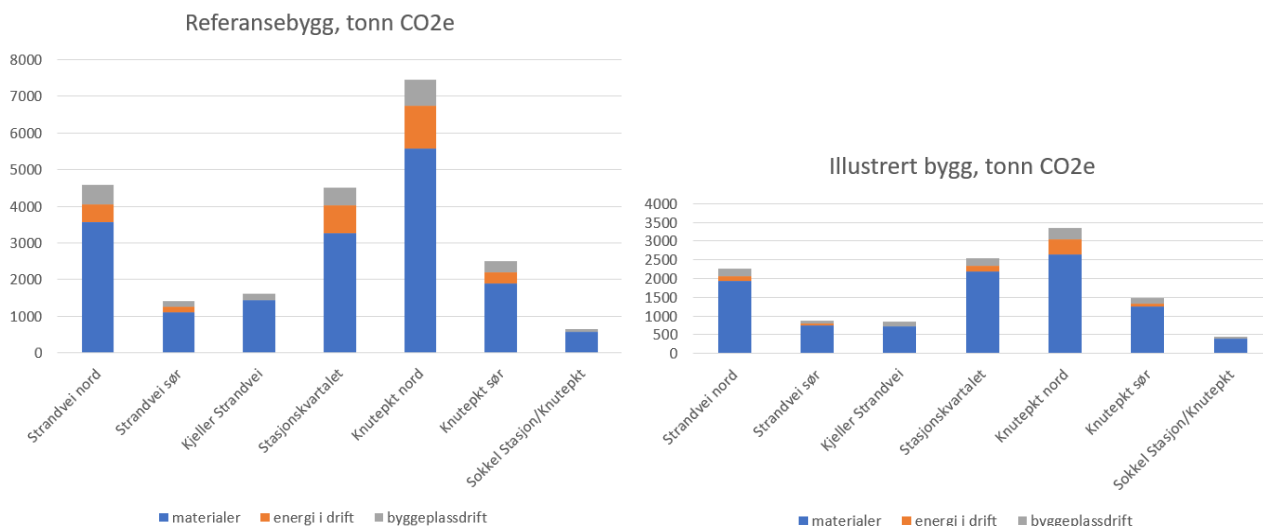
REFERANSEBYGG	Sum byggeplass kg CO ₂
Strandveikvartalet nord	517 349
Strandveikvartalet sør	150 541
Kjeller Strandveikvartalet	172 735
Stasjonskvartalet	483 550
Knutepunktkvartalet nord	729 336
Knutepunktkvartalet sør	291 082
Sokkel Stasjonskvartalet og Knutepunktkvartalet	70 591
SUM Referansebygg	2 415 185

ILLUSTRERT BYGG	A4 kg CO2	A5 kg CO2	Sum byggeplass kg CO2
Strandveikvartalet nord	65 585	141 044	206 629
Strandveikvartalet sør	2 6614	45 514	7 2128
Kjeller Strandveikvartalet	70 255	61 929	132 184
Stasjonskvartalet	75 550	128 654	204 204
Knutepunktkvartalet nord	112 866	201860	314 726
Knutepunktkvartalet sør	46 771	81 182	127 953
Sokkel Stasjonskvartalet og Knutepunktkvartalet	32 241	22 986	55 227
SUM Illustrert bygg	429 882	683 169	1 113 051

4. RESULTATER

4.1 TOTALT UTSLIPP OG ENHETSUTSLIPP PER M2 BRA PER ÅR

Klimagassutslipp for detaljregulering av Maskinistgata 2 er beregnet separat for ulike bygg innenfor området. Sammenstilling av klimagassutslipp fra de ulike modulene i referansebygg og illustrert bebyggelse fremgår av resultatene i kapittel 1-3 og oppsummerende grafer nedenfor.



Samlet klimagassutslipp fra all bebyggelse i området er oppsummert i tabellen nedenfor. For energi i drift er Scenario 1 lagt til grunn for beregningen.

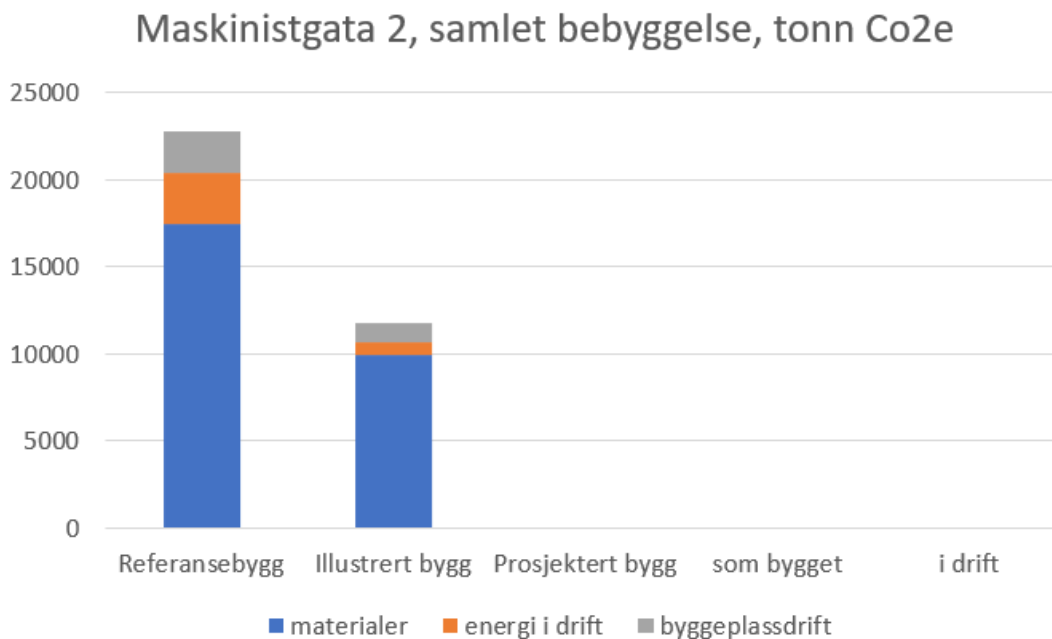
	Referansebygg	«som illustrert i reguleringsplan»	«som prosjektert»	«som bygget»	«i drift»
--	---------------	---------------------------------------	----------------------	-----------------	-----------

	tonn CO2	tonn CO2	tonn CO2	tonn CO2	tonn CO2
Materialbruk	17 457	9 950			
Energi i drift	2 883	789			
Arbeid på anleggsplass	2 415	1 113			
Total	22 755	11 851			

Enhetsutslipp i kg CO2e/m2 BRA per år er beregnet med utgangspunkt i summen fra alle bygg og alle bygningskategorier:

	Referansebygg	«som illustrert i reguleringsplan»	«som prosjektert»	«som bygget»	«i drift»
	kg CO2/år/m2	kg CO2/år/m2	kg CO2/år/m2	kg CO2/år/m2	kg CO2/år/m2
Materialbruk	8,89	5,07			
Energi i drift	1,47	0,40			
Arbeid på anleggsplass	1,23	0,57			
Total	11,59	6,04			

Figuren nedenfor viser det totale klimagassutslipp fra all bebyggelse innenfor planområdet. Ambisjonene som legges til grunn for beregningen av det illustrerte bygget medfører at klimagassutslipp fra materialer, energi i drift og byggeplassdrift reduseres med omtrent 50% (forutsatt scenario 1 for energi) sammenlignet med referanseprosjektet. Se kapittel 1.2, 2.2 og 3.2 for mer detaljert beskrivelse av ambisjoner innenfor de ulike livsløpsmodulene.



4.2 KVALITATIVE VURDERINGER

Den utarbeidete klimagassberegningen må anses som en illustrasjon av planens ambisjonsnivå der kvalitetsplanens mål konkretiseres noe mer både med tanke på omfang/utforming på bebyggelse, pågående utvikling av løsninger som blant annet sjøvannsvarmepumpe og høytemperatur sesongvarmelager samt et forsøk på realistiske antagelser med tanke på gjennomførbarhet. Både økonomiske vurderinger og utvikling innen flere områder kan medføre at det faktiske klimagassutslippet til slutt kan bli både større og mindre enn det som anslås i dette klimagassbudsjettet.

På nåværende tidspunkt er det registrert følgende forhold som kan påvirke planområdets faktiske klimagassutslipp (usortert liste, se også kapittel 1-3 for mer detaljert informasjon):

- Transport i driftsfasen

En foretting nær sentrum og kollektivknutepunkt er både hensiktsmessig og politisk ønsket, selv om det medfører betydelige klimagassutslipp knyttet til bebyggelsen i planområdet. Til tross for dette er klimagassutslipp fra transport i drift foreløpig ikke inkludert i beregningen siden omfanget påvirkes i langt større grad av vedtak og temaplaner som ligger utenfor reguleringsplanens påvirkningsmulighet. For å kartlegge samlede utslipp på Nyhavna kan det likevel være relevant å beregne forventede klimagassutslipp fra transport i driftsfasen på et senere tidspunkt

- Arbeid på anleggsplass

Det kan forventes en positiv utvikling innenfor både anleggsmaskiner og transportmidler, energibærere for transport og ikke minst sirkulære verdikjeder. Det vil likevel være viktig å vurdere både omfang på nødvendig transport og hensiktsmessig transportmiddel.

- Terrenginngrep og fundamentering

Terrenginngrep og transport av masser gir potensielt store klimagassutslipp. Valg av fundamenteringsløsning og omfang/utforming på sokkel- og kjellerareal kan derfor potensiell påvirke klimagassutslipp fra anleggsfasen. Valg av fundamenteringsløsning vil dessuten også ha stor påvirkning på omfang av utslipp fra materialer og det er derfor viktig å hensynta dette ved valg av fundamenteringsløsning.

- Konstruksjonsmåte

Endelig valg av konstruksjonsmåte kan påvirke klimagassutslipp fra materialer i ganske stor grad. Det er spesielt konstruksjoner i tre som medfører et stort potensial for å redusere utslipp, men valg av lette fremfor tunge konstruksjoner og ikke minst en forventet positiv utvikling innenfor materialer generelt og betong spesielt kan også medføre en merkbar reduksjon i klimagassutslipp.

- Produkter og materialer

Det kan forventes en positiv utvikling innenfor lavutslipps produkter og materialer der både materialsammensetting, produksjon og transportløsninger optimeres. Utvikling av CEM III betong er et godt eksempel på dette, men tilsvarende betydelige forbedringer kan også forventes innenfor andre produktgrupper. Økt omfang på gjenbruk av materialer vil også inngå i denne utviklingen, men i tillegg til dette kan det også forventes en positiv utvikling innenfor sirkulære verdikjeder. Bedre kunnskap og økt omfang på ombruk av bygningsdeler har et stort potensial for å redusere klimagassutslipp fra materialer, ikke minst når dette også gjelder hovedkonstruksjoner som blant annet hulldekker.

- Energikonsept og energisystemer

Pågående utredninger av løsninger for lokale energisystemer innenfor Nyhavna-området viser hvor stort potensiale for reduksjon av klimagassutslipp er når systemgrensen utvides utover plangrensen. En kombinasjon av tiltak som dette og en tilpasning og optimalisering av energikonsept for bebyggelsen innenfor reguleringsplanens grenser er nødvendig for å oppnå ambisjonen om en nullutslippsbydel. Både valg av løsning for hvert bygg og ikke minst et energikonsept som også vurderer all bebyggelse samlet vil bidra å redusere klimagassutslipp betydelig. Også innenfor dette området kan det forventes ytterligere utvikling av løsninger, regelverk og kompetanse.

- Utslippsfaktorer for energibærere

Utredningen av lokale energisystemer innenfor Nyhavna-området viser at et ligger et stort potensial i reduksjon av utslippsfaktorer for termisk energi. Også innenfor produksjon av elektrisk energi fra solceller kan det forventes videre utvikling fremover. Siden energiforbruk i driftsfasen utgjør en stor andel av det totale utslipp kan valg av energibærere og tilhørende utslippsfaktorer påvirke klimagassregnskapet betydelig.

Områdeutvikler for Maskinistgata 2, Bane NOR Eiendom, bidrar og er godt orientert om pågående vurderinger og utvikling av helhetlige konsept og prosjekt for Nyhavna-området. Aktørene på Nyhavna er i ferd med å inngå en forpliktende samarbeidsavtale som skal ivaretar ambisjonene innenfor blant annet forholdene nevnt ovenfor. Det utredes dessuten muligheter for å utvikle området som et forbilde- eller pilotprosjekt.

Det anses som svært krevende å oppnå ambisjonen om å utvikle Nyhavna som et nullutslippsområde når det samtidig er en ambisjon om å bygge ut tett i områder med nær tilknytning til både sentrum og trafikk-knutepunkter. For å komme nærmest mulig dette målet er det svært viktig å redusere klimagassutslipp så mye som mulig, blant annet ved å hensynta anbefalinger i denne rapporten. For å håndtere gjenstående utslipp må potensialet for kompensierende tiltak vurderes.

4.3 ANBEFALINGER FOR VIDERE ARBEID

Opplistingen under punkt 5.4 er et godt utgangspunkt for videre vurdering av tiltak for å redusere klimagassutslipp fra bebyggelsen i planområdet. Følgende forhold trekkes frem som spesielt viktig å ta tak i tidlig i neste fase:

- Utvikling av fundamenteringsløsning

Prosjektets geotekniske notat peker ut direkte fundamentering og fundamentering på pæler som aktuelle løsninger for fundamentering og peker dessuten på at størst mulig grad av kompensert fundamentering (det vil si at det graves ut masser minst tilsvarende vekten av ny bebyggelse) vil være gunstig. Det er viktig å vurdere fundamenteringsalternativene med tanke på klimagassutslipp fra både transport av masser og klimagassutslipp fra materialer. Utredninger og valg av løsning må

utover dette også hensynta flere av punktene nedenfor der disse potensielt også kan ha stor betydning for fundamenteringsløsning.

- Utvikling av bæresystemer

For å kunne velge den beste løsningen for konstruksjonsmåte og materialer for bebyggelsens hovedbæresystemer må både brannkrav, konsekvenser for klimagassutslipp, mulighet for ombruk av eksisterende konstruksjoner og mulighet for senere demontering vurderes mer detaljert. Utover dette kan det være relevant å også inkludere flere andre punkt fra denne listen i en helhetlig vurdering.

- Utvikling av helhetlige løsninger for aspekter utover materialer, energi og anleggsarbeid

Det er svært viktig å utvikle helhetlige konsept og løsninger tidlig siden de ofte kan ha stor betydning også for andre forhold. Eksempler for dette er:

- Håndtering av overvann: Begrenset omfang på grøntarealer og grønne tak gjør det utfordrende å sikre fordrøyning i nevneverdig omfang. Etablering av sisterner for eksempel i tilknytning til kjellerarealer kan være en mulig løsning som bør utredes.
- Reduksjon av vannforbruk: Muligheten for bruk av gråvann (for eksempel overvann fra fordrøyning) for eksempel til spyling av toalett bør utredes.
- Arealeffektivitet på samtlige løsninger: Dette gjelder både i forhold til tiltenkt funksjon, mulighet for sambruk og endringsdyktighet/fleksibilitet over tid. Utvikling av konsept for deleløsninger for transport inngår også her.

- Utvikling av energikonsept og energisystemer

Som beskrevet under punkt 5.4 er det viktig å utvikle optimale energikonsept som også inkluderer muligheter for felles løsninger med nabobebyggelsen og felles løsninger for hele området. Ambisjonen bør likevel ikke begrenses til å forutsette gode løsningen utenfor planområdet, også byggenes energikonsept og muligheter for lokale energisystemer må utredes og vurderes tidlig. Utover en generell reduksjon av energibehovet og høy grad av effektivitet på blant annet systemer for oppvarming og kjøling kan det blant annet være relevant å utrede muligheter for:

- utnyttelse av spillvarme
- batterilagring
- termisk lagring i konstruksjoner, vanntanker eller geotermiske pæler

- Vurdering av potensiale for kompenserende tiltak

Dette kan være tiltak både innenfor planområde, innenfor Nyhavna-område og tiltak som i utgangspunktet er uavhengig av utbyggingen planområdet er en del av

Med bakgrunn i vurderingene ovenfor anbefales det å involvere både RIB, RIBR, RIEnergi og RIM så tidlig som mulig i prosjekteringsprosessen.