

Dagens effektbehov på bygge- og anleggsplasser

Kartlegging for å vurdere sammenhenger, behov og begrensninger av effekt på bygge- og anleggsplasser. Hva er årsakene til effekttoppene og hva anbefales å inkludere i kontraktkrav for automatisk innhenting av forbruksdata fra utslippsfrie bygge- og anleggsplasser.

Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver	Klimaetaten ved Oslo kommune
Kontaktperson	Petter Nergård Christiansen
Tittel på rapport	Dagens effektbehov på bygge- og anleggsplasser
Oppdragsnavn	Kartlegging av effekt- og energibehov utslippsfrie bygge- og anleggsplasser
Oppdragsnummer	10235820
Utarbeidet av	Eirik Hordnes, Linna V. Nguyen
Oppdragsleder	Eirik Hordnes
Tilgjengelighet	Lukket
Forsidebilde	Stockbilde fra Microsoft

Rev	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet av	Godkjent av
00	27.06.2023	Endelig rapport for Leveranse 1	Eirik Hordnes Linna V. Nguyen	Eirik Hordnes Linna V. Nguyen

Oppsummering | Leveranse 1

Leveranse 1 inneholder foreløpige funn i kartlegging av data og tilhørende dataanalyse av Tøyenbadet. Planen er å inkludere flere byggeprosjekter i leveranse 2, blant annet Nordstrand skole, Stovner bad og utvalgte historiske anleggsprosjekter.

Oppdraget Swecogjør for Klimæetaten ved Oslo kommune har per dags dato pågående parallelle prosesser med datainnhenting og -analyse for å øke kvaliteten på den videre analysen. Det jobbes fremdeles med å innhente data fra selve anleggsmaskinene involvert i prosjektene. Utover dette er det utarbeidet et utkast til svar på følgende følgende generelle momenter og problemstillinger, uavhengig av bygge- og anleggsprosjekt:

- I hvilken grad er effekttilgang en begrensende faktor for drift av utslippsfrie BA-plasser?
- Forslag til å unngå uønskede effekttopper
- Konkretisere krav til forkunnskaper hos entreprenør og byggherre for optimal planlegging
- Vurdere hvilke tiltak og forkunnskaper som behøves for å optimere planlegging av en utslippsfri BA-plass

For hvert av de analyserte byggeprosjektene har formålet vært å analysere energibehovet, effektbehovet og årsak til effekttopper.

I byggeprosjektet for Tøyenbadet brukes fjernvarme til byggørk/byggoppvarming. Elektrisitet brukes til brakkerigg, samt til en større andel anleggsmaskiner og utstyr. Biodiesel HVO brukes også til anleggsmaskiner. Den utslippsfrie graden av energibruken har hittil i prosjektet vært 53%. Byggeplassen har tilgjengelig rundt 800 kW fra strømmettet og har i tillegg installert et solcelleanlegg på brakkerigg på rundt 11 kWp.

Høyeste effekttopp i byggeprosjektet inntraff onsdag 8. mars 2023 kl. 11:00 og var på 486 kW. På aktuelt tidspunkt pågikk byggefasene utomhus, råbygg, fasader og innvendige arbeider parallelt. Deler av årsaken til effekttopp er avdekket, mens det grunnet noe umålt forbruk har vært vanskelig å påpeke alle årsakene helt konkret. Det er avdekket at det kursmålte forbruket med brakkerigg, kran 1, kran 2 og gravelader utgjorde 42% (203 kW) av effekttoppen. Det er sannsynlig at ladecontainer til

lading av gravemaskin utløste 31% (152 kW) mens det resterende forbruket utgjorde 27% (131 kW) av makseffekt den aktuelle timen kan være en kombinasjon av mange forskjellige aktiviteter.

Samlet sett har prosjektet hittil brukt 3,5 GWh hvorav elektrisitet utgjør 50%, biodiesel 17% og fjernvarme 33%.

Generelle funn: utslippsfrie byggeplasser

- Kursmålere med 10-minutters tidsoppløsning eller høyere tidsoppløsning gir bedre oversikt over forbruket og bidrar til bedre forståelse av energiforbruket.
- Det er viktig å identifisere årsakene til effekttoppene for å kunne implementere tiltak og unngå uønskede effekttopper.
- En 100% elektrisk byggeplass vil ha ulike effekttopper avhengig av energiløsninger og bruken av elektriske maskiner.
- Det er mulig å implementere ulike tiltak for å minimere uønskede effekttopper, inkludert bruk av flere maskiner, stasjonære batteribanker, god planlegging og ladelogistikk, smart styring av ladingen og energieffektive brakker.
- Krav til forkunnskaper og tydelige kontraktskrav er avgjørende for å sikre effektiv planlegging og drift av utslippsfrie byggeplasser.

Foreløpig anbefalte kontraktkrav

- Krav til energimåling inkluderer måleroppsett, tidsoppløsning for energidata og datainnsamling fra energimålere.
- Krav til ladesystem inkluderer kommunikasjon mellom ladere og batterielektriske maskiner, samt kommunikasjon mellom ladere og plattform for ladere.
- Krav til maskiner inkluderer datainnsamling fra maskiner for å kunne koble energiforbruk til spesifikke maskiner.
- Krav til kommunikasjon mellom dataplattformer inkluderer standardiserte dataoverføringer mellom ulike skybaserte plattformer.

Innhold

1	Introduksjon	5
2	Status på prosjekt	10
3	Nye Tøyenbadet	12
3.1	Energiforbruk	18
3.2	Effektforbruk	25
4	Resultater fra kartlegging	38
4.1	Effekttilgang som begrensende faktor	39
4.2	Utkast til forslag til å unngå uønskede effekttopper	41
4.3	Utkast til krav til forkunnskaper	43
4.4	Utkast til anbefalte kontraktkrav	45

1 Introduksjon

Bakgrunn for prosjektet og problemstillinger som skal besvares

Rundt 1,2% av Norges samlede klimagassutslipp kommer fra bygge- og anleggsnæringen. Dette tilsvarer om lag 660 000 tonn CO₂e. Oslo kommune har vedtatt at kommunen skal redusere hele kommunens klimagassutslipp med 95% innen 2030, sammenlignet med 2009. I Oslo kommune utgjør utslipp fra bygge- og anleggsnæringen rundt 20% av samlede klimagassutslipp. Innen 2030 skal dette segmentet være utslippsfritt eller benytte bærekraftige fornybare drivstoff. Dette vil, i praksis si bety at alle anleggsmaskiner og transportertil/fra bygge- og anleggsplasser enten pågå på el-, hydrogen eller biodrivstoff (fortrinnsvis biogass).

For å bidra til realiseringen av dette målet har kommunen satt mål om at alle deres egne bygge- og anleggsprosjekter skal være utslippsfrie i løpet av 2025. For å sikre at dette er realiserbart og at alle relevante parter kan planlegge slike prosjekter best mulig, ønsker kommunen mer kunnskap om utslippsfrie BA-plasser, særlig når det gjelder reelt effekt- og energiforbruk og om bruken av elektriske maskiner.

Et av hovedformålene med oppdraget er derfor at prosjektet kommer frem til et standard kontraktskrav for automatisk datainnhenting av effekt- og energiforbruk som kan brukes i forbindelse med kommende bygge- og anleggsprosjekter.

I tillegg til dette skal det innhentes data fra en rekke prosjekter og dataene fra de prosjektene skal analyseres med det formål å besvare følgende

problemstillinger:

- Hva er reelt effekt og energibehov fra BA-plassen?
- I hvilken grad er effektbehov en begrensende faktor for drift for av utslippsfrie BA-plasser?
- Vurdere sammenheng mellom effekt- og energiforbruk og drift.
- Hva er årsakene til effekttoppene på BA-plasser? På hvilke måter og i hvilken grad kan disse unngås (mtp. på planlegging, tilpassede rutiner, teknisk utstyr etc.)?
- Hva kreves av forkunnskaper hos entreprenør og byggherre for å optimere planleggingen med tanke på energi- og effektbehov for utslippsfrie bygge- og anleggsdrift? Hva bør være standard kunnskap hos entreprenører og byggherre om effekt- og energiplanlegging?
- Vurdere, sammen med nettselskapet (Elvia), hvilke resultater fra arbeidet som kan hjelpe dem med saksbehandling eller planlegging av nettutbygging.

Det presiseres at selv om man her kommer frem til reelt effekt- og energibehov med utgangspunkt i de spesifikke prosjektene som er undersøkt vil det ikke være en fasit for andre prosjekter. Oslo kommune har for øvrig forsøkt å legge til grunn mest mulig representative prosjekter, men i praksis vil det kunne være relativt store variasjoner fra prosjekt til prosjekt.

Sammenfatning av eksisterende kunnskapsgrunnlag

En del av dette oppdraget er å sammenfatte tidligere kunnskapsgrunnlag. Dette innbefatter, i tillegg til Sweco sine egne erfaringer og dialog med bransjen, følgende litteratur:

- **SINTEF. 2021. Erfaringskartlegging av krav til utslippsfrie bygge- og anleggsplasser.** Rapporten ser på muligheter, utfordringer, barrierer og løsninger knyttet til strømforsyning, utslippsfrie anleggsmaskiner og lastebiler og ladelogistikk. *I denne rapporten er den fra nå av forkortet som S21 når den henvises til i teksten.*
- **SINTEF. 2022. Utslippsfri byggeprosess i Oslo – konsekvensutredning.** Rapporten baserer seg på energibruksdata fra noen av de aller første utslippsfrie bygge- og anleggsplassene i Oslo og ser på merkostnader og oversikt over verdiskapning og sysselsetting i tillegg til å beskrive markedsutsiktene og belyse endringer i energi- og effektbruk og andre konsekvenser ved en overgang til utslippsfrie byggeplasser. *I denne rapporten er den fra nå av forkortet som S22 når den henvises til i teksten.*
- **Hafslund Rådgivning. 2022. Forsert elektrifisering av tungtransport og bygg- og anleggsektoren i Oslo mot 2030.** Rapporten estimerer fremtidig aktivitet knyttet til bygg-/anlegg i Oslo, tilhørende elektrisitetsbehov ved gradvis omlegging til utslippsfri aktivitet, og sektorens behov for ladeinfrastruktur (ink. Tungtransport) i Oslo mot 2030, og en vurdering av konsekvensene effektbehovet medfører. *I denne rapporten er den fra nå av forkortet som HR22-30 når den henvises til i teksten.*
- **Klimaetaten, Hafslund Ny Energi og Elvia. 2022. Forsert elektrifisering av tungtransport og bygg og anlegg.** Rapporten vurderer muligheter og barrierer for elektrifisering av tungtransporten og bygg- og anleggssektoren. *I denne rapporten er den fra nå av forkortet som KE22 når den henvises til i teksten.*
- **SINTEF. 2022. Utslippsfrie bygge- og anleggsplasser, veikart.** Denne rapporten er utført på vegne av Rental.one, en utleieleverandør av anleggsmaskiner, og vurderer i hvilken grad de må omstilles for å tilpasse seg utslippsfrie BA-plasser. Dette er gjort gjennom erfaringskartlegging, beregninger, intervjuer og ideverksted. *I denne rapporten er den fra nå av forkortet som S22-vei når den henvises til i teksten.*
- **2023. prSN/TS 3770. Utslippsfrie byggeplasser og anleggsområder.** Dette er en teknisk standard som er ute på høring. Dokumentet har som formål å være et felles faktagrunnlag for bransjen for å best mulig kunne planlegge og operajonalisere utslippsfrie BA-plasser på en mest mulig rasjonell måte. *I denne rapporten er den fra nå av forkortet til TS3770 når den henvises til i teksten.*

Sammenfatning av eksisterende kunnskapsgrunnlag

Forkunnskaper hos entreprenør og byggherre

S22 påpeker et økt behov for samhandling og dialog i tidlig fase mellom byggherre, leverandører og nettselskap. Det samme gjør TS3770. En hovedgrunn til dette behovet er at byggherren som krever utslippsfrie BA-plasser ikke har kjennskap til hvilke maskiner som skal brukes og hvor stort effekt- og energiforbruk vil bli. Hovedutfordringen er knyttet til det dimensjonerende elektriske effektbehovet, da det vil være lite rasjonelt å bygge ut stor midlertidig kapasitet. Derfor bør det dimensjonerende effektbehovet minimeres i størst mulig grad gjennom samhandling i tidlig fase og i form av god kravstilling fra byggherre.

Årsak til effekttopper og hvordan unngå dem

S22 har, basert på egne beregninger, sett hvordan effekttoppene kan reduseres betydelig ved å justere tidspunkt for ladepauser og hvilke teknologier man tar i bruk (batteri, kabel eller kabelbatteri). S21 og flere andre rapporter og egne erfaringer understøtter dette.

Effekt- og energibehov

S22 har, gjennom sin kartlegging, avdekket at grunnarbeidet er den mest energikrevende byggefasen etterfulgt av råbygg og riving. Fra deres intervjuer med bransjen kartla de at behov for tilgjengelig effekt varierer mellom rundt 50-150 kW og noen ganger opp mot 250 kW. For byggeplasser oppgir de at det per i dag typisk er rundt 400-500 kW, men at et fremtidig behov på opptil 1000 kW estimeres når alt skal elektrifiseres.

Maskiner på markedet

S22 har kartlagt at mindre anleggsmaskiner under 8 tonn serieproduseres av flere store produsenter, mens de større maskinene over 8 tonn i hovedsak spesialproduseres i mindre volumer. Som regel tar det 2-3 år fra en maskin introduseres til den er kommersielt tilgjengelig. Elektriske maskiner finnes tilgjengelig for de fleste maskiner. Gravemaskiner skiller seg mest ut ved at det finnes en rekke modellalternativer i flere størrelser.

Erfaringer med bruk av elektriske maskiner

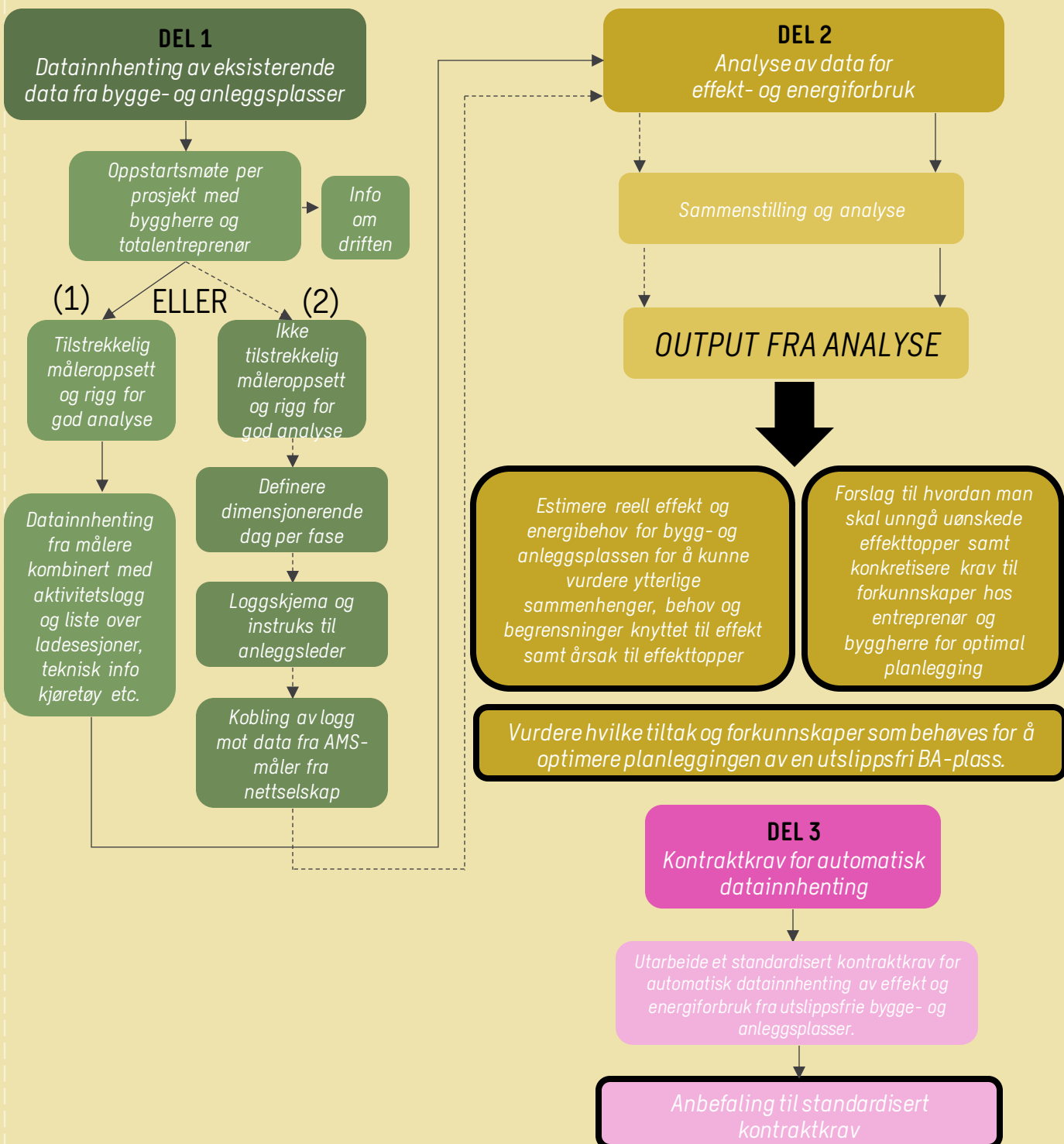
S22 skriver at det er kartlagt at det er uproblematisk med mindre elektriske maskiner og utstyr, men at det fortsatt kan være noen utfordringer med strømforsyning og ladelogistikk når flere, store anleggsmaskiner er i samtidig bruk.

Merkostnader

I sin rapport har S22 utarbeidet levetidskostnader for en liten (8-16 tonn), medium (16-23 tonn) og stor (>23 tonn) gravemaskin, og for en tippbil med og uten henger. Anleggsmaskinene under 8 tonn ble ikke medtatt i analysen. Kostnadssammenligningen tok for seg diesel, HVO og et elektrisk alternativ og viste at avhengig av energiprisene kan de lavere driftskostnadene for det elektriske alternativet kompensere for de høyere investeringskostnadene over en analyseperiode på 5-6 år. Totalt sett anslår rapporten at det trolig vil være merkostnader ved en overgang til utslippsfrie BA-plasser i en periode fremover, men at det mot 2030 kan gå i null eller gi lavere kostnader.

Arbeidsmetodikk

OVERORDNET ARBEIDSMETODIKK FOR PROSJEKTGJENNOMFØRINGEN



2 Status på prosjekt

Status i prosjekt

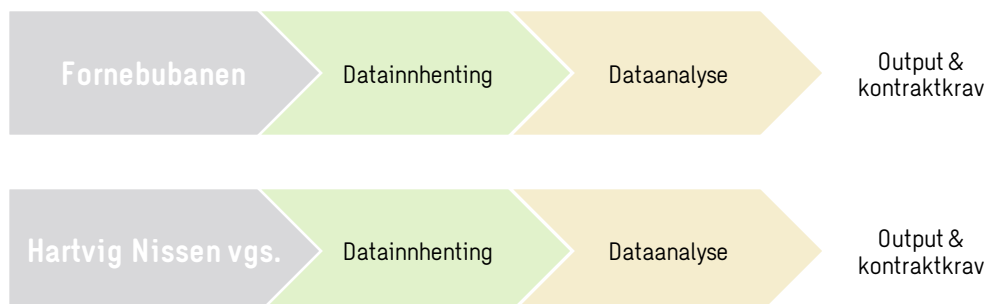
Pågående



Til neste leveranse



Ekskludert fra leveransen



3 Nye Tøyenbadet

12

Nye Tøyenbadet | Informasjon

Eventuell riving

Råbygg

Innvendig arbeid

Grunnarbeid

Fasade

Utvendig arbeid

Det nye Tøyenbadet er et nybyggprosjekt i Oslo kommune som skal bli byens største badeanlegg med sine 2 700 m². Bygget er på ca. 15 800 m² bruttoareal. Badet bygges på den samme tomten som det gamle anlegget og vil bestå av både et innendørsanlegg, et utendørsanlegg og en fullverdig flerbrukshall. Badeanlegget bygges som energivennlig passivhus for idrettsanlegg og energikonseptet inkluderer varmepumper, energibrønner, solenergi og fjernvarme. Anlegget skal ha et grunnvarmeanlegg med energibrønner som primær energiforsyning sammen med solenergi og fjernvarme som sekundære kilder.

Prosjektet skal ferdigstilles 31.05.2024.

Inn i prosjektet er hovedentreprenøren AF Gruppen, mens Asplan Viak håndterer prosjekteringen og Sweco er ansvarlig for prosjekterings- og byggeledelsen.

Anleggsplassen er fossilfri med stort innslag av utslippsfrie anleggsmaskiner. Byggeplassen er forsynt med en tilgjengelig strømkapasitet på 800 kW, og prosjektet benytter seg også av fjernvarme som en del av sin energiløsning. I tillegg er det implementert to ladecontainere fra Eldrift. Nybyggprosjektet er i fremgang og arbeider for øyeblikket med utomhus, fasader og innvendige arbeider.

Prosjektet er godt utstyrt med måleutstyr. Det er installert fem målere på byggeplassen, inkludert en AMS-måler og en individuell måler per kurs (brakkerigg, tårnkran 1, tårnkran 2 og gravelader). Målinger ble initiert den 15. november 2022, og dette vil muliggjøre en omfattende analyse av energiforbruket og effektiviteten til prosjektet.

Sweco har mottatt følgende relevante data og info fra prosjektet:

- Månedlig maskinoversikt inklusiv akkumulert forbruk
- AMS-data med timesoppløsning [kWh/h]
- Kursmåling for 4 kurser (tårnkran 1, tårnkran 2, gravelader og brakkerigg med 10-minutters oppløsning) fra nov 2022. Prosjektoppstart med grunnarbeider var i des 2020.
- Fjernvarmeforbruk fra okt 2022 – apr 2023.
- Nettkapasitet: 800 kVA transformator i nettstasjonen.



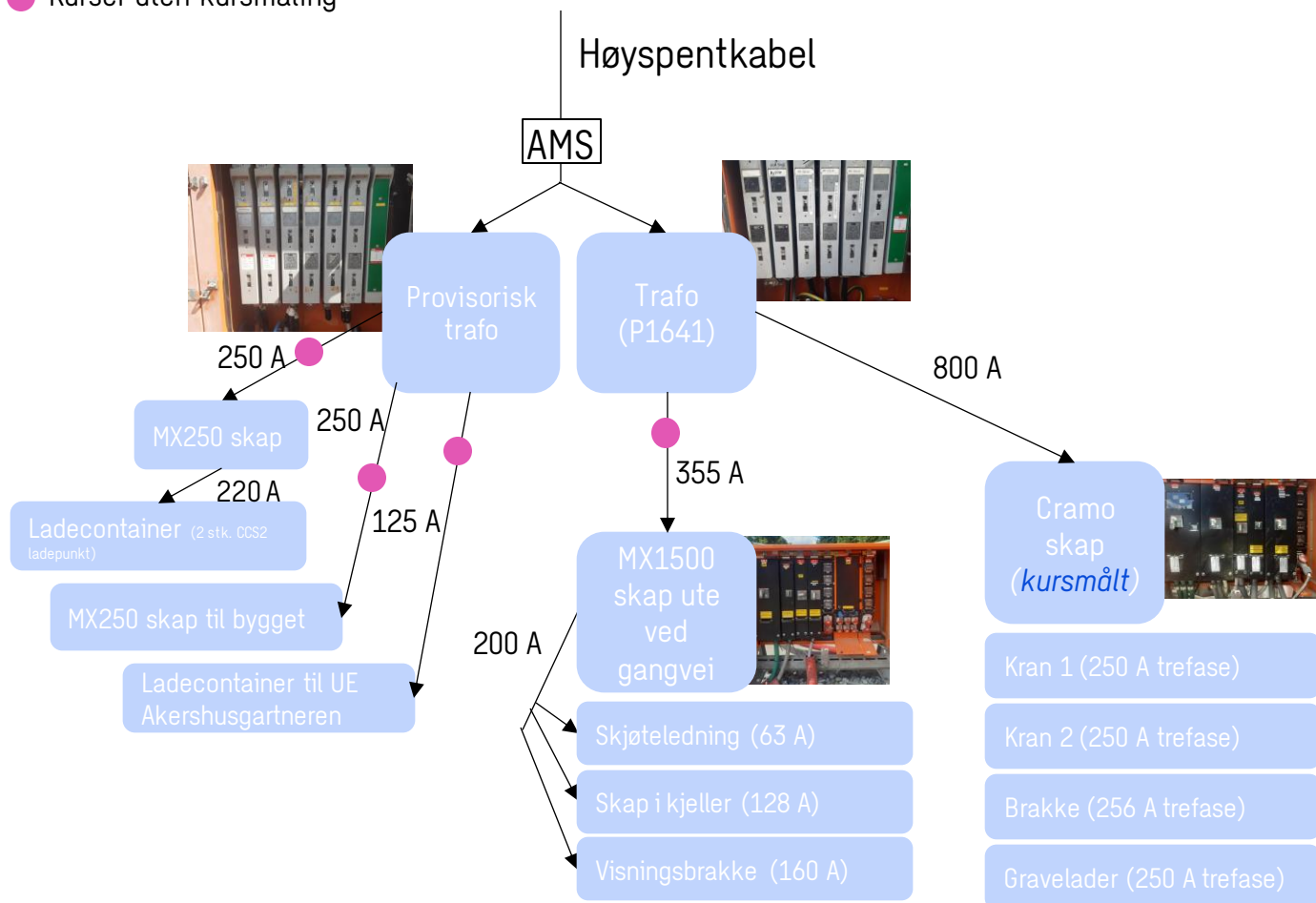
Byggegrensen for Tøyenbadet

Nye Tøyenbadet | Informasjon

Strømrigg

FORKLARING FARGEKODE

● Kurser uten kursmåling



Strømmen på byggeplassen fordeles ut til de ulike forbrukspostene ved hjelp av to trafoer. Den ene er nettstasjon P1641 satt opp og driftet av Elvia, mens Omexon har satt opp og drifter en provisorisk trafo i tillegg. Total oppgitt kapasitet på trafoer er rundt 800 kW. Anlegget er på 400 V. Den provisoriske trafoen har tre kurser som forsyner (1) ladecontainer fra Eldrift via et MX250-skap, (2) et MX250-skap som forsyner bygget og (3) ladecontainer fra Eldrift til AF brukt av underentreprenør Akershusgartneren.

Den andre trafoen (P1641) har tre parallelle kurser som med total kapasitet på 800 A som leveres til Cramo-skap. Disse fordeles videre til kran 1, kran 2, brakker og gravelader. Alle disse kursene er målt. Trafo leverer i tillegg 355 A strøm til et MX1500-skap ute ved gangvei som videre forsyner (stilt ned til 200 A) et annet skap i kjelleren og en kurs til visningsbrakken. Det er også tatt ut skjøteledning i tavlen som forsyner diverse forbruk på byggeplass. Tidligere har det vært i bruk 2 stk. 63 A enfase til industrikontakter for mobilkraner og en 32 A enfase til sagcontainer.

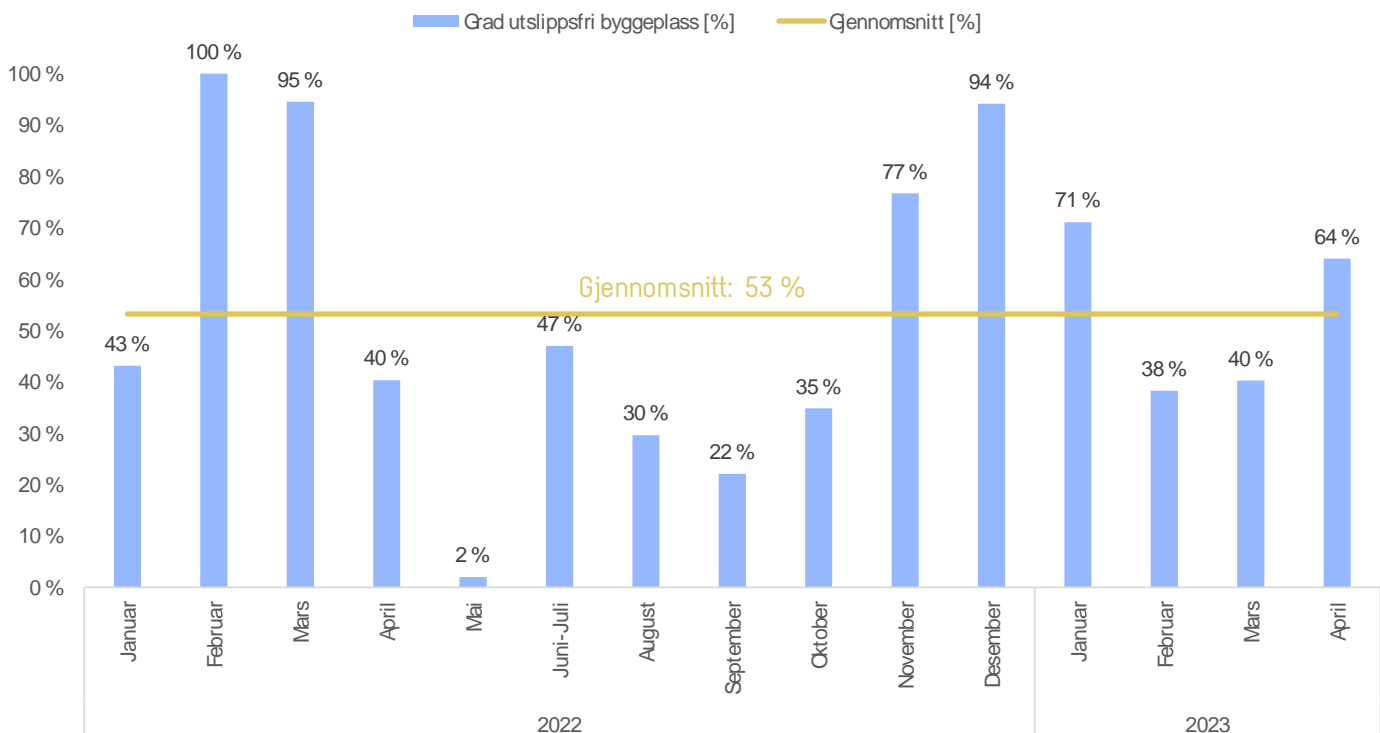
Nye Tøyenbadet | Informasjon

Graden av utslippsfri byggeplass

Gjennom årene har det vært en økende bevissthet om behovet for mer bærekraftige og miljøvennlige løsninger i bygg- og anleggssektoren. Dette har resultert i en gradvis overgang fra tradisjonelle fossile drivstoff til mer miljøvennlige alternativer. Anlegget på Nye Tøyenbadet er fossilfri med stort innslag av utslippsfrie anleggsmaskiner. Det betyr at alle anleggsmaskiner er elektriske eller går på biodrivstoff.

Diagrammet over gir en oversikt over graden av utslippsfri drift på byggeplassen for Tøyenbadet, over perioden januar 2022 til april 2023. Målingen er basert på prosentvis forbruk fra andelen av elektrisk drevne enheter i bruk på byggeplassen. Diagrammet viser at gjennomsnittet for denne perioden er 53 %, noe som betyr at omtrent halvparten av den totale driftstiden ble utført uten utslipp av klimagasser.

Andel elektrisk drift fra anleggsmaskiner på byggeplassen



Nye Tøyenbadet | Informasjon

Info om elektriske maskiner

I arbeidet med Tøyenbadet blir disse anleggsmaskintypene utslippsfrie:

- Kran
- Gravemaskin
- Lift
- Vibroplate

Disse er drevet som batterielektriske eller kablede maskiner, der de batterielektriske er utstyrt med et innebygd batterisystem. Batteriene gir strøm til maskinens elektriske motorer, som driver bevegelsen av anleggsmaskinen. Batteriene kan lades ved å koble dem til en ekstern strømkilde, som en gravelader eller en stikkontakt. Fordelen med batterielektriske maskiner er at de gir mobilitet og fleksibilitet uten å være avhengig av en kontinuerlig strømkilde. De kan brukes på forskjellige steder og er spesielt nyttige i områder der tilgangen til strøm kan være begrenset.

Den andre typen, kablede anleggsmaskiner, er koblet direkte til en ekstern strømkilde gjennom

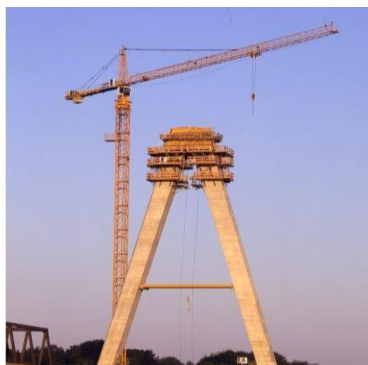
en kabel. Kabelen leverer strøm til maskinens elektriske system, og maskinen bruker denne strømmen til å drive motorer og utføre arbeidet. Fordelen med kablede maskiner er at de ikke trenger å bekymre seg for batteritid eller lading. Så lenge de er koblet til strømkilden, kan de kontinuerlig utføre arbeidet. Imidlertid er de begrenset av rekkevidden til kabelen og kan være mindre fleksible når det gjelder å flytte seg rundt på byggeplassen.

Av de elektriske maskinene benyttet på prosjektet, har følgende elektriske maskinene høyest månedlig forbruk:

- Tårnkranene
 - Liebherr 280 EC-H12 litronic
 - Liebherr 280 EC-H16 litronic
- Gravemaskiner som
 - CAT 320 Z-line,
 - CAT 323F Z-line
 - CAT 310 Z-line
 - Doosan DX300LC.



DOOSAN DX300LC (Gravemaskin (EL))
Batteri – 150 kWh – max. 100 kW



LIEBHERR 280 EC-H12/EC-H16
LITRONIC (Tårnkran)



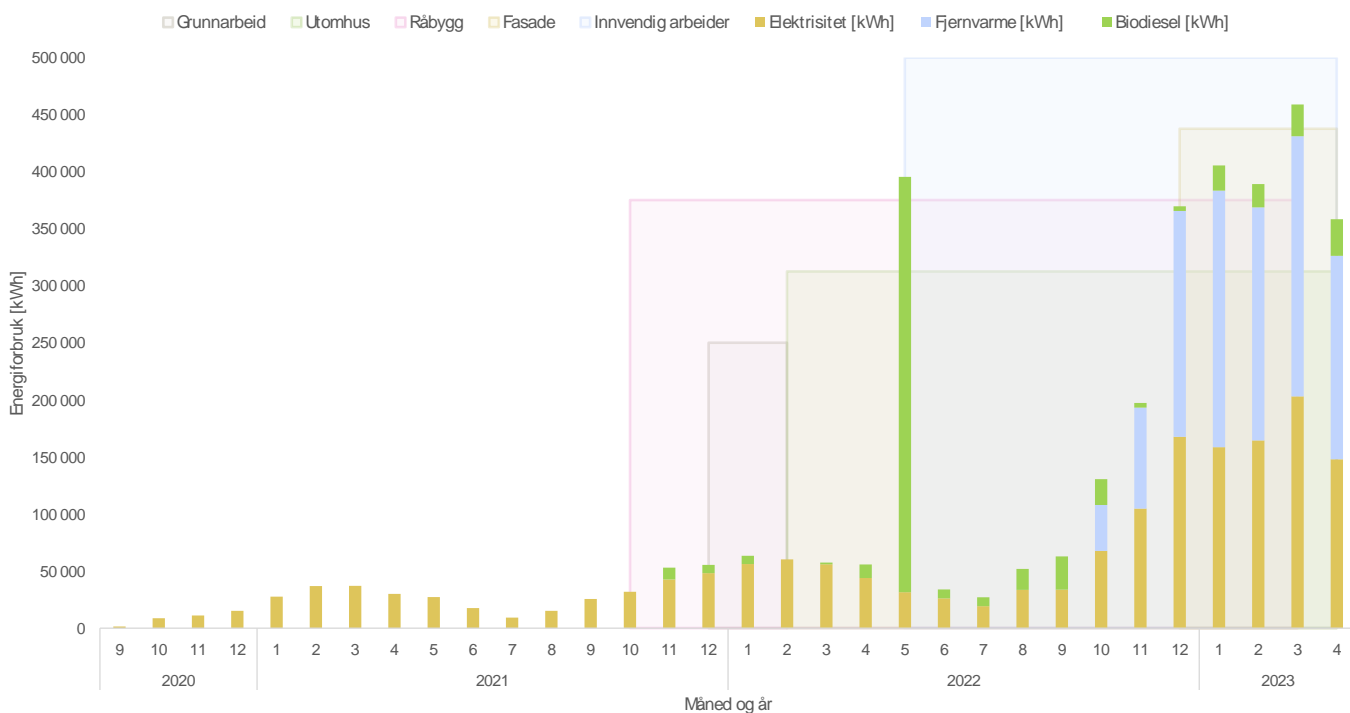
CAT 320 Z-LINE (Gravemaskin (EL))
Batteri – 300 kWh – max. 150

3.1 Energiforbruk

Nye Tøyenbadet | Energiforbruk

Samlet forbruk per energibærer

Totalt energiforbruk per måned og byggefase, fordelt på energibærer

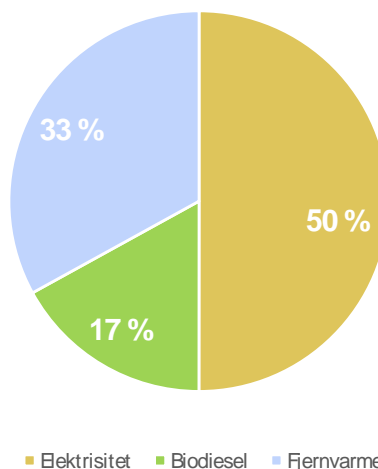


Samlet energiforbruk for byggeprosjektet uavhengig av energibærer har hittil vært på **3 520 075 kWh**.

Elektrisitet har vært den mest brukte energibæreren med en andel på 50% etterfulgt av fjernvarme på 33% og biodiesel på 17%. Fjernvarme ble etablert i oktober 2022 og startet forsyningen da i forbindelse med råbygg og innvendige arbeider.

Energibruken av biodiesel er verdt å kommentere på, da det er oppgitt et forbruk på rundt 40 500 liter i mai 2022. Årsaken er innrapportert bruk av 2 stk. Atlas Copco Y35 luftkompressorer. De er benyttet til boring av energibrønner og står for det svært høye forbruket. I følge fremdriftsplanen var oppstart av boring i april 2022 og mesteparten ble fullført innen juni samme år. Luftkompressorene er oppgitt til å ha et forbruk på rundt 2,2 liter per boret meter. Med 52 energibrønner på 300 meter per samstemmer dette godt med innrapporterte tall, bortsett fra at forbruket som minimum skulle vært fordelt på april, mai og delvis juni.

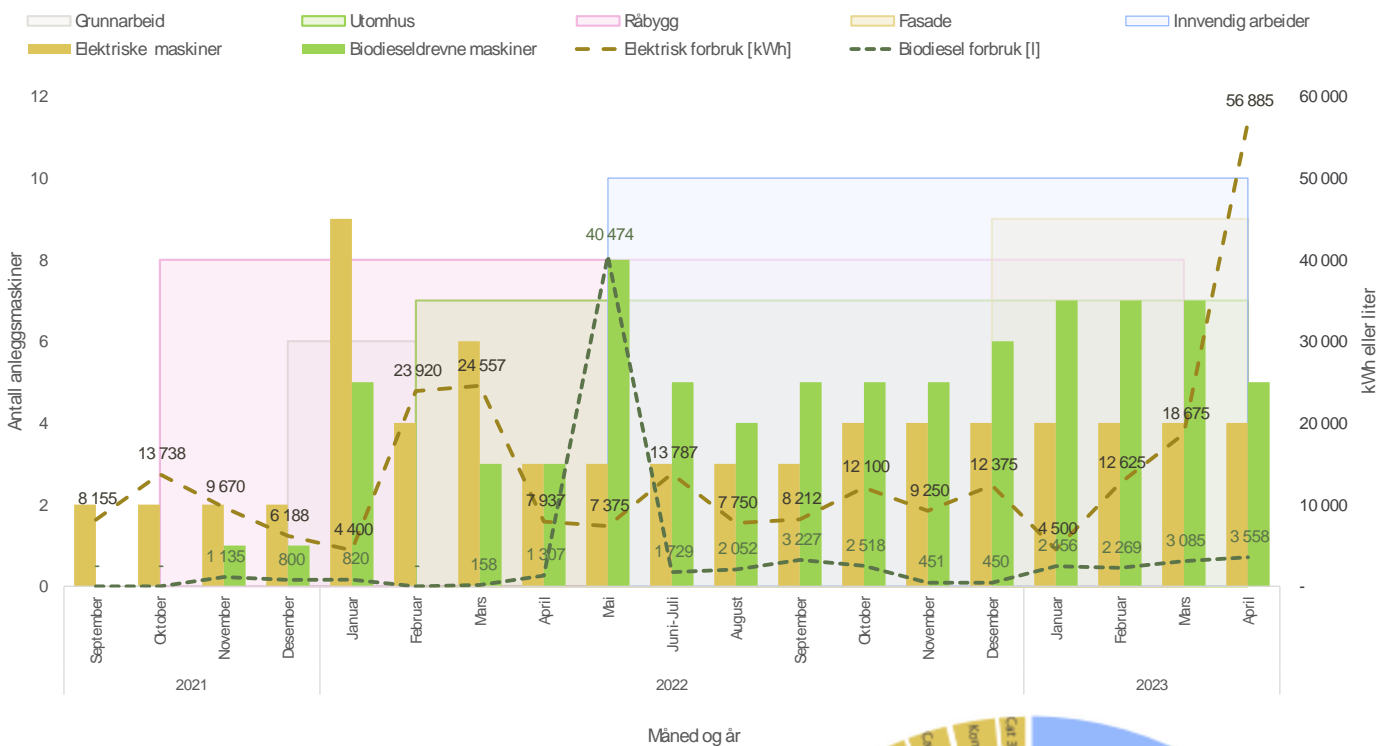
Andel energiforbruk per energibærer for byggeprosjektet hittil



Nye Tøyenbadet | Energiforbruk

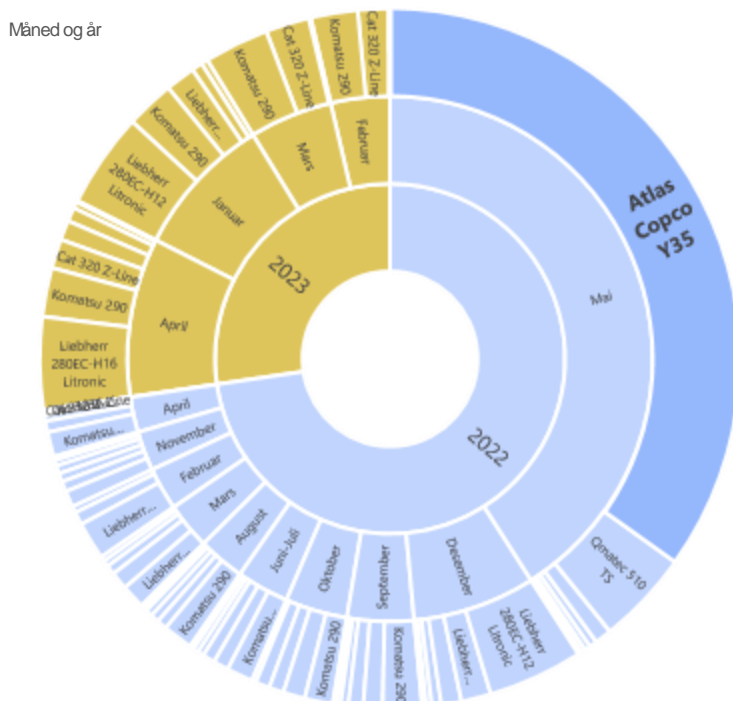
Månedlig forbruk per energibærer og antall maskiner

Antall anleggsmaskiner på byggeplassen, fordelt på energibærer



Diagrammet over viser den månedlige sammensetningen av elektriske og biodieseldrevne anleggsmaskiner på byggeplassen for de ulike byggefasene, med tilhørende elektrisk forbruk i kWh og biodiesel (HVO100) i liter.

De elektriske anleggsmaskinene med innrapportert forbruk har i løpet av 2022 brukt 131 663 kWh og 92 685 kWh hittil i 2023 (til og med april). Anleggsmaskiner på HVO har i 2022 brukt 1694 liter (15 246 kWh) og 378 liter (3402 kWh) hittil i 2023. EL-maskiner har samlet brukt **482 kWh i gjennomsnitt per dag** for hele byggeprosjektet, mens maskiner på biodiesel har brukt 138 liter per dag i snitt (1243 kWh), hvorav det aller største forbruket skjedde i mai 2022 ved bruk av luftkompressorer til boring av energibrønner. Om man ser bort fra det er gjennomsnittlig daglig brutto forbruk 55 liter HVO (495 kWh).



Månedlig forbruk per maskintype, konvertert [kWh]

Nye Tøyenbadet | Energiforbruk

Kursmålere: Energispesifikke forbruksposter

På Tøyenbadet er det lagt opp til strømmåling av enkeltkurser med spesifikke forbruksposter. Bortsett fra forbruket fra en av de målte kursene, for kursen ved navnet «gravelader», som varierer ut fra blant annet type maskin som lader er det av interesse å se nærmere på forbruk og effekt for de øvrige målte kursene. Disse er kran 1, kran 2 og brakkerigg. Her gjelder oppgitt forbruk fra 16.11.2022 når kursmålere ble montert til og med 30.04.2023.

Brakkeriggen består av 61 brakker og forsynes av en 256 A trefase kurs, som tilsier muligheten til å forbruke maksimalt 177 kW.

Kran 2 er av typen Liebherr 280EC-H16 Litronic med en installert effekt på 110 kW og tilkoblet en 250 A trefase kurs, som tilsier muligheten til å forbruke maksimalt 173 kW. Kran 2 er av samme produsent og av modellen 280EC-H12.

Brakkerigg

- Gjennomsnittlig månedlig forbruk: 31 589 kWh
- Maks gjennomsnittlig månedlig forbruk: 38 870 kWh
- Gjennomsnittlig forbruk per dag: 1 151 kWh

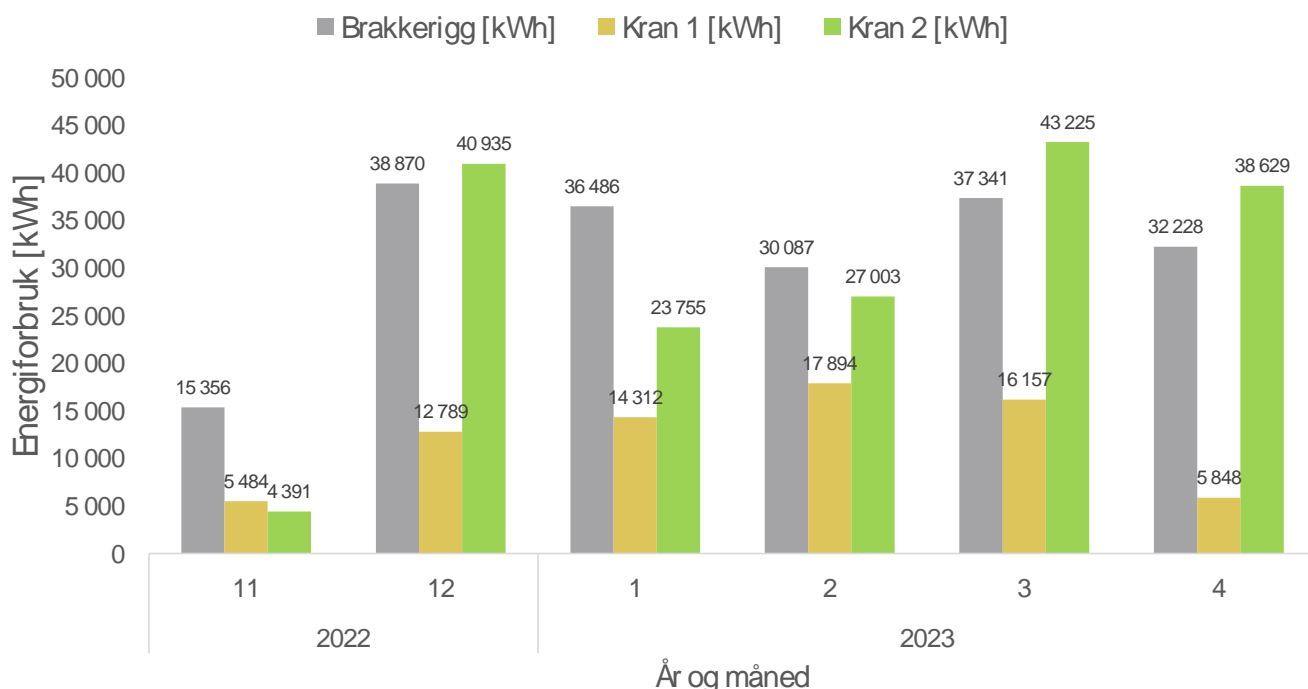
Kran 1

- Gjennomsnittlig månedlig forbruk: 12 030 kWh
- Maks gjennomsnittlig månedlig forbruk: 17 894 kWh
- Gjennomsnittlig forbruk per dag: 438 kWh

Kran 2

- Gjennomsnittlig månedlig forbruk: 27 695 kWh
- Maks gjennomsnittlig månedlig forbruk: 43 225 kWh
- Gjennomsnittlig forbruk per dag: 1 009 kWh

Energiforbruk per måned for kursmålt forbruk [kWh]



Nye Tøyenbadet | Energiforbruk

Kursmåler: «Gravelader»

Energimålingen gjøres også for kursen ved navn gravelader. Dette er en kurs med en sikring på 250 A som med andre ord kan levere opp til 173 kW.

Det er oppgitt fra byggeplass at laderen tilkobles gravemaskin ved hjelp av industrikontakt som leverer vekselstrøm til gravemaskinen.

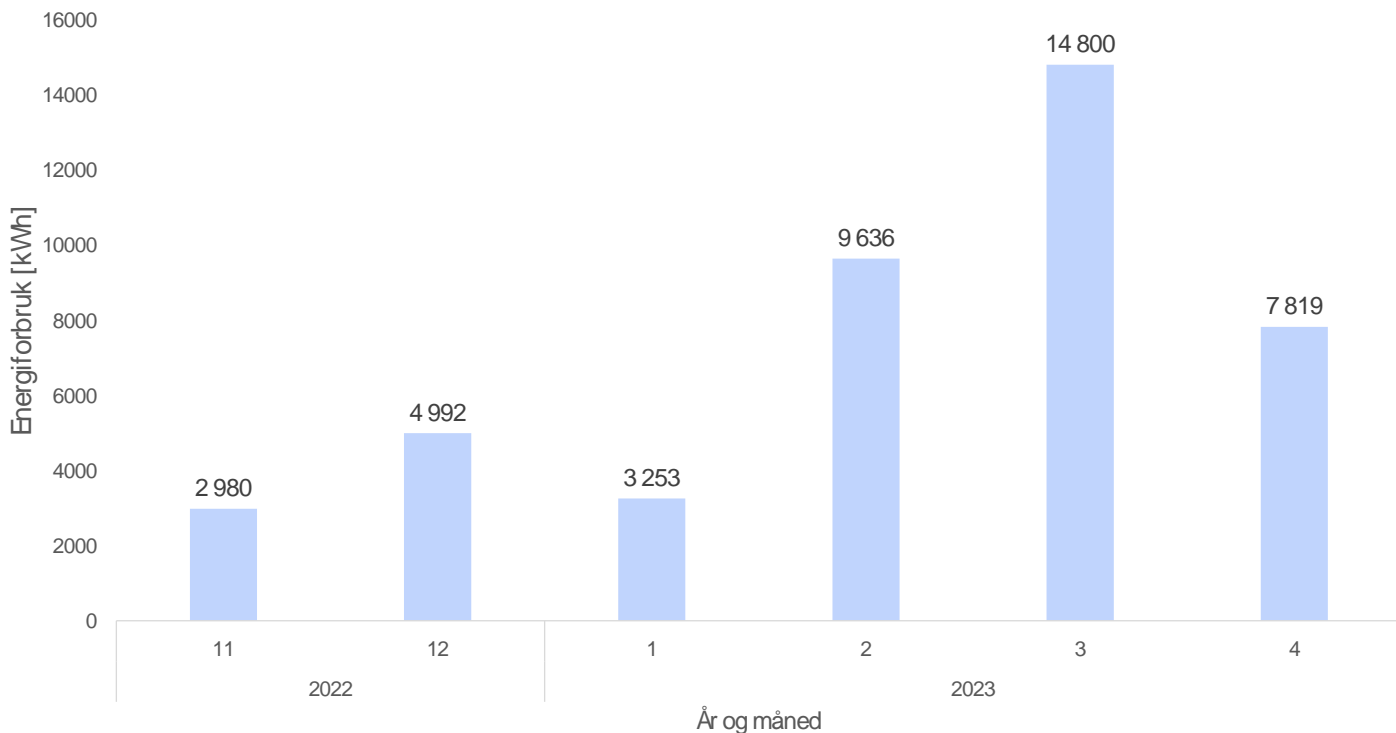
Gravelader

- Gjennomsnittlig månedlig forbruk: 6 945 kWh
- Maks gjennomsnittlig månedlig forbruk: 13 812 kWh
- Gjennomsnittlig forbruk per dag: 253 kWh



Viser Cramo-skap med kurs for gravelader markert med lilla

Energiforbruk per måned for kursen "gravelader"



Nye Tøyenbadet | Energiforbruk

Fjernvarme

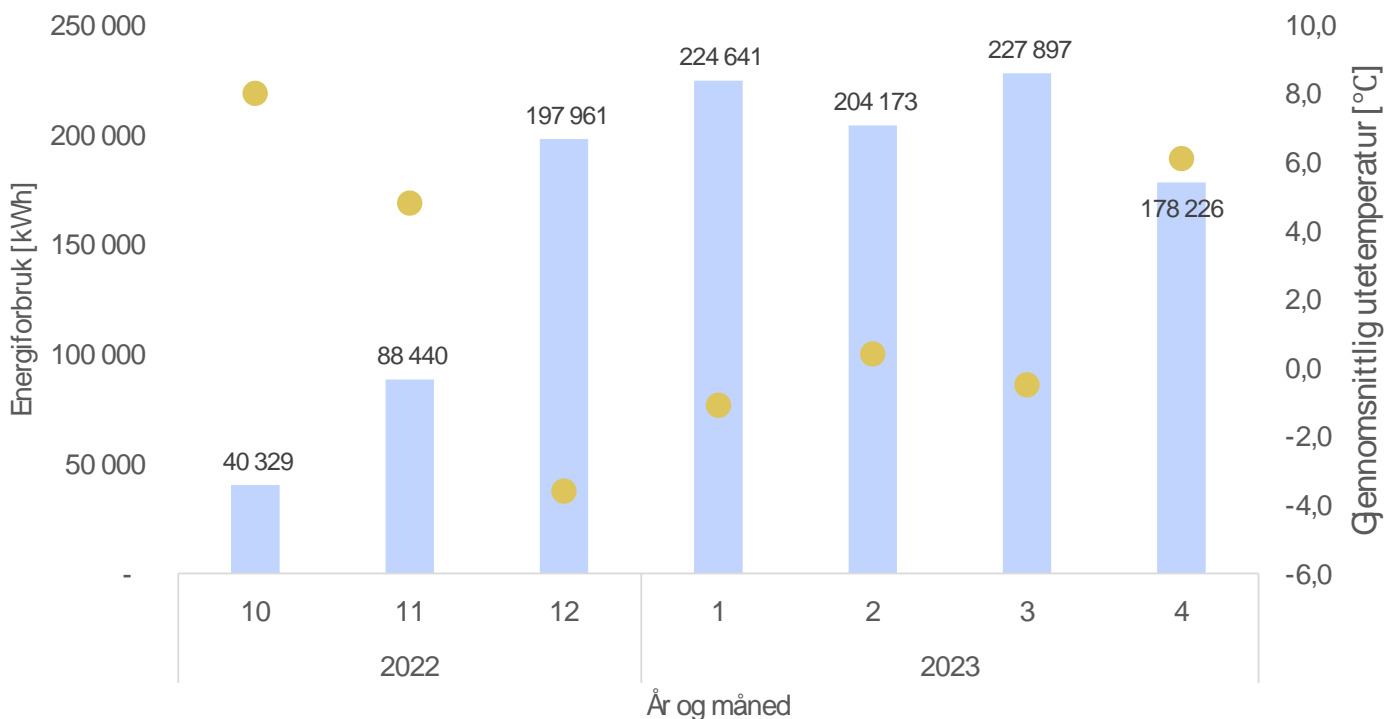
Fjernvarmen ble montert og startet leveransen av termisk energi til byggørk og byggvarme 1 oktober 2022.

Fjernvarme

- Gjennomsnittlig månedlig forbruk: 165 952 kWh
- Maks gjennomsnittlig månedlig forbruk: 227 897 kWh
- Gjennomsnittlig forbruk per dag: 5 495 kWh

Månedlig forbruk fjernvarme [kWh]

■ Fjernvarme [kWh] ● Utetemperatur gjennomsnitt måned [°C]

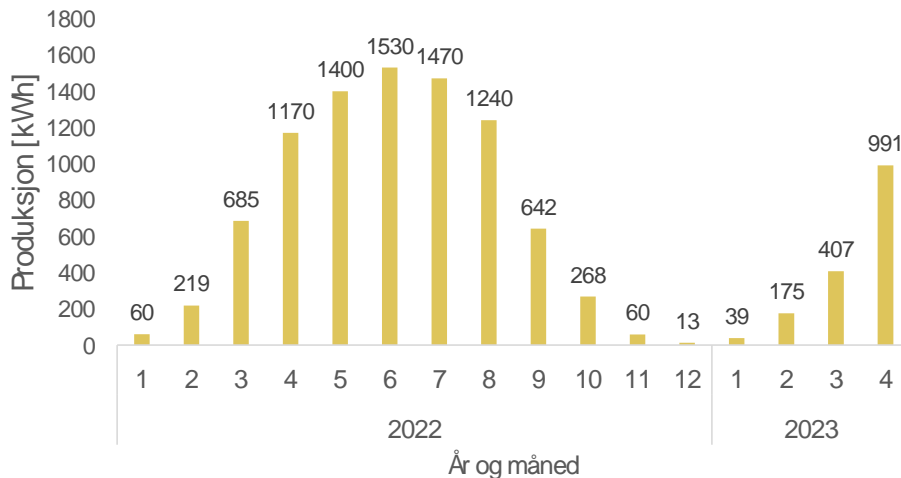


Nye Tøyenbadet | Energiforbruk

Energiproduksjon fra solstrøm

Anlegget består av 10 paneler montert på hver sin ramme som dekker ett brakketak. Totalt er det 40 paneler i anlegget. Det er oppgitt fra leverandør at det under optimale solforhold vil det kunne produsere 11,2 kW. Dette reduserer behovet fra eksternt nett for å dekke strømbehovet til riggen. Skulle det bli overskudd av strøm vil dette leveres ut på det vanlige forsyningsnettet på byggeplassen. Anlegget ble montert i januar 2022.

Solstrømproduksjon fra brakkerigg [kWh]



3.2 Effektforbruk

Nye Tøyenbadet | Effektforbruk

Introduksjon

Byggeprosjektet nye Tøyenbadet har bedre forutsetninger enn andre pågående prosjekter til å få oversikt over effekttopper på byggeplassen på grunn av mer omfattende rigg med energimålere.

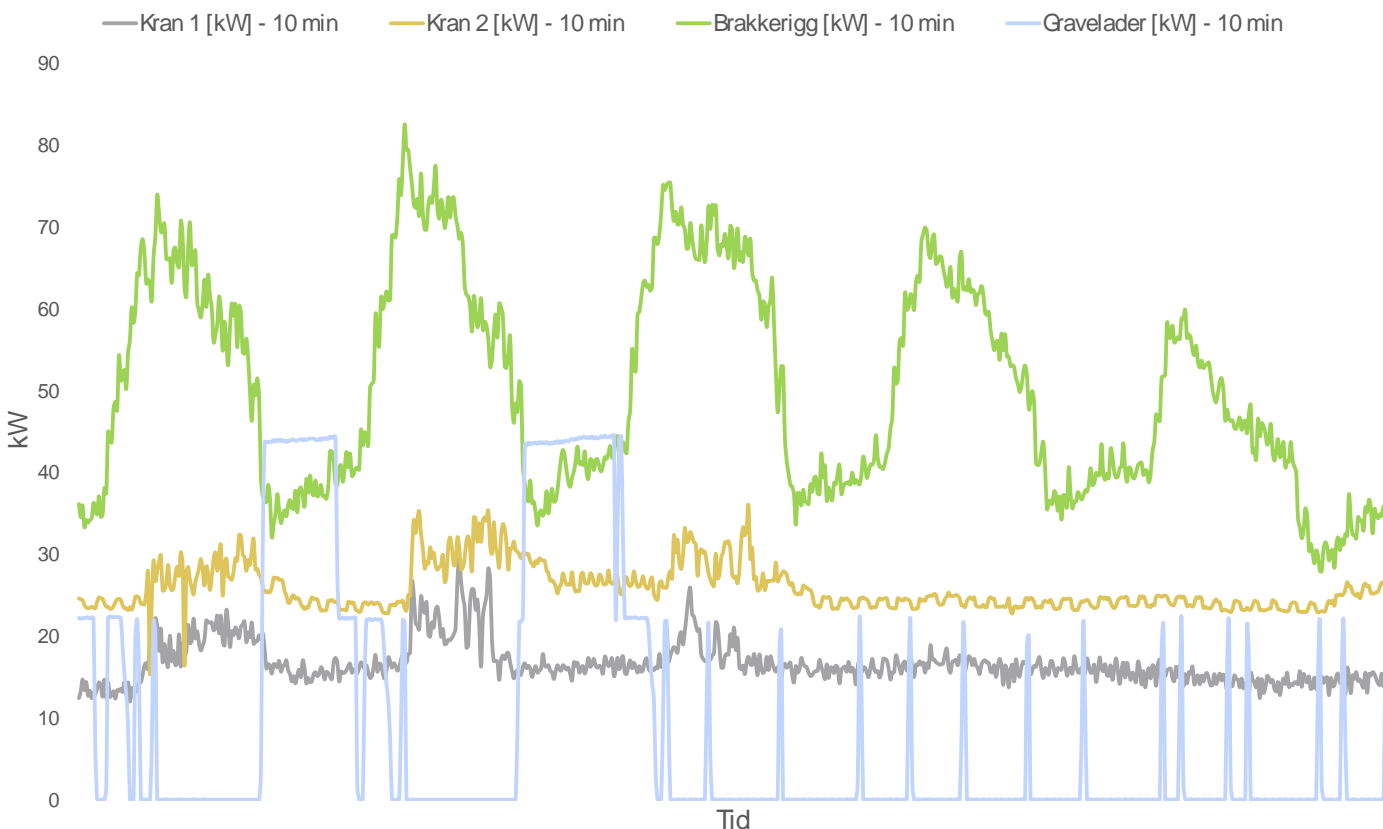
Vanligvis er det i all hovedsak AMS-måleren montert av nettselskapet til bruk for avregning av kraftpris og nettleie som vil være basisen for å ha oversikt over strømforbruket. Denne måleren gir kun informasjon om gjennomsnittlig effekt per time om man ikke monterer på ekstrautstyr. Det gir dermed relativt lav tidsoppløsning som gjør det vanskelig å avdekke de riktig store effekttoppene som kan inntreffe ved kortere tidsintervaller.

På Tøyenbadet finnes det, i tillegg til AMS-måleren og fjernvarmemåleren, 4 kursmålere for strøm. Disse kursmålerne måler dedikert kurs til tårnkran 1, tårnkran 2, brakkerigg og en gravelader. Dette gir bedre forutsetninger for å avdekke årsak til effekt sammenlignet med andre byggeprosjekter. Kursmålerne logger forbruket hvert tiende minutt og har dermed også høyere tidsoppløsningen enn AMS-måler fra nettselskapet.

Selv om måleriggen er bedre, er det fremdeles en del umålte strømkurser.

I diagrammet nedenfor sees det målte forbruket per kurs for en utvalgt uke i februar 2023.

Forbruk per kursmåler uke 5/2023 (man-søn)



Nye Tøyenbadet | Effektforbruk

Kursmålere: Effekt spesifikke forbruksposter

Her sees maks og gjennomsnittlig effekt [kW] for de ulike kursmålte forbrukspostene. Data er hentet fra kursmålerne som har 10-minutters tidsoppløsning. Målerne startet å logge forbruket fra 16.11.2022 og i rapporten analyseres forbruk til 30.04.2023.

Brakkerigg

- Gjennomsnittlig effekt: 47 kW
- Maks effekt: 158 kW (kl. 06:10 mandag, uke 1/2023)

Maks registrert effekt på 158 kW inntreffer lørdag uke 52 i 2022. Med tanker på at det er 61 brakker tilsier dette maks 2,7 kW per brakke som er godt innenfor erfaringstall på mellom 2-3 kW per brakke som dimensjonerende. Denne toppen er for øvrig sjelden og har kun inntruffet én gang i løpet av byggeperioden.

Nest høyeste målte effekt er på 96 kW som utgjør 1,57 kW per brakke. I gjennomsnitt er det 0,77 kW per brakke.

Kran 1

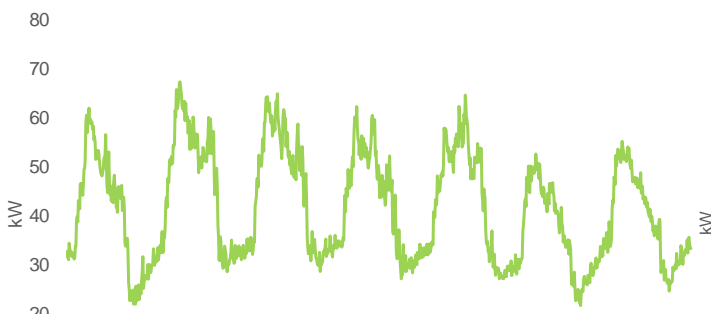
- Gjennomsnittlig effekt: 18 kW
- Maks effekt: 48 kW (kl. 08:30 mandag, uke 7/2023)

Kran 2

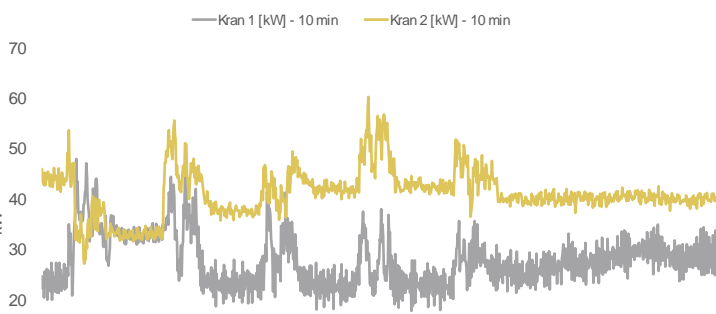
- Gjennomsnittlig effekt: 45 kW
- Maks effekt: 101 kW (kl. 13:10 torsdag, uke 17/2023)

Nedenfor sees diagrammer for typiske ukes- og dager for brakkerigg. Kranoperasjonene har mindre distinkt forbruksmønster og varierer betydelig mer.

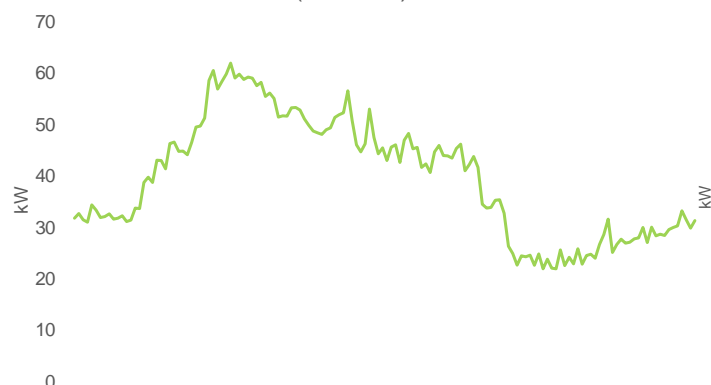
Forbruk brakkerigg [kW] - Uke 7/2023 (man-søn)



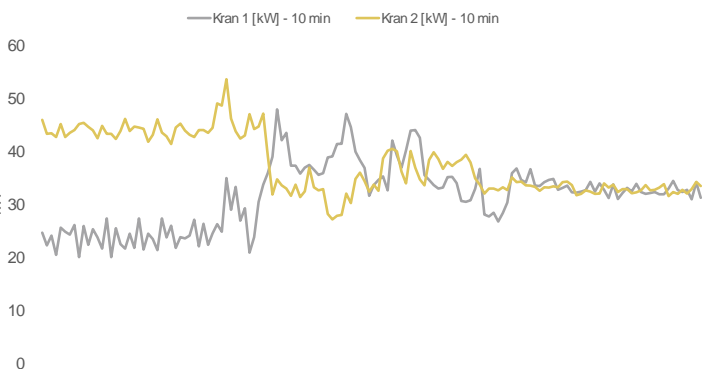
Forbruk Kran 1 og kran 2 [kW], uke 7/2023 (man-søn)



Forbruk brakkerigg [kW] - mandag uke 7/2023 (man-søn)



Forbruk Kran 1 og kran 2 [kW], mandag uke 7/2023 (man-søn)



Nye Tøyenbadet | Effektforbruk

Kursmålere: Effekt spesifikke forbruksposter

Her sees maks og gjennomsnittlig effekt [kW] for kurs til gravelader. Data er hentet fra kursmåler som har 10-minutters tidsoppløsning. Målerne startet å logge forbruket fra 16.11.2022 og i rapporten analyseres forbruk til 30.04.2023.

Laderen er en industrikontakt som er sikret av en 250 A kurs.

Utover noe lunsjlading rundt kl. 11-12 fremstår ladingen på denne kursen med en mindre optimal ladestrategi. Målingene angir at det oppstår enkelte plutselige effekttopper som fremstår som unødvendige, slik vist i diagrammet nedenfor.

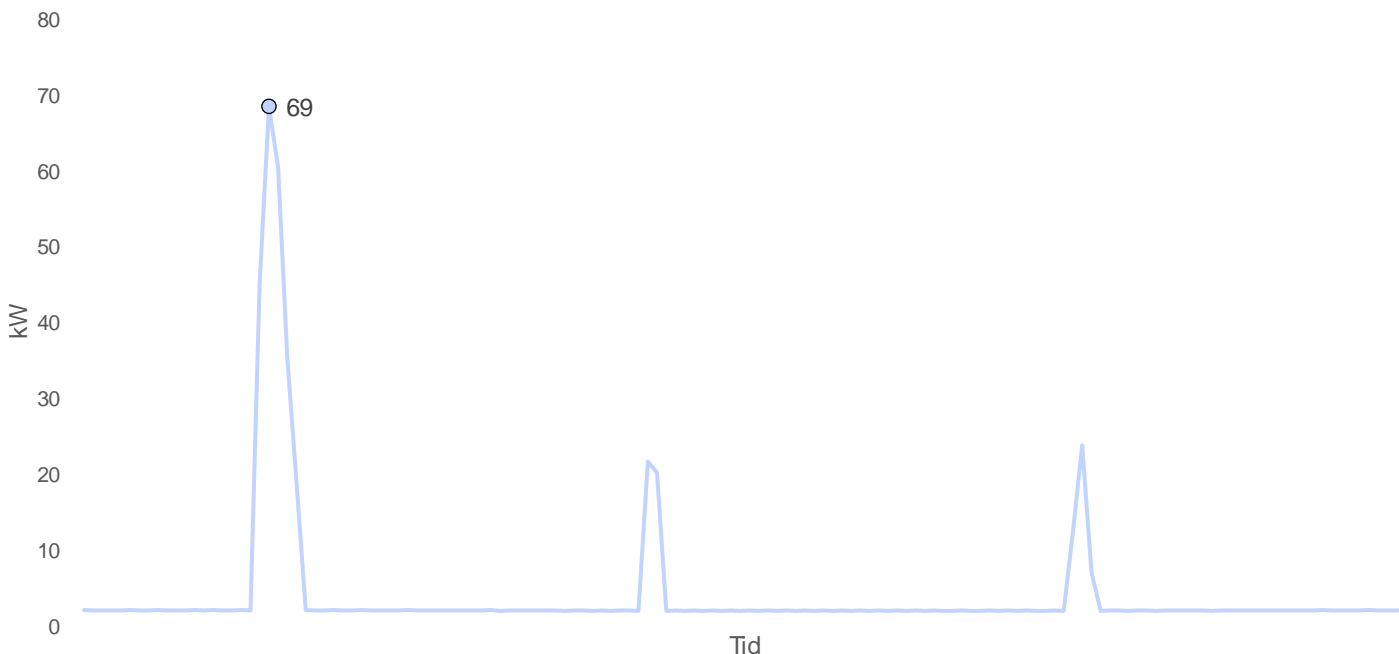
Her oppstår den høyeste effekttoppen plutselig kl. 03:20. Den kunne med fordel ladet med en jevnere og lavere effekt i timene i forkant som er registrert uten forbruk.

Gravelader

- Gjennomsnittlig effekt: 11 kW
- Maks effekt: 69 kW (kl. 03:20 søndag, uke 4/2023)



Forbruk gravelader [kW] - søndag uke 4/2023 - målt makseffekt



Nye Tøyenbadet | Effektforbruk

Tidsoppløsning – 10 min vs. 1 time

Tidsoppløsningen på målerdataene har noe å si for å kunne planlegge og dimensjonere anlegg på en best mulig måte.

Kursmålerne levert fra Cramo logger forbruket per tiende minutt. Sammenlignet med måldata fra AMS-måler gir dette en bedre oversikt over forbruket og et bedre grunnlag for å forstå det elektriske energiforbruket på utslippsfrie byggeplasser bedre.

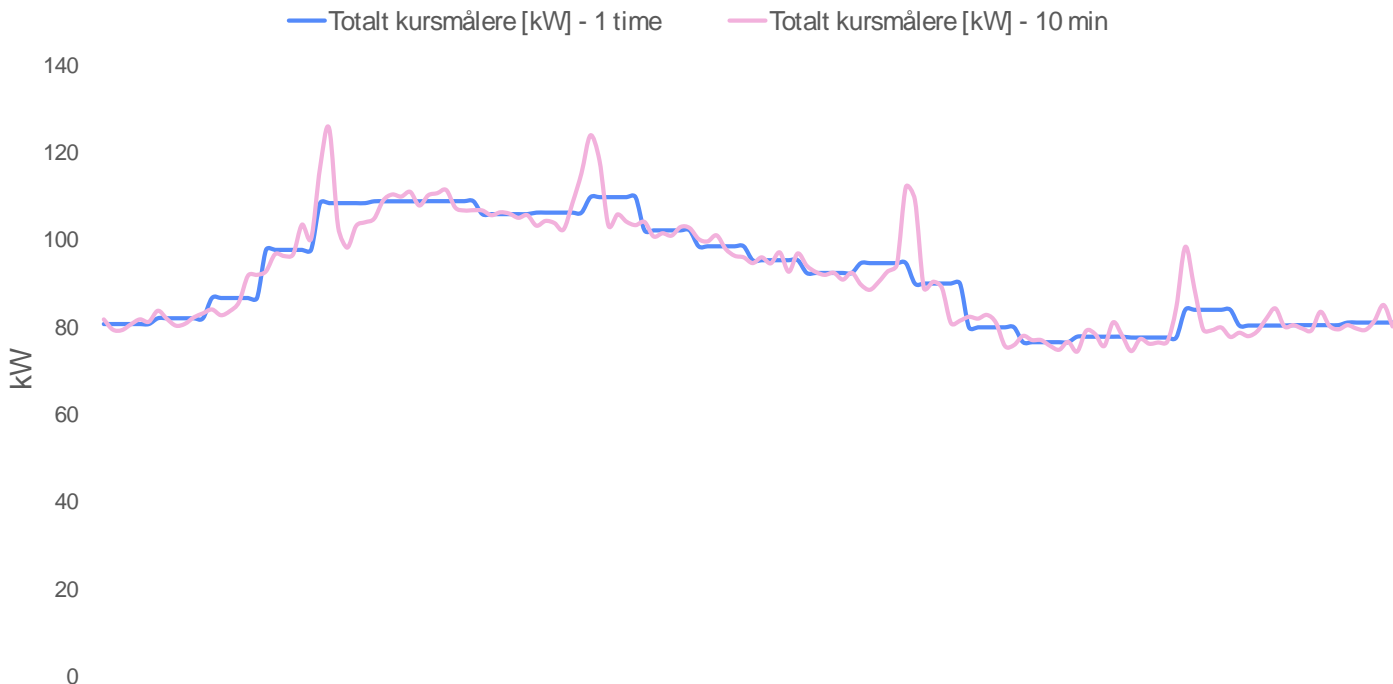
I diagrammet nedenfor sees det hvilket utslag tidsoppløsningen gir for registrert makseffekt. Mens et timesmålt forbruk gir jevnere (og lavere) effekt vil strømmålere med høyere tidsoppløsning synliggjøre toppene. I det mest fremtredende

tidspunktet her (kl. 04:10) er det registrert 125 kW for målingen som gjøres hvert tiende minutt mens målingen med timesoppløsning viser kun en «effekttopp» på 100 kW.

Målingen med ti minutters loggintervall viser med andre ord en effekttopp som til tider er rundt 15% høyere enn for den timesmålte.

Om målingen har enda høyere tidsoppløsning vil det kunne fremvise høyere reelle effekttopper.

Sammenligning effekt [kW] med 10 minutters og 1 times oppløsning for utvalgt døgn



Nye Tøyenbadet | Effektforbruk

Trender mellom kursmålt forbruk og AMS-målinger

For å gi en visuell representasjon av forbrukstrender, presenteres to heatmaps som viser maksimale timesverdier over perioden november 2022 til april 2023. Grunnen til valgt tidsperiode er at kursmålingen ble etablert 16 november 2022. En heatmap er en grafisk representasjon for å vise intensiteten av et fenomen, i dette tilfellet maksimal effekt, på ulike tidspunkter.

Den første heatmapen illustrerer forbruket som er målt ved kursmåling. Ved å analysere denne kartleggingen av forbruket kan vi identifisere mønstre og trender i effektforbruk på individuelle kurser i løpet av dagen og over lengre perioder. For eksempel kan vi se om det er spesifikke tider på dagen eller uken når effektbehovet er høyest eller lavest. Dette kan gi verdifull innsikt for å optimalisere og redusere effektforbruket ved å identifisere ineffektiv bruk av strøm og implementere effektbesparende tiltak.

Den andre heatmapen viser AMS-målt forbruk over samme tidsperiode. AMS gir oss det samlede strømforbruket på byggeplassen. Ved å analysere denne heatmapen kan vi oppdage mønstre i forbruk på tvers av hele systemet, og ikke bare spesifikt på kursmålte aktiviteter. Dette kan inkludere informasjon om tidspunkter med høyt aggregert forbruk, perioder med jevn strømbruk og eventuelle unormale svingninger eller avvik som ikke er forårsaket av kursmålerne brakkerigg, tårnkran 1, tårnkran 2 og gravelader.

Begge heatmapene viser at forbruksmønstrene varierer fra dag til dag, time til time. De timene med mest effektkrevende aktiviteter på byggeplassen forekommer i tidsrommet mellom kl. **11:00 og 13:00.**

Over perioden ser vi at det forekommer stor aktivitet på byggeplassen jevnt over døgnet, som krever signifikant mer effekt enn resten av perioden. Gjennomsnittlig maksimal timeseffekt var 125 kW og 227 kW for henholdsvis kursmålt forbruk og AMS-målt forbruk. Eksempelvis har vi:

- 12. desember – 16. desember 2022
 - Kurs** Maks registrert effekt: **229 kW**
En økning på 182 % fra gjennomsnittet
 - AMS** Maks registrert effekt: **466 kW**
En økning på 205 % fra gjennomsnittet
- 02. januar – 04. januar 2023
 - Kurs** Maks registrert effekt: **226 kW**
En økning på 179 % fra gjennomsnittet
 - AMS** Maks registrert effekt: **311 kW**
En økning på 137 % fra gjennomsnittet
- 07. mars – 10. mars 2023
 - Kurs** Maks registrert effekt: **222 kW**
En økning på 176 % fra gjennomsnittet
 - AMS** Maks registrert effekt: **486 kW**
En økning på 214 % fra gjennomsnittet
- 27. mars – 31. mars 2023
 - Kurs** Maks registrert effekt: **218 kW**
En økning på 173 % fra gjennomsnittet
 - AMS** Maks registrert effekt: **409 kW**
En økning på 180 % fra gjennomsnittet
- 25. april – 27. april 2023
 - Kurs** Maks registrert effekt: **213 kW**
En økning på 168 % fra gjennomsnittet
 - AMS** Maks registrert effekt: **422 kW**
En økning på 186 % fra gjennomsnittet

Kursm tt forbruk, per time per døgn i byggeprosjektet hittil

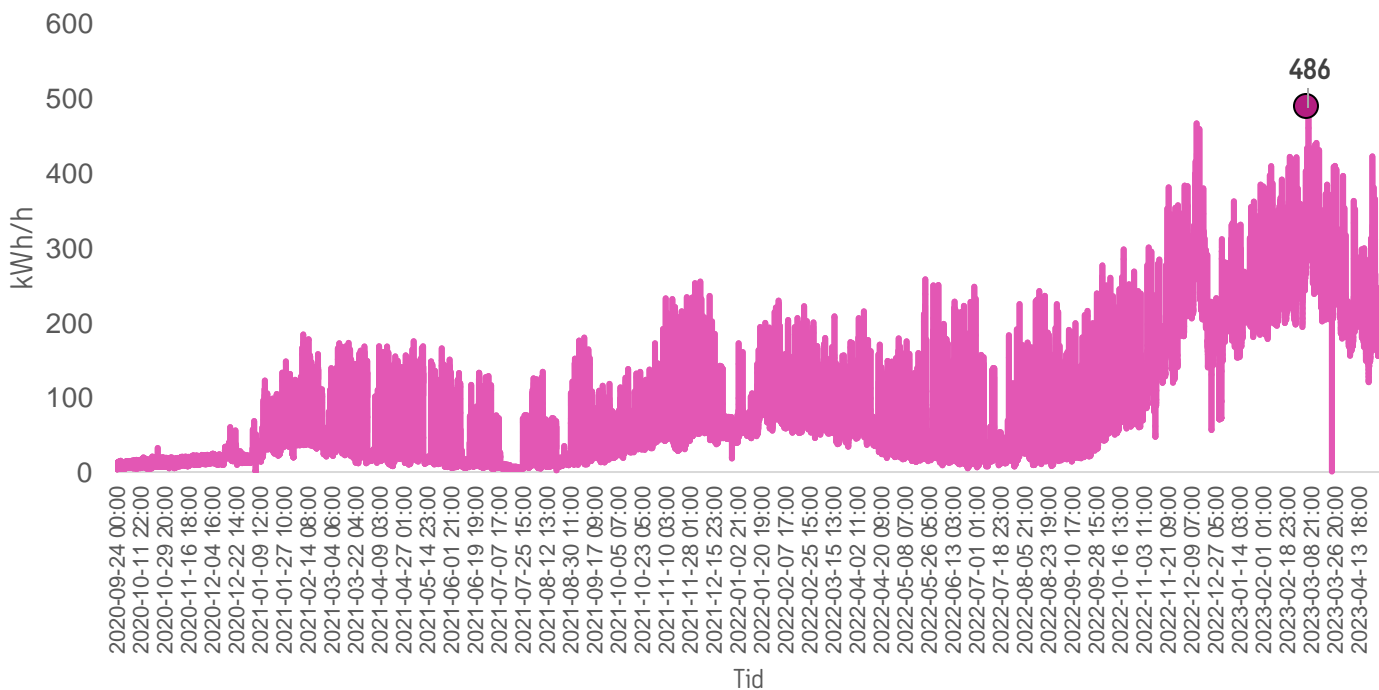
AMS-møtt forbruk, per time per døgn i byggeprosjektet hittil

Dato	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00
16.nov	67	67	74	75	99	68	71	89	75	77	88	96	97	95	94	88	72	64	60	47	50	55	58	58	57
17.nov	68	68	74	75	99	68	71	89	75	77	88	96	97	95	94	88	72	64	60	47	50	55	58	58	57
17.nov	56	56	66	66	92	92	78	87	83	85	87	82	81	82	87	77	63	74	62	64	62	64	63	67	67
20.nov	78	78	86	86	98	87	85	83	81	91	79	85	76	84	75	75	62	63	61	63	61	63	61	63	61
21.nov	64	75	80	86	86	105	108	109	102	97	97	97	97	97	104	101	85	84	83	85	83	85	83	85	83
21.nov	68	68	74	75	99	68	71	89	75	77	88	96	97	95	94	88	72	64	60	47	50	55	58	58	57
25.nov	86	88	94	94	92	111	107	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106
26.nov	83	84	96	98	98	116	115	108	109	102	103	105	102	100	97	76	66	61	59	56	58	57	62	64	64
27.nov	75	74	74	74	74	70	86	83	81	86	83	81	86	83	81	86	83	81	86	83	81	86	83	81	86
27.nov	56	56	67	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
28.nov	56	56	67	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
28.nov	56	56	67	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
30.nov	80	80	80	84	91	93	98	97	104	103	102	95	99	103	104	91	108	99	79	79	76	77	77	77	77
01.des	77	77	88	97	83	109	107	123	121	109	114	104	111	97	104	94	116	94	82	87	78	79	79	80	80
02.des	81	81	85	85	85	104	104	111	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
03.des	81	80	90	104	102	102	105	99	91	101	94	92	91	87	80	80	79	81	83	82	82	82	82	82	82
04.des	82	82	93	102	102	102	99	97	95	94	95	92	92	93	83	80	80	80	82	81	82	82	82	82	82
05.des	84	85	95	125	127	133	131	147	145	150	140	139	140	135	126	125	126	125	128	127	128	128	128	128	128
06.des	85	85	95	125	127	133	131	147	145	150	140	139	140	135	126	125	126	125	128	127	128	128	128	128	128
07.des	157	159	140	144	144	164	172	181	164	161	182	192	182	145	151	144	133	130	130	129	129	129	129	129	129
08.des	153	153	138	143	143	177	186	160	161	158	162	164	193	193	156	184	174	173	173	173	173	173	173	173	173
09.des	140	138	133	143	143	157	167	171	192	185	187	186	185	178	155	137	130	129	129	129	129	129	129	129	129
10.des	153	153	138	143	143	177	186	160	161	158	162	164	193	193	156	184	174	173	173	173	173	173	173	173	173
11.des	133	133	138	149	149	160	146	143	146	142	139	139	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138
12.des	136	147	140	174	177	180	206	219	218	230	246	245	205	197	214	188	168	159	166	167	161	161	161	161	161
13.des	136	147	140	174	177	180	206	219	218	230	246	245	205	197	214	188	168	159	166	167	161	161	161	161	161
14.des	174	173	181	183	183	200	225	215	219	212	201	195	207	199	202	184	180	181	180	179	181	181	181	181	181
15.des	182	182	182	183	183	225	226	206	212	206	197	193	183	183	178	170	171	171	172	170	170	170	170	170	170
16.des	176	176	188	195	187	211	210	215	205	202	222	221	217	207	205	187	165	151	148	149	140	140	140	140	140
17.des	182	182	182	183	183	225	226	206	212	206	197	193	183	183	178	170	171	171	172	170	170	170	170	170	170
18.des	191	142	150	160	160	156	149	140	147	145	143	144	142	144	132	133	133	134	134	134	134	134	134	134	134
19.des	138	142	151	161	179	172	173	177	178	177	177	165	168	163	161	151	147	145	143	144	144	144	144	144	144
20.des	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142
21.des	134	134	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
22.des	132	134	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
23.des	87	89	96	102	107	112	113	119	110	116	110	114	112	110	102	97	100	100	103	106	106	106	106	106	106
24.des	87	89	96	102	107	112	113	119	110	116	110	114	112	110	102	97	100	100	103	106	106	106	106	106	106
25.des	118	120	120	142	142	143	141	158	135	132	131	129	128	24	24	116	112	110	106	105	105	105	105	105	105
26.des	104	101	109	114	117	118	111	108	104	104	102	100	100	99	89	84	85	86	90	88	90	90	90	90	90
27.des	91	92	106	108	111	108	110	118	112	113	114	115	114	115	112	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102
28.des	114	115	127	133	130	137	130	130	126	122	117	118	114	104	101	101	101	102	102	103	104	104	104	104	104
29.des	102	102	111	117	122	120	121	119	115	114	113	112	113	109	103	101	100	104	104	104	104	104	104	104	104
30.des	102	102	111	117	122	120	121	119	115	114	113	112	113	109	103	101	100	104	104	104	104	104	104	104	104
01.jan	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
02.jan	29	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
03.jan	60	81	70	81	84	95	106	101	105	102	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
04.jan	111	112	119	139	134	139	140	140	140	144	141	131	134	136	131	115	102	100	103	105	104	104	104	104	104
05.jan	106	105	115	123	130	140	148	134	131	129	131	123	122	117	109	101	103	101	103	109	100	100	100	100	100
06.jan	106	105	115	123	130	140	148	134	131	129	131	123	122	117	109	101	103	101	103	109	100	100	100	100	100
07.jan	88	92	82	102	103	100	98	93	92	89	91	89	91	89	81	77	78	79	79	79	79	79	79	79	79
08.jan	88	92	82	102	103	100	98	93	92	89	91	89	91	89	81	77	78	79	79	79	79	79	79	79	79
09.jan	79	81	89	90	108	112	106	111	118	116	113	115	110	104	90	85	80	80	78	77	78	77	78	77	78
10.jan	78	76	85	90	100	110	122	122	121	128	118	124	128	128	128	106	96	89	85	87	84	85	84	85	84
11.jan	78	76	85	90	100	110	122	122	121	128	118	124	128	128	128	106	96	89	85	87	84	85	84	85	84
12.jan	73	76	87	112	111	108	118	112	111	101	115	107	118	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112
13.jan	84	108	92	97	102	103	109	103	107	103	108	102	104	90	85	78	70	67	67	68	70	68	70	68	70
14.jan	70	70	80	87	83	92	86	80	86	83	81	86	80	81	76	67	70	70	71	73	72	73	72	73	72
15.jan	77	79	85	94	96	106	110	113	117	118	108	107	112	104	100	82	79	77	79	77	79	77	79	77	79
16.jan	78	76	82	115	119	119	108	107	117	127	106	116	118	108	99										

Nye Tøyenbadet | Maks effekt [kW]

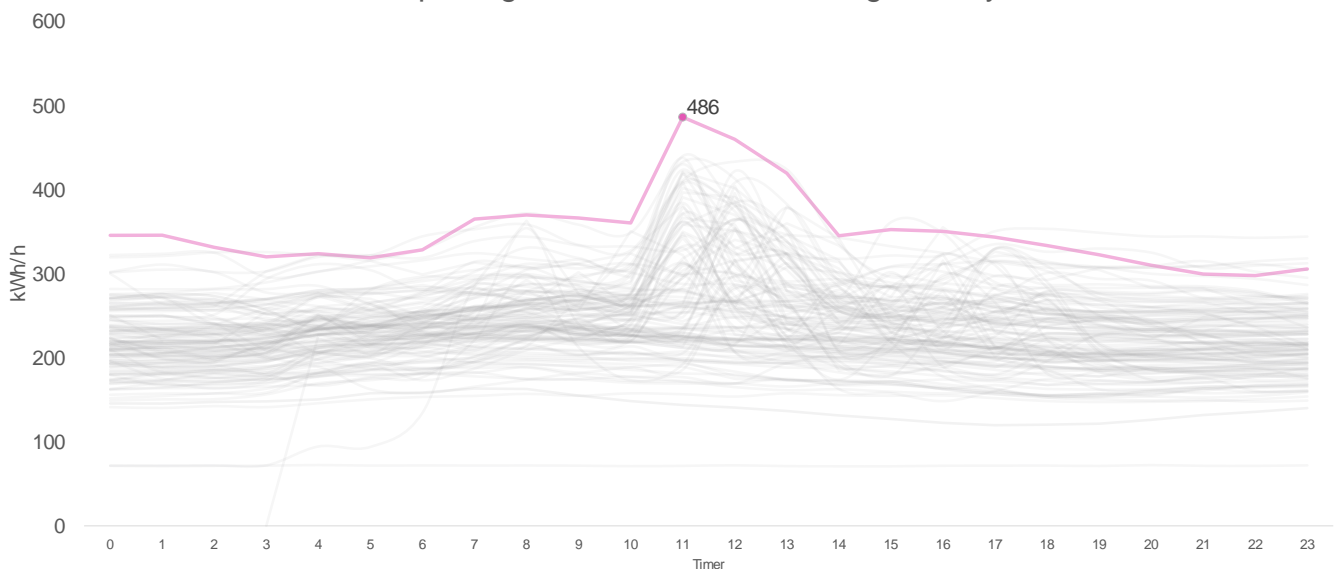
Effekt for hele byggeprosjektet

AMS-måler forbruk for valgt tidsperiode



Høyeste effekttopp for det elektriske strømforbruket på byggeplassen er målt til **486 kW**, registrert onsdag kl. 11:00 uke 10 i mars 2023. I diagrammet over sees strømforbruket for hele byggeperioden, mens det nedenfor viser forbrukskurver per døgn hittil i 2023 hvor man ser dag med høyest effekt fremhevet.

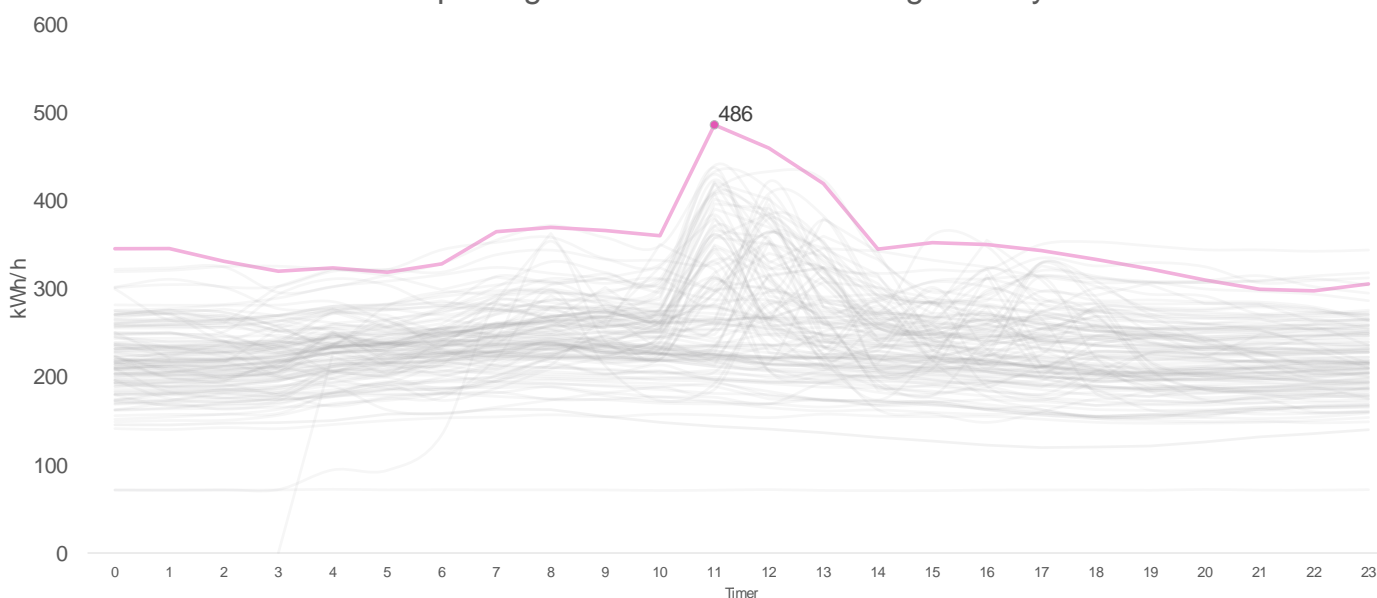
Forbrukskurver per døgn i 2023 med fremhevet dag med høyest effekt



Nye Tøyenbadet | Maks effekt [kW]

Dag med høyeste målte effekt

Forbrukskurver per døgn i 2023 med fremhevet dag med høyest effekt



I likhet med den høyeste effekttoppen som inntraff kl. 11 onsdag uke 10 i mars 2023 skjer de fleste effekttoppene rundt det samme klokkeslettet.

I tabellen til høyre er det beregnet hva gjennomsnittlig forbruk av hver time hvert år har vært i byggeprosjektet, fra 2020 til og med april 2023. I tillegg vises gjennomsnittet av hver time for hvert år helt til høyre ('snitt av snitt').

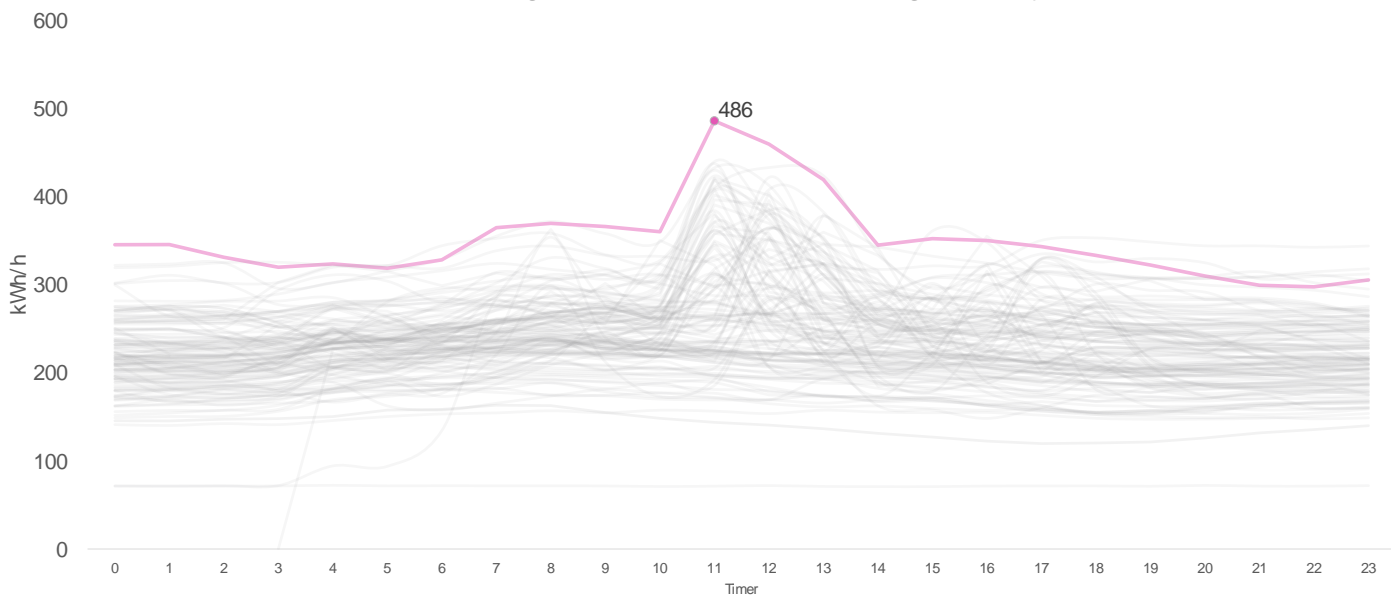
Den høyeste effekten som inntraff onsdag kl. 11 uke 10 i mars 2023 er en økning på 74% i forhold til gjennomsnittlig effekt kl. 11: i 2023, 276% i forhold til 2022 og 614% i forhold til gjennomsnittet kl. 11 i 2021.

	Gjennomsnittlig effekt per time per år				Snitt av snitt
	2020	2021	2022	2023	
0	18	26	60	219	81
1	18	26	61	218	81
2	18	26	61	217	81
3	18	29	65	217	82
4	18	30	77	228	88
5	18	28	71	229	87
6	18	30	76	234	89
7	18	37	90	242	97
8	17	62	90	250	105
9	13	64	87	246	102
10	10	63	91	246	102
11	10	68	129	278	121
12	11	53	98	274	109
13	10	60	91	255	104
14	10	55	85	238	97
15	10	61	107	233	103
16	11	52	108	234	101
17	15	34	92	232	93
18	16	28	71	228	86
19	17	26	66	223	83
20	19	25	63	220	82
21	18	25	61	220	81
22	18	25	61	219	81
23	18	25	60	219	81

Nye Tøyenbadet | Maks effekt [kW]

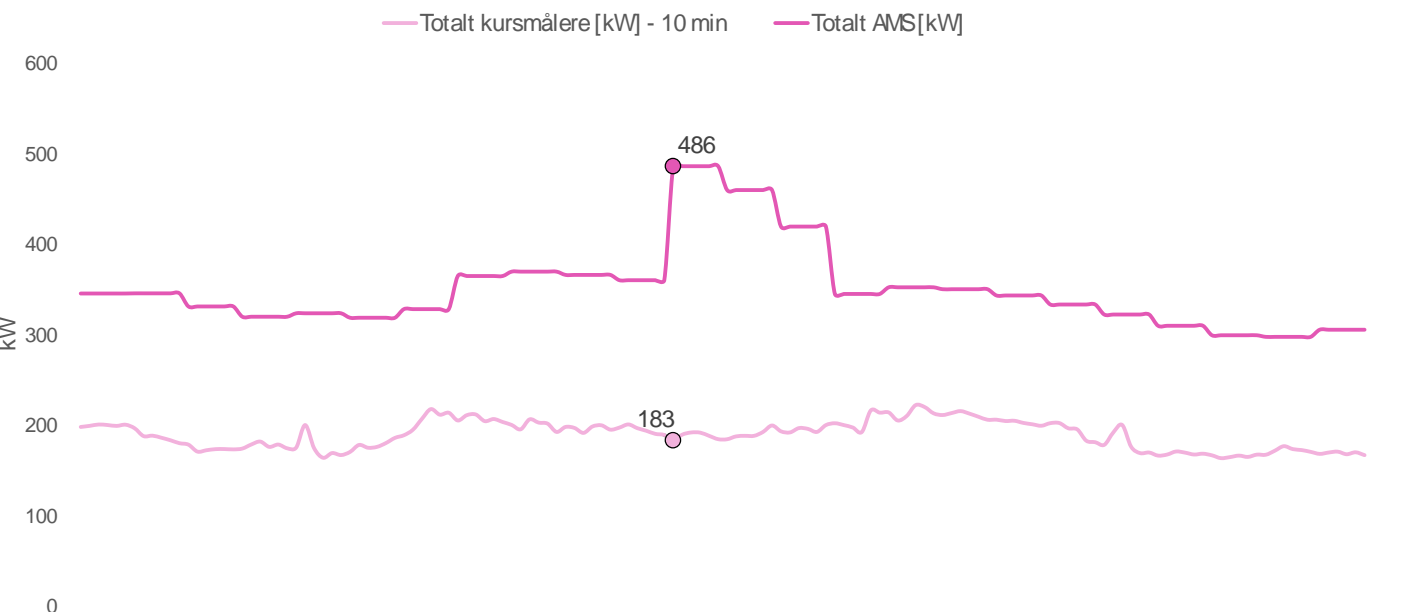
Dag med høyeste målte effekt: andel fra kursmålt forbruk

Forbrukskurver per døgn i 2023 med fremhevet dag med høyest effekt



Det kursmålte forbruket med 10-minutters tidsoppløsning for kran 1, kran 2, brakkerigg og gravelader, utgjør 203 kW av samlet effekttopp, dvs. rundt 37% av effekttoppen, slik vist i diagrammet nedenfor. Av disse utgjorde gravelader 0 kW, «kran 1» 35 kW, «kran 2» 86 kW og brakkerigg 62 kW. Det resterende gapet i effekt på 303 kW (om man ser på 10-minutters tidsoppløsning) vil bli forklart på de neste sidene.

Sammenligning forbruk SUM fra AMS-måler og SUM for kursmålere for 8 mars

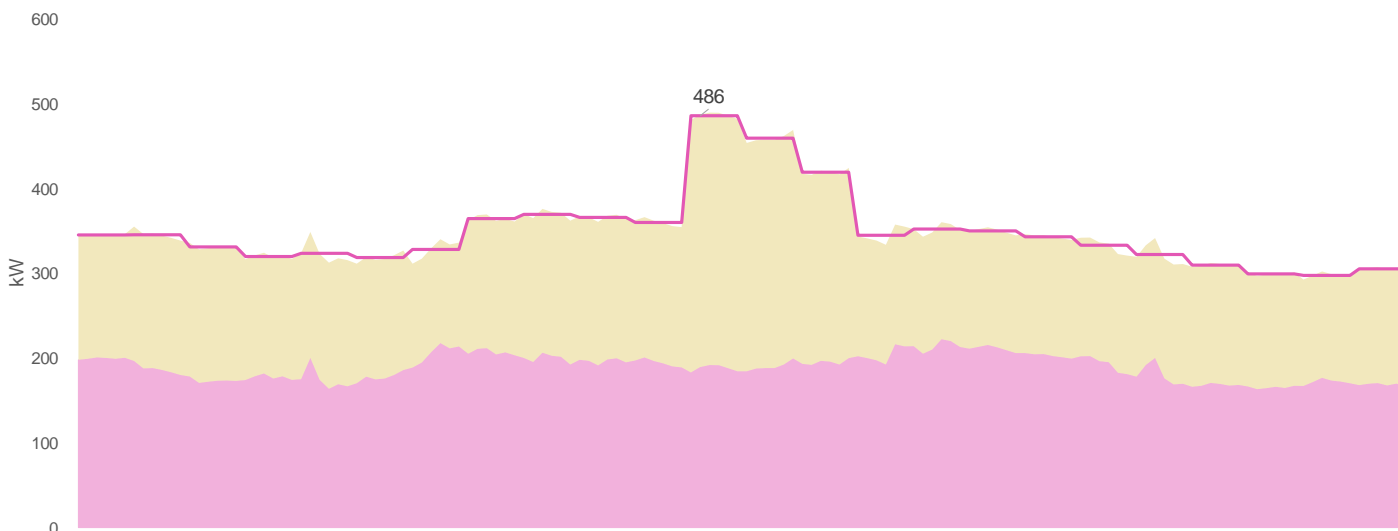


Nye Tøyenbadet | Maks effekt [kW]

Dag med høyeste målte effekt: andel fra AMS-måler

Sammenligning forbruk SUM fra AMS-måler og SUM for kursmålere for 8 mars

■ Totalt kursmålere [kW] - 10 min ■ Differanse AMS og kursmålere [kW] ■ Totalt AMS [kW]

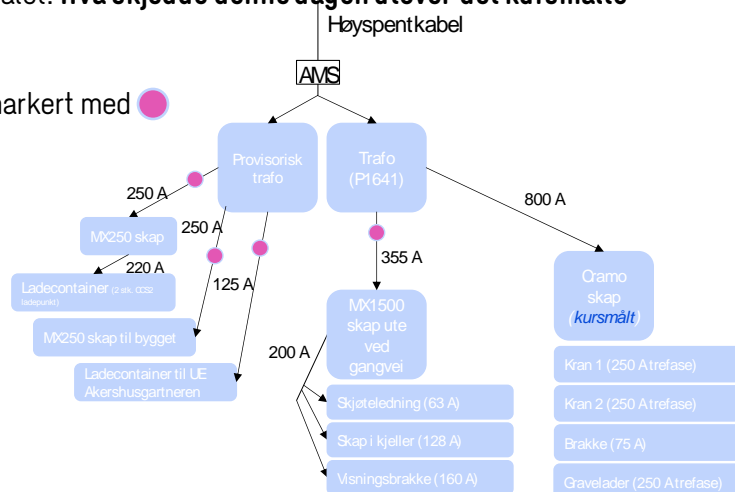


Ettersom data fra AMS er timesmålt er det resterende gapet i effekt på 298 kW om man sammenligner gjennomsnittlig effekt fra AMS-måler med kursmålt forbruk. Med 10-minutters tidsoppløsning på dataene er differansen på 303 kW. Så da er det store spørsmålet: **Hva skjedde denne dagen utover det kursmålte forbruket?**

Det er kjent hvilke kurser som er umålt, slik her markert med ● i figuren til høyre.

- 220 A til ladecontainer (152 kW)
- 250 A til MX250-skap til bygget (173 kW)
- 125 A til ladecontainer til UE Akershusgartneren (86 kW)
- 200 A til skjøteledning, skap i kjeller og visningsbrakke (138 kW)

Disse kursene kan totalt levere rundt 480 kW.



Ut fra rapportert maskinliste for mars 2023 var det to elektriske maskiner i bruk (*Cat 320 Z-line* og *Doosan DX300LC*). En av disse må ha blitt ladet på kursen ved navn «gravelader» som er målt. Den effekten (0 kW) på aktuelt tidspunkt er allerede hensyntatt. Det vil mao. si at om den andre maskinen ladet på det tidspunktet så ville den ladet med maksimum 152 kW. Da sitter man igjen med **151 kW** som enten er brukt av 250 A kurs til MX250-skap i bygget og/eller 200 A til skjøteledning, skap i kjeller og visningsbrakke. Hvilken av dem som utgjør det gjenstående forbruket er usikkert, men det er samlet en liste over aktiviteter fra fremdriftsplan som kan være potensielle årsaker til det gjenstående umålte forbruket.

Nye Tøyenbadet | Årsak til effekttopp

De historiske aktivitetene som ble utført på byggeplassen er mange og fremdriftsplanen gir oss en pekepinn på potensielle forbruksposter som kan ha forårsaket differansen på effektmålingene mellom kursmålt forbruk og AMS-måler.

Aktivitetene er gjengitt fra fremdriftsplanen for byggefasene *Utomhus*, *Råbygg*, *Fasader* og *Innvendige arbeider*, som var de pågående byggefasene den 08. mars 2023. Det kan ikke utelukkes at det kan være lading av andre maskiner og kjøretøy som ikke er oppgitt i maskinlisten på aktuelt tidspunkt.

Aktiviteter den 08. mars 2023

Utomhus

- Oppfyllinger over rør i grunn
- Utvendig VA inkl. rørføringer til energibrønner
- Grøntområde Øst, Sør
- Økonomigård
- Trafo/tavlerom/gangbro
- Fase 6.3
- Energibrønner, del s3
- Montering av boksdragere
- Komplettering bygningsmessig
- Park nord
- Midlertidig gangvei
- Energibrønner
- Utomhus utebad
- Kulvert
- Betongarbeid kulvert
- Grunnarbeider utebasseng
- Grøfter EL + ENWA
- Betongarbeider utebasseng
- Stupebasseng
- D5 piles head
- External retaining wall

Råbygg

- Kjerneboring i råbyggfasen
- Utjevningstanker
- Montasje luker
- Trykktesting (06.feb - 31.mars 2023)

Fasader

- Glassfelt
- Reis for boksdragere
- Fasade Øst

Innvendige arbeider

- Hovedtavlerom (datagulv med antistatisk bele)
- Batterirom (datagulv med antistatisk belegg)
- Himling absorbent
- Enkling gipsvegger
- Slissing for rør og el i vegger
- Stål og ensidig gips
- Lukke inntransportåpning
- Antistatisk gulvbelegg (8 mars)

Tøyenbadet | Effektforbruk

100% elektrisk byggeplass

Hva ville effekttoppene blitt om man skulle hatt en 100% elektrisk byggeplass? Med utgangspunkt i **dagens situasjon** for Tøyenbadet er det gjort en øvelse for dette.

(Scenario 2) Om man skulle brukt direkte elektrisitet til å dekke det termiske oppvarmingsbehovet som fjernvarmen i dag dekker ville det medført et maksimalt timesforbruk på 804 kW kl. 12:00 torsdag uke 3 i 2023 (433 kW EL+371 kW fjernvarme). Dette er en økning på 65% sammenlignet i maks effekt om man hadde brukt fjernvarme til å dekke det termiske energibehovet gjennom byggeprosjektet.

(Scenario 3) Alternativt kunne man brukt varmepumpeløsninger for å minimere det elektriske effektbehovet. Det ville likevel krevd mer strøm, men kun rundt 30% økning (124 kW EL til oppvarming/tørk) sammenlignet med om man hadde brukt fjernvarme.

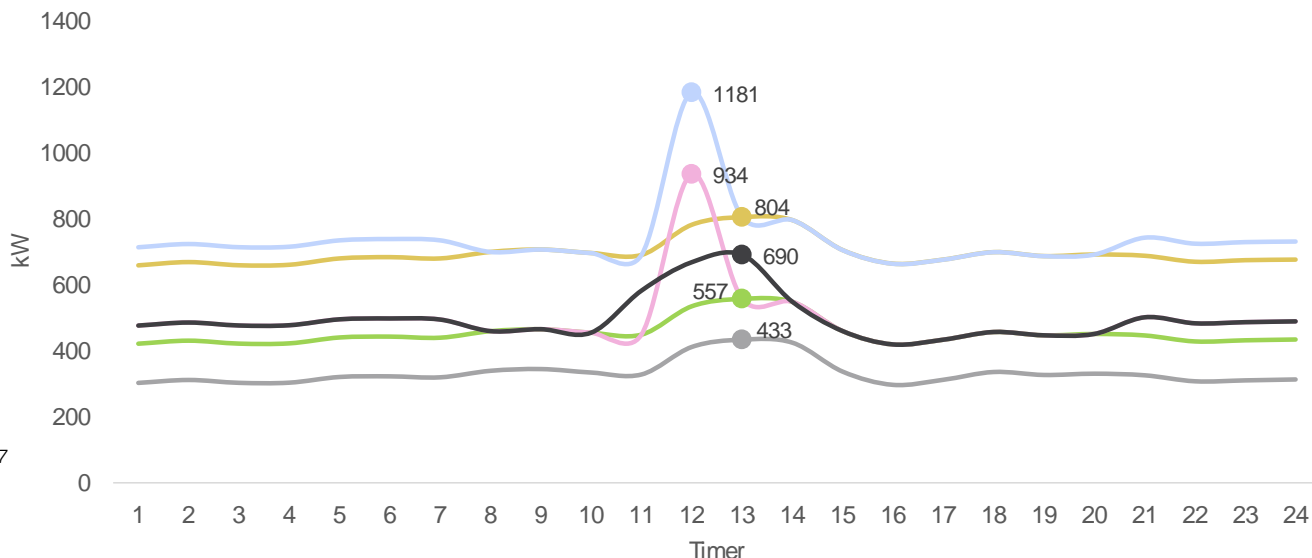
(Scenario 4) Om man i tillegg til direkte eloppvarming skulle hatt 100% elektriske anleggsmaskiner i mars 2023 (3 større gravemaskiner) ville dette kunne gitt et økt samtidig effektbehov på 1 181 kW om alle de tre gravemaskinene ladet samtidig kl. 11. Totalt sett ville dette økt maksimalt effektbehov med rundt 140% sammenlignet med 468 kW som er gjeldende maks effekt.

(Scenario 5) Om man hadde hatt varmepumpe til byggtørk/oppvarming og hatt kun elektriske maskiner med lading kl. 11 ville det økt makseffekt med 115%.

(Scenario 6) Om man hadde gjort samme som i Scenario 5, men spredd lunsjlading mellom 10-12 ville det økt effektbehovet med rundt 60%.

Økt strømbehov nye Tøyenbadet ulike scenarier: torsdag uke 3/2023

- 1. Dagens situasjon med fjernvarme og maskiner som i dag
- 2. Direkte EL til byggvarme/tørk og maskiner som i dag
- 3. Varmepumpe til byggvarme/tørk og maskiner som i dag
- 4. Direkte EL til byggvarme/tørk og kun elektriske maskiner (lunsjlading)
- 5. Varmepumpe til byggvarme/tørk og kun elektriske maskiner (lunsjlading)
- 6. Varmepumpe til byggvarme/tørk og kun elektriske maskiner (spredd lunsjlading)



4 Resultater fra kartlegging

4.1 Effekttilgang som begrensende faktor

Resultater | Effekttilgang som begrensende faktor

Denne leveransen har sett på byggeprosjektet for nye Tøyenbadet. Der har effekttilgang ikke vært en begrensende faktor for å oppnå den graden av utslippsfri byggeplass (53% i gjennomsnitt hittil) som er oppnådd.

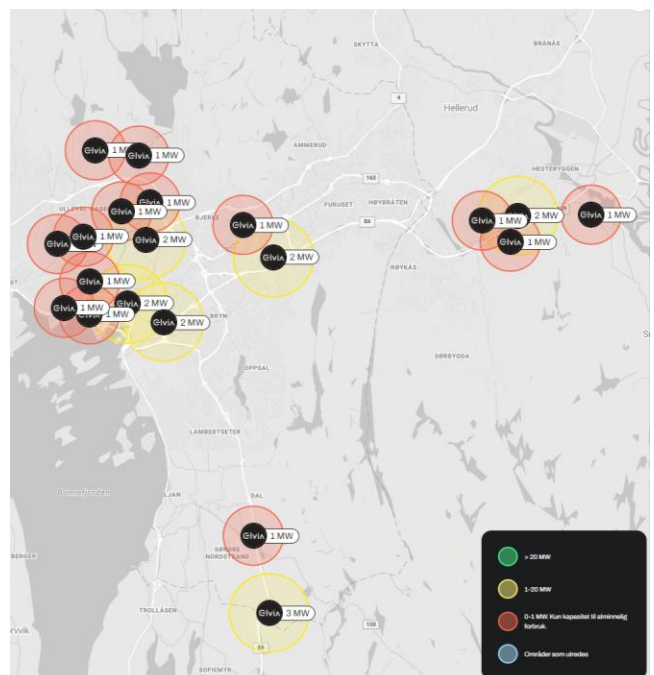
Prosjektet har tilgjengelig kapasitet fra nettet på rundt 800 kW og hittil har høyeste effekttopp vært på 486 kW.

Prosjektet er for øvrig ikke 100% utslippsfritt. Om det hadde vært det, og særlig om det hadde vært 100% elektrisk, ville effekttilgangen kunne vært en begrensende faktor, men ikke uten mulige løsninger slik skissert for Tøyenbadet i denne rapporten. Om utgangspunktet er 800 kW, slik kapasiteten for byggeprosjektet er i dag, ville man kunne oppnådd 100% utslippsfri byggeplass med den kapasiteten ved hjelp av enkelte tiltak. I tillegg til bruk av varmepumpe for brakkerigg og byggoppvarming/byggtørk ville man måtte ha et mer bevisst forhold til smart ladelogistikk. Ved å gjøre dette ville prosjektet kunne holdt seg under effektbegrensningen (maks 690 kW). Eksempelvis ville effekttilgangen vært en begrensende faktor om man ikke hadde gjennomført smart ladelogistikk, da det kunne gitt en effekttopp på rundt 930 kW om alle maskinene skulle ladet kl. 11. Dette kunne for øvrig blitt løst ved hjelp av en stasjonær batteribank på minimum 150 kWh utnyttbar energi med utladning på 1C (150 kW).

Selv om ikke effekttilgang ville vært en begrensende faktor i dette spesifikke

byggeprosjektet vil det variere betydelig fra prosjekt til prosjekt ut fra hva som er tilgjengelig kapasitet i området. Derfor er det viktig at kommunen tar en aktiv rolle i den overordnede planleggingen av kommende byggeprosjekter og kartlegger effektbehovet god tid i forkant av påstartet byggeprosjekt.

Kartleggingen av eksisterende kunnskapsgrunnlag tyder på et fremtidig effektbehov på opptil 1000 kW ved full elektrifisering på større byggeprosjekter.



Viser tilgjengelig kapasitet for deler av Oslo hentet fra wattapp.no

4.2 Utkast til forslag til å unngå uønskede effektopper

Resultater |

Forslag til å unngå uønskede effekttopper

Det er en rekke tiltak som kan gjennomføres for å minimere uønskede effekttopper. Noen av tiltakene vil være mer rasjonell enn andre fra et økonomisk ståsted.

- **Flere maskiner.** Dette vil kunne fordele energiforbruk mellom flere batterielektriske maskiner slik at man kan bytte på maskiner og sette dem på lading. Dette tiltaket kan før øvrig være fordyrende, men kan være et reelt alternativ på lik linje med en stasjonær batteribank. Det samlede kostnadsbildet mellom alternativene må sees nærmere på.
- **Stasjonær batteribank.** Vil være et relativt enkelt tiltak for å kunne redusere effekttopper ved hjelp av peak-shaving.
- **God planlegging og ladelogistikk.** Dette kan være et effektivt og rasjonelt tiltak, men krever mer av de som planlegger og drifter byggeplassene, samtidig som det vil kunne kreve nye rutiner og brudd med de vanlige arbeidsmønstrene på en byggeplass.
- **Smart styring og lastbalansering av ladingen.** Dette kan være et kostnadseffektivt tiltak, men fordrer at entreprenøren velger de gode teknologiske løsningene på markedet. I utgangspunktet vil smart generell styring av hele BA-plassen kunne oppnås best om man identifiserer fleksible laster, rigger for dette med med kontaktorer som har kontakt med smart styringssystem. Dette fordrer noe fysisk utstyr på byggeplass og at det opprettes et toppsystem med smarte algoritmer som kan søke etter å kontinuerlig minimere
- **Flere energibærere.** Å fordele energiforbruket på flere energibærere enn elektrisitet vil minimere effekttoppene. Om energibærerne skal være helt utslippsfrie er det lite moden teknologi i hvert fall for anleggsmaskinene.
- **Batteribyttesløsninger.** Dette vil, i effekt, kunne være et relativt likt tiltak som å ha flere anleggsmaskiner. Batteribyttesløsninger for anleggsmaskiner er lite teknologisk modent.
- **Varmepumpe/fjernvarme til brakkerigg og/eller byggtørk/oppvarming.** Dette vil redusere det elektriske strømbehovet. Fjernvarme vil gi størst reduksjon, men vil ikke være like lett tilgjengelig overalt slik varmepumpeløsninger kan være.
- **Energieffektive brakker.** Dette tiltaket vil jevnt over redusere effekten over hele byggeprosjektet. I tillegg til energieffektive brakker vil også gode rutiner og styring av energiforbruket i brakkene være viktig for å unngå f.eks. vinduslufting mens varmeovner står på og lignende.
- **Lag massebalanse (No-dig strategi).** Å minimere graving ved hjelp av no-dig strategi og god planlegging kan være et effektivt tiltak for å redusere unødig flytting av masser og massetransport.
- **Ombbruk av masser.** Vil også kunne bidra i form av at maskinene kan brukes mindre.

4.3 Utkast til krav til forkunnskaper

Resultater | Krav til forkunnskaper

Resultatene fra kartleggingen gjort for nevnte prosjekt synliggjør et kunnskapsgap som det er viktig å hensynta i det videre arbeidet med kontraktkrav. Skal man lykkes med å tilrettelegge for sømløs og automatisk innhenting av data fra utslippsfrie bygge- og anleggsplasser, må et felles definert språk og forståelse til. Gode forkunnskaper er avgjørende for å planlegge mest mulig rasjonelle byggeprosjekter med elektriske maskiner. Det ansees som hensiktsmessig å stille krav til at entreprenørene, som minimum, skal ha kjennskap til prSN/TS 3770:2023 – FORSLAG Utslippsfrie byggeplasser og anleggsområder.

Strømrigg, kursfortegnelser og rutiner. Det bør stilles krav til at entreprenøren begrunner tydelig hvordan de ser for seg å sette opp strømriggen på byggeplassen og hvordan de, i løpet av prosjektforløpet, vil sikre at de har kontroll på hvilke kurser som leverer strøm til ulike forbruksposter. Det er tydelige mangler knyttet til loggføring og rutiner for å ha kontroll på energiforbruket.

Som en del av strømriggen bør entreprenøren beskrive måleroppsettet sitt, og på hvilke kurser de skal sette opp energimålere, samt hvordan datainnhenting skal sikres og at de iverksetter rutiner for loggføring av endringer i hva som bruker energi på de ulike målte kursene. De må beskrive tydelig utstyret de skal bruke, både dimensjonering av strømrigg, bruk av ladecontainere og hvilke maskiner de ser for seg å lade der. Hvordan har de tenkt med valget av maskiner, f.eks. om de bruker kablede, hybride eller batterielektriske maskiner og lignende.

Entreprenører bør videre vise hvordan de vil gjennomføre tiltak for å minimere effekttopper. Det finnes en rekke logistikk- og planleggingstiltak og tekniske tiltak som kan gjøres for å minimere effekttopper på en utslippsfri bygge- og anleggsplass.

4.4 Utkast til anbefalte kontraktkrav

Resultater | Anbefalte kontraktkrav

For å få innsikt i bygge- og anleggsplassers energi- og effektforbruk og årsak til effekttopper er det behov for detaljerte data. For å besvare dette kreves det (1) tilstrekkelig tidsoppløsning på måledata og (2) detaljert kobling mellom maskiner/prosesser og lading/forbruk. I tillegg til dette må det være tilstrekkelig antall energimålere montert på byggeplassen for å kunne skille ut hva som utgjør hva av det samlede forbruket.

På en utslippsfri byggeplass vil det kunne være flere energibærere; **elektrisitet**, **termisk energi** i form av varmt vann fra fjernvarmenettet og **hydrogen**. Andre fossilfrie energibærere og biogass er per definisjon ikke utslippsfrie og vil ikke omtales nærmere her.

Det vil være behov for særegne krav for de ulike energibærerne, men mest relevant i denne sammenhengen er **elektrisitet** ettersom den vil kunne påvirke driftsmønstret på BA-plasser og behov for

strøm levert fra strømmettet. Anbefalte kontraktkrav, kan etter Swecos vurdering, kan sammenfattes i **fire** kategorier:

Krav til energimåling

1. Krav til måleroppsett
2. Krav til tidsoppløsning energidata
3. Krav til datainnsamling energimålere

Krav til ladesystem

1. Krav til kommunikasjon mellom ladere og batterielektriske maskiner
2. Krav til kommunikasjon mellom ladere og plattform for ladere

Krav til maskiner

1. Krav til datainnsamling fra maskiner

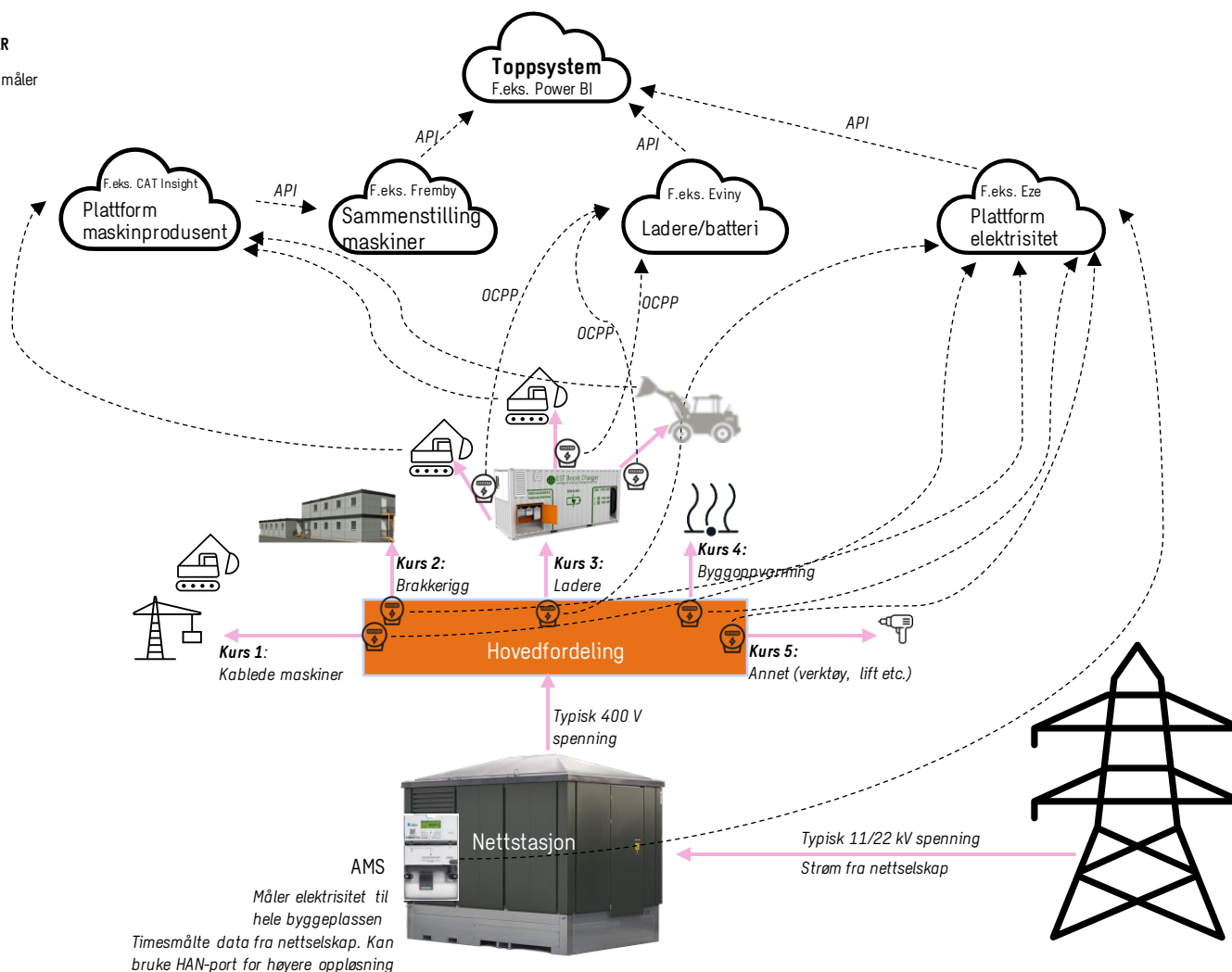
Krav til kommunikasjon mellom dataplattformer

1. Krav til standardiserte data mellom plattformer

PRINSIPELL ILLUSTRASJON MÅLERSTRUKTUR OG FLYT AV STRØM OG DATA

FORKLARINGER

- Strømmåler
- Data
- Strøm



Resultater | Anbefalte kontraktkrav

Krav til energimåling

Innenfor det overordnede kravet til energimåling er kravene kategorisert slik:

1. Krav til måleroppsett
2. Krav til tidsoppløsning energidata
3. Krav til datainnsamling energimålere

1. Krav til måleroppsett

Formål med krav: Sikre at det er mulig å skille forbruksposter fra hverandre for å kunne avdekke årsak til effekttopper.

Anbefalte krav:

1. Det tilkobles utstyr til HAN-port i AMS-måler som kan videresende data til plattform for elektrisitet.
2. Det monteres MID-sertifisert strømmåler på hver kursavgang i hovedfordeling. Kursavgangene skal være hensiktsmessig utformet for å kunne skille mellom forbruksposter. For byggeprosjekter skal det som et minimum være en energimåler per kurs til brakkerigg, ladere, byggoppvarming, kablede maskiner og annet utstyr på egen kursavgang.

2. Krav til tidsoppløsning energidata

Formål med krav: Sikre at energidata har høyest mulig tidsoppløsning for å kunne avdekke de høyeste effekttoppene. Typisk er energiforbruket timesmålt via AMS, noe som kun vil gi gjennomsnittlig effekt [kW] over en time.

Anbefalt krav:

1. Tidsoppløsning på energidata skal være på maksimum 10 minutter og skal logges i hele prosjektperioden.

3. Krav til datainnsamling energimålere

Formål: Samle energidata i en plattform for å kunne videresende data til toppsystem for sammenstilling.

Anbefalt krav:

Energidata må kunne overføres fra energimålere til skybasert plattform for elektrisitet. Dette gjøres ved å bruke kommunikasjonskort som kan videresende data fra måleren tilknyttet en RTU som kan videresende data via mobilnettet til skybasert plattform for elektrisitet..

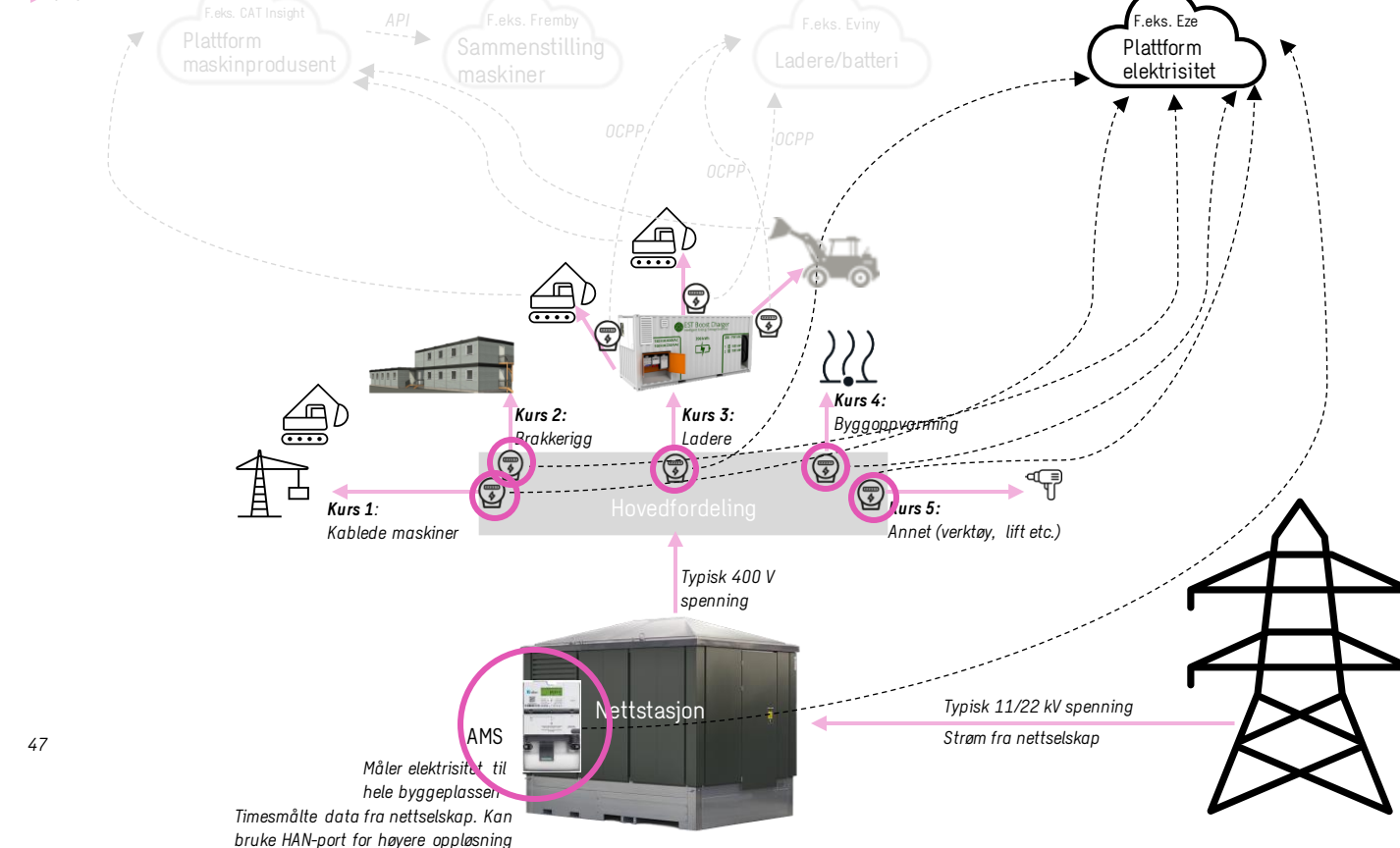
PRINSIPELL ILLUSTRASJON MÅLERSTRUKTUR OG FLYT AV STRØM OG DATA

FORKLARINGER

Strømmåler

Data

Strøm



Resultater | Anbefalte kontraktkrav

Krav til ladesystem

Innenfor det overordnede kravet til ladesystemer er kravene kategorisert slik:

1. Krav til kommunikasjon mellom ladere og batterielektriske maskiner
2. Krav til kommunikasjon mellom ladere og plattform for ladere

1. Krav til kommunikasjon mellom ladere og batterielektriske maskiner

Formål: Sikre fungerende lader, mulighet for lastbalansering og autentisering og sikker standardisert dataoverføring.

Anbefalt krav:

1. Kommunikasjon mellom lader og kjøretøy/maskin skal skje ved hjelp av ISO 15118. Det er en fordel om ladeinfrastruktur og

maskin oppfyller ISO 15118, del 2 og 20 for å kunne muliggjøre plug and charge og toveislading.

2. Krav til kommunikasjon mellom ladere og plattform for ladere




Formål: Sikre kommunikasjon mellom ladere og plattform for ladere for velfungerende ladere, god lastbalansering og sikker og standardisert dataoverføring.

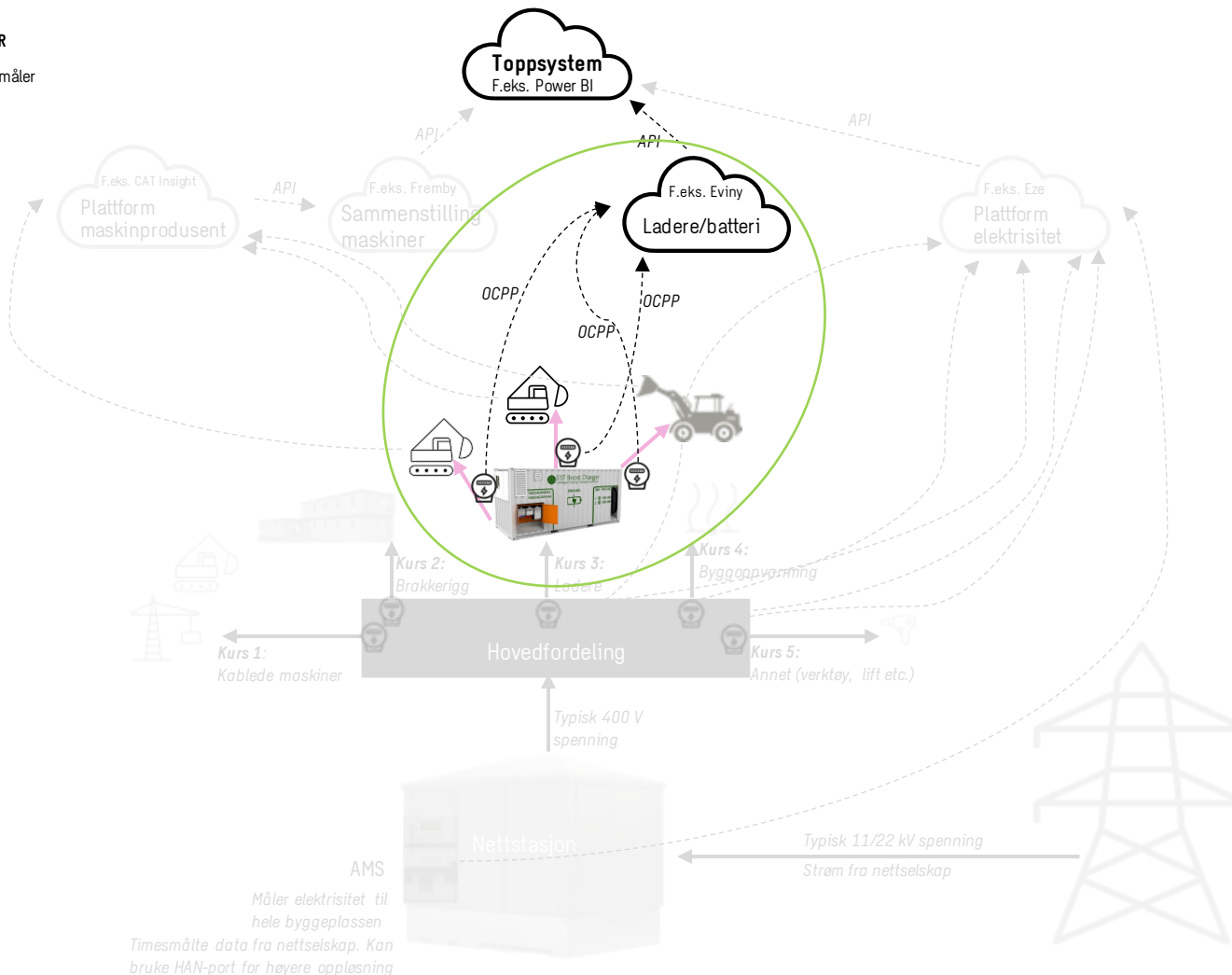
Anbefalt krav:

1. Kommunikasjon mellom ladere og skybasert plattform skal foregå ved hjelp OCPP-protokoll 1.6 eller nyere versjon. Det er en fordel om protokollen er OCPP 2.0.1 for å sikre nyeste funksjonalitet knyttet til plug and charge og toveislading.

PRINSIPELL ILLUSTRASJON MÅLERSTRUKTUR OG FLYT AV STRØM OG DATA

FORKLARINGER

-  Strømmåler
-  Data
-  Strøm



Resultater | Anbefalte kontraktkrav

Krav til maskiner

Innenfor det overordnede kravet til maskiner er kravene kategorisert slik:

1. Krav til datainnsamling fra maskiner

1. Krav til datainnsamling fra maskiner

Formål: Sikre datainnsamling fra maskiner for (1) å kunne skape en kobling mellom energiforbruk og hvilken maskin som har utløst energiforbruket, (2) ha kjennskap til hvilke maskiner som er tilstede på prosjektet til enhver tid. Maskinoversikt per måned gir en viss oversikt, men regnes som relativt usikker informasjon med varierende rapporteringsrutiner.




Anbefalt krav:

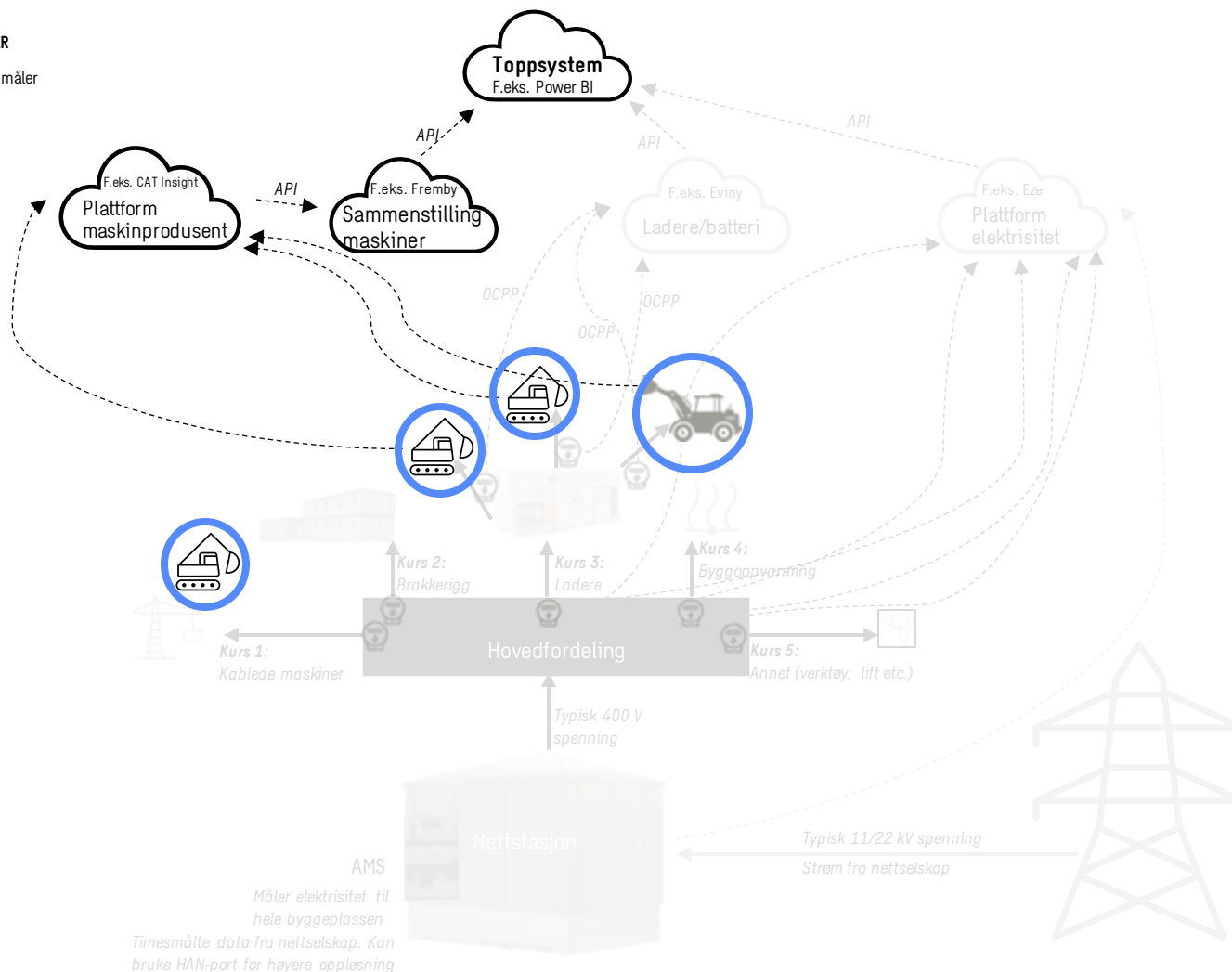
1. Anleggsmaskiner skal oppfylle NS-EN ISO 6165 og ISO 22242 så maskieneier kan motta data fra maskinprodusent ved hjelp av grensesnitt

definert av ISO/TS 15143-3. Det bør åpnes for å levere data på proprietære formater for elektriske maskiner inntil standardene er tilstrekkelig på plass så fremt disse som minimum kan levere info om driftstid, batteriprosent, motoreffekt, ladeeffekt og gps-posisjon.

PRINSIPELL ILLUSTRASJON MÅLERSTRUKTUR OG FLYT AV STRØM OG DATA

FORKLARINGER

-  Strømmåler
-  Data
-  Strøm



Krav til kommunikasjon mellom dataplattformer

Innenfor det overordnede kravet til maskiner er kravene kategorisert slik:

1. Krav til standardiserte data mellom plattformer

1. Krav til standardiserte data mellom plattformer

Formål: Sikre at de ulike skybaserte plattformene videregir ønskede data på riktig format til toppsystem ved hjelp av API.

Anbefalt krav:

1. Data fra skybaserte plattformer skal videregir ønsket data til Oslo kommunes toppsystem.

PRINSIPELL ILLUSTRASJON MÅLERSTRUKTUR OG FLYT AV STRØM OG DATA

FORKLARINGER

Strømmåler

Data

Strøm

