

Samfundsøkonomisk konsekvensvurdering af omstilling til emissionsfrie arbejdsmaskiner i bygge- og anlægssektoren

Rapport
Center for Offentlig-Privat Innovation

Kolofon

Udarbejdet af | Elisabeth Bast Laurents og Kristian Kolstrup

Dato | 21. november 2023

Kontakt EY

EY Economics

T. 2744 7486

M. kristian.kolstrup@dk.ey.com

www.ey.com/da_dk

Kontaktperson CO-PI

Ole Bech Lykkebo

Programchef

T. 6181 3102

M. obl@co-pi.dk

Indholdsfortegnelse

1	Indledning	3
1.1	Kort om tilgang	4
1.2	Struktur i rapporten	4
2	Samfundsøkonomiske resultater	5
3	Cases	7
3.1	Case 1: Skybrudssikring og forbedring af trafiksikkerhed på Nørrebro i København	7
3.2	Case 2: Renovering af vandledninger i villakvarter i Holte	8
3.3	Case 3: Nyt byggeri i Aalborg	10
4	Større gevinster i byer	12
5	Ved en meranskaffelsespris på under 42% er stort set alle elmaskiner samfundsøkonomisk rentable	13
6	Totalomkostninger	14
6.1	Anskaffelsesomkostninger	14
6.2	Driftsomkostninger	16
6.3	Omkostninger til ladeinfrastruktur	17
6.4	Vedligeholdelsesomkostninger	17
7	Klima	18
8	Luftforurening	19
9	Afgifter	22
10	Støj	23
11	Usikkerhed og ikke-værdisatte effekter	25
12	Følsomhedsanalyser	27
13	Litteraturliste	28
14	Bilag A - Resultater	29
15	Bilag B - Forudsætninger	30
15.1	Samfundsøkonomi	30
15.2	Arbejdsmaskiner	30
15.3	Fordeling mellem by og land	31
15.4	Støjgevinster for enkelte maskiner	31
16	Bilag C -Støjberegninger	32
16.1.1	Beregning 1 og 2	32
16.1.2	Beregning 3	36

1 Indledning

Bygge- og anlægssektoren anvender en række forskellige maskiner i forbindelse med nyanlæg, vedligehold og renovering. Maskinerne anvender i dag overvejende fossile drivmidler, der bl.a. giver anledning til støjgener, CO₂-udledning og luftforurening.

Ny viden

Med analysen fremlægges nu for første gang viden om, hvor store gevinsterne er ved en omstilling til emissionsfrie arbejdsmaskiner. I analysen sætter vi for første gang tal på alle gevinsterne ved mindre CO₂, støj og luftforurening. Det har betydning for klimaet globalt, men også for antallet af sygedage, hospitalsindlæggelser og dødsfald lokalt.

I analysen stiller vi spørgsmålet: Hvordan ser det samfundsøkonomiske regnestykke ud, hvis vi gennemfører en hurtig, fuld omstilling, hvor alle arbejdsmaskiner, små som store, er eldrevne allerede i 2028?

Et grønt gearskifte rummer rigtigt mange forskellige udfordringer, så det kommer ikke af sig selv. Det kræver handling. Vi har ikke set på, hvordan gearskiftet kan ske, men på konsekvenserne, hvis det sker. Og der er - som vi viser i det følgende - samfundsøkonomiske gevinster. Vi viser også, hvor det er samfundsøkonomisk mest rentabelt at gå hurtigt i gang: I tætbefolkede områder, hvor luft- og støjgevinsterne kommer mange til gode. Samt i projekter der anvender mindre el-maskiner, som allerede er på markedet.

Endelig bidrager analysen med viden om, hvor store de samfundsøkonomiske effekter er, når vi zoomer ind på enkelte bygge- og anlægscases. Vi viser effekterne for et nyt sundhedshus i Aalborg, udskiftning af vandledninger i et villakvarter i Holte og et skybrudssikringsprojekt i København.

Analysen er udført på vegne af CO-PI

Analysen er bestilt af CO-PI i regi af skaleringsprocessen 'Sammen om Emissionsfrie Arbejdsmaskiner', der er et partnerskab mellem 18 offentlige bygherrer, CO-PI, Gate21 og We Build Denmark:



En særlig tak skal lyde til medlemmerne af den referencegruppe, som CO-PI har etableret for at kvalificere opgaven. Referencegruppens medlemmer har bl.a. bidraget med ekspertviden og leveret konkrete cases, som viser de lokale effekter af omstillingen. Indholdet i denne rapport er dog udelukkende EY's ansvar.

Referencegruppen var sammensat af følgende aktører: Julie Munck Ewert (Erhvervsministeriet), Oda Bjørke, (Finansministeriet, v. Økonomistyrelsen), Osama Salame (Erhvervsstyrelsen), Graves K. Simonsen (Bygherreforeningen), Bo Rasmussen (Novafos), Pelle Lind Bournonville (Realdania), Henriette Hall-Andersen (Københavns Kommune), Keld Alstrup Jensen (Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø), Poul-Erik Olsen (C. G. Jensen A/S), Carsten Hoeck (Loxam A/S), Ditte Mathiasen (Vejdirektoratet), Peter Munk (Aalborg Kommune), Kathrine Jørgensen (Region Hovedstaden) samt Henrik Friis (Dansk Erhverv).

1.1 Kort om tilgang

En samfundsøkonomisk analyse

Vi har udarbejdet en samfundsøkonomisk analyse, fordi gevinsterne ved en omstilling til emissionsfrie arbejdsmaskiner medfører bredere gevinster i form af mindre CO₂-udledning, mindre støj og mindre luftforurening. Sådanne gevinster får man netop med i en samfundsøkonomisk analyse, hvor alle gevinster og omkostninger indgår.

Formålet med en samfundsøkonomisk analyse er at vurdere, om et projekt eller et tiltag (her omstilling til emissionsfrie arbejdsmaskiner) samlet set er en gevinst for samfundet, når vi medtager alle konsekvenser for alle aktører i Danmark.

Vi opgør to centrale resultater:

- Nutidsværdien inkluderer alle gevinster og omkostninger, som vi har værdisat over hele analyseperioden. En positiv nutidsværdi betyder altså, at gevinsterne samlet set er større end omkostningerne. Det er et godt mål for de samlede konsekvenser for samfundet.
- Skyggeprisen viser summen af de samfundsøkonomiske gevinster og omkostninger pr. ton CO₂, der bliver sparet over hele analyseperioden. Skyggeprisen er ofte negativ. Det betyder, at værdien af alle gevinster (ekskl. CO₂) er mindre end omkostningerne. Skyggeprisen er et godt mål til at sammenligne store og små projekter, når man er interesseret i at reducere CO₂-udledningen.

Vi følger officielle vejledninger og nøgletal

Vi har udarbejdet den samfundsøkonomiske konsekvensvurdering i overensstemmelse med gældende vejledninger og nøgletal på området. Det drejer sig bl.a. om Finansministeriets 'Vejledning i samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger' (Finansministeriet 2023) og standard samfundsøkonomiske nøgletal for værdien af CO₂, luftforurening og støj, jf. Transportøkonomiske Enhedspriser 2.0 (Transportministeriet 2022).

Vi sammenligner to scenarier

Som det er standard i samfundsøkonomiske analyser, har vi sammenlignet to scenarier:

- Et basisscenarie, hvor der fortsat primært anvendes fossile drivmidler.
- Et projektscenarie, hvor alle arbejdsmaskiner i bygge- og anlægssektoren omstilles til el i 2028.

Vi har valgt en fuld omstilling i 2028 for at vise de samfundsøkonomiske konsekvenser af et scenarie, der er enkelt at forstå. Det er således ikke udtryk for en forventning om, at en fuld omstilling vil ske netop i det år. Analysen strækker sig over 10 år fra 2028 til 2037 svarende til en forventet levetid på maskinerne på 10 år.

Vi anvender Energistyrelsens fremskrivning

Grundlaget for opgørelsen af maskinernes energiforbrug og CO₂-udledning er Energistyrelsens Klimastatus og -fremskrivning 2023 (Energistyrelsen 2023a). Vi har desuden anvendt en række andre kilder, der er beskrevet undervejs i rapporten samt i bilag.

1.2 Struktur i rapporten

De samfundsøkonomiske resultater fremgår af afsnit 2. I afsnit 3 opgjort de samfundsøkonomiske konsekvenser for en række cases. I afsnit 4 beskriver vi, hvordan gevinster og omkostninger afhænger af størrelsen på arbejdsmaskinerne, og hvor de anvendes. I afsnit 5 har vi lavet en break-even-analyse af, hvor meget anskaffelsesomkostningerne skal falde, for at resultaterne er samfundsøkonomiske rentable. I afsnit 6-10 gennemgår vi hovedposterne i analysen. Usikkerhed og ikkeværdisatte effekter i analysen fremgår af afsnit 11, og i afsnit 12 gennemgår vi en række følsomhedsanalyser.

2 Samfundsøkonomiske resultater

Den samfundsøkonomiske vurdering peger på, at en omstilling af arbejdsmaskiner i bygge- og anlægsbranchen fra diesel til el har en skyggepris på 1.500 kr. pr. ton CO₂, der reduceres som følge af omstillingen, jf. tabel 1. Det betyder, at det koster samfundet 1.500 kr. for hvert ton CO₂, der reduceres. De 1.500 kr. dækker over ændringen i entreprenørens totalomkostninger og statens indtægter fra brændstofafgifter samt gevinster i form af mindre CO₂-udledning, luftforurening og støj for boliger. Der er desuden andre effekter, bl.a. mindre støj på byggepladser, som det ikke har været muligt at kvantificere. Det trækker i retning af større gevinster. Omvendt vil der være steder, hvor der er ekstraordinære omkostninger forbundet med at anvende arbejdsmaskiner på el, fx ved anlæg i områder, hvor der ikke er elnet i nærheden. Det har vi ikke inkluderet i analysen.

Med de forudsætninger, vi har lagt til grund i hovedanalysen, er en samlet omstilling således samfundsøkonomisk rentabel, hvis værdien af reduceret CO₂ er mindst 1.500 kr./ton. Ved en høj CO₂-pris (2.122 kr./ton i 2030) er omstillingen således samlet set samfundsøkonomisk rentabel, mens det ikke er tilfældet med en lav CO₂-pris (1.030 kr./ton i 2030). Med en høj CO₂-pris er den samlede samfundsøkonomiske værdi af omstillingen 1,8 mia. kr., mens den er -1,0 mia. kr. med en lav CO₂-pris, jf. tabel 1.

Tabel 1. Samfundsøkonomiske resultater, nutidsværdi 2023, mia. kr.

Lavt spænd angiver en lav CO₂-pris, højt spænd angiver en høj CO₂-pris.

	2028-2037
Klima	2,8-5,6
Luftforurening	1,9
Støj, boliger	2,3
Støj, andre steder (fx byggepladser)	<i>Ikke opgjort</i>
Totalomkostninger	-3,8
<i>Heraf sparede afgifter for entreprenører</i>	4,2
Afgiftstab for staten	-4,2
I alt	-1,0 til 1,8
Intern rente	2% - 6%
Skyggepris (kr./ton CO₂)	-1.500

Note: Alle priser er opgjort i 2023-priser og i markedspriser. Positive fortegn angiver gevinster, negative fortegn angiver omkostninger.

Klimagevinsten dækker over, at den sparede CO₂-udledning ved en omstilling af arbejdsmaskinerne, er en gevinst for samfundet. Klimagevinsten for samfundet er 2,8 mia. kr., hvis man regner med en lav CO₂-pris, og 5,6 mia. kr., hvis man regner med en høj CO₂-pris. Prisen på CO₂ er fastsat af Finansministeriet.

Der er også en gevinst for samfundet som følge af mindre luftforurening (SO₂, NO_x, CO og partikler), hvis arbejdsmaskinerne omstilles fra diesel til el. Gevinsten er på 1,9 mia. kr.

Der er desuden en gevinst i form af mindre støj, da elmaskiner støjer mindre end dieselmaskiner. I analysen har vi med stor usikkerhed opgjort gevinsten af mindre støj for boliger nær byggepladser til at være 2,3 mia. kr. Det inkluderer ikke en gevinst af mindre støj på selve byggepladserne.

Der er omkostninger forbundet med omstillingen på samlet 3,8 mia. kr. Det dækker over både øgede anskaffelsesomkostninger, omkostninger til infrastruktur til opladning, vedligehold og drift. Endelig er der omkostninger for staten i form af et afgiftstab på 4,2 mia. kr. som skyldes, at der er flere afgifter på diesel end på el.

Alle posterne, der indgår i den samfundsøkonomiske vurdering, er uddybet i afsnit 6-10.

Om forskellen på samfundsøkonomi og business cases

Vi har i denne rapport lavet en samfundsøkonomisk analyse. Den adskiller sig fra en business case (som er en finansiel analyse) på flere måder, jf. tabel 2.

For det første indgår der i en business case kun ét projekt eller én virksomhed. Laves den for en kommune, indgår der således ikke tabte afgifter for staten. Dernæst indgår der i en business case alene udgifter og indtægter, mens der i den samfundsøkonomiske analyse også indgår livskvalitet (fx værdien af tabte leveår). I den samfundsøkonomiske analyse opgøres alt i markedspriser (inkl. moms og afgifter), mens omkostninger i en business case typisk opgøres uden moms. Endelig opgør man i den samfundsøkonomiske analyse nutidsværdien ved hjælp af en samfundsøkonomisk diskonteringsrente på 3,5%, mens den i en business case typisk er højere.

Samlet set betyder det, at de totalomkostninger, vi har afreporteret, vil være anderledes, hvis de bliver opgjort som en business case (eller Total Cost of Ownership-beregning) for fx en entreprenør.

Tabel 2. Centrale forskelle på en samfundsøkonomisk analyse og en business case

	Samfundsøkonomi	Business case (finansiel analyse)
Aktører	Alle kvantificerbare effekter	Kun for ét projekt eller virksomhed
Elementer	Udgifter, indtægter og livskvalitet	Udgifter og indtægter
Prisniveau	Markedspriser (inkl. moms og afgifter)	Typisk ekskl. moms
Diskonteringsrente	3,5% (fastsat af Finansministeriet)	Typisk højere, fx 6-7%

3 Cases

Vi har udarbejdet tre cases for at illustrere samfundsøkonomien i omstillingen til elektriske arbejdsmaskiner. Vi har for alle cases illustreret effekten af omstilling i 2028.

De tre cases er:

1. Skybrudssikring og forbedring af trafiksikkerhed på Rantzausgade på Nørrebro i København
2. Renovering af vandledninger i villakvarter i Holte
3. Nyt byggeri i Aalborg.

Case 1 og 2 er baseret på erfaringerne fra faktiske anlægsarbejder foretaget med dieselmaskiner, mens case tre er baseret på et fremtidigt byggeri Aalborg. Vi har fået data til casene fra CG Jensen (case 1), Novafofos (case 2) og HP Byg (case 3).

I alle tre cases har vi beregnet de samfundsøkonomiske konsekvenser på samme måde som i hovedanalysen. Vi har dog inkluderet det faktiske brændstofforbrug det (forventede for case 3) for dieselmaskinerne. Det betyder også, at vi har forudsat, at udgifterne til infrastruktur til opladning koster det samme som i hovedanalysen. I praksis kan det være anderledes.

3.1 Case 1: Skybrudssikring og forbedring af trafiksikkerhed på Nørrebro i København

Casen omhandler et anlægsarbejde på Rantzausgade på Nørrebro i København. Arbejdet bestod i at forny Rantzausgade ved at forbedre trafiksikkerheden og sikre gaden mod skybrud, og det blev udført af entreprenørfirmaet CG Jensen. Projektet varede fra august 2022 til juni 2023.

Der indgik to maskiner af størrelsen *lille* og én maskine af størrelsen *mellem* i projektet, som varede ni måneder, jf. tabel 3.

Tabel 3. Case 1: Maskiner i projektet

Maskine	Antal	Maskintype	Arbejdsdage	Timer i brug	Dieselforbrug I pr. time
Læssemaskine (4,5 ton)	1	Lille	189	756	3
Gravemaskine lille (4,3 ton)	1	Lille	189	1.418	4
Gravemaskine stor (8,5 ton)	1	Mellem	95	713	6

Kilde: CG Jensen.

Vores samfundsøkonomiske vurdering peger på, at det vil være samfundsøkonomisk rentabelt at omstille maskinerne i denne case fra diesel til el, jf. tabel 4. Skyggeprisen for reduktion af CO₂ er 1.000 kr. pr. ton. Den samlede samfundsøkonomiske værdi af omstillingen er 0-24.000 kr. afhængigt af, om man regner med en lav eller høj CO₂-pris.

Der er ingen gevinster af reduceret støj i denne case, da arbejdet foretages meget tæt på Åboulevarden, som støjer så meget, at støjgevinsten i casen vil drukne i baggrundsstøjen, jf. Miljøstyrelsen (2022).

Tabel 4. Case 1: Samlede effekter ved omstilling

	Kr., 2023-priser
CO ₂ -udledninger	31.000 - 55.000
Luftforurening	31.000
Støj	0
Afskrivninger på investering	-137.000
Drift	113.000
Vedligehold	36.000
Ladeinfrastruktur	-30.000
Afgiftstab	-44.000
I alt	0 - 24.000
Skyggepris	-1.000

Note: Afrundet til 1.000 kr. Alle priser er opgjort i markedspriser.

3.2 Case 2: Renovering af vandledninger i villakvarter i Holte

Denne case omhandler en udskiftning af vandledningerne i et villakvarter i Holte nord for København. Udskiftning sker ved boring af en ny ledning langs med den eksisterende, hvor der fortages punktvis opgravninger for sammenkobling af den nye ledning og stiktilkoblinger.

Projektet varede fra starten af februar 2023 til slutningen af juni 2023 (90 arbejdsdage). Der indgik otte maskiner af størrelsen *mini* og én maskine af størrelsen *lille* i projektet, jf. tabel 5.

Tabel 5. Case 2: Information om maskiner

Maskine	Antal	Maskintype	Arbejdsdage	Timer i brug	Dieselforbrug I pr. time
Dumper (3 ton)	4	Mini	90	1.747	3
Hjullæsser/gummiged (4,5 ton)	1	Lille	90	360	1,8
Minigraver (2 ton)	3	Mini	90	1.310	1,5
Minigraver (2 ton)	1	Mini	90	437	1,8

Kilde: Novafos.

Den samlede samfundsøkonomiske vurdering peger på, at det vil være samfundsøkonomisk rentabelt at omstille maskinerne i denne case fra diesel til el, jf. tabel 6.

Der er ikke omkostninger for samfundet forbundet med at omstille til el i denne case. For hvert ton CO₂ sparet, er der en samfundsøkonomisk gevinst på 5.000 kr. Dermed er omstillingen samfundsøkonomisk rentabel, uanset hvilken CO₂-pris man regner med, jf. tabel 6.

Den samlede samfundsøkonomiske værdi af omstillingen er 150.000-173.000 kr. afhængig af, om man regner med en lav eller høj CO₂-pris.

Den samfundsøkonomisk meget positive effekt skyldes, at der primært indgår *mini*-maskiner i analysen. Der er ikke højere anskaffelsesomkostninger for disse maskiner, og derfor er der på grund af gevinsten på drift- og vedligeholdelsesomkostninger også en gevinst på omkostningssiden.

I denne case har vi regnet støjpåvirkning ud fra den gennemsnitlige støjpåvirkning for et byggeprojekt i et villakvarter uden andre støjkilder, jf. afsnit 10. Hvis anlægsarbejdet havde været foretaget i et område med meget trafikstøj, så der ikke havde været nogen gevinster af mindre støj, ville det også have været samfundsøkonomisk rentabelt.

Tabel 6. Case 2: Samlede effekter ved omstilling

	Kr. 2023-priser
CO ₂ -udledninger	31.000 - 55.000
Luftforurening	22.000
Støj	55.000
Afskrivninger på investering	-5.000
Drift	79.000
Vedligehold	20.000
Ladeinfrastruktur	-22.000
Afgiftstab	-31.000
I alt	150.000 - 173.000
Skyggepris	5.000

Note: Afrundet til 1.000 kr. Alle priser er opgjort i markedspriser.

3.3 Case 3: Nyt byggeri i Aalborg

Denne case omhandler det nye byggeri *Mødestedet*. Bygningen kommer til at rumme kommunal tandlæge og lægeklinik samt kontorer og fællesfaciliteter. Projektet skal gennemføres med elmaskiner, hvor der er muligt. Hvis ikke, bruges der HVO100.

Projektet forventes at vare fra november 2023 til november 2024. Med 21 arbejdsdage om måneden svarer det til 266 arbejdsdage.

HP Byg estimerer, at der vil indgå én maskine af størrelsen *mini*, to maskiner af størrelsen *lille*, én maskine af størrelsen *mellem* og én maskine af størrelsen *mega* i projektet. Maskinerne vil blive anvendt et ret forskelligt antal timer, jf. tabel 29. Da projektet endnu ikke er gennemført, kender vi ikke brændstofforbruget i projektet. Vi har derfor estimeret forbruget pr. time ud fra lignende maskiner.

Tabel 7. Case 3: Information om maskiner

Maskine	Antal	Maskintype	Arbejdsdage	Timer i brug
Dumper (8 ton)	1	Mellem	5	13
Gravemaskine (30 ton)	1	Mega	15	39
Minigraver (5 ton)	1	Lille	42	109
Minilæsser	1	Mini	266	789
Teleskoplæsser (6 meter)	1	Lille	63	140

Kilde: HP Byg.

Note: Hertil vil der i projektet indgå lifte og lastbilkraner. De er ikke inkluderet i denne case.

Den samlede samfundsøkonomiske vurdering peger på, at det vil være samfundsøkonomisk rentabelt at omstille maskinerne i denne case fra diesel til el, jf. tabel 8. For hvert ton CO₂ sparet, er der en samfundsøkonomisk gevinst på 1.000 kr. Dermed er omstillingen samfundsøkonomisk rentabel, uanset hvilken CO₂-pris man regner med.

Den samlede samfundsøkonomiske værdi af omstillingen er 68.000-92.000 kr., afhængig af om man regner med en lav eller høj CO₂-pris.

Den samfundsøkonomisk positive effekt skyldes, at det er maskinerne af størrelsen *mini* og *lille*, der anvendes mest i projektet. Der er ingen eller kun beskedne meromkostninger på anskaffelse for disse maskiner, og derfor er der på grund af gevinsten på drift- og vedligeholdelsesomkostninger også en gevinst på omkostningssiden.

I denne case har vi ikke inkluderet gevinster af reduceret støj, da arbejdet foretages tæt på flere støjende veje, jf. Miljøstyrelsen (2022).

Tabel 8. Case 3: Samlede effekter ved omstilling

	Kr., 2023-priser
CO ₂ -udledninger	31.000 - 55.000
Luftforurening	32.000
Støj	0
Afskrivninger på investering	-25.000
Drift	31.000
Vedligehold	24.000
Ladeinfrastruktur	-11.000
Afgiftstab	-13.000
I alt	68.000 - 92.000
Skyggepris	1.000

Note: Afrundet til 1.000 kr. Alle priser er opgjort i markedspriser.

4 Større gevinster i byer

Der er større gevinster ved at omstille maskinerne i byerne, jf. tabel 9 . Det skyldes, at flere mennesker bliver eksponeret for luftforurening og støj i byerne. Omvendt er gevinsterne lavere på landet, hvor færre mennesker eksponeres direkte. Gevinsterne ved støj har vi her opgjort pr. maskine (se tilgang i bilag). Opgørelsen af gevinsterne ved mindre støj er behæftet med stor usikkerhed, og kan i praksis både være større eller mindre afhængig af de lokale forhold.

Skyggepriserne for omstilling af maskinerne i størrelsen *mini* (0-4 ton) og *lille* (4-8 ton) er positive, jf. tabel 9. Det betyder, at der er samfundsøkonomisk set ikke er omkostninger forbundet med at omstille disse maskiner - tværtimod er der en *gevinst* forbundet med at omstille til el for maskinerne under 8 ton. Hvis man fx kun omstiller maskinerne i størrelsen *mini* til el, vil samfundet tjene 5.000 kr. pr. sparet ton CO₂ i hovedanalysen.

Tabel 9. Samfundsøkonomiske skyggepriser, omstillingsår 2028, kr./ton CO₂

	Hovedanalyse	Land	By
Alle maskiner	-1.500	-2.800	-1.100
Mini (0-4 ton)	5.000	3.800	5.400
Lille (4-8 ton)	3.300	2.000	3.700
Mellem (8-16 ton)	-12.300	-13.600	-11.900
Stor (16-25 ton)	-5.600	-6.900	-5.200
Mega (>25 ton)	-100	-1.400	300

Note: Alle priser er opgjort i 2023-priser og i markedspriser og er afrundet til 100 kr. I hovedanalysen regner vi med, at 75% af maskinerne er i drift på byggepladser i byer.

For maskinerne i størrelserne *mellem* og *stor* er der en høj skyggepris både på landet og i byen. For de helt store maskiner (*mega*, >25 ton) er der derimod en positiv skyggepris i by og en skyggepris på landet, der er under den høje CO₂-pris (2.122 kr./ton i 2030).

Den samfundsøkonomiske vurdering opgjort som nutidsværdi fremgår i bilag (afsnit 14).

Skyggeprisen ved omstilling af maskinerne i størrelsen *mellem* (8-16 ton) er højest. Det skyldes, at det er disse maskiner, hvor meromkostningerne til anskaffelse er højest. I næste afsnit (afsnit 5) viser vi, hvor meget mere anskaffelsesprisen for elmaskinerne må være i forhold til tilsvarende dieselmaskiner, for at en omstilling er samfundsøkonomisk rentabel.

5 Ved en meranskaffelsespris på under 42% er stort set alle elmaskiner samfundsøkonomisk rentable

I hovedanalysen har vi forudsat, at elmaskiner i gennemsnit er 63% dyrere i anskaffelse end dieselmaskiner i 2028, jf. tabel 10. Ved en lav CO₂-pris er omstillingen samfundsøkonomisk rentabel, hvis meromkostningen til anskaffelse i gennemsnit højst er 58%. Med en høj CO₂-pris er omstillingen samfundsøkonomisk rentabel, så længe meromkostningen til anskaffelse i gennemsnit højst er 70%.

Tabellen viser også, at prisforskellen for maskinerne af størrelsen *mini*, *lille* og *mega* skal være noget højere, end vi har forudsat i hovedanalysen, før det ikke længere vil være samfundsøkonomisk rentabelt at omstille maskinerne.

Omvendt viser tabellen også, at maskinerne af størrelsen *mellem* og *stor* højst må have en meromkostning til anskaffelse på 33-56%, hvis det skal være samfundsøkonomisk rentabelt at omstille dem. Alle maskiner er enkeltvis samfundsøkonomisk rentable ved en meranskaffelsespris på under 42% for elmaskiner sammenlignet med tilsvarende dieselmaskiner. Eneste undtagelse er store maskiner ved en lav CO₂-pris. I det tilfælde må meranskaffelsesprisen højst være 33%, for at det er samfundsøkonomisk rentabelt.

De lavere meranskaffelsesomkostninger for de største maskiner sammenlignet med kategorien *mellem* skyldes, at de ofte er på elkabel i stedet for batteri og oftere specialfremstilles. Dermed bliver meranskaffelsesomkostninger målt i % ikke så stor.

Tabel 10. Meromkostning for anskaffelse af elmaskiner relativt til dieselmaskiner i 2028 (%)

	Hovedanalyse	Break-even Lav CO ₂ -pris	Break-even Høj CO ₂ -pris
Alle maskiner (vægtet)	63%	58%	70%
Mini (0-4 ton)	0%	191%	226%
Lille (4-8 ton)	12%	47%	56%
Mellem (8-16 ton)	134%	42%	51%
Stor (16-25 ton)	69%	33%	42%
Mega (>25 ton)	46%	68%	93%

Note: Alle priser er opgjort i 2023-priser og i markedspriser.

Vi gennemgår hovedanalysens forudsætninger om meromkostninger til anskaffelse såvel som omkostninger til drift, vedligehold og infrastruktur til opladning i næste afsnit.

6 Totalomkostninger

I dette afsnit gennemgår vi totalomkostningerne, der er forbundet med omstilling til el. Omkostningerne omfatter anskaffelsesomkostninger, driftsomkostninger, omkostninger til ladeinfrastruktur til at sikre strøm til maskinerne på byggepladserne og vedligeholdelsesomkostninger.

De samlede omkostninger ved omstillingen er på 3,8 mia. kr., jf. tabel 11.

Tabel 11. Totalomkostninger, nutidsværdi 2023, mia. kr.

	2028-2037
Anskaffelsesomkostninger	-14,5
Drift	10,6
Ladeinfrastruktur	-3,7
Vedligehold	3,7
I alt	-3,8

Note: Ved omstilling i 2028. Alle priser er opgjort i 2023-priser og i markedspriser.

Anskaffelsesomkostningerne dækker over de meromkostninger, der er ved at investere i el frem for dieselmaskiner. Anskaffelsesomkostningerne er samlet set på 14,5 mia. kr.

Elmaskiner er billigere i drift end dieselmaskiner, fordi strøm er billigere end diesel. Det giver en driftsgevinst på 10,6 mia. kr.

En omstilling til elmaskiner kræver, at der sikres strøm på byggepladserne, så maskinerne kan lades op. I hovedanalysen regner vi med, at ladeinfrastrukturen har en samlet omkostning på 3,7 mia. kr.

Der er desuden en gevinst på vedligeholdelsesomkostningerne på elmaskinerne, som skyldes, at de ikke skal serviceres og repareres så meget som dieselmotorer. Det giver en gevinst på 3,7 mia. kr.

Forudsætningerne er uddybet i afsnittene herunder.

6.1 Anskaffelsesomkostninger

For anskaffelsesomkostningerne har vi taget udgangspunkt i CO-PI's TCO-beregner (TCO står for Total Cost of Ownership). Vi har sammenholdt anskaffelsesomkostningerne med SINTEF (2022) og oplysninger fra GSV, der udlejer arbejdsmaskiner, jf. tabel 12.

Da elmaskiner hovedsageligt kører på batteri (nogle kan fås med kabel), er meranskaffelsesprisen i 2028 afhængig af udviklingen i batteripriserne. Samtidig er de færreste elmaskiner i dag serieproduceret. I takt med at de bliver det, vil priserne falde. Vi har derfor fremskrevet meromkostningerne pr. maskintype til 2028 ved hjælp af forudsætningerne i SINTEF (2022).

I praksis vil prisfaldet på batterier medfører, at nogle arbejdsmaskiner vil blive udstyret med større batterier. For disse maskiner vil prisfaldet blive mindre. Til gengæld vil større batterier i sig selv være en gevinst. Det har derfor mindre betydning for opgørelsen af de samlede gevinster om priserne falder eller batterierne bliver større.

Tabel 12. Meromkostninger ved anskaffelse af elmaskiner sammenlignet med diesel.
 Kr. pr. maskine ekskl. moms, 2023-priser

	Meromkostning i 2023 (TCO-beregner)	Meromkostning i 2023 SINTEF (2022)	Meromkostning i 2028 (denne analyse)
Mini (0-4 ton)	-55.000 (-37%)	-	0%
Lille (4-8 ton)	135.000 (17%)	-	95.000 (12%)
Mellem (8-16 ton)	2.830.000 (189%)	1.730.000 (200%)	2.010.000 (134%)
Stor (16-25 ton)	2.730.000 (97%)	2.195.000 (200%)	1.935.000 (69%)
Mega (>25 ton)	1.960.000 (65%)	1.940.000 (139%)	1.390.000 (46%)

Note: Tallene fra SINTEF (2022) er omregnet fra norske kroner og fra 2022-priser. Priser er angivet afrundet til nærmeste 5.000 kr. I SINTEF (2022) behandles kun maskiner over 8 ton.

Estimaterne i TCO-beregneren er baseret på priserne på elmaskiner i Danmark, mens SINTEF (2022) er baseret på forhold i Norge. Dermed er tallene ikke direkte sammenlignelige.

I beregningerne har vi anvendt estimaterne fra TCO-beregneren fremskrevet til 2028 med fremskrivningen i SINTEF (2022) for maskinerne i størrelsen *lille* og derover. For maskinerne af størrelsen *mini* har vi i hovedanalysen anvendt et skøn, hvor der ikke er prisforskel mellem diesel- og elmaskiner.

Anskaffelsespriserne i TCO-beregneren er med undtagelse af maskinerne i størrelsen *mini* højere end SINTEF (2022). Vi har valgt at anvende estimaterne fra TCO-beregneren, fordi tallene er baseret på danske forhold. Det er her værd at bemærke, at selvom merpriserne ved anskaffelse i SINTEF (2022) er lavere end i TCO-beregneren, så er de relative prisforskelle mellem diesel- og elmaskiner opgjort i % lavere i TCO-beregneren end i SINTEF (2022).

Vi har desuden verificeret estimaterne i TCO-beregneren med GSV, der oplyser, at prisforskellene mellem diesel- og elmaskiner ligger på ca. 50-100% afhængig af model og størrelse. Det stemmer bedre overens med TCO-beregneren end estimaterne i SINTEF.

Vi har som nævnt fremskrevet prisforskellene mellem diesel- og elmaskiner til 2028 på baggrund af SINTEF (2022). Fremskrivningen afspejler, at anskaffelsespriserne på elmaskiner forventes at falde, i takt med at efterspørgslen efter dem stiger (SINTEF, 2022) samt generelt faldende batteripriser. Udviklingen i SINTEF (2022) svarer til forventningen til udviklingen i priserne på batterier i samme periode, jf. nyeste fremskrivning fra ICCT (2023).

I den samfundsøkonomiske analyse omregnes meranskaffelsesomkostningerne til markedspriser for at kunne sammenligne med gevinsterne, der også er opgjort i markedspriser, dvs. at omkostningerne omregnes fra priser ekskl. moms til priser inkl. moms og afgifter. Det er standard i samfundsøkonomiske analyser.¹

Der er en vis usikkerhed om anskaffelsesomkostninger, som både relaterer sig til estimatet for omkostningerne i dag og fremskrivningen af omkostningerne. I afsnit 5 viser vi, hvordan meranskaffelsespriserne for hver maskine skal udvikle sig, for at det vil være samfundsøkonomisk rentabelt at omstille dem.

¹ Omregning til markedspriser sker ved at gange med nettoafgiftsfaktoren på 1,28.

6.2 Driftsomkostninger

Der er besparelser på driftsomkostninger for elmaskiner sammenlignet med dieselmaskiner, jf. tabel 11. Driftsomkostningerne består af udgifter til brændstof. Vi har opgjort besparelsen for hver maskintype ud fra brændstofforbrug pr. time og et antal maskintimer pr. år.²

Brændstofforbruget pr. time er opgjort både i TCO-beregneren, SINTEF (2022) og for udvalgte maskintyper i de cases, vi behandler i afsnit 3.

Vi har valgt at anvende et brændstofforbrug i analysen, der er baseret på SINTEF (2022) og oplysninger fra de entreprenører, der har bidraget med data til vores cases.

Af tabellen herunder fremgår det brændstofforbrug pr. time, vi har anvendt i analysen. Vi regner med, at hver maskine bruges ca. 1.600 timer pr. år.

Tabel 13. Brændstofforbrug pr. time

	Diesel (liter)	EI (kWh)
Mini (0-4 ton)	2	4
Lille (4-8 ton)	3	6
Mellem (8-16 ton)	6	13
Stor (16-25 ton)	10	28
Mega (>25 ton)	30	100

Kilde: SINTEF (2022a), CG Jensen og Novafos.

Vi har anvendt brændstofomkostninger fra Transportøkonomiske Enhedspriser 2.0 for både diesel og el. Deri indgår også iblanding af biobrændsel.

Omkostningerne til diesel og el i 2028 og 2037 fremgår af tabellen herunder.

Tabel 14. Omkostninger pr. enhed drivmiddel ekskl. moms

	Diesel (kr. pr. liter)		EI (kr. pr. kWh)	
	2028	2037	2028	2037
Produktpris	5,5	5,8	0,9	0,8
Afgifter ekskl. moms	3,3	3,3	0,0 ¹	0,0 ¹
I alt	8,8	9,1	0,9	0,8

Kilde: Transportøkonomiske Enhedspriser 2.0.

Note: Alle priser er opgjort i 2023-priser. Note: ¹ Erhverv betaler i praksis kun minimumsafgiften på el på 0,4 øre pr. kWh, da resten kan godtgøres.

² Vi har sikret, at det beregnede brændstofforbrug svarer til det samlede energiforbrug i Energistyrelsen (2023a).

I den samfundsøkonomiske analyse omregnes driftsomkostningerne til markedspriser for at kunne sammenlignes med gevinsterne, der også er opgjort i markedspriser.³

6.3 Omkostninger til ladeinfrastruktur

Når arbejdsmaskinerne skal omstilles til el, vil der i mange tilfælde være omkostninger forbundet med at lade maskinerne op. Hvor det er muligt, kan de lades op gennem offentlige ladestander til elbiler, men andre steder vil der skulle etableres ladestander og en strømforsyning til byggepladsen.

I hovedanalysen har vi derfor indregnet et gennemsnitligt tillæg på 1 kr. pr. kWh, som dækker over fx etablering af midlertidig ladestander på byggepladsen eller brug af offentlige ladestander, hvor der ligeledes skal betales et tillæg til den rene strømpris. Tillægget på 1 kr. pr. kWh dækker over, at det nogen steder vil være billigere at oplade, mens det andre steder vil være dyrere. Til sammenligning kan en typisk natoplader blive installeret for 10-40.000 kr. (totalomkostning for laderstander, installation og eventuelt tilslutningsafgift). Den kan betales hjem på ca. 5 år ved et tillæg på 1 kr./kWh og et årlig strømforbrug på 8.000 kWh.

Vi har i analysen ikke taget højde for de særlige steder, hvor der ikke kan etableres strømforsyning på byggepladsen, og man derfor skal anvende store batteripakker, der oplades et andet sted og hver dag køres til og fra byggepladserne.

Der er væsentlig usikkerhed om, hvor meget ladeinfrastrukturen vil koste i praksis. Vi beregner derfor følsomheder af disse omkostninger i afsnit 12.

I den samfundsøkonomiske analyse omregnes omkostningerne til ladeinfrastruktur til markedspriser for at kunne sammenligne med gevinsterne, der også er opgjort i markedspriser.

6.4 Vedligeholdelsesomkostninger

Elmaskiner har i udgangspunktet lavere omkostninger til service og vedligehold, da elmotorer kræver mindre vedligehold end dieselmotorer. Vi har derfor indregnet en besparelse på vedligehold. Vi har anvendt samme besparelse, som der er anvendt i CO-PI's TCO-beregner, men ikke justeret for, at vedligeholdelsesomkostningerne stiger mere for diesel end for el i takt med maskinens levetid. Det skyldes, at SINTEF (2022b) i deres opsamling af praktiske erfaringer med elmaskiner beskriver, at der i praksis er de samme vedligeholdelsesomkostninger for el- og dieselmaskiner.

De anvendte vedligeholdelsesomkostninger ses af tabel 15.

Tabel 15. Gevinst ved vedligehold af elmaskiner sammenlignet med dieselmaskiner, kr.

	Gevinst pr. måned
Mini (0-4 ton)	830
Lille (4-8 ton)	1.150
Mellem (8-16 ton)	1.560
Stor (16-25 ton)	1.860
Mega (>25 ton)	2.500

Kilde: CO-PI's TCO-beregner.
Note: Alle priser er opgjort i 2023-priser.

³ Omregning til markedspriser sker ved at gange med nettoafgiftsfaktoren på 1,28.

I den samlede samfundsøkonomiske analyse omregnes vedligeholdelsesomkostningerne til markedspriser for at kunne sammenligne med gevinsterne, der også er opgjort i markedspriser.

7 Klima

Der er klimagevinster forbundet med at omstille arbejdsmaskinerne i bygge- og anlægsbranchen fra diesel til el. I dette afsnit opgør vi effekterne i sparede ton CO₂ og værdisætter gevinsten af de sparede emissioner. Samlet set sparer en omstilling til elmaskiner samfundet for 3,4 mio. ton CO₂ mellem 2028 og 2037, hvilket samlet set har en værdi på 2,8-5,6 mia. kr. i nutidsværdi, jf. tabel 16.

Tabel 16. Klimaeffekter, 2028-2027

Lavt spænd angiver en lav CO₂-pris, højt spænd angiver en høj CO₂-pris.

	Sparede mio. ton CO ₂ (sum, ikke diskonteret)	Nutidsværdi 2023 mia. kr.
I alt, CO ₂	3,4 ¹	2,8 til 5,6

Note: Alle priser er opgjort i markedspriser i 2023-priser.

Note: ¹ Alle steder, hvor vi skriver CO₂, dækker det over udledninger af CO₂, CH₄ og N₂O.

Vi har beregnet CO₂-udledninger ud fra energiforbruget for intern transport i bygge- og anlægsbranchen i Energistyrelsen (2023a), hvor vi har taget højde for den iblanding af biobrændstof, der er forudsat i Energistyrelsen (2023b). Energistyrelsens fremskrivning forudsætter en mindre omstilling til el på 0,5% i 2022 stigende til 2% el i 2035. Det har vi inkluderet i basisscenariet.

Vi har anvendt emissionsfaktorer for diesel (pr. GJ) fra DCE - Danish Centre for Environment and Energy (2023). For el har vi anvendt emissionsfaktoren 0, da elproduktion er en del af EU's kvotesektor og omkostningen dermed allerede indgår i elprisen.

Tabel 17 viser energiforbrug og emissioner fra intern transport (arbejdsmaskiner) i bygge- og anlægsbranchen i 2028 og 2037. Tabellen viser, at der ved omstilling af arbejdsmaskinerne kan spares mellem 0,34 og 0,37 mio. ton CO₂ pr. år sammenlignet med basisscenariet.

Samfundsøkonomisk har de sparede udledninger en værdi, der afhænger af den valgte CO₂-pris. Den lave og høje CO₂-pris er fastsat af Finansministeriet. CO₂-priserne stiger hvert år i analyseperioden. Priserne for 2028 og 2037 fremgår af tabel 17.

Tabel 17. Energiforbrug og udledninger fra arbejdsmaskiner i bygge- og anlægsbranchen

Lavt spænd angiver en lav CO₂-pris, højt spænd angiver en høj CO₂-pris.

	2028	2037
Energiforbrug (PJ)	5,1	4,8
CO ₂ (mio. ton)	0,37	0,34
Enhedspris (kr. pr. ton CO ₂)	970 - 1.703	1.302 - 2.683

Note: Energistyrelsen fremskriver til og med 2035. I årene derefter har vi ladet energiforbruget være konstant. Energistyrelsen opgør kun udledninger af CO₂ for intern transport samlet for bygge- og anlægssektoren og industri, mens energiforbrug opgøres separat. Med beregningerne her svarer det til, at bygge- og anlægsbranchen er ansvarlig for 85% af energiforbruget og 90% af udledningerne fra intern transport i 2030.

Kilde: Energistyrelsen (2023a, 2023b), Transportøkonomiske Enhedspriser 2.0 og egne beregninger.

8 Luftforurening

Omstilling til el medfører også gevinster i form af sparet luftforurening, jf. tabel 18. I dette afsnit beskriver vi, hvordan vi har opgjort værdien af den sparede luftforurening, som samlet set har en samfundsøkonomisk værdi på 1,9 mia. kr., jf. tabel 18. Gevinsten består primært af lavere omkostninger til NO_x'er. Der er desuden en gevinst fra færre partikler, mens værdien af reduceret CO₂ og CO er ubetydelig.

Luftforurening har bl.a. betydning for hjerte-kar- og luftvejslidelser, nedsat lungefunktion og forekomsten af kræft. Gevinsterne af reduceret luftforurening består af færre tabte leveår på både kort sigt og ved eksponering over længere tid, af reducerede antal sygedage og behandlingsomkostninger i sundhedsvæsenet.

Tabel 18. Gevinst af reduceret luftforurening, nutidsværdi 2023, mia. kr.

	2028-2037
SO ₂	0,0
NO _x	1,6
CO	0,0
Partikler, PM _{2,5} ¹	0,3
I alt	1,9

Note: Alle priser er opgjort i markedspriser og i 2023-priser. ¹ Partikler inkluderer her elementært kulstof (black carbon), jf. DCE (2022).

Reduktionen i luftforurening betyder, at der samlet set er 15 færre for tidlige dødsfald i perioden 2028-2037, jf. tabel 19. Gevinsten i form af færre for tidlige dødsfald er inkluderet i den samlede gevinst opgjort i tabel 18.

Tabel 19. Gevinst af reduceret luftforurening, antal færre for tidlige dødsfald

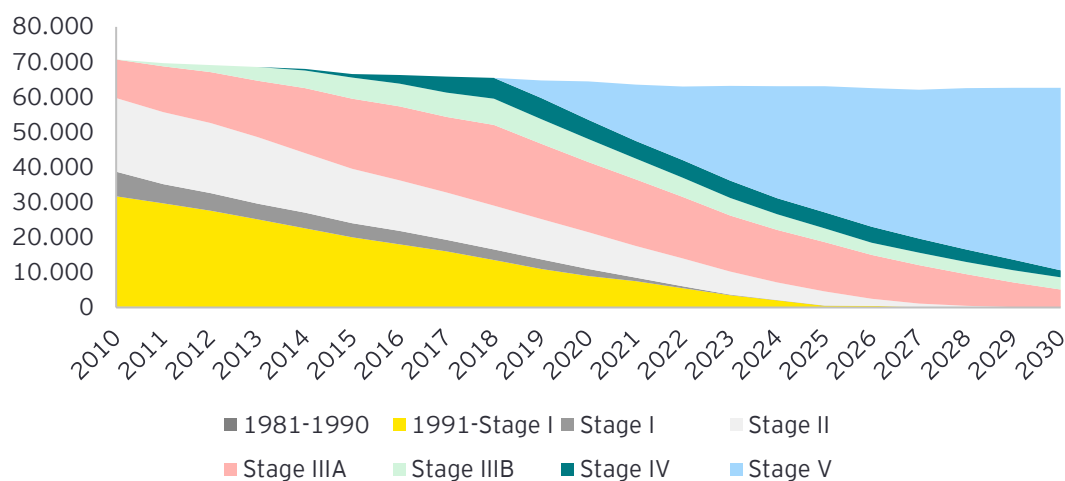
	2028-2037
I alt	15

Kilde: Egne beregninger på baggrund af ændringen i luftforureningen i ton og DCE (2022).

Vi har opgjort luftforureningen med udgangspunkt i emissionsfaktorerne for diesel fra DCE - Danish Centre for Environment and Energy (2023). Vi har fremskrevet emissionerne med den udvikling af sammensætningen af maskiner på Stage-normer, som er beskrevet i Miljøstyrelsen (2019).

De nyere dieselmaskiner har krav til fx partikelfiltre, hvilket betyder, at der er mindre luftforurening fra dem. Siden 2019 har alle nye maskiner skullet leve op til Stage V-krav (Miljøstyrelsen, 2019).

Figur 1. Sammensætning af arbejdsmaskiner efter Stage-normer



Kilde: Miljøstyrelsen 2029.

Note: Figuren viser bestanden af arbejdsmaskiner i alle sektorer - dvs. at fx landbrugssektoren også er indeholdt.

I takt med at de ældre maskiner udfases og erstattes af mindre forurenende maskiner, falder luftforureningen også. Figur 1 viser ændringen i sammensætningen af maskinparken fra 2010 til 2030 som beregnet af Miljøstyrelsen (2019). Samme rapport opgør emissionsfaktorer af NO_x og partikler for arbejdsmaskiner i 2030, som vi har anvendt til fremskrivning frem mod 2030. Vi har fremskrevet tallene til 2040.

Den samlede luftforurening fra maskinerne fremgår af tabel 20. Uden omstilling til elmaskiner (basisscenariet) falder luftforureningen frem mod 2037 som følge af øget iblanding af biodiesel og særligt ændringen af maskinparken til kun at indeholde Stage V-maskiner i 2037.

Tabel 20. Luftforurening uden omstilling, ton

	2028	2037	2028-2037
SO ₂	2	2	22
NO _x	949	712	7.823
CO	1.076	987	10.051
Partikler, PM _{2.5}	41	15	226

Note: Tal er opgjort som sum, dvs. de er ikke diskonteret.

Det er særligt NO_x- og partikelforurening, der har store omkostninger, jf. tabel 18. Det skyldes, at NO_x-udledningen er relativt høj, og at den samfundsøkonomiske enhedspris for partikeludledning er relativt høj. Omvendt er udledningen af SO₂ lav, mens værdien af mindre CO-udledninger er lav og derfor ikke har en betydning her, jf. tabel 21. Tabellen viser også, hvordan enhedspriserne på luftforurening er højere i byerne, hvor flere mennesker er eksponeret.

Tabel 21. Enhedspriser for luftforurening, 2023-priser

Lavt spænd angiver omkostning ved forurening på landet, højt spænd angiver omkostning ved forurening i byer.

	2028	2037
SO ₂	16 - 16	17 - 17
NO _x	150 - 319	164 - 349
CO	0-0	0-0
Partikler, PM _{2.5}	1.075 - 1.627	1.175 - 1.779

Kilde: Transportøkonomiske Enhedspriser 2.0. Opgjort i markedspriser.

9 Afgifter

En væsentlig del af besparelsen på driftsomkostningerne kommer af, at der er langt færre afgifter på el end på diesel. Det betyder derfor også, at staten mister et afgiftsprovener ved omstillingen på 4,2 mia. kr. i nutidsværdi ved omstilling til elmaskiner, jf. tabel 22.

Tabel 22. Afgiftstab ved omstilling, mia. kr., nutidsværdi 2023-priser

	2028-2037
Afgiftstab	4,2

Afgifterne er højere for diesel end for el, jf. tabel 23.

Tabel 23. Afgifter på diesel og el

	Diesel (øre pr. liter)		El (øre. pr. kWh)	
	2028	3037	2028	3037
Afgifter ekskl. moms	335	334	0,4	0,4

Kilde: Transportøkonomiske Enhedspriser 2.0. Opgjort i markedspriser.

Tabel 24 viser de samlede afgiftsbetalinger for hhv. diesel og el i 2028 og 2037 med et elforbrug som beskrevet i afsnit 6.2.

Tabel 24. Afgifter pr. år, mio. kr.

	2028	2037
Diesel	603	568
El	2	2
Afgiftstab pr. år	601	566

10 Støj

Vi har med stor usikkerhed opgjort de samfundsøkonomiske gevinster af mindre støj til 2,3 mia. kr., jf. tabel 25. Det inkluderer alene støjen for de omkringliggende boliger og således ikke støjgevinster fra mindre støj på selve byggepladsen, i gaderum eller på arbejdspladser. Vi har ikke kvantificeret disse støjgevinster, da der ikke er etableret en metode og enhedspriser til at opgøre det.

Værdien af mindre støj omfatter både sundhedsmæssige gevinster og at folk oplever, at støj er generende. Sundhedsgevinsterne udgør 1,4 mia. kr. (62%) af de samlede gevinster, mens gevinsterne ved færre støjgener udgør 0,9 mia. kr. (38%). Sundhedsgevinsterne består af de samfundsøkonomiske tab ved sygdom og for tidlig død som følge af sygdomme som hjertekarsygdomme og forhøjet blodtryk. En mindre del af sundhedsgevinsterne (0,1 mia. kr.) er sparede udgifter til behandling i sundhedsvæsenet og fravær fra arbejdsmarkedet i forbindelse med sygdommen.

Tabel 25. Støj, nutidsværdi 2023, mia. kr.

	2028-2037
I alt, støj	2,3
Heraf sundhedsgevinster	1,4
Heraf genegevinster	0,9

Note: Alle priser er opgjort i 2023-priser. Baseret på, at 75% af byggeaktiviteterne foregår i byer og 25% på landet.

Samlet har vi opgjort en reduktionen i det såkaldte støjbelastningstal (SBT) på 6.800. Værdien af en SBT er knap 50.000 kr., jf. tabel 26. Støjbelastningstallet beregnes ud fra antallet af boliger, der er belastet med en støj på over 58 dB ved facaden. Det tager højde for, at 1 dB er mere generende ved høje støjniveauer end ved lavere støjniveauer.

Tabel 26. Ændring i støj (SBT) og enhedspris for støj

	2028	2037
Ændring i SBT	6.800	6.800
Enhedspris, kr./ SBT	45.494	49.752

Kilde: SBT er egne beregninger. Enhedspris er Transportøkonomiske Enhedspriser 2.0. Opgjort i markedspriser.

Der er ikke fastlagt en samfundsøkonomisk metode til at opgøre værdien af mindre støj fra arbejdsmaskiner. Vi har derfor anvendt tilgangen og enhedspriserne, der findes på transportområdet, hvor værdien af støj har været opgjort i mange år i forbindelse med bl.a. samfundsøkonomiske vurderinger af ny infrastruktur.

Vi har opgjort ændringen i SBT i to trin:

- Ændringen i SBT/år pr. byggeplads
- Antal byggepladser med støjgevinst.

Ændringen i SBT har vi opgjort på baggrund af tre beregninger FORCE Technology har udført på specifikke lokaliteter, hvor de har opgjort ændringen i antallet af støjbelastede boliger med støjberegningsprogrammet SoundPLAN. Resultater af de enkelte beregninger fremgår af bilag. Vi har i

beregningerne forudsat, at elmaskinerne støjer 10 dB mindre end tilsvarende maskiner på diesel. Det er baseret på en kombination af flere kilder:

- Entreprenørfirmaet Nordkysten har fået målt den faktiske støj i forbindelse med anlægsarbejder med diesel og el. Det viste en reduktion fra ca. 55 dB til ca. 51 dB, jf. Nordkysten (2021).
- En evaluering fra Oslo Kommune, der peger på, at den udvendige støj ved maskinerne er 75-80 dB for eldrevne maskiner og 98 dB for dieselmaskiner, jf. Oslo (2020)
- Indhentning af produktblade på maskiner fra Volvo og Komatsu, der viser en reduktion i støjen på 3-11 dB.

Genen ved støj afhænger ikke kun af lydniveauet. Således er folk typisk mindre generet af konstant larm (fx vejstøj) end støj, der varierer (fx impulser eller en særlig hørbar tone). Støj fra byggepladser varierer typisk mere end trafikstøj. Vi har derfor lagt et genetillæg på 5 dB til støjen fra både diesel- og elmaskiner. Omregningen fra antal støjbelastede boliger ved forskellige støjniveauer til SBT er baseret på standardtilgangen, hvor boliger, der er udsat for høje støjniveauer, vægter mere end boliger, der er udsat for lave støjniveauer. I beregningen af SBT vægter aften og natstøj højere end støj om dagen. Vi har forudsat, at bygge- og anlægsaktiviteten foregår i dagtimerne.

Antallet af byggepladser, hvor der er en støjgevinst, har vi med betydelig usikkerhed opgjort til 2.000 byggepladsår årligt. Det dækker således over flere byggepladser, hvoraf mange er aktive mindre end et år. Det samlede antal byggepladsår i Danmark er højere, sandsynligvis omkring 10.000 årligt. Når vi vurderer, at antallet af byggepladsår med støjgevinst er væsentlig lavere, skyldes det bl.a., at vi i hovedscenariet har forudsat, at 25% af bygge- og anlægsaktiviteten foregår uden for byerne, hvor væsentligt færre generes af støjen. Dertil kommer, at en reduktion i støjen ikke giver en gevinst, hvis der er andre støjklender med megen støj i nærheden. Det er netop tilfældet for en stor del af byggepladserne, der ligger ud til trafikerede veje. Ligeledes gælder det, at en del af byggeaktiviteten medfører støjgener, der gør, at der ikke opnås en reduktion i den samlede støj ved at anvende arbejdsmaskiner på el. Det drejer sig fx om nedbankning af spuns eller brug af pladevibratorer. Og endelig har vi taget højde for, at noget byggeri i byerne sker steder, hvor der ikke eller kun delvist, er naboer tæt på. Det er fx tilfældet ved byggepladser i nye byudviklingsområder eller i erhvervskvarterer.

11 Usikkerhed og ikke-værdisatte effekter

Der er usikkerheder forbundet med flere af de centrale input i den samfundsøkonomiske analyse samt ved, at der er effekter, vi ikke har værdisat. Det er opsummeret i tabellen herunder.

Den væsentligste usikkerhed er gevinsten ved støj. Det skyldes, at vi ikke har identificeret nogen studier, der har opgjort de samlede støjgener fra byggepladser på nationalt niveau. Vi har derfor, som beskrevet i afsnit 10, lavet en kvalificeret vurdering for boliger. Den er forbundet med stor usikkerhed, bl.a. fordi det er usikkert, hvor mange steder støjgevinster "drukner" i vejstøj og støj fra andre byggepladsaktiviteter. Usikkerheden kan både betyde, at vi under- eller overvurderer de samfundsøkonomiske gevinster fra mindre støj. Det har heller ikke været muligt at opgøre gevinsterne ved mindre støj andre steder (fx på byggepladsen). Det trækker i retning af, at vi undervurderer de samfundsøkonomiske gevinster.

Tabel 27. Centrale usikkerheder og ikke-værdisatte effekter i den samfundsøkonomiske analyse

Element	Værdisat i analysen	Påvirkning af rentabilitet
Støj, boliger	Ja	↑ ↓
Støj, andre steder (fx byggepladser)	Nej	↑
Luftforurening	Ja	↑ ↓
Infrastruktur (del af totalomkostninger)	Ja	↑ ↓
Anskaffelsesomkostninger (del af totalomkostninger)	Ja	↑ ↓
Produktivitetsgevinster som følge af aftenarbejde	Nej	↑
Produktivitetstab ved opladning	Nej	↓

Gevinsterne fra reduceret luftforurening er usikre, fordi enhedspriserne er usikre. Da vi har baseret analysen på Transportministeriets officielle enhedspriser, er usikkerheden dog på niveau med, hvad der bliver anvendt i samfundsøkonomiske analyser på transportområdet.

Omkostningerne til at etablere strømforsyning og ladestandere varierer meget fra byggeplads til byggeplads. Omkostningerne kan meget vel være højere i dag. Antallet af ladestandere til person- og lastbiler, der også kan anvendes til opladning af arbejdsmaskiner, stiger dog, og der vil i 2028 være mange flere tilgængelige. Det trækker i retning af lavere omkostninger. Omkostningerne kan derfor blive både større og mindre.⁴

Vi har i hovedanalysen forudsat en merpris for elmaskiner som beskrevet i afsnit 6.1. Det er usikkert, hvordan merprisen vil udvikle sig fremover. Konsekvensen af dette er beskrevet i afsnit 5.

Vi har i analysen ikke værdisat potentielle gevinster ved, at man kan udvide bygge- og anlægsperioden til også at omfatte aftentimerne. Med arbejdsmaskiner på diesel er det typisk ikke muligt at arbejde om aftenen og samtidig overholde gældende støjkrav. Det kan det være, hvis arbejdsmaskinerne kører på el.

⁴ Vi har som beskrevet i afsnit 6.3 set bort fra de særlige steder, hvor der ikke kan etableres strømforsyning på byggepladsen, og man derfor skal anvende batteripakker.

Det kræver dog ofte, at man samtidig laver en indsats for at dæmpe andre støjkilder på byggepladsen. Det trækker i retning af højere samfundsøkonomisk rentabilitet.

Endelig har vi ikke værdisat produktivitetstab ved opladning. Det dækker over to ting. For det første, at nogle maskiner har for lille et batteri til, at de kan køre så længe som ønsket, fx en hel arbejdsdag. Dermed vil de ikke kunne anvendes, mens de (lyn)oplades. Det kan give produktivitetstab. Og for det andet skal der bruges tid til at køre maskinerne hen til ladestanderne. I det omfang ladestanderne ikke er i umiddelbar nærhed af byggepladsen, vil der også være en omkostning forbundet med det. Det trækker i retning af lavere samfundsøkonomisk rentabilitet.

12 Følsomhedsanalyser

Der er væsentlige usikkerheder forbundet med flere af de centrale input i den samfundsøkonomiske analyse.

Vi har derfor udarbejdet en række følsomhedsanalyser, hvor vi justerer flere af de centrale parametre i analysen. Resultaterne af følsomhedsanalyserne ses af tabellen herunder. Tabellen viser også, hvordan hver følsomhed påvirker rentabiliteten. Der er dog ingen af følsomhederne, vi har inkluderet her, der ændrer på konklusionen i hovedanalysen, hvor en omstilling af arbejdsmaskinerne er rentabel ved en høj CO₂-pris, men ikke ved en lav CO₂-pris.

Hvis omkostningerne til ladeinfrastrukturen er 25% lavere end i hovedanalysen, falder skyggeprisen på CO₂ fra 1.500 kr. pr. ton til 1.200 kr. pr. ton. Hvis omkostningerne derimod er 25% højere, stiger skyggeprisen til 1.900 kr. pr. ton.

Hvis enhedsprisen på luftforurening ændres til at være 25% højere, ændres skyggeprisen på CO₂ med 200 kr. pr. ton til 1.300 kr. pr. ton. Der er særlig stor usikkerhed om effekten af støj. Hvis enhedsprisen på støj eller antallet af støjbelastede boliger er 25% højere end i hovedanalysen, falder skyggeprisen på CO₂ fra 1.500 kr. pr. ton til 1.300 kr. pr. ton. Hvis enhedsprisen på støj eller antallet af støjbelastede boliger derimod er 25% lavere end i hovedanalysen, stiger skyggeprisen til 1.800 kr. pr. ton.

Tabel 28. Følsomhedsanalyser, omstillingsår 2028, 2023-priser

Lavt spænd angiver en lav CO₂-pris, højt spænd angiver en høj CO₂-pris.

	Nutidsværdi 2023 (mia. kr.)	Skyggepris (kr./ton CO ₂)	Påvirkning af rentabilitet
Hovedanalyse	-1,1 - 1,7	-1.500	
Ladeinfrastruktur (+25%)	-2,0 - 0,8	-1.900	↓
Ladeinfrastruktur (-25%)	-0,1 - 2,7	-1.200	↑
Enhedspris luftforurening (+25%)	-0,6 - 2,2	-1.300	↑
Enhedspris luftforurening (-25%)	-1,5 - 1,3	-1.700	↓
Enhedspris støj (-25%)	-0,5 - 2,3	-1.300	↑
Enhedspris støj (-25%)	-1,6 - 1,2	-1.800	↓
Antal støjbelastede boliger (+25%)	-0,5 - 2,3	-1.300	↑
Antal støjbelastede boliger (-25%)	-1,6 - 1,2	-1.800	↓

Note: Alle priser er opgjort i 2023-priser og i markedspriser. Skyggepriser er afrundet til 1.000 kr.

13 Litteraturliste

Danmarks Statistik 2023: *Statistikbankens tabel BYGOMS2*

DCE - Danish Centre for Environment and Energy (2018): *Danish Emission Inventories for Road Transport and Other Mobile Sources. Inventories until the year 2016.*

DCE - Danish Centre for Environment and Energy (2022): *Luftkvalitet 2020. Status for den nationale luftkvalitetsovervågning i Danmark. Videnskabelig rapport nr. 467.*

DCE - Danish Centre for Environment and Energy (2023): *Exhaust emission factors for mobile sources greenhouse gases and main pollutants for the year 2021 (updated 12-01-23).*

DI (2022): *Høje renter og stor usikkerhed vil sænke aktiviteten i bygge- og anlægsbranchen.*

Energistyrelsen (2023a): *Klimastatus og -fremskrivning 2023 (KF23): Fremstillingserhverv og byggeanlæg. Sektornotat nr. 6A.*

Energistyrelsen (2023b): *Klimastatus og -fremskrivning 2023 (KF23): Forbrug og sammensætning af transportbrændstoffer. Sektornotat nr. 4B.*

Finansministeriet 2023: *Vejledning i samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger.*

ICCT (2023): *The European Heavy-Duty Vehicle Market Until 2040: Analysis of Decarbonization Pathways.*

Miljøstyrelsen (2019): *Udredning for mobile ikke-vejgående maskiner i Danmark.*

Miljøstyrelsen (2022): *Kortlægning af støj - Miljøstyrelsen. Tilgængeligt på mst.dk.*

Naturstyrelsen (2009): *Analyse af byggeri i det åbne land i hovedstadsområdet belyst ud fra opførelsesperiode i BBR.*

Nordkysten (2021). *Præsentation.*

Oslo (2020). *Bymiljøetaten. Utslippsfri anleggsplass - Bymiljøetatens erfaring med elektriske anleggsmaskiner i Olav Vs gate.*

SINTEF (2022a): *Utslippsfrie bygge- og anleggsplasser (2022). SINTEF-rapport nr. 44.*

SINTEF (2022b): *Utslippsfri byggeprosess i Oslo - Konsekvensutredning.*

14 Bilag A - Resultater

De samfundsøkonomiske resultater af forskellige maskinstørrelser opgjort som nutidsværdi med lav og høj CO₂-pris fremgår af tabellen herunder.

Tabel 29. Samlet samfundsøkonomisk vurdering ved omstilling af forskellige maskinstørrelser., nutidsværdi 2023, mia. kr.

Lavt spænd angiver en lav CO₂-pris, højt spænd angiver en høj CO₂-pris.

	Hovedanalyse	Land	By
Alle maskiner	-1,1 - 1,7	-4,2 - -1,4	0,0 - 2,8
Mini (0-4 ton)	4,3 - 5,1	3,4 - 4,2	4,6 - 5,4
Lille (4-8 ton)	3,0 - 3,8	2,2 - 2,9	3,3 - 4,1
Mellem (8-16 ton)	-7,3 - -6,5	-8,1 - -7,4	-7,0 - -6,3
Stor (16-25 ton)	-1,3 - -1,0	-1,7 - -1,3	-1,2 - -0,9
Mega (>25 ton)	0,2 - 0,4	-0,1 - 0,1	0,2 - 0,4

Note: Alle priser er opgjort i 2023-priser og i markedspriser og er afrundet til 100 kr. I hovedanalysen regner vi med, at 75% af maskinerne er i drift på byggepladser i byer.

15 Bilag B - Forudsætninger

15.1 Samfundsøkonomi

Den samfundsøkonomiske analyse følger de officielle retningslinjer fra Finansministeriet (2023). Vi har i tabellen herunder givet en oversigt over de centrale forudsætninger og antagelser, der er anvendt i den samfundsøkonomiske analyse.

Tabel 30. Centrale forudsætninger og antagelser i den samfundsøkonomiske analyse

Element	Anvendt
Enhedspriser	Transportøkonomiske Enhedspriser 2.0 ¹
Prisniveau og beregningsår for nutidsværdi	2023
Diskonteringsrente	3,5%
Nettoafgiftsfaktor	1,28
Arbejdsudbudseffekt	0%
Kalkulationsperiode	2028-2037

15.2 Arbejdsmaskiner

Der findes ikke eksakte opgørelser af arbejdsmaskinerne i bygge- og anlægsbranchen i Danmark. Derfor har vi estimeret antallet af arbejdsmaskiner ud fra opgørelse af antallet af maskiner i DCE - Danish Centre for Environment and Energy (2018), som er baseret på Dansk Maskinhandlerforenings årlige statistik over solgte maskiner. På baggrund af denne statistik regner vi med, at der er 30.000 arbejdsmaskiner i Danmark, der anvendes i bygge- og anlægssektoren.

Vi har opdelt maskinerne i kategorierne *mini*, *lille*, *mellem*, *stor* og *mega*, som også er anvendt i CO-PI's TCO-beregner. Af TCO-beregneren fremgår der et eksempel på maskiner inden for hver kategori, men der fremgår ikke størrelsesgrænser for hver kategori. Vi har vurderet størrelsesgrænserne, som ses af tabel 31, så de både passer med TCO-beregneren og i vid udstrækning med størrelseskategorierne i SINTEF (2022).

Opgørelsen af maskinerne fra DCE - Danish Centre for Environment and Energy (2018) er fordelt på maskintyper. Gravemaskiner og hjullæsserne er desuden opdelt på størrelse (over eller under 5 ton). Vi har derfor vurderet, hvor mange af hver maskintype der falder inden for hver kategori, på baggrund af information fra producenter og udlejere af maskinerne.

Tabel 31. Antal af hver maskintype

	Antal maskiner
Mini (0-4 ton)	13.850
Lille (4-8 ton)	9.800
Mellem (8-16 ton)	4.900
Stor (16-25 ton)	1.200
Mega (>25 ton)	250
I alt	30.000

Kilde: Baseret på DCE - Danish Centre for Environment and Energy (2018), [Nordjysk Lift](#), [Wacker Neuson](#), [Zeppelin CAT](#), [Hydrema](#), [Flexlej](#), [MM Udlejning](#), [Liebherr](#)

Note: Antal er afrundet til nærmeste 50.

15.3 Fordeling mellem by og land

I hovedanalysen regner vi med, at 75% af bygge- og anlægsaktiviteterne foregår i byer. Byer omfatter områder, hvor der er relativt tæt bebygget, hvilket kan være både etagebyggeri eller fx villakvarterer. Vi har foretaget denne vurdering på baggrund af Danmarks Statistiks opgørelse af omsætningen i bygge- og anlægsbranchen fordelt på branche (Danmarks Statistik, 2023). Vi har derefter vurderet andelen i hver branche, der foretages i byerne og på landet med Naturstyrelsen (2009) og DI (2022) som baggrund.

15.4 Støjgevinster for enkelte maskiner

I beregningerne har vi fordelt gevinsterne for støj på hver maskintype efter deres andele af det samlede dieselforbrug i basis. Denne fordeling tager dermed højde for, at de større maskiner støjer mere, ligesom de har et højere dieselforbrug pr. maskintime.

Der er dog betydelige usikkerheder forbundet med at opgøre støjen pr. maskintype på den måde, da støjberegningerne tager udgangspunkt i en omstilling af et mix af maskiner, jf. afsnit 10. Effekten er inkluderet for at tydeliggøre, at der vil være større gevinster forbundet med omstilling af maskinerne i byerne, fordi støj generer flere i tætbebyggede områder. Det er muligt, at gevinsterne ved omstilling af enkelte maskintyper i realiteten er mindre, end vi har inkluderet her - fx hvis man kun omstiller de mindre, mindst støjende maskiner på en byggeplads, så støjbesparselsen "drukner" i støjen fra de større maskiner.

FORCE Technology har på vegne af os udarbejdet tre vejledende støjberegninger, der viser konsekvenserne ved at overgå fra arbejdsmaskiner på diesel til udelukkende at anvende maskiner på el. De tre beregninger er beskrevet herunder.

16 Bilag C - Støjberegninger

FORCE Technology har foretaget tre beregninger med støjberegningsprogrammet StøjPLAN. Forudsætninger og resultater for casene fremgår herunder.

16.1.1 Beregning 1 og 2

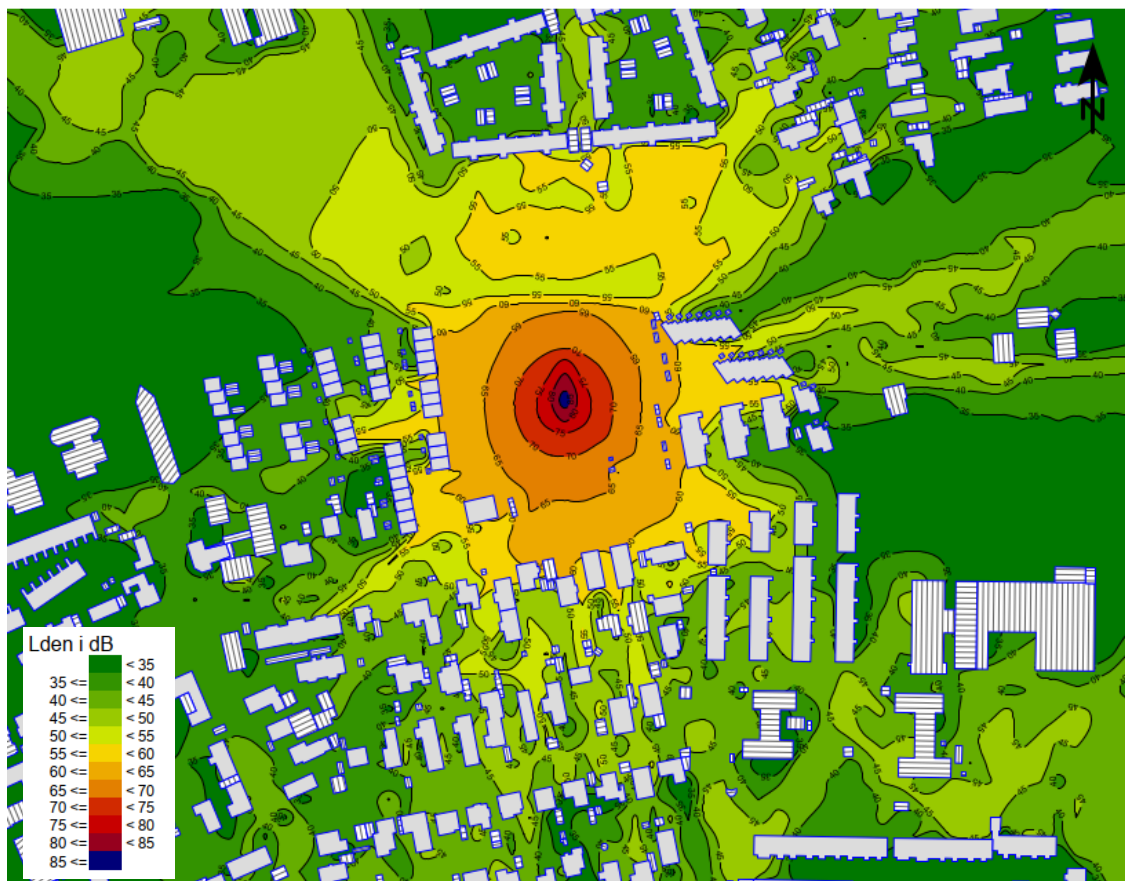
I beregning 1 og 2 har vi forudsat, at der anvendes tre maskiner, jf. tabel 32.

Tabel 32. Maskiner anvendt i case 1, kildestyrke L_{wa} opgjort i dB(A)

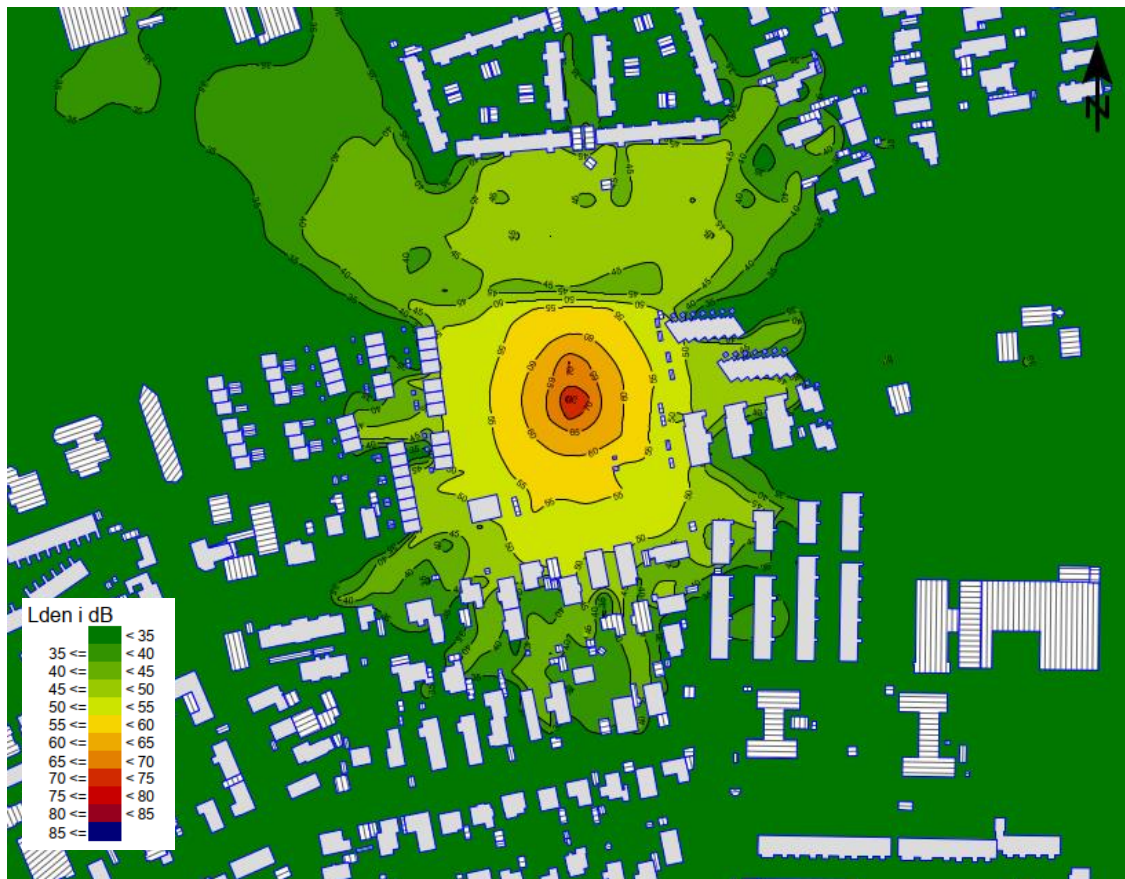
	Diesel	EI
Læssemaskine (4,5 tons)	99	89
Gravemaskine (4,3 tons)	93	83
Gravemaskine (8,5 tons)	105	95

Konsekvenserne for udbredelsen af støjen er vist på de følgende fire kort. Beregning 1 er et område med primært 1-plans boliger, mens beregning 2 er et område med primært 4-plans boliger.

Figur 2. Beregning 1, støjbidrag ved anvendelse af arbejdsmaskiner på diesel



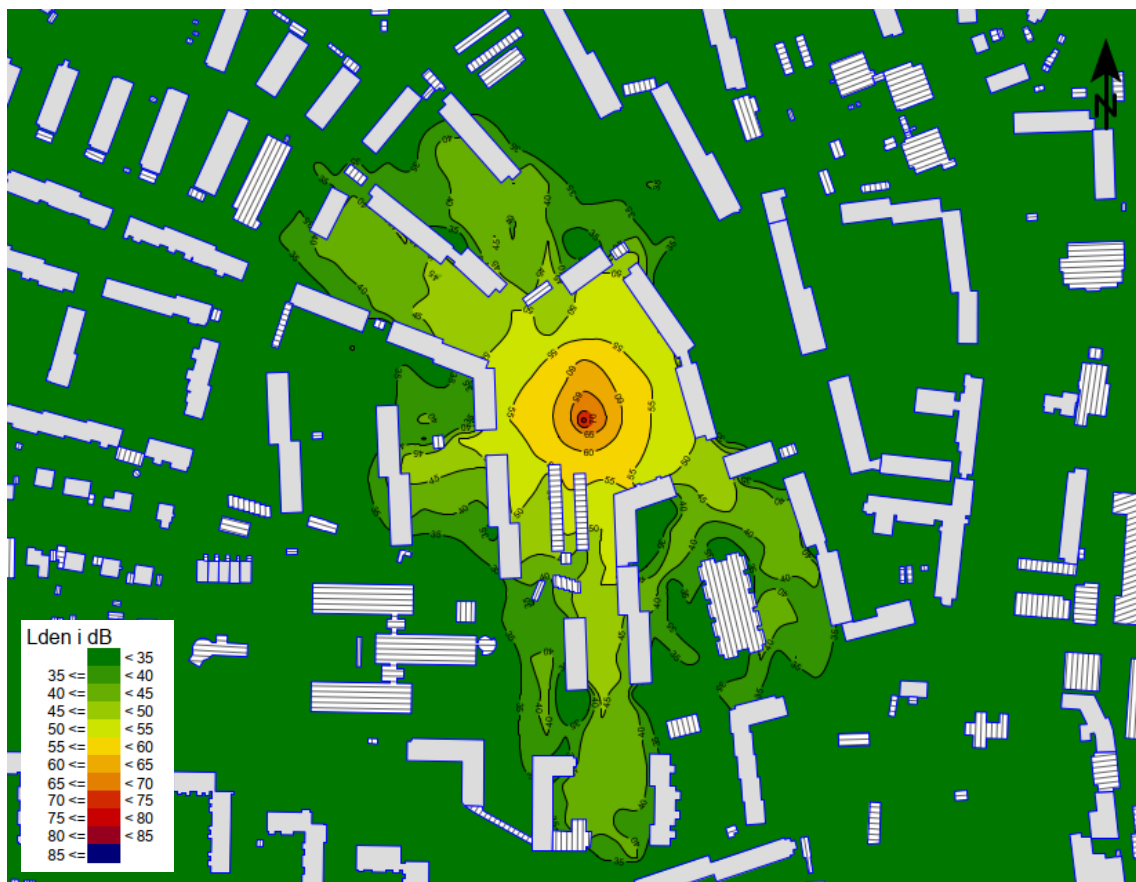
Figur 3. Beregning 1, støjbidrag ved anvendelse af arbejdsmaskiner på el



Figur 4. Beregning 2, støjbidrag ved anvendelse af arbejdsmaskiner på diesel



Figur 5. Beregning 2, støjbidrag ved anvendelse af arbejdsmaskiner på el



16.1.2 Beregning 3

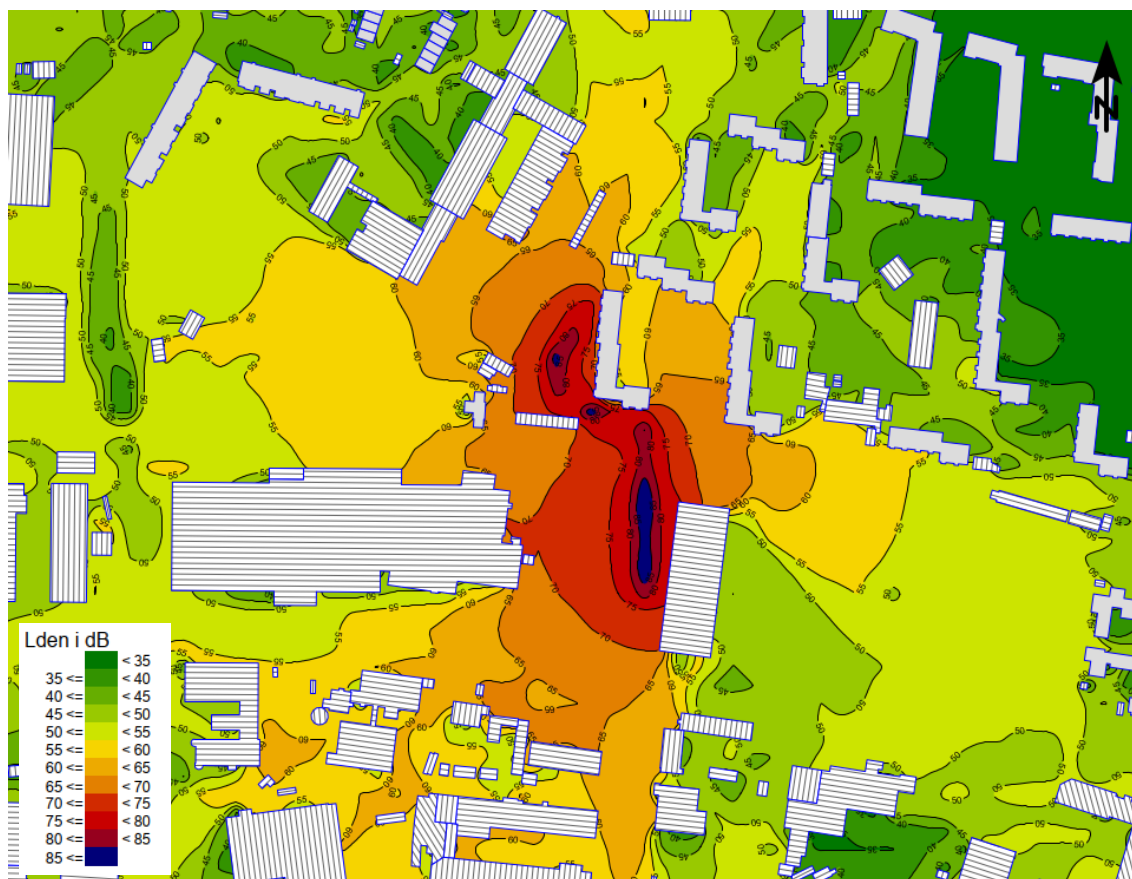
I beregning 3 har vi forudsat, at der anvendes syv maskiner, jf. tabel 33.

Tabel 33. Maskiner anvendt i beregning 3, kildestyrke L_{wa} opgjort i dB(A)

	Diesel	EI
Jordloppe	108	108
Pladevibrator (0,5 tons)	108	108
Gummiged (3,0 tons)	99	89
Gravemaskine (3,6 tons)	94	84
Gravemaskine (21 tons)	101	91
Gravemaskine (25 tons)	101	91
Gravemaskine (35 tons)	104	94

Konsekvenserne for udbredelsen af støjen er vist på de følgende to kort. Case 3 er karakteriseret ved et område med varieret erhverv og boliger i 1-4 plan.

Figur 6. Beregning 3, støjbidrag ved anvendelse af arbejdsmaskiner på diesel



Figur 7. Beregning 3, støjbidrag ved anvendelse af arbejdsmaskiner på el

