# Introduktion

De følgende sider giver et overblik over hovedresultaterne for den livscyklusvurdering (LCA) som vi har lavet for ABC-projektet. Vi har beregnet de potentielle miljøpåvirkninger for fire forskellige byggerier: et traditionelt betonbyggeri, et CLT-byggeri, et byggeri med lette træelementer, samt en renovering af et eksisterende betonbyggeri.

Materialet er ved at blive bearbejdet til en videnskabelig artikel, som forventes at ligge klar sidst på året 2020.

DTU Management, marts 2020

Morten Ryberg, adjunkt

Pernille Krogh Ohms, forskningsassistent

# Resultater af LCA for bygningstyper

## Sammenligning af byggerier

Generelt har renoveringsprojektet den laveste miljøpåvirkning. Primært pga. at materialer fra det eksisterende byggeri bruges igen og fordi miljøpåvirkninger ved anlæg af infrastruktur kan undgås. Af nybyg er det lette byggeri generelt bedst, men der er ikke et af de 3 nybyggerier som er bedst på alle parametre.

Table Karakteriserede resultater for de fire typer byggeri vist som påvirkning pr m2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Impact category** | **Unit** | **CLT** | **Concrete** | **Light** | **Renovation** |
| Fine particulate matter formation | kg PM2.5 eq | 0.67 | 0.64 | 0.57 | 0.33 |
| Fossil resource scarcity | kg oil eq | 154.25 | 150.02 | 144.99 | 93.78 |
| Freshwater ecotoxicity | kg 1,4-DCB | 9.55 | 10.02 | 9.38 | 4.04 |
| Freshwater eutrophication | kg P eq | 0.06 | 0.07 | 0.05 | 0.02 |
| Global warming | kg CO2 eq | 449.74 | 488.87 | 432.05 | 296.53 |
| Human carcinogenic toxicity | kg 1,4-DCB | 18.00 | 30.12 | 24.76 | 5.42 |
| Human non-carcinogenic toxicity | kg 1,4-DCB | 200.23 | 198.66 | 173.05 | 59.87 |
| Ionizing radiation | kBq Co-60 eq | 26.81 | 19.85 | 24.03 | 5.57 |
| Land use | m2a crop eq | 332.63 | 36.57 | 48.13 | 1.77 |
| Marine ecotoxicity | kg 1,4-DCB | 13.46 | 13.96 | 13.01 | 5.50 |
| Marine eutrophication | kg N eq | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 |
| Mineral resource scarcity | kg Cu eq | 1.16 | 2.87 | 1.82 | 0.51 |
| Ozone formation, Human health | kg NOx eq | 1.45 | 1.42 | 1.25 | 0.69 |
| Ozone formation, Terrestrial ecosystems | kg NOx eq | 1.51 | 1.48 | 1.31 | 0.71 |
| Stratospheric ozone depletion | kg CFC11 eq | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Terrestrial acidification | kg SO2 eq | 1.62 | 1.62 | 1.53 | 0.93 |
| Terrestrial ecotoxicity | kg 1,4-DCB | 1378.59 | 953.12 | 908.96 | 394.17 |
| Water consumption | m3 | 4.19 | 5.21 | 4.53 | 2.38 |

Table Relativ sammenligning af bygningstyperne

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Impact category** | **CLT** | **Concrete** | **Light** | **Renovation** |
| Fine particulate matter formation | 100.00% | 94.84% | 85.20% | 49.71% |
| Fossil resource scarcity | 100.00% | 97.26% | 94.00% | 60.80% |
| Freshwater ecotoxicity | 95.39% | 100.00% | 93.66% | 40.31% |
| Freshwater eutrophication | 86.10% | 100.00% | 81.27% | 26.50% |
| Global warming | 92.00% | 100.00% | 88.38% | 60.66% |
| Human carcinogenic toxicity | 59.78% | 100.00% | 82.21% | 18.00% |
| Human non-carcinogenic toxicity | 100.00% | 99.22% | 86.42% | 29.90% |
| Ionizing radiation | 100.00% | 74.04% | 89.62% | 20.77% |
| Land use | 100.00% | 10.99% | 14.47% | 0.53% |
| Marine ecotoxicity | 96.47% | 100.00% | 93.20% | 39.44% |
| Marine eutrophication | 100.00% | 81.79% | 81.48% | 37.53% |
| Mineral resource scarcity | 40.46% | 100.00% | 63.47% | 17.89% |
| Ozone formation, Human health | 100.00% | 97.84% | 86.36% | 47.72% |
| Ozone formation, Terrestrial ecosystems | 100.00% | 97.84% | 86.59% | 46.88% |
| Stratospheric ozone depletion | 94.99% | 75.65% | 100.00% | 52.05% |
| Terrestrial acidification | 100.00% | 99.77% | 94.42% | 57.70% |
| Terrestrial ecotoxicity | 100.00% | 69.14% | 65.93% | 28.59% |
| Water consumption | 80.40% | 100.00% | 86.82% | 45.70% |

## Importance of insulation thickness and material

Vi har set nærmere på isolering for betonbyggeriet og om mer-isolering kan betale sig miljømæssigt. Vores analyse viser at det generelt er en fordel at isolerer mere.

Dette skyldes især det relativt store energiforbrug til opvarmning over byggeriets levetid. Den øgede miljøpåvirkning ved produktion og transport af glasuld kan derfor bestemt betale sig miljømæssigt fordi varmeforbruget over levetiden på 30 år er så lang.

Tabel Sammenligning af forskellige isoleringstykkelser samt materialer, vist som påvirkning pr m2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Indicator** | **Unit** | **Glasuld, isoleringstykkelse** | | | **Stenuld** |
|  |  | **GW, 150 mm** | **GW, 200 mm** | **GW, 300 mm** | **RW, 200 mm** |
| Fine particulate matter formation | kg PM2.5 eq | 6.56E-01 | 6.38E-01 | 6.22E-01 | 6.49E-01 |
| Fossil resource scarcity | kg oil eq | 1.56E+02 | 1.50E+02 | 1.44E+02 | 1.53E+02 |
| Freshwater ecotoxicity | kg 1,4-DCB | 1.03E+01 | 1.00E+01 | 9.79E+00 | 1.00E+01 |
| Freshwater eutrophication | kg P eq | 6.79E-02 | 6.75E-02 | 6.76E-02 | 6.71E-02 |
| Global warming | kg CO2 eq | 5.09E+02 | 4.89E+02 | 4.70E+02 | 4.97E+02 |
| Human carcinogenic toxicity | kg 1,4-DCB | 2.99E+01 | 3.01E+01 | 3.07E+01 | 2.87E+01 |
| Human non-carcinogenic toxicity | kg 1,4-DCB | 2.01E+02 | 1.99E+02 | 1.98E+02 | 1.98E+02 |
| Ionizing radiation | kBq Co-60 eq | 1.96E+01 | 1.99E+01 | 2.07E+01 | 1.79E+01 |
| Land use | m2a crop eq | 3.66E+01 | 3.66E+01 | 3.66E+01 | 3.65E+01 |
| Marine ecotoxicity | kg 1,4-DCB | 1.43E+01 | 1.40E+01 | 1.37E+01 | 1.40E+01 |
| Marine eutrophication | kg N eq | 5.93E-03 | 5.78E-03 | 5.68E-03 | 5.77E-03 |
| Mineral resource scarcity | kg Cu eq | 2.88E+00 | 2.87E+00 | 2.87E+00 | 2.86E+00 |
| Ozone formation, Human health | kg NOx eq | 1.44E+00 | 1.42E+00 | 1.39E+00 | 1.43E+00 |
| Ozone formation, Terrestrial ecosystems | kg NOx eq | 1.50E+00 | 1.48E+00 | 1.45E+00 | 1.49E+00 |
| Stratospheric ozone depletion | kg CFC11 eq | 2.49E-04 | 2.48E-04 | 2.56E-04 | 2.17E-04 |
| Terrestrial acidification | kg SO2 eq | 1.67E+00 | 1.62E+00 | 1.57E+00 | 1.64E+00 |
| Terrestrial ecotoxicity | kg 1,4-DCB | 9.77E+02 | 9.53E+02 | 9.34E+02 | 9.50E+02 |
| Water consumption | m3 | 5.37E+00 | 5.21E+00 | 5.09E+00 | 5.23E+00 |

Vi har undersøgt vigtigheden af levetid for isolering med glasuld. Her ser vi at ved meget kort levetid (5-10 år) kan mer-isolering ikke betale sig, men ved længere levetid giver mer-isolering miljømæssigt mening.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Lifetime: 5 yr | | | Lifetime: 10 yr | | | Lifetime: 30 yr | | | Lifetime: 50 yr | | |
|  | 150 mm | 200 mm | 300 mm | 150 mm | 200 mm | 300 mm | 150 mm | 200 mm | 300 mm | 150 mm | 200 mm | 300 mm |
| Global warming | 100.0% | 100.4% | 101.5% | 100.0% | 99.6% | 99.7% | 100.0% | 96.1% | 92.3% | 100.0% | 94.4% | 88.8% |

## Vigtighed af transport

Vi har undersøgt vigtigheden af de enkelte stadier I byggeriet livscyklus. Vi ser at transport af materialer generelt er vigtigt for CLT, men at det er mindre vigtigt for de andre typer byggeri.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Impact category** | **Transport contribution** | | | |
| **CLT** | **Concrete** | **Light** | **Renovation** |
| Fine particulate matter formation | 11% | 7% | 5% | 2% |
| Fossil resource scarcity | 9% | 2% | 2% | 0% |
| Freshwater ecotoxicity | 6% | 1% | 1% | 0% |
| Freshwater eutrophication | 6% | 2% | 2% | 1% |
| Global warming | 9% | 2% | 2% | 0% |
| Human carcinogenic toxicity | 5% | 1% | 1% | 0% |
| Human non-carcinogenic toxicity | 12% | 1% | 2% | 0% |
| Ionizing radiation | 4% | 2% | 1% | 1% |
| Land use | 0% | 0% | 0% | 1% |
| Marine ecotoxicity | 8% | 1% | 1% | 0% |
| Marine eutrophication | 4% | 1% | 1% | 0% |
| Mineral resource scarcity | 6% | 0% | 1% | 0% |
| Ozone formation, Human health | 10% | 7% | 5% | 2% |
| Ozone formation, Terrestrial ecosystems | 10% | 7% | 5% | 2% |
| Stratospheric ozone depletion | 9% | 2% | 1% | 0% |
| Terrestrial acidification | 12% | 8% | 6% | 2% |
| Terrestrial ecotoxicity | 35% | 3% | 5% | 1% |
| Water consumption | 3% | 1% | 1% | 0% |

Overordnet ser vi at produktion af byggekomponenter/materialer, brugsfasen og infrastruktur har væsentlig betydning for den samlede miljøpåvirkning på tværs af alle miljøpåvirkninger. Det er derfor der man skal fokuserer hvis man vil reducerer miljøpåvirkningen for nogen af bygningstyperne.



Figur Oversigt over betydning af livscyklusstadier for de fire typer byggeri