## Readme
| Laser Additive Manufacturing Process (LAMP) Model Decision Support Tool |
| --- |
| University of Michigan |
| Resourceful Manufacturing & Design (ReMaDe) group |
| NaN |
| This Excel model corresponds to the submitted journal article: The sustainable choice? Environmental impact modeling of laser powder bed fusion and competitive processes |
| Version 1.0, Oct 2022 |
| Any questions regarding the model or the corresponding paper should be directed to Jiankan Liao (jkliao@umich.edu) and/or Daniel Cooper (drcooper@umich.edu) |
| NaN |
| This single excel file contains the production time, cost, cumulative energy demand (CED), and greenhouse gas (GHG) emission modeling for metal/polymer laser powder bed fusion (L-PBF), die casting, injection molding and machining. These impacts are calculated based on user input values for the part specifications and process parameters. |
| Yellow highlighted cells refer to user input values. The model currently contains default values. |
| Non-highlighted cells refer to default parameters that can also be overwritten by the users as needed |

## Input
| Unnamed: 0 | Unnamed: 1 | Unnamed: 2 | Unnamed: 3 | Unnamed: 4 | Unnamed: 5 | Unnamed: 6 | Unnamed: 7 | Unnamed: 8 | Unnamed: 9 | Unnamed: 10 | Unnamed: 11 | Unnamed: 12 | Unnamed: 13 | Unnamed: 14 | Unnamed: 15 | Unnamed: 16 | Unnamed: 17 | Unnamed: 18 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| NaN | This tab includes all the input parameters used for L-PBF, machining, injection molding and die casting. | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | Yellow highlighted cells refer to user input values. The model currently contains default values. | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | Section 1: General parameters used in all manufacturing process models | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | Section 1.1: Part specification and number of parts | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | number of parts N | volume per part V\_part [mm^3] | length per part L\_part [mm] | Breadth per part B\_part [mm] | height per part H\_part [mm] | surface area per part S\_part [mm^2] | material type (dropdown) | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | parameter | 50 | 20620 | 55 | 55 | 30 | 8271 | Aluminum | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | Section 1.2: Delivered energy implicit impacts | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | electricity grid | electricity cost c\_electricity ($/kWh) | electricity conversion i\_electricity [MJ/kWh] | electricity grid emission i\_electricity [kg of CO2 eq./kWh] | natural gas cost c\_gas ($/kWh) | natural gas conversion i\_gas [MJ/kWh] | natural gas emission i\_gas [MJ/kWh] | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | parameter | 1 Average U.S. Mix | 0.0639 | 8.52 | 0.426 | 0.0167 | 4.02 | 0.203 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | validation list | 0 | 1 | 2 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | Section 2: L-PBF input parameter | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | Section 2.1: The spec of the L-PBF type selected | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | see section 2.2.3 of the main article to understand derivation and definition of machine power modes. | NaN |
| NaN | NaN | NaN | machine type | machine utilization U (%) | Max laser power P\_laser,max [W] | Case study laser P\_laser [W] | chamber temperature Temp\_chamber [°C] | laser efficiency η\_laser | Base plate length L\_plate [mm] | Base plate Breadth B\_plate [mm] | inert gas purge consumption V\_purge [L] | inert gas steady consumption V\_process [L/hr] | cost of machine C\_equipment [$] | machine lifespan LS\_equipment (years) | machine embodied energy I\_equipment [MJ] | machine embodied emission I\_equipment [kg.CO2eq] | baseload power P\_0 [W] | heating power P\_heat [W] |
| NaN | NaN | parameter | SLM 280 | 0.77 | 800 | 650 | 50 | 0.4 | 280 | 280 | 800 | 780 | 1000000 | 8 | 177 | 13333 | 4400 | 0 |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | Section 2.2: Parameters used for L-PBF | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | minimum space between parts [mm] | L-PBF yield Y | part per build N\_0 | maximum part per build | recoating time T\_layer [s] | adiabatic efficiency η\_0 | layer thickness L\_layer [µm] | machine setup time T\_setup [hr] | warm up time T\_warmup [hr] | cooldown time T\_cooldown [hr] | L-PBF hourly wage c\_labor [$/hr] | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | parameter | 15 | 0.73 | 16 | 16 | 10 | 0.06 | 30 | 0.5 | 0.25 | 1 | 28.4 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | Section 2.3: Type of consumables (under "use of baseplate", use a "1" for metal L-PBF, and "0" for polymer L-PBF) | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | use of baseplate | external inert gas | Inert gas cost [$/kg] | Inert gas density [kg/m^3] | Inert gas specific embodied energy [MJ/kg] | Inert gas specific embodied energy [kg.CO2eq/kg] | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | parameter | 1 | Argon | 0.88 | 1.85 | 40.6 | 2.75 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | Section 2.4: Post process used after L-PBF build process (on process selection row, use a "1" to indicate existence of the post processes, and "0" otherwise) | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | post processing | stress relief | wire EDM | blast media | surface fine milling | heat treatment | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | process selection | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | electricity power consumption [kW] | 5 | 11.7 | 1 | 5.8 | 135 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | material process rate [kg/hr] | NaN | 0.03 | NaN | 7.5 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | process time [hr] | 0.5 | NaN | 0.5 | NaN | 6 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | setup time [hr] | 0 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | yield [%] | 1 | 1 | 1 | 0.554868 | 1 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | Section 3: Machining input parameters | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | Section 3.1: Workpiece parameters | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | bulk material delivery time [hr] | recycled content RC | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | parameter | 75 | 0.2 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | Section 3.2: Machining process parameters | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | coarse machining | fine machining | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | power consumption [kW] | 6.7 | 5.8 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | material removal rate [kg/hr] | 15 | 7.5 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | Section 3.3: Machining consumables | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | type of fluid | compressed air flow rate [kg/hr] | density [kg/m^3] | cost [$/kg] | embodied energy [MJ/kg] | embodied emission [kg .CO2eq/kg] | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | cutting fluid | Oil lubricant | 0.025 | 850 | 5.9 | 62.5 | 1.9 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | machine lubricant | Oil lubricant | 0.012 | 850 | 5.9 | 62.5 | 1.9 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | Section 3.4: Other machining parameters | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | tool lifespan [kg of material removed/pc] | tool cost C\_tool [$/pc] | tool embodied energy I\_tool [MJ/pc] | tool embodied emission I\_tool [kg.CO2eq/pc] | machining hourly wage c\_labor [$/hr] | machine utilization U (%) | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | parameter | 17.3 | 125 | 72 | 5.9 | 22.96 | 0.77 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | Section 4: Die casting & injection molding input parameters | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | Section 4.1: Workpiece material related parameters | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | yield Y | run-around prep RC\_runaround | secondary recycled content RC\_secondary | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | die casting | 0.47 | 0.5 | 0.25 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | injection molding | 0.77 | 0.21 | 0.09 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | Section 4.2: Tool related parameters | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | tool basic delivery lead time [hr] | tool lifespan LS\_tool [pts] | corrected number of surface patch | parting surface factor f\_p | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | parameter | 552 | 100000 | 16 | 0 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | number of length side with side pull | number of breadth side with side pull | corrected number of side pull | volume of the side pull for DC [mm^3] | volume of side pull for IM [mm^3] | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | parameter | 2 | 2 | 2.9 | 22300 | 19800 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | Section 4.3: Process parameters | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | electricity consumption [kWh/kg] | natural gas consumption [kWh/kg] | process rate [m^3/hr] | hourly wage c\_labor [$/hr] | tool manufacturer hourly wage [$/hr] | machine utilization U (%) | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | die casting | 2.3 | 3.4 | 0.08 | 17.48 | 28.4 | 0.77 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | injection molding | 1.36 | NaN | 0.08 | 17.48 | 28.4 | 0.77 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| i | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | Section 4.4: Tool lubricant | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | type of fluid | cost [$/kg] | embodied energy [MJ/kg] | embodied emission [kg.CO2eq/kg] | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | tool lubricant | Oil lubricant | 5.9 | 62.5 | 1.9 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | Per part result for different batch size | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | L-PBF | NaN | NaN | NaN | machining | NaN | NaN | NaN | die casting | NaN | NaN | NaN | injection molding | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | batch size | time per part [hr] | cost per part [$] | CED per part [MJ] | GWP per part [kg.CO2eq] | time per part [hr] | cost per part [$] | CED per part [MJ] | GWP per part [kg.CO2eq] | time per part [hr] | cost per part [$] | CED per part [MJ] | GWP per part [kg.CO2eq] | time per part [hr] | cost per part [$] | CED per part [MJ] | GWP per part [kg.CO2eq] |
| NaN | NaN | current | 2.400097 | 104.687357 | 235.33511 | 14.632575 | 2.019357 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 22.676912 | 766.150796 | 203.128801 | 29.278588 | 21.461274 | 587.011943 | 165.90682 | 23.727234 |
| NaN | NaN | 1 | 7.035399 | 319.75746 | 655.454394 | 41.864793 | 75.519357 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 1133.818747 | 38299.757376 | 9650.377349 | 1428.307812 | 1073.047276 | 29340.911879 | 7739.145499 | 1145.210488 |
| NaN | NaN | 4 | 3.25662 | 144.428571 | 312.965847 | 19.664616 | 19.269357 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 283.455098 | 9575.058462 | 2420.340195 | 357.622181 | 268.26207 | 7335.376214 | 1943.299571 | 286.932487 |
| NaN | NaN | 7 | 2.716794 | 119.381587 | 264.038912 | 16.493162 | 11.233643 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 161.974577 | 5471.530046 | 1387.477744 | 204.667091 | 153.292755 | 4191.728261 | 1115.321582 | 164.321344 |
| NaN | NaN | 10 | 2.500864 | 109.362794 | 244.468138 | 15.22458 | 8.019357 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 113.382368 | 3830.11868 | 974.332764 | 143.485055 | 107.305029 | 2934.269081 | 784.130386 | 115.276887 |
| NaN | NaN | 13 | 2.384594 | 103.968059 | 233.930029 | 14.541498 | 6.288588 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 87.217333 | 2946.28179 | 751.870082 | 110.540882 | 82.542407 | 2257.175675 | 605.796665 | 88.868333 |
| NaN | NaN | 16 | 2.311925 | 100.596349 | 227.343711 | 14.114571 | 5.206857 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 70.864186 | 2393.883734 | 612.830906 | 89.950774 | 67.065769 | 1833.992297 | 494.338089 | 72.362987 |
| NaN | NaN | 19 | 2.527382 | 110.593172 | 246.871567 | 15.380371 | 4.466726 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 59.67519 | 2015.927169 | 517.698838 | 75.862805 | 56.47649 | 1544.445775 | 418.076959 | 61.069855 |
| NaN | NaN | 22 | 2.455061 | 107.237595 | 240.316762 | 14.955487 | 3.928448 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 51.537739 | 1741.049668 | 448.51188 | 65.61701 | 48.775196 | 1333.866487 | 362.614318 | 52.856669 |
| NaN | NaN | 25 | 2.400097 | 104.687357 | 235.33511 | 14.632575 | 3.519357 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 45.353276 | 1532.142767 | 395.929791 | 57.830205 | 42.922212 | 1173.826227 | 320.462711 | 46.614647 |
| NaN | NaN | 28 | 2.356911 | 102.683598 | 231.420955 | 14.378859 | 3.197929 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 40.494056 | 1368.00163 | 354.615293 | 51.712001 | 38.32344 | 1048.080309 | 287.343592 | 41.710201 |
| NaN | NaN | 31 | 2.322083 | 101.067664 | 228.264379 | 14.174249 | 2.938712 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 36.575329 | 1235.629746 | 321.29715 | 46.777966 | 34.614752 | 946.672311 | 260.634624 | 37.755003 |
| NaN | NaN | 34 | 2.441589 | 106.612537 | 239.095769 | 14.876342 | 2.725239 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 33.348142 | 1126.617606 | 293.858679 | 42.714643 | 31.560539 | 863.159841 | 238.639004 | 34.497781 |
| NaN | NaN | 37 | 2.405544 | 104.940083 | 235.828787 | 14.664576 | 2.546384 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 30.644284 | 1035.28311 | 270.869689 | 39.310237 | 29.001603 | 793.189935 | 220.210241 | 31.768757 |
| NaN | NaN | 40 | 2.374905 | 103.518497 | 233.051853 | 14.484574 | 2.394357 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 28.346003 | 957.648788 | 251.329048 | 36.416492 | 26.826508 | 733.715514 | 204.545793 | 29.449087 |
| NaN | NaN | 43 | 2.348541 | 102.295273 | 230.662398 | 14.329689 | 2.263543 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 26.368413 | 890.847163 | 234.515008 | 33.926526 | 24.954915 | 682.53985 | 191.067081 | 27.453091 |
| NaN | NaN | 46 | 2.325616 | 101.231599 | 228.584611 | 14.195007 | 2.149792 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 24.64877 | 832.758793 | 219.894104 | 31.761337 | 23.327442 | 638.039272 | 179.346463 | 25.717443 |
| NaN | NaN | 49 | 2.408323 | 105.069025 | 236.080664 | 14.680902 | 2.049969 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 23.139695 | 781.783285 | 207.063515 | 29.861274 | 21.899252 | 598.987745 | 169.061022 | 24.194324 |
| NaN | NaN | 52 | 2.384594 | 103.968059 | 233.930029 | 14.541498 | 1.961665 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 21.804745 | 736.689566 | 195.713378 | 28.180449 | 20.635853 | 564.442163 | 159.962363 | 22.846948 |
| NaN | NaN | 55 | 2.363454 | 102.987198 | 232.014009 | 14.417301 | 1.882993 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 20.615425 | 696.515162 | 185.601438 | 26.682987 | 19.510279 | 533.66519 | 151.856284 | 21.64656 |
| NaN | NaN | 58 | 2.344501 | 102.107805 | 230.296198 | 14.305952 | 1.812461 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 19.549138 | 660.496731 | 176.535561 | 25.340434 | 18.501144 | 506.072042 | 144.588766 | 20.570349 |
| NaN | NaN | 61 | 2.327412 | 101.31491 | 228.747352 | 14.205556 | 1.748865 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 18.587732 | 628.021096 | 168.361409 | 24.129936 | 17.591268 | 481.192974 | 138.036085 | 19.599995 |
| NaN | NaN | 64 | 2.311925 | 100.596349 | 227.343711 | 14.114571 | 1.691232 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 17.716458 | 598.590052 | 160.953584 | 23.032922 | 16.766693 | 458.646318 | 132.097719 | 18.720612 |
| NaN | NaN | 67 | 2.373025 | 103.431269 | 232.881461 | 14.473529 | 1.63876 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 16.923208 | 571.794624 | 154.209146 | 22.034148 | 16.015961 | 438.118766 | 126.691146 | 17.919979 |
| NaN | NaN | 70 | 2.356911 | 102.683598 | 231.420955 | 14.378859 | 1.590786 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 16.197951 | 547.295947 | 148.042803 | 21.120983 | 15.329577 | 419.350719 | 121.747994 | 17.187973 |
| NaN | NaN | 73 | 2.342121 | 101.997379 | 230.080491 | 14.29197 | 1.546754 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 15.532305 | 524.81086 | 142.383283 | 20.282873 | 14.699608 | 402.125251 | 117.211128 | 16.516131 |
| NaN | NaN | 76 | 2.328499 | 101.365336 | 228.845854 | 14.21194 | 1.506199 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 14.919209 | 504.100911 | 137.170567 | 19.51093 | 14.119373 | 386.259688 | 113.032436 | 15.897329 |
| NaN | NaN | 79 | 2.315911 | 100.781295 | 227.704986 | 14.137989 | 1.468724 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 14.352678 | 484.96387 | 132.353753 | 18.797615 | 13.583207 | 371.599104 | 109.171113 | 15.325525 |
| NaN | NaN | 82 | 2.365688 | 103.090866 | 232.216515 | 14.430427 | 1.433991 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 13.8276 | 467.2271 | 127.88939 | 18.136494 | 13.086273 | 358.011247 | 105.592326 | 14.79556 |
| NaN | NaN | 85 | 2.352677 | 102.487151 | 231.037215 | 14.353985 | 1.40171 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 13.339586 | 450.742337 | 123.740157 | 17.52204 | 12.624416 | 345.382532 | 102.266159 | 14.303004 |
| NaN | NaN | 88 | 2.340552 | 101.924598 | 229.938321 | 14.282754 | 1.37163 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 12.884846 | 435.381535 | 119.873827 | 16.949481 | 12.19405 | 333.614866 | 99.166776 | 13.844032 |
| NaN | NaN | 91 | 2.329227 | 101.399137 | 228.911882 | 14.21622 | 1.343533 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 12.460089 | 421.033534 | 116.26242 | 16.414673 | 11.792059 | 322.623089 | 96.271748 | 13.415322 |
| NaN | NaN | 94 | 2.318625 | 100.907216 | 227.95096 | 14.153933 | 1.317229 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 12.062444 | 407.601362 | 112.881528 | 15.914002 | 11.415728 | 312.332916 | 93.561509 | 13.013976 |
| NaN | NaN | 97 | 2.360621 | 102.855742 | 231.757223 | 14.400656 | 1.292553 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 11.689396 | 395.000047 | 109.709764 | 15.4443 | 11.062674 | 302.679248 | 91.018914 | 12.637456 |
| NaN | NaN | 100 | 2.349713 | 102.349638 | 230.768596 | 14.336573 | 1.269357 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 11.33873 | 383.15481 | 106.728305 | 15.00278 | 10.730804 | 293.604801 | 88.628874 | 12.283527 |
| NaN | NaN | 103 | 2.339441 | 101.873016 | 229.837559 | 14.276223 | 1.247512 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 11.008492 | 371.999587 | 103.920524 | 14.58698 | 10.418266 | 285.058962 | 86.37806 | 11.950215 |
| NaN | NaN | 106 | 2.32975 | 101.423372 | 228.959223 | 14.219289 | 1.226904 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 10.696947 | 361.475792 | 101.271673 | 14.194715 | 10.123419 | 276.996849 | 84.254651 | 11.63577 |
| NaN | NaN | 109 | 2.320592 | 100.99848 | 228.129235 | 14.165489 | 1.207431 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 10.40255 | 351.531288 | 98.768631 | 13.824043 | 9.844802 | 269.378523 | 82.248126 | 11.338634 |
| NaN | NaN | 112 | 2.311925 | 100.596349 | 227.343711 | 14.114571 | 1.189 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 10.123925 | 342.119526 | 96.399681 | 13.473229 | 9.581111 | 262.168321 | 80.349094 | 11.057415 |
| NaN | NaN | 115 | 2.347522 | 102.247998 | 230.570052 | 14.323703 | 1.171531 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 9.859837 | 333.198812 | 94.154328 | 13.140718 | 9.331178 | 255.334304 | 78.549142 | 10.790869 |
| NaN | NaN | 118 | 2.338612 | 101.834548 | 229.762415 | 14.271352 | 1.15495 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 9.609177 | 324.731694 | 92.023145 | 12.825114 | 9.093953 | 248.847779 | 76.840713 | 10.537877 |
| NaN | NaN | 121 | 2.330143 | 101.441599 | 228.994826 | 14.221597 | 1.139192 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 9.370947 | 316.684432 | 89.997641 | 12.52516 | 8.868491 | 242.6829 | 75.216999 | 10.297429 |
| NaN | NaN | 124 | 2.322083 | 101.067664 | 228.264379 | 14.174249 | 1.124196 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 9.144244 | 309.026555 | 88.070145 | 12.23972 | 8.653939 | 236.816322 | 73.671853 | 10.068616 |
| NaN | NaN | 127 | 2.314405 | 100.711395 | 227.568441 | 14.129138 | 1.109908 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 8.928251 | 301.730467 | 86.233712 | 11.967765 | 8.449523 | 231.226904 | 72.199705 | 9.850613 |
| NaN | NaN | 130 | 2.345837 | 102.169814 | 230.417326 | 14.313804 | 1.09628 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | 8.722227 | 294.771121 | 84.482037 | 11.708362 | 8.254542 | 225.89546 | 70.795502 | 9.642671 |

## Results
| Unnamed: 0 | Unnamed: 1 | Unnamed: 2 | Unnamed: 3 | Unnamed: 4 | Unnamed: 5 | Unnamed: 6 | Unnamed: 7 | Unnamed: 8 | Unnamed: 9 | Unnamed: 10 | Unnamed: 11 | Unnamed: 12 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| NaN | This tab includes the lead time, cost and environmental impact per part for L-PBF, machining and die casting. | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | L-PBF results | machine type: | SLM 280 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | lead time per part [hr] | cost per part [$] | CED per part [MJ] | GWP per part [kg.CO2eq] | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | 2.400097 | 104.687357 | 235.33511 | 14.632575 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | Machining results | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | lead time per part [hr] | cost per part [$] | CED per part [MJ] | GWP per part [kg.CO2eq] | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | 2.019357 | 16.29841 | 54.68306 | 4.087256 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | Die casting | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | lead time per part [hr] | cost per part [$] | CED per part [MJ] | GWP per part [kg.CO2eq] | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | 22.676912 | 766.150796 | 203.128801 | 29.278588 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | Injection molding | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | lead time per part [hr] | cost per part [$] | CED per part [MJ] | GWP per part [kg.CO2eq] | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | 21.461274 | 587.011943 | 165.90682 | 23.727234 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | metal comparison | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | process breakdown |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | polymer comparison | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |

## L-PBF model
| Unnamed: 0 | Unnamed: 1 | Unnamed: 2 | Unnamed: 3 | Unnamed: 4 | Unnamed: 5 | Unnamed: 6 | Unnamed: 7 | Unnamed: 8 | Unnamed: 9 | Unnamed: 10 | Unnamed: 11 | Unnamed: 12 | Unnamed: 13 | Unnamed: 14 | Unnamed: 15 | Unnamed: 16 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| NaN | This tab includes the lead time, cost and environmental impact model for L-PBF | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | Model input zone-do NOT edit! | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | number of parts N | volume per part V\_part [mm^3] | length per part L\_part [mm] | Breadth per part B\_part [mm] | height per part H\_part [mm] | surface area per part S\_part [mm^2] | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | parameter | 50 | 20620 | 55 | 55 | 30 | 8271 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | electricity cost ($/kWh) | electricity conversion [MJ/kWh] | electricity grid emission [kg.CO2eq/kWh] | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | parameter | 0.0639 | 8.52 | 0.426 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | L-PBF yield | part per build N0 | adiabatic efficiency | layer thickness [µm] | Case study laser P\_laser [W] | L-PBF hourly wage [$/hr] | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | parameter | 0.73 | 16 | 0.06 | 30 | 650 | 28.4 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | chamber temerature [°C] | laser efficiency | inert gas flooding consumption [L] | inert gas steady consumpton [L/hr] | baseload power P\_0 [W] | heating power P\_heat [W] | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | parameter | 50 | 0.4 | 800 | 780 | 4400 | 0 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | density [kg/m^3] | cost [$/kg] | embodied energy [MJ/kg] | embodied emission [kg.CO2eq/kg] | no support | no support correction | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | parameter | 2650 | 80 | 196.1 | 14.3 | 0 | 1 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | extra height for insulation [mm] | specific heat [J/kgK] | melting temperature [°C] | enthalpy of melt [J/kg] | material absorption rate | volumetric process rate [mm^3/s] | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | parameter | 0 | 963 | 613 | 389000 | 0.62 | 9.799004 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | number of layer | number of trial | machine setup time [hr] | warm up time[hr] | cooldown time [hr] | inter layer time [s] | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | parameter | 1000 | 4 | 0.5 | 0.25 | 1 | 10 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | density [kg/m^3] | cost [$/kg] | embodied energy [MJ/kg] | embodied emission [kg.CO2eq/kg] | Base plate length [mm] | Base plate width [mm] | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | inert atmosphere | 1.85 | 0.88 | 40.6 | 2.75 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | base plate | 2650 | 3.4 | 188 | 13.9 | 280 | 280 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | lubricant | 850 | 5.9 | 62.5 | 1.9 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | cost [$] | embodied energy [GJ] | embodied emission [kg.CO2eq] | lifespan [yr] | work hour [hr/yr] | machine utilization | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | parameter | 1000000 | 177 | 13333 | 8 | 4800 | 0.77 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | cost depreiciation [$/hr] | CED depreciation [MJ/hr] | GWP depreciation [kg.CO2eq/hr] | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | parameter | 40.584416 | 5.986201 | 0.450927 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | post processing | stress relief | wire EDM | blast media | surface machining | heat treatment | total | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | indicator | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | yield | 1 | 1 | 1 | 0.554868 | 1 | 0.554868 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | electricity power consumption [kW] | 5 | 11.7 | 1 | 5.8 | 135 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | material process rate [kg/hr] | NaN | 0.03 | NaN | 7.5 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | process time [hr] | 0.5 | NaN | 0.5 | NaN | 6 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | setup time [hr] | 0 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | tot setup [hr] | 0 | 2 | 0 | 25 | 0 | 27 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | lead time [hr] | 0.042378 | 2.404875 | 0.009205 | 0.292242 | 0.24527 | 2.739495 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | direct energy [kWh] | 0.211892 | 28.137037 | 0.009205 | 1.695004 | 33.111486 | 30.043933 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | tool | bulk workpiece | setup | warm up | recoating | exposure | build time | cool down | capital equipment | inert gas | base plate | lubricant | labor | post processes | total |
| NaN | volume [m^3] | 0 | 0.002545 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | 68.926968 | 0.000627 | 0.000004 | NaN | NaN | NaN |
| NaN | time [hr] | 0 | 0 | 2 | 1 | 11.111111 | 72.154232 | 84.265343 | 4 | 90.265343 | NaN | NaN | NaN | 31 | 29.739495 | 120.004839 |
| NaN | cost [$] | 0 | 539.612603 | 0 | 0.28116 | 3.124 | 27.779199 | 31.184359 | 0 | 3663.366202 | 112.213103 | 5.651072 | 0.020691 | 880.4 | 1.919807 | 1571.001635 |
| NaN | CED [MJ] | 0 | 1322.725392 | 0 | 37.488 | 416.533333 | 3703.893196 | 4157.91453 | 0 | 540.346515 | 5177.104544 | 312.47104 | 0.219182 | NaN | 255.974309 | 11226.408997 |
| NaN | GWP [MJ] | 0 | 96.455753 | 0 | 1.8744 | 20.826667 | 185.19466 | 207.895726 | 0 | 40.703051 | 350.665948 | 23.102912 | 0.006663 | NaN | 12.798715 | 690.925718 |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | machining per part impact breakdown | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | tool | bulk workpiece | delivered electricity | capital equipment | consumables | labor | post processes | total | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | time [hr] | 0 | 0 | 1.805307 | 0 | 0 | 0 | 0.59479 | 2.400097 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | cost [$] | 0 | 10.792252 | 0.623687 | 73.267324 | 2.357697 | 17.608 | 0.038396 | 104.687357 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | CED [MJ] | 0 | 26.454508 | 83.158291 | 10.80693 | 109.795895 | 0 | 5.119486 | 235.33511 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | GWP [MJ] | 0 | 1.929115 | 4.157915 | 0.814061 | 7.47551 | 0 | 0.255974 | 14.632575 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |

## Machining model
| Unnamed: 0 | Unnamed: 1 | Unnamed: 2 | Unnamed: 3 | Unnamed: 4 | Unnamed: 5 | Unnamed: 6 | Unnamed: 7 | Unnamed: 8 | Unnamed: 9 | Unnamed: 10 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| NaN | This tab includes the lead time, cost and environmental impact model for machining | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | Model input zone-do NOT edit! | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | number of parts N | volume per part V [mm^3] | length per part L [mm] | width per part W [mm] | height per part H [mm] | surface area per part S\_part [mm^2] | yield | NaN | NaN |
| NaN | parameter | 50 | 20620 | 55 | 55 | 30 | 8271 | 0.189348 | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | bulk material delivery time [hr] | recycled content | tool lifespan [pc/kg of material removed] | tool cost [$/pc] | tool embodied energy [MJ/pc] | tool embodied emission [kg.CO2eq/pc] | tool consumed (pc) | NaN | NaN |
| NaN | parameter | 75 | 0.2 | 17.3 | 125 | 72 | 5.9 | 0.70675 | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | coarse machining | fine machining | NaN | electricity cost ($/kWh) | electricity conversion [MJ/kWh] | electricity grid emission [kg.CO2eq/kWh] | NaN | NaN | NaN |
| NaN | power consumption [kW] | 6.7 | 5.8 | NaN | 0.0639 | 8.52 | 0.426 | NaN | NaN | NaN |
| NaN | material removal rate [kg/hr] | 15 | 7.5 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | flow rate [kg/hr] | density [kg/m^3] | cost [$/kg] | embodied energy [MJ/kg] | embodied emission [kg.CO2eq/kg] | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | cutting fluid | 0.025 | 850 | 5.9 | 62.5 | 1.9 | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | machine lubricant | 0.012 | 850 | 5.9 | 62.5 | 1.9 | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | density [kg/m^3] | cost [$/kg] | embodied energy [MJ/kg] | embodied emission [kg.CO2eq/kg] | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | primary | 2770 | 3.4 | 188 | 13.9 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | recycled | 2770 | 0.77 | 18 | 1.4 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | overall | 2770 | 2.874 | 154 | 11.4 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | cost [$] | embodied energy [GJ] | embodied emission [kg.CO2eq/hr] | lifespan [yr] | work hour [hr/yr] | machine utilization | NaN | NaN | NaN |
| NaN | parameter | 210000 | 652 | 54521 | 15 | 4800 | 0.77 | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | cost depreiciation [$/hr] | CED depreciation [MJ/hr] | GWP depreciation [kg.CO2/hr] | machining hourly wage [$/hr] | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | parameter | 4.545455 | 11.760462 | 0.983424 | 22.96 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | machining total impact break down | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | tool | bulk workpiece | material removed by coarse machining | material removed by fine machining | capital equipment | cutting fluid | machine lubricant | labor | total |
| NaN | mass [kg] | 0 | 15.08265 | 9.935713 | 2.291067 | NaN | 0.024196 | 0.011614 | NaN | NaN |
| NaN | time [hr] | 0 | 75 | 0.662381 | 0.305476 | 25.967856 | NaN | NaN | 25 | 126.935713 |
| NaN | cost [$] | 88.343786 | 33.932916 | 0.283585 | 0.113215 | 118.035711 | 0.142759 | 0.068524 | 574 | 814.920496 |
| NaN | CED [MJ] | 50.886021 | 2322.7281 | 37.811349 | 15.095382 | 305.393983 | 1.512276 | 0.725892 | 0 | 2734.153004 |
| NaN | GWP [kg.CO2eq] | 4.169827 | 171.94221 | 1.890567 | 0.754769 | 25.537401 | 0.045973 | 0.022067 | 0 | 204.362814 |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | machining per part impact breakdown | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | tool | bulk workpiece | delivered electricity | capital equipment | consumables | labor | total | NaN | NaN |
| NaN | time [hr] | 0 | 1.5 | 0.019357 | 0 | 0 | 0.5 | 2.019357 | NaN | NaN |
| NaN | cost [$] | 1.766876 | 0.678658 | 0.007936 | 2.360714 | 0.004226 | 11.48 | 16.29841 | NaN | NaN |
| NaN | CED [MJ] | 1.01772 | 46.454562 | 1.058135 | 6.10788 | 0.044763 | 0 | 54.68306 | NaN | NaN |
| NaN | GWP [kg.CO2eq] | 0.083397 | 3.438844 | 0.052907 | 0.510748 | 0.001361 | 0 | 4.087256 | NaN | NaN |

## Die casting model
| Unnamed: 0 | Unnamed: 1 | Unnamed: 2 | Unnamed: 3 | Unnamed: 4 | Unnamed: 5 | Unnamed: 6 | Unnamed: 7 | Unnamed: 8 | Unnamed: 9 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| NaN | This tab includes the lead time, cost and environmental impact for die casting | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | Model input zone-do NOT edit! | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | number of parts N | volume per part V [mm^3] | length per part L [mm] | width per part W [mm] | height per part H [mm] | surface area per part S\_part [mm^2] | NaN | NaN |
| NaN | parameter | 50 | 20620 | 55 | 55 | 30 | 8271 | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | yield | run-around prep | loss | primary | secondary recycled content | NaN | NaN | NaN |
| NaN | parameter | 0.47 | 0.5 | 0.03 | 0.25 | 0.25 | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | density [kg/m^3] | cost [$/kg] | embodied energy [MJ/kg] | embodied emission [kg.CO2eq/kg] | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | primary | 2770 | 3.4 | 188 | 13.9 | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | recycled | 2770 | 0.77 | 18 | 1.4 | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | overall | 2770 | 1.0425 | 51.5 | 3.825 | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | tool workpiece | density [kg/m^3] | embodied energy [MJ/kg] | embodied emission [kg.CO2eq/kg] | NaN | NaN | coarse machining | fine machining | NaN |
| NaN | parameter | 7830 | 11 | 1.7 | NaN | power consumption [kW] | 9 | 6.1 | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | material removal rate [kg/hr] | 15 | 7.5 | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | tool basic delivery lead time [hr] | mold lifespan [pts] | number of tool needed | corrected number of surface patch | parting surface factor f\_0 | NaN | NaN | NaN |
| NaN | parameter | 552 | 100000 | 1 | 16 | 0 | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | number of length side with side pull | number of breadth side with side pull | corrected number of side pull | volume of the side pull [mm^3] | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | parameter | 2 | 2 | 2.9 | 22300 | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | electricity consumption [kWh/kg] | natural gas consumption [kWh/kg] | process rate [m^3/hr] | hourly wage [$/hr] | tool manufacturer hourly wage [$/hr] | NaN | NaN | NaN |
| NaN | die casting | 2.3 | 3.4 | 0.08 | 17.48 | 28.4 | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | electricity cost ($/kWh) | electricity conversion [MJ/kWh] | electricity grid emission [kg.CO2eq/kWh] | natural gas cost ($/kWh) | natural gas conversion [MJ/kWh] | natural gas emission [MJ/kWh] | NaN | NaN |
| NaN | parameter | 0.0639 | 8.52 | 0.426 | 0.0167 | 4.02 | 0.203 | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | cost [$] | embodied energy [GJ] | embodied emission [kg.CO2eq/hr] | lifespan [yr] | work hour [hr/yr] | machine utilization | NaN | NaN |
| NaN | parameter | 50000 | 2704 | 226112 | 15 | 4800 | 0.77 | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | cost [$/kg] | embodied energy [MJ/kg] | embodied emission [kg.CO2eq/kg] | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | parameter | 5.9 | 62.5 | 1.9 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | cost depreiciation [$/hr] | CED depreciation [MJ/hr] | GWP depreciation [kg.CO2/hr] | heat treatment power [kW] | heat treatment time [hr] | NaN | NaN | NaN |
| NaN | parameter | 1.082251 | 48.773449 | 4.078499 | 135 | 6 | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | tool model | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | tool length [m] | tool breadth [m] | tool height [m] | cost [$] | embodied energy [MJ] | embodied emission [kg.CO2eq] | NaN | NaN |
| NaN | tool base | 0.505 | 0.63 | 0.33 | 21781.419827 | 9042.745635 | 1397.515234 | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | tool base | side pull | ejection pin | cavity | surface patch | parting line | total | NaN |
| NaN | manufacturing hour [hr] | 356.28714 | 188.5 | 13.75 | 11.131925 | 11.649133 | 0 | 581.318199 | NaN |
| NaN | labor cost [$] | 10118.554776 | 5353.4 | 390.5 | 316.146684 | 330.835388 | 0 | 16509.436848 | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | cavity machining | coarse machining | fine machining | heat treatment | NaN | side pull machining | coarse machining | material | NaN |
| NaN | mass [kg] | 0.031931 | 0.129524 | NaN | NaN | mass [kg] | 0.174609 | 0.174609 | NaN |
| NaN | CED [MJ] | 0.16323 | 0.897549 | 593.409941 | NaN | CED [MJ] | 0.892601 | 1.920699 | NaN |
| NaN | GWP [kg.CO2eq] | 0.008161 | 0.044877 | 29.670497 | NaN | GWP [kg.CO2eq] | 0.04463 | 0.296835 | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | tool | bulk workpiece | delivered electricity | delivered natural gas | capital equipment | consumables | labor | total |
| NaN | volume [m^3] | NaN | 0.002194 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | time [hr] | 1133.318199 | 0 | 0.02742 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 1133.845619 |
| NaN | cost [$] | 38290.856674 | 6.1942 | 0.893037 | 0.345013 | 0.029676 | 0.001877 | 9.219305 | 38307.539782 |
| NaN | CED [MJ] | 9640.029654 | 312.930436 | 119.07155 | 83.05113 | 1.337378 | 0.019884 | 0 | 10156.440033 |
| NaN | GWP [kg.CO2eq] | 1427.580236 | 23.241921 | 8.800941 | 4.193875 | 0.111833 | 0.000604 | 0 | 1463.92941 |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | per part breakdown | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | tool | bulk workpiece | delivered energy | capital equipment | consumables | labor | total | NaN |
| NaN | time [hr] | 22.666364 | 0 | 0.000548 | 0 | 0 | 0.01 | 22.676912 | NaN |
| NaN | cost [$] | 765.817133 | 0.123884 | 0.024761 | 0.000594 | 0.000038 | 0.184386 | 766.150796 | NaN |
| NaN | CED [MJ] | 192.800593 | 6.258609 | 4.042454 | 0.026748 | 0.000398 | 0 | 203.128801 | NaN |
| NaN | GWP [kg.CO2eq] | 28.551605 | 0.464838 | 0.259896 | 0.002237 | 0.000012 | 0 | 29.278588 | NaN |

## Injection molding model
| Unnamed: 0 | Unnamed: 1 | Unnamed: 2 | Unnamed: 3 | Unnamed: 4 | Unnamed: 5 | Unnamed: 6 | Unnamed: 7 | Unnamed: 8 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| NaN | This tab includes the lead time, cost and environmental impact for injection molding | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | Model input zone-do NOT edit! | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | number of parts N | volume per part V [mm^3] | length per part L [mm] | width per part W [mm] | height per part H [mm] | surface area per part S\_part [mm^2] | NaN |
| NaN | parameter | 50 | 20620 | 55 | 55 | 30 | 8271 | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | yield | run-around prep | loss | primary | secondary recycled content | NaN | NaN |
| NaN | parameter | 0.77 | 0.21 | 0.02 | 0.7 | 0.09 | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | density [kg/m^3] | cost [$/kg] | embodied energy [MJ/kg] | embodied emission [kg.CO2eq/kg] | NaN | NaN | NaN |
| NaN | primary | 2770 | 3.4 | 188 | 13.9 | NaN | NaN | NaN |
| NaN | recycled | 2770 | 0.77 | 18 | 1.4 | NaN | NaN | NaN |
| NaN | overall | 2770 | 2.4493 | 133.22 | 9.856 | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | tool workpiece | density [kg/m^3] | embodied energy [MJ/kg] | embodied emission [kg.CO2eq/kg] | NaN | NaN | coarse machining | fine machining |
| NaN | parameter | 7830 | 11 | 1.7 | NaN | power consumption [kW] | 9 | 6.1 |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | material removal rate [kg/hr] | 15 | 7.5 |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | tool basic delivery lead time [hr] | mold lifespan [pts] | number of tool needed | corrected number of surface patch | parting surface factor f\_0 | NaN | NaN |
| NaN | parameter | 552 | 100000 | 1 | 16 | 0 | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | number of length side with side pull | number of breadth side with side pull | corrected number of side pull | volume of the side pull [mm^3] | NaN | NaN | NaN |
| NaN | parameter | 2 | 2 | 2.9 | 19800 | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | electricity consumption [kWh/kg] | natural gas consumption [kWh/kg] | process rate [m^3/hr] | hourly wage [$/hr] | tool manufacturer hourly wage [$/hr] | NaN | NaN |
| NaN | die casting | 2.3 | 3.4 | 0.08 | 17.48 | 28.4 | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | electricity cost ($/kWh) | electricity conversion [MJ/kWh] | electricity grid emission [kg.CO2eq/kWh] | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | parameter | 0.0639 | 8.52 | 0.426 | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | cost [$] | embodied energy [GJ] | embodied emission [kg.CO2eq/hr] | lifespan [yr] | work hour [hr/yr] | machine utilization | NaN |
| NaN | parameter | 50000 | 2530 | 211562 | 15 | 4800 | 0.77 | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | cost [$/kg] | embodied energy [MJ/kg] | embodied emission [kg.CO2eq/kg] | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | parameter | 5.9 | 62.5 | 1.9 | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | cost depreiciation [$/hr] | CED depreciation [MJ/hr] | GWP depreciation [kg.CO2eq/hr] | heat treatment power [kW] | heat treatment time [hr] | NaN | NaN |
| NaN | parameter | 1.082251 | 45.634921 | 3.816053 | 135 | 6 | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | tool model | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | tool length [m] | tool breadth [m] | tool height [m] | cost [$] | embodied energy [MJ] | embodied emission [kg.CO2eq] | NaN |
| NaN | tool base | 0.505 | 0.505 | 0.33 | 14548.439594 | 7248.550072 | 1120.230466 | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | tool base | side pull | ejection pin | cavity | surface patch | parting line | total |
| NaN | manufacturing hour [hr] | 295.515882 | 188.5 | 13.75 | 11.131925 | 11.649133 | 0 | 520.546941 |
| NaN | labor cost [$] | 8392.651051 | 5353.4 | 390.5 | 316.146684 | 330.835388 | 0 | 14783.533122 |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | cavity machining | coarse machining | fine machining | heat treatment | NaN | side pull machining | coarse machining | material |
| NaN | mass [kg] | 0.031931 | 0.129524 | NaN | NaN | mass [kg] | 0.155034 | 0.155034 |
| NaN | CED [MJ] | 0.16323 | 0.897549 | 475.669873 | NaN | CED [MJ] | 0.792534 | 1.705374 |
| NaN | GWP [kg.CO2eq] | 0.008161 | 0.044877 | 23.783494 | NaN | GWP [kg.CO2eq] | 0.039627 | 0.263558 |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | tool | bulk workpiece | delivered electricity | capital equipment | consumables | labor | total |
| NaN | volume [m^3] | NaN | 0.001339 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | time [hr] | 1072.546941 | 0 | 0.016737 | 0 | 0 | 0.5 | 1073.063678 |
| NaN | cost [$] | 29331.972716 | 9.027145 | 0.5451 | 0.018114 | 0.001505 | 9.032563 | 29350.597143 |
| NaN | CED [MJ] | 7727.778632 | 494.102599 | 72.680037 | 0.763792 | 0.015939 | 0 | 8295.340999 |
| NaN | GWP [kg.CO2eq] | 1144.370183 | 36.555136 | 5.372003 | 0.063869 | 0.000485 | 0 | 1186.361675 |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | per part breakdown | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | tool | bulk workpiece | delivered electricity | capital equipment | consumables | labor | total |
| NaN | time [hr] | 21.450939 | 0 | 0.000335 | 0 | 0 | 0.01 | 21.461274 |
| NaN | cost [$] | 586.639454 | 0.180543 | 0.010902 | 0.000362 | 0.00003 | 0.180651 | 587.011943 |
| NaN | CED [MJ] | 154.555573 | 9.882052 | 1.453601 | 0.015276 | 0.000319 | 0 | 165.90682 |
| NaN | GWP [kg.CO2eq] | 22.887404 | 0.731103 | 0.10744 | 0.001277 | 0.00001 | 0 | 23.727234 |

## Machine specification
| Unnamed: 0 | Unnamed: 1 | Unnamed: 2 | Unnamed: 3 | Unnamed: 4 | Unnamed: 5 | Unnamed: 6 | Unnamed: 7 | Unnamed: 8 | Unnamed: 9 | Unnamed: 10 | Unnamed: 11 | Unnamed: 12 | Unnamed: 13 | Unnamed: 14 | Unnamed: 15 | Unnamed: 16 | Unnamed: 17 | Unnamed: 18 | Unnamed: 19 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| NaN | This tab includes a list of machine specifications for L-PBF and other conventional machine used. Users can add specs of any machine they want to use. | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | selected machine | Max laser power [W] | number of lasers | Laser efficiency | chamber volume [mm^3] | base plate length[mm] | base plate width [mm] | inert gas flooding consumption [L] | inert gas steady consumpton [L/hr] | inter layer time [s] | warm-up time[hr] | cool down time [hr] | cost of machine [$] | machine lifespan [yr] | machine embodied energy [MJ] | machine embodied emission [kg.CO2eq] | baseload power [W] | heating power [W] | NaN |
| NaN | SLM 280 | 800 | 2 | 0.4 | 28616000 | 280 | 280 | 800 | 780 | 10 | 0.25 | 1 | 1000000 | 8 | 177 | 13333 | 4400 | 0 | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | selected machine | Max laser power [W] | number of lasers | Laser efficiency | chamber volume [mm^3] | base plate length[mm] | base plate width [mm] | inert gas flooding consumption [L] | inert gas steady consumpton [L/hr] | inter layer time [s] | warm-up time[hr] | cool down time [hr] | cost of machine [$] | machine lifespan [yr] | machine embodied energy [MJ] | machine embodied emission [kg.CO2eq] | baseload power [W] | heating power [W] | indicator |
| NaN | Renishaw AM250 | 250 | 1 | 0.4 | 22812500 | 250 | 250 | 208 | 0 | 10 | 0.25 | 1 | 500000 | 8 | 119 | 9001 | 1460 | 0 | 0 |
| NaN | Renishaw AM500Q | 2000 | 4 | 0.4 | 21875000 | 250 | 250 | 400 | 50 | 10 | 0.25 | 1 | 1500000 | 8 | 209 | 15481 | 9400 | 0 | 0 |
| NaN | SLM 280 | 800 | 2 | 0.4 | 28616000 | 280 | 280 | 800 | 780 | 10 | 0.25 | 1 | 1000000 | 8 | 177 | 13333 | 4400 | 0 | 1 |
| NaN | EOS P760 | 100 | 2 | 0.1 | 154280000 | 700 | 380 | 0 | 0 | 20 | 2 | 2.5 | 800000 | 8 | 179 | 13777 | 4500 | 3500 | 0 |
| NaN | Custom machine | 1 | 1 | 0.4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 | 1 | 1 | 24500 | 8 | 41282 | 2832 | 1 | 1 | 0 |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | conventional machine | cost [$] | embodied energy [GJ] | embodied emission [kg.CO2eq] | life span [year] | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | CNC milling | 210000 | 652 | 54521 | 15 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | die casting | 50000 | 2704 | 226112 | 15 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | injection molding | 50000 | 2530 | 211562 | 15 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |

## Material property
| Unnamed: 0 | Unnamed: 1 | Unnamed: 2 | Unnamed: 3 | Unnamed: 4 | Unnamed: 5 | Unnamed: 6 | Unnamed: 7 | Unnamed: 8 | Unnamed: 9 | Unnamed: 10 | Unnamed: 11 | Unnamed: 12 | Unnamed: 13 | Unnamed: 14 | Unnamed: 15 | Unnamed: 16 | Unnamed: 17 | Unnamed: 18 | Unnamed: 19 | Unnamed: 20 | Unnamed: 21 | Unnamed: 22 | Unnamed: 23 | Unnamed: 24 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| NaN | This tab includes a list of commonly used workpiece material, a selection of consumables and tool workpiece. | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | selected material | machining recycled content | bulk material cost [$/kg] | powder cost [$/kg] | recycled material cost [$/kg] | bulk density [kg/m^3] | powder density [kg/m^3] | bulk embodied energy [MJ/kg] | recycled embodied energy [MJ/kg] | powder embodied energy [MJ/kg] | bulk embodied emission [kg.CO2eq/kg] | recycled embodied emission [kg.CO2eq/kg] | powder embodied emission [kg.COeq/kg] | adiabatic efficiency | extra height for insulation [mm] | chamber temperature [°C] | average heat c [J/kg K] | melting temperature [°C] | enthalpy of melting [J/kg] | material absorption rate | no support | coarse machining power [kW] | fine machining power [kW] | NaN |
| NaN | Aluminum | 0.2 | 3.4 | 80 | 0.77 | 2770 | 2650 | 188 | 18 | 196.1 | 13.9 | 1.4 | 14.3 | 0.06 | 0 | 50 | 963 | 613 | 389000 | 0.62 | 0 | 6.7 | 5.8 | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | machining recycled content | bulk material cost [$/kg] | powder cost [$/kg] | recycled material cost [$/kg] | bulk density [kg/m^3] | powder density [kg/m^3] | bulk embodied energy [MJ/kg] | recycled embodied energy [MJ/kg] | powder embodied energy [MJ/kg] | bulk embodied emission [kg.CO2eq/kg] | recycled embodied emission [kg.CO2eq/kg] | powder embodied emission [kg.CO2eq/kg] | adiabatic efficiency | extra height for insulation [mm] | chamber temperature [°C] | average heat c [J/kg K] | melting temperature [°C] | enthalpy of melting [J/kg] | material absorption rate | no support | coarse machining power [kW] | fine machining power [kW] | indicator |
| NaN | Tool Steel | 0.8 | 5.2 | 209 | 1.33 | 7830 | 7830 | 23 | 7.5 | 59 | 4.6 | 1 | 4 | 0.18 | 0 | 150 | 510 | 1430 | 273000 | 0.64 | 0 | 9 | 6.1 | 0 |
| NaN | Stainless Steel | 0.8 | 2.15 | 75 | 0.72 | 7830 | 7830 | 70 | 12 | 88 | 5.5 | 1.3 | 7.1 | 0.12 | 0 | 150 | 510 | 1430 | 273000 | 0.64 | 0 | 7.7 | 6.1 | 0 |
| NaN | Aluminum | 0.2 | 3.4 | 80 | 0.77 | 2770 | 2650 | 188 | 18 | 196.1 | 13.9 | 1.4 | 14.3 | 0.06 | 0 | 50 | 963 | 613 | 389000 | 0.62 | 0 | 6.7 | 5.8 | 1 |
| NaN | Nylon | 0 | 4.4 | 80 | 0.75 | 1140 | 1010 | 116 | 21.3 | 131 | 8.8 | 1.1 | 9.7 | 0.075 | 13 | 170 | 2500 | 180 | 0 | 0.9 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | selected material | gas density [kg/m^3] | cost [$/kg] | embodied energy [MJ/kg] | embodied emission [kg.CO2eq/kg] | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | Argon | 1.85 | 0.88 | 40.6 | 2.75 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | gas density [kg/m^3] | cost [$/kg] | embodied energy [MJ/kg] | embodied emission [kg.CO2eq/kg] | indicator | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | Nitrogen | 1.08 | 0.32 | 6.39 | 0.402 | 0 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | Argon | 1.85 | 0.88 | 40.6 | 2.75 | 1 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | tool material density [kg/m^3] | tool material embodied energy [MJ/kg] | tool material embodied emissions [kg.CO2eq/kg] | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | Tool Steel | 7830 | 11 | 1.7 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | density [kg/m^3] | cost [$/kg] | embodied energy [MJ/kg] | embodied emission [kg.CO2eq/kg] | flow rate [kg/hr] | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | Oil lubricant | 850 | 5.9 | 62.5 | 1.9 | 0.012 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | selected material | density [kg/m^3] | cost [$/kg] | embodied energy [MJ/kg] | embodied emission [kg.CO2eq/kg] | flow rate [kg/hr] | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | Oil lubricant | 850 | 5.9 | 62.5 | 1.9 | 0.025 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | selected material | density [kg/m^3] | cost [$/kg] | embodied energy [MJ/kg] | embodied emission [kg.CO2eq/kg] | flow rate [kg/hr] | indicator | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | Oil lubricant | 850 | 5.9 | 62.5 | 1.9 | 0.025 | 1 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | Compressed air | 8.06 | 0.006582 | 0.87756 | 0.043878 | 55 | 0 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | compressed air flow rate [kg/hr] | 55 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |

## Electricity grid
| Unnamed: 0 | Unnamed: 1 | Unnamed: 2 | Unnamed: 3 | Unnamed: 4 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| NaN | This tab includes a list of options for different electricity grid over the country. | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | electricity conversion [MJ/kWh] | electricity grid emission [kg.CO2eq/kWh] | NaN |
| NaN | 1 Average U.S. Mix | 8.52 | 0.426 | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NaN | NaN | electricity conversion [MJ/kWh] | electricity grid emission [kg.CO2eq/kWh] | indicator |
| NaN | 1 Average U.S. Mix | 8.52 | 0.426 | 1 |
| NaN | 2 ASCC Mix | 10.830709 | 0.704311 | 0 |
| NaN | 3 FRCC Mix | 9.174413 | 0.564598 | 0 |
| NaN | 4 HICC Mix | 13.879949 | 1.073596 | 0 |
| NaN | 5 MRO Mix | 9.987536 | 0.729581 | 0 |
| NaN | 6 NPCC Mix | 7.358684 | 0.295197 | 0 |
| NaN | 7 RFC Mix | 8.517898 | 0.506226 | 0 |
| NaN | 8 SERC Mix | 8.377191 | 0.482209 | 0 |
| NaN | 9 SPP Mix | 8.848943 | 0.591137 | 0 |
| NaN | 10 TRE Mix | 8.50027 | 0.485229 | 0 |
| NaN | 11 WECC Mix | 7.766711 | 0.414011 | 0 |
| NaN | 12 CA Mix | 7.766711 | 0.414011 | 0 |
| NaN | 13 NG Power Plant | 7.986746 | 0.486 | 0 |
| NaN | 14 Coal Power Plant | 9.910704 | 1.001 | 0 |
| NaN | 15 Nuclear Power Plant | 3.883653 | 0.013 | 0 |
| NaN | 16 Hydro Power Plant | 3.784048 | 0.021 | 0 |
| NaN | 17 Solar PV Power Plant | 3.784048 | 0.043 | 0 |
| NaN | 18 Wind Power Plant | 3.784048 | 0.013 | 0 |
| NaN | 19 Geothermal Power Plant | 3.784048 | 0.037 | 0 |
| NaN | 20 Biomass Power Plant | 3.784048 | 0.052 | 0 |
| NaN | 21 NREL Renewable Energy | 4.15 | 0.065 | 0 |