

**FAKULTETA ZA VARSTVO OKOLJA**

**DIPLOMSKO DELO**

**RAZVOJ IN OVREDNOTENJE ZASNOVE SAMOPOSTREŽNEGA  
TOČILNEGA APARATA ZA PRODAJO ČISTIL BREZ EMBALAŽE**

**MARJANA FORTUNA**

**VELENJE, 2022**

**FAKULTETA ZA VARSTVO OKOLJA**

**DIPLOMSKO DELO**

**RAZVOJ IN OVREDNOTENJE ZASNOVE SAMOPOSTREŽNEGA  
TOČILNEGA APARATA ZA PRODAJO ČISTIL BREZ EMBALAŽE**

**MARJANA FORTUNA**

**Varstvo okolja in ekotehnologije**

**Mentor: doc. dr. Gašper Gantar**

**VELENJE, 2022**



Številka: 726-22/2020-4  
Datum: 11. 7. 2022

Na podlagi Diplomskega reda izdajam naslednji

### SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

Študentka Fakultete za varstvo okolja **Marjana Fortuna** lahko izdela diplomsko delo z naslovom v slovenskem jeziku:

**Razvoj in ovrednotenje zasnove samopostrežnega točilnega aparata za prodajo čistil brez embalaže.**

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku:

**Development and evaluation of design of an automatic self-service refill station for liquid cleaning products.**

Mentor: **doc. dr. Gašper Gantar**.

Diplomsko delo mora biti izdelano v skladu z Diplomskim redom FVO.

Pouk o pravnem sredstvu: zoper ta sklep je dovoljena pritožba na Senat FVO v roku 8 delovnih dni od prejema sklepa.



Prof. dr. Boštjan Pokorny  
dekan

fakulteta za varstvo okolja  
Trg mladosti 7 | 3320 Velenje  
t: 03 898 64 10 | e: info@fvo.si  
www.fvo.si



## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Gašperju Gantarju za vodenje, svetovanje in usmerjanje pri pripravi diplomskega dela ter ostalim zaposlenim na Fakulteti za varstvo okolje, ki so pripomogli k uspešnemu zaključku zastavljenih ciljev.

Prav tako se zahvaljujem družini in prijateljem za podporo in koristne nasvete.

Zahvala gre tudi lektorici Katji Zver, mag. prof., za lektoriranje diplomskega dela.

## IZVLEČEK

Onesnaženje z odpadki iz plastike je postal eden najbolj perečih okoljskih problemov. Velik del plastičnih odpadkov nastane zaradi uporabe nepovratne plastične embalaže za enkratno uporabo. Eden od načinov za zmanjšanje količine odpadne plastične embalaže je nakupovanje izdelkov brez embalaže. Ideja je preprosta: na prodajno mesto kupec prinese lastno embalažo, ki jo sam napolni. Marsikateri prodajalci se že poslužujejo naprav za ponovno polnjenje tekočih proizvodov, vendar jih le malo ponuja popolnoma avtomatiziran način nakupa. Cilj diplomskega dela je snovanje samopostrežnega točilnega aparata, ki izdaja čistila brez embalaže, in analizirati vplive na okolje pri uporabi samopostrežnega točilnega aparata v primerjavi z običajnim načinom nakupa čistil v nepovratni embalaži. Neposredna lastna cena zasnovane naprave mora biti sprejemljiva. S pomočjo smernic za konstruiranje VDI-R 2221 smo zasnovali samopostrežni točilni aparat, ki toči čistila v embalažo, ki jo kupci prinesejo s seboj. Izračun neposredne lastne cene snovanega aparata je pokazal, da le-ta znaša 4.869,95 €, kar presega v hipotezi zastavljeno vrednost za 869,95 €. Z analizo življenjskega cikla (LCA analizo) smo ugotovili, da za večino obravnavanih kazalnikov velja, da je vpliv na okolje pri nakupu čistila iz samopostrežnega točilnega aparata nižji, kot če bi čistila kupovali v nepovratni embalaži. Največja razlika je pri rabi zemljišč, saj je pri samopostrežnem točilnem aparatu za 97% manjša kot pri nepovratni embalaži. Za zagotavljanje litra čistila na samopostrežnem točilnem aparatu se porabi 71% manj skupne energije kot za zagotavljanje enake količine čistila na prodajnem mestu v nepovratni embalaži. Pri potencialu globalnega segrevanja (GWP) in potencialu izčrpanja naravnih virov (ADP) je vrednost 62 % oz. 63% manjša za samopostrežni točilni aparat. Vrednost tanjšanja ozonske plasti (ODP) je za točilni aparat več kot polovico manjša, poraba vode pa 45% manjša kot za nepovratno embalažo. Vrednost potenciala nastajanja fotooksidacije (POCP) je pri samopostrežnem točilnem aparatu 23% manjša. Vpliv ostalih kazalnikov pa je za nepovratno embalažo manjši kot za samopostrežni točilni aparat. Vrednosti kazalnikov potenciala zakisanja okolja (AP), potenciala eutrofikacije (EP) in trdih delcev so za točilni aparat približno tretjino večje kot pri uporabi nepovratne embalaže. Strupenost za ljudi pa je pri samopostrežnem točilnem aparatu kar 87% večja kot pri uporabi nepovratne embalaže.

**KLJUČNE BESEDE:** plastika, odpadna embalaža, ponovno polnjenje, samopostrežni točilni aparat, VDI-R 2221 smernice, snovanje, analiza življenjskega cikla, ISO 14040 standard, model življenjskega cikla.

## ABSTRACT

Plastic waste pollution has become one of the most pressing environmental problems. A large part of plastic waste is caused by using non-returnable single-use plastic packaging. A way to reduce the amount of plastic packaging waste is to buy products without packaging. The idea is simple: the customers bring their own packaging to location of sale and fill it themselves. Many stores already use the liquid refill system, but few of them offer a fully automated way of purchasing. The purpose of the thesis is to design an automatic self-service refill station that dispenses liquid cleaning products without packaging and to analyze the environmental impacts of using the dispenser compared to the conventional way of purchasing liquid cleaning products in non-returnable packaging. The device's price must be lower than the estimated price in the hypothesis. With the help of VDI-R 2221 guidelines, we designed an automatic self-service refill station that dispenses liquid cleaning products into the customer's packaging. The calculated price of the designed device amounts to 4.869,95 €, which is 869,95 € more than the value that was set in the hypothesis. Through a life cycle analysis (LCA), we concluded that the environmental impact of using a self-service device is

lower than in the case of buying it in conventional packaging. The land use for the automatic self-service refill station is 97% lower than in the case of non-returnable packaging. Providing a liter of detergent at a self-service dispenser consumes 71% less total energy than the same amount of detergent at the point of sale in non-returnable packaging. For Global Warming Potential (GWP) and Abiotic Depletion Potential (ADP) the difference between the values is approximately the same: 62 % and 63 % lower for the refill station, respectively. The ozone depletion potential (ODP) value for the device is more than half, and the water consumption is 45% less than the non returnable packaging. Trophospheric Ozone Formation Potential (POCP) is 23% lower for the device. The influence of other indicators is lower for non-returnable packaging than for the designed self-service cleaning liquid dispenser. The values of acidification potential (AP), eutrofication potential (EP), and particulate matter are about a third higher for the device than for the non-returnable packaging. The toxicity for humans is as much as 87% higher for the self-service dispenser than for the non-returnable packaging.

KEYWORDS: plastic, waste packaging, refilling, automatic self-service refill station, VDI-R 2221 guidelines, design, life cycle analysis, ISO 14040 standard, life cycle model

## KAZALO VSEBINE

|       |                                                                                |    |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.    | UVOD.....                                                                      | 1  |
| 1.1   | Opredelitev problema .....                                                     | 1  |
| 1.2   | Namen in cilji diplomskega dela .....                                          | 2  |
| 1.3   | Hipoteze.....                                                                  | 2  |
| 1.4   | Metode dela .....                                                              | 2  |
| 2.    | PROBLEMATIKA ODPADNE PLASTIKE .....                                            | 3  |
| 3.    | TEORETIČNE OSNOVE .....                                                        | 4  |
| 3.1   | Metodika konstruiranja .....                                                   | 4  |
| 3.1.1 | Načrtovanje oz. tolmačenje naloge.....                                         | 5  |
| 3.1.2 | Koncipiranje .....                                                             | 6  |
| 3.1.3 | Snovanje .....                                                                 | 6  |
| 3.1.4 | Razdelava .....                                                                | 6  |
| 3.2   | Izračun lastne cene izdelka .....                                              | 6  |
| 3.3   | Analiza življenjskega cikla (LCA).....                                         | 7  |
| 3.3.1 | Definicija in opis LCA analize .....                                           | 7  |
| 3.3.2 | Lastnosti LCA metodologije.....                                                | 8  |
| 3.3.3 | Faze LCA.....                                                                  | 8  |
| 3.3.4 | Cilji in obseg LCA študije.....                                                | 9  |
| 3.3.5 | Analiza inventarja (LCI) .....                                                 | 10 |
| 3.3.6 | Vrednotenje vplivov na okolje (LCIA).....                                      | 10 |
| 3.3.7 | Interpretacija rezultatov .....                                                | 11 |
| 3.3.8 | Poročanje.....                                                                 | 11 |
| 3.3.9 | Kritični pregled .....                                                         | 11 |
| 4.    | PREGLED SORODNIH TOČILNIH APARATOV .....                                       | 11 |
| 4.1   | Obstoječe polnilne naprave za prodajo tekočih izdelkov brez embalaže.....      | 11 |
| 4.1.1 | Polnilna naprava Ecover .....                                                  | 11 |
| 4.1.2 | Polnilna naprava PerfectFlow Refill .....                                      | 12 |
| 4.1.3 | Polnilna naprava Soapstand.....                                                | 13 |
| 4.1.4 | Samopostrežni točilni aparat v Centru ponovne uporabe Vrhnika .....            | 14 |
| 5.    | SNOVANJESAMOPOSTREŽNEGA TOČILNEGA APARATA ZA PRODAJO ČISTIL BREZ EMBALAŽE..... | 15 |
| 5.1   | Izdelava konstrukcijskega zahtevnika.....                                      | 15 |
| 5.2   | Izdelava koncepta .....                                                        | 17 |
| 5.2.1 | Konceptna rešitev za točenje čistila.....                                      | 17 |

|       |                                                                                             |    |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.2.2 | Konceptna rešitev za plačevanje .....                                                       | 20 |
| 5.2.3 | Konceptna rešitev ohišja .....                                                              | 21 |
| 5.3   | Izdelava zasnove .....                                                                      | 21 |
| 5.3.1 | Izbira vgradnih komponent .....                                                             | 21 |
| 5.3.2 | Izdelava zasnove aparata za prodajo čistil brez embalaže .....                              | 26 |
| 6.    | IZRAČUN NEPOSREDNE LASTNE CENE .....                                                        | 28 |
| 6.1   | Neposredni stroški materiala .....                                                          | 28 |
| 6.2   | Neposredni stroški dela .....                                                               | 30 |
| 6.3   | Neposredna lastna cena .....                                                                | 30 |
| 7.    | IZRAČUN OKOLJSKIH VPLIVOV (LCA ANALIZA) .....                                               | 31 |
| 7.1   | Definicija cilja in obseg študije .....                                                     | 31 |
| 7.1.1 | Namen .....                                                                                 | 31 |
| 7.1.2 | Opredelitev sistemov izdelkov .....                                                         | 31 |
| 7.1.3 | Funkcija sistema in funkcijska enota .....                                                  | 31 |
| 7.1.4 | Meje sistema .....                                                                          | 32 |
| 7.1.5 | Izbira kategorij in kazalnikov za presojo vplivov na okolje .....                           | 34 |
| 7.2   | Analiza inventarja samopostrežnega točilnega aparata .....                                  | 36 |
| 7.2.1 | V samopostrežni točilni aparat vgrajeni materiali in uporabljeni izdelovalni postopki ..... | 36 |
| 7.2.2 | Zbiranje podatkov o transportnih poteh samopostrežnega točilnega aparata .....              | 36 |
| 7.2.3 | Zbiranje podatkov o fazi uporabe samopostrežnega točilnega aparata .....                    | 37 |
| 7.2.4 | Zbiranje podatkov o fazi ravnanja z odsluženim aparatom .....                               | 38 |
| 7.3   | Analiza inventarja nepovratne embalaže .....                                                | 38 |
| 7.3.1 | Vgrajeni materiali v nepovratni embalaži in uporabljeni izdelovalni postopki .....          | 38 |
| 7.3.2 | Zbiranje podatkov o transportnih poteh nepovratne embalaže .....                            | 39 |
| 7.3.3 | Zbiranje podatkov o fazi uporabene povratne embalaže .....                                  | 39 |
| 7.3.4 | Zbiranje podatkov o fazi ravnanja z odpadno nepovratno embalažo .....                       | 39 |
| 7.4   | Modeliranje s programsko opremo Umberto .....                                               | 40 |
| 7.4.1 | Modeliranje življenjskega cikla samopostrežnega točilnega aparata .....                     | 40 |
| 7.4.2 | Modeliranje življenjskega cikla nepovratne embalaže za čistila .....                        | 41 |
| 7.5   | Vrednotenje vplivov na okolje in interpretacija rezultatov .....                            | 42 |
| 7.5.1 | Izračunani vplivi na okolje samopostrežnega točilnega aparata .....                         | 42 |
| 7.5.2 | Izračunani vplivi na okolje nepovratne embalaže s prostornino 1 litra .....                 | 44 |
| 7.5.3 | Primerjava vplivov med samopostrežnim točilnim aparatom in nepovratno embalažo .....        | 46 |
| 8.    | POVZETEK .....                                                                              | 48 |
| 9.    | SUMMARY .....                                                                               | 49 |



## KAZALO SLIK

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1: Faze konstruiranja po VDI smernicah .....                                                            | 5  |
| Slika 2: Elementi polne lastne cene izdelka .....                                                             | 7  |
| Slika 3: Shema faz LCA analize .....                                                                          | 8  |
| Slika 4: Polnilna naprava Ecover .....                                                                        | 12 |
| Slika 5: Polnilna naprava Perfectflow.....                                                                    | 13 |
| Slika 6: Polnilna naprava Soapstand .....                                                                     | 13 |
| Slika 7: Samopostrežni točilni aparat v Centru ponovne uporabe Vrhnika .....                                  | 14 |
| Slika 8: Skica konceptne rešitve za točenje s pomočjo črpalke.....                                            | 17 |
| Slika 9: Skica konceptne rešitve za točenje s pomočjo nadtlaka.....                                           | 18 |
| Slika 10: Skica konceptne rešitve za točenje s pomočjo gravitacije .....                                      | 18 |
| Slika 11: Skica koncepta rešitve plačevanja .....                                                             | 20 |
| Slika 12: Skica koncepta ohišja aparata .....                                                                 | 21 |
| Slika 13: Črpalka za zagotavljanje pretoka čistila .....                                                      | 22 |
| Slika 14: Merilnik pretoka .....                                                                              | 22 |
| Slika 15: Sistem za prepoznavanje denarja (coin validator).....                                               | 23 |
| Slika 16: Zaslona.....                                                                                        | 23 |
| Slika 17: Krmilni modul .....                                                                                 | 24 |
| Slika 18: AI-profili.....                                                                                     | 24 |
| Slika 19: Zalogovnik za čistilo prostornine 50 L .....                                                        | 25 |
| Slika 20: Kljuka s ključavnico.....                                                                           | 25 |
| Slika 21: Tridimenzionalni model točilnega aparata .....                                                      | 26 |
| Slika 22: Tridimenzionalni model ogrodja točilnega aparata .....                                              | 26 |
| Slika 23: Tridimezionalni model notranjosti točilnega aparata.....                                            | 27 |
| Slika 24: Modeliranje življenjskega cikla samopostrežnega točilnega aparata s programsko opremo Umberto ..... | 41 |
| Slika 25: Modeliranje življenjskega cikla nepovratne embalaže za čistila s programsko opremo Umberto .....    | 42 |

## KAZALO PREGLEDNIC

|                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Preglednica 1: Konstrukcijski zahtevnik .....                                                                        | 15 |
| Preglednica 2: Prednosti in slabosti posameznih konceptnih rešitev za točenje čistila.....                           | 19 |
| Preglednica 3: Kosovnica .....                                                                                       | 28 |
| Preglednica 4: Neposredni stroški dela .....                                                                         | 30 |
| Preglednica 5: Meje sistema samopostrežnega točilnega aparata.....                                                   | 32 |
| Preglednica 6: Meje sistema nepovratne embalaže.....                                                                 | 33 |
| Preglednica 7: Kazalniki vplivov na okolje, vključeni v LCA analizo .....                                            | 34 |
| Preglednica 8: Seznam vgrajenih materialov v samopostrežni točilni aparat .....                                      | 36 |
| Preglednica 9: Dodatni vtoki in iztoki pri izdelavi samopostrežnega točilnega aparata.....                           | 36 |
| Preglednica 10: Transportne razdalje in vrste transporta v življenjskem ciklu samopostrežnega točilnega aparata..... | 37 |
| Preglednica 11: Vtoki in iztoki v fazi uporabe samopostrežnega točilnega aparata.....                                | 37 |
| Preglednica 12: Transportne razdalje za polnjenje točilnega aparata med fazo uporabe .....                           | 37 |
| Preglednica 13: Podatki o ravnanju z odsluženim aparatom.....                                                        | 38 |
| Preglednica 14: Seznam materialov za proizvodnjo nepovratne embalaže z izdelovalnimi postopki.....                   | 38 |
| Preglednica 15: Transportne razdalje in vrste transporta v življenjskem ciklu nepovratne embalaže.....               | 39 |
| Preglednica 16: Podatki o izhodnih materialih iz faze uporabe nepovratne embalaže .....                              | 39 |
| Preglednica 17: Podatki o materialih v fazi ravnanja z odpadno nepovratno embalažo .....                             | 40 |
| Preglednica 18: Izračunani vplivi na okolje samopostrežnega točilnega aparata .....                                  | 42 |
| Preglednica 19: Neto rezultati vplivov na okolje za samopostrežni točilni aparat .....                               | 43 |
| Preglednica 20: Izračunani vplivi na okolje nepovratne embalaže .....                                                | 44 |
| Preglednica 21: Neto rezultati vplivov na okolje za nepovratno embalažo .....                                        | 46 |
| Preglednica 33: Absolutna in relativna razlika vplivov med vplivi embalaže in samopostrežnega točilnega aparata..... | 46 |

## 1. UVOD

Plastika je material, ki v današnjem času prevladuje v industrijskem in potrošniškem blagu; sodobno življenje brez plastike je postalo praktično nepredstavljivo. Uporabna je zaradi svojih značilnosti, kot so dolgotrajnost, majhna teža, poceni in enostavna obdelava, vsestranskost, izolativnost, cenovna ugodnost, neprepustnost. Obenem je prav zaradi teh lastnosti kot odpadke problematična (Medmrežje 1).

### 1.1 Opredelitev problema

Globalna proizvodnja plastike se je v zadnjih desetletjih drastično zvišala, kar je predvsem v Evropi pripomoglo k ekonomski rasti, obenem pa so se s tem pojavili novi okoljski problemi. Ocenjuje se, da naj bi ob nespremenjenih razmerah proizvodnja plastičnih izdelkov še bolj narasla (Thompson idr. 2009, str. 2153).

Plastika se večinoma uporablja za proizvodnjo nizkocenovnih embalažnih izdelkov, ki niso predvideni za ponovno uporabo. Zakonodaja glede ravnanja z odpadno embalažo se zaostruje, išče se tudi alternativne rešitve (npr. uporabo biorazgradljive plastike, nadomestitev določenih vrst plastične embalaže z okoljsko sprejemljivejšimi materiali, ki imajo podobne lastnosti) (Thompson idr. 2009, str.2163–2164).

Onesnaženje z odpadki iz plastike je postal eden najbolj perečih okoljskih problemov. Odpadni izdelki iz plastike zaradi nepremišljenega odlaganja pogosto zaidejo v naravne habitate, kjer povzročajo ekosistemsko škodo in zmanjšujejo biotsko raznovrstnost. Makroplastika je vzrok za povečanje umrljivosti predvsem morskih plenilcev. V naravi plastika zaradi fizikalnih vplivov razpade v mikroplastiko, ki se akumulira v organizmih ter se prenaša po prehranjevalnih verigah vse do človeka. Povečuje se količina delcev mikroplastike v pitni vodi in zraku. Problematična je predvsem zaradi dolgotrajne razgradnje, pa tudi zaradi vsebnosti toksičnih aditivov in kemikalij (Thompson idr. 2009, str. 2155–2156).

V zadnjih letih lahko opazimo razne pristope k zmanjšanju količine plastične embalaže in posledično odpadne plastike. Eden od teh je nakupovanje izdelkov brez embalaže. Ideja je preprosta: kupec na prodajno mesto prinese lastno embalažo, ki jo sam napolni. Tak način omogoča prilagoditev potrebam kupca, ki lahko kupi le toliko, kolikor zares potrebuje. Kupci tako znova in znova uporabljajo isto embalažo, s čimer preprečijo nastajanje novih plastičnih odpadkov. Takšne rešitve so na slovenskem trgu prisotne že nekaj let. Obstajajo razne prodajalne, ki nudijo sistem ponovnega polnjenja, vendar jih le malo ponuja popolnoma avtomatiziran način nakupa.

Na Fakulteti za varstvo okolja je bil izveden projekt, v katerem je bil zasnovan tovrstni aparat in izdelan preprost prototip sistema za točenje (PKP projekt).

Med izvedbo projektastase pokazali pomanjkljivosti izdelane zasnove:

- 1) lastna cena aparata bi bila bistveno previsoka, da bi bil aparat lahko tržno uspešen (predvsem zaradi previsoke cene izbranih črpalk in uporabljene tehnične rešitve za preprečevanje kapljanja čistil iz točilne pipe po uporabi),
- 2) prototip aparata ni bil izdelan do končne oblike in v celoti preizkušen.

Možnosti izboljšave zasnove aparata, razvitega v okviru projekta PKP,so predvsem:

- pri izbiri črpalk, ki bi imele enako učinkovitost in nižje nabavne cene (kar bi bistveno pocenilo izdelavo samopostrežnega točilnega aparata),
- pri zamenjavi elektromagnetnih ventilov za preprečevanje kapljanja čistil iz točilne pipe po uporabi s stroškovno ugodnejšo tehnološko rešitvijo (kar bi bistveno pocenilo izdelavo samopostrežnega točilnega aparata).

## **1.2 Namen in cilji diplomskega dela**

Namen diplomskega delaja izdelava zasnove samopostrežnega točilnega aparata za prodajo čistil brez embalaže, katerega lastna cena bo tržno sprejemljiva, ter primerjati njegove vplive na okolje z okoljskimi vplivi pri kupovanju čistil iz nepovratne embalaže.

Vmesni cilji so:

- analiza trga konkurenčnih točilnih aparatov,
- konstruiranje samopostrežnega točilnega aparata,
- izračun lastne cene aparata,
- izračun vplivov na okolje pri uporabi samopostrežnega točilnega aparata in primerjava z okoljskimi vplivi pri nakupu čistila v embalaži, ki jo po uporabi zavržemo.

## **1.3 Hipoteze**

Zadali smo si dve hipotezi:

H1: Neposredna lastna cena zasnovanega samopostrežnega točilnega aparata za prodajo čistil brez embalaže ne bo presegla 4000 EUR.

H2: Vplivi na okolje pri nakupu čistila na zasnovanem samopostrežnem točilnem aparatu so vsaj 10% nižji kot pri nakupu čistila, katerega embalažo po uporabi zavržemo.

## **1.4 Metode dela**

Pri izdelavi diplomskega dela so uporabljene sledeče metode:

- M1. Študij literature;
- M2. Snovanje samopostrežnega točilnega aparata za prodajo čistil brez embalaže v skladu s smernicami za konstruiranje VDI-R 2221;
- M3. Izračun lastne cene samopostrežnega točilnega aparata za prodajo čistil brez embalaže v skladu z uveljavljenimi metodami stroškovnega računovodstva;
- M4. Izračun okoljskih vplivov nakupa čistila s pomočjo analize življenjskega cikla (LCA analize) v skladu s priporočili standardov ISO 14040 in ISO 14044.

## 2. PROBLEMATIKA ODPADNE PLASTIKE

Pojav plastike na osnovi fosilnih goriv je povzročil revolucijo v industriji, saj področja proizvodnje, ki ga plastika ne bi zaznamovala, pravzaprav ni. Zaradi priročnosti in stroškovnih dejavnikov je bila plastika do nedavnega eden najprimernejših materialov, sedaj pa se zaradi premislekov o njenem vplivu na okolje in trajnost njena nadaljnja uporaba počasi omejuje. Pomemben dejavnik, ki vedno bolj omejuje uporabo plastike, je tudi dejstvo, da so se stroški neobnovljivih fosilnih goriv, iz katerih se pridobiva večina plastike, v zadnjih desetletjih kar nekajkrat podražili (Rustagi 2011, str. 100).

Kot je splošno znano, je plastika biološko zelo težko razgradljiva snov, saj se plastični materiali ob uporabi na odlagališčih razgradijo šele po 100 do 1000 letih, poleg tega pa onesnažujejo zrak in vodo v okolici. Prekomerna uporaba plastike in njeno odlaganje povzročata veliko več kot le estetske težave. Težave vključujejo kopičenje odpadkov na odlagališčih in v naravnih habitatih, fizične težave za prostoživeče živali zaradi zaužitja ali zapletanja v plastiko, pronicanje kemikalij iz plastičnih izdelkov v okolje in možnost prenosa teh kemikalij na prostoživeče živali in ljudi. Vendar pa je morda najpomembnejša skrb ta, da naša sedanja uporaba plastike ni trajnostna, zato je ključno da se omeji njena uporaba in najdejo alternative (Thompson 2009, str. 2153).

Velika večina del, ki opisujejo okoljske posledice plastičnih odpadkov, se nanaša na morska okolja. Plavajoči plastični odpadki se lahko hitro naselijo z morskimi organizmi in ker se ti odpadki precej časa zadržujejo na morski gladini, lahko olajšajo vnos tujerodnih vrst v ekosisteme. Javnost in mediji največ pozornosti namenjajo problemom, kot so živali in njihovo zaužitje plastičnih odpadkov ter zapletanje vanje. Poročali so o več kot 260 vrstah, vključno z nevretenčarji, želvami, ribami, morskimi pticami in sesalci, ki so zaužili plastične odpadke ali se vanje zapletli, kar lahko povzroči motnje gibanja in prehranjevanja, zmanjšano reprodukcijo, rane, razjede in smrt (Thompson 2009, str. 2155).

Poleg fizičnih težav, povezanih s plastičnimi odpadki, je vedno več razprav na temo, da lahko plastika ob zaužitju prenaša strupene snovi v prehranjevalne verige. V morskih okoljih je bilo dokazano, da plastični odpadki, kot so peleti, delci in mikroplastika, vsebujejo organska kontaminante, vključno s polikloriranimi bifenili (PCB), policikličnimi aromatskimi ogljikovodiki, naftnimi ogljikovodiki, organoklornimi pesticidi (DDT in njegovi metaboliti), alkilfenoli in BPA v koncentracijah od ng/g do µg/g. Nekatere od teh spojin se plastiki dodajo med proizvodnjo, druge pa se adsorbirajo na plastične ostanke iz okolja. Obstajajo jasni dokazi, da so kemikalije, povezane s plastiko, potencialno škodljive za prostoživeče živali. Ftalati in BPA se lahko nalagajo v organizmih (bioakumulacija) in vplivajo na razmnoževanje pri vseh preučevanih skupinah živali, pri nekaterih vrstah pa celo ovirajo razvoj. Zdi se, da večina plastifikatorjev deluje tako, da moti delovanje hormonov, čeprav lahko to počnejo z več mehanizmi (Thompson 2009, str. 2156).

Raziskave dokazujejo tudi škodljivost plastike za zdravje ljudi na številne neposredne ali posredne načine. Problematici so npr. ftalati ali ftalatni estri, ki so estri ftalne kisline in se večinoma uporabljajo kot plastifikatorji (snovi, dodane plastiki za povečanje njene prožnosti) v polivinilkloridu (PVC). PVC je material, ki se pogosto uporablja, med drugim tudi v igračah in drugih otroških izdelkih. Ftalati prehajajo v zrak, hrano in človeška telesa, vključno z dojenčki v maternici. Ftalati se lahko sproščajo iz mehkega PVC ob stiku s površino, zlasti ob mehanskem pritisku, npr. med žvečenjem. Razširjeni so skoraj povsod in v svetovnem okolju jih je veliko (Rustagi 2011, str. 100).

Vse več literature povezuje številne ftalate z različnimi škodljivimi posledicami, vključno s povečano debelostjo in odpornostjo na inzulin, zmanjšano anogenitalno razdaljo pri moških dojenčkih, zmanjšano ravno spolnih hormonov in drugimi posledicami za človeški reproduktivni sistem, tako pri ženskah kot pri moških. Zakonodajalci in vladne agencije v številnih državah so omejili ali prepovedali uporabo ftalatov v potrošniških izdelkih. Industrija

plastike na splošno trdi, da plastenke iz polietilen tereftalata (PET) niso vir endokrinih motilcev in jih je treba zaradi drugačne kemijske strukture razlikovati od ftalatov. PET se najpogosteje uporablja za izdelavo prozornih plastenk, v katerih se prodaja ustekleničena voda, ter za embalaže za gazirane pijače, športne pijače in začimbe, kot sta kis in solatni preliv. Plastenke iz PET se pogosto uporabljajo tudi za pakiranje kozmetičnih izdelkov, kot je šampon, zlasti kadar se ti izdelki prodajajo v prozornih plastenkah. Ftalati se dejansko ne uporabljajo kot substrati ali predhodniki pri proizvodnji PET, vendar raziskave kažejo, da lahko pride do znatnega sproščanja ftalatov iz plastenk PET, še posebej pri višjih temperaturah in če vsebujejo izdelke z nizkim pH (Rustagi 2011, str. 100–101).

Iz raznih študij je torej razvidno, da največji problem predstavlja plastika, ki končna v naravi. To se zgodi zaradi odlaganja odpadne plastike na odlagališča. Pri ravnanju z odpadki bi namesto tega morali dajati prednosti predvsem zmanjševanju odpadkov, ponovi uporabi izdelkov in recikliranju odpadnih snovi (princip reduce, reuse, recycle). Večino odpadne plastike prispeva plastična embalaža, ki je v vedno večjih količinah prisotna pri prehrabnih proizvodih, kozmetičnih izdelkih, izdelkih za gospodinjstvo itd. Prav tako se uporablja pri pakiranju praktično vseh izdelkov v obliki folije za zavijanje. Plastično embalažo uporabnik navado zavrže takoj, ko porabi izdelek v njej. Za razliko od steklene embalaže je plastična embalaža večinoma nepovratna, saj za proizvodna podjetja ni primerna za ponovno uporabo.

### **3. TEORETIČNE OSNOVE**

V sledečih poglavjih so predstavljene naslednje teme: metodika konstruiranja, postopek izračuna lastne cene izdelka ter smernice za analizo življenjskega cikla izdelkov.

#### **3.1 Metodika konstruiranja**

S procesom konstruiranja pretvorimo zadano tehnično nalogo v tehnično dokumentacijo, ki natančno opiše izdelek. Če želimo, da bo konstrukcijski proces uspešen, mora biti naloga čim natančneje definirana z zahtevami in vhodnimi podatki (Hlebanja, 2003).

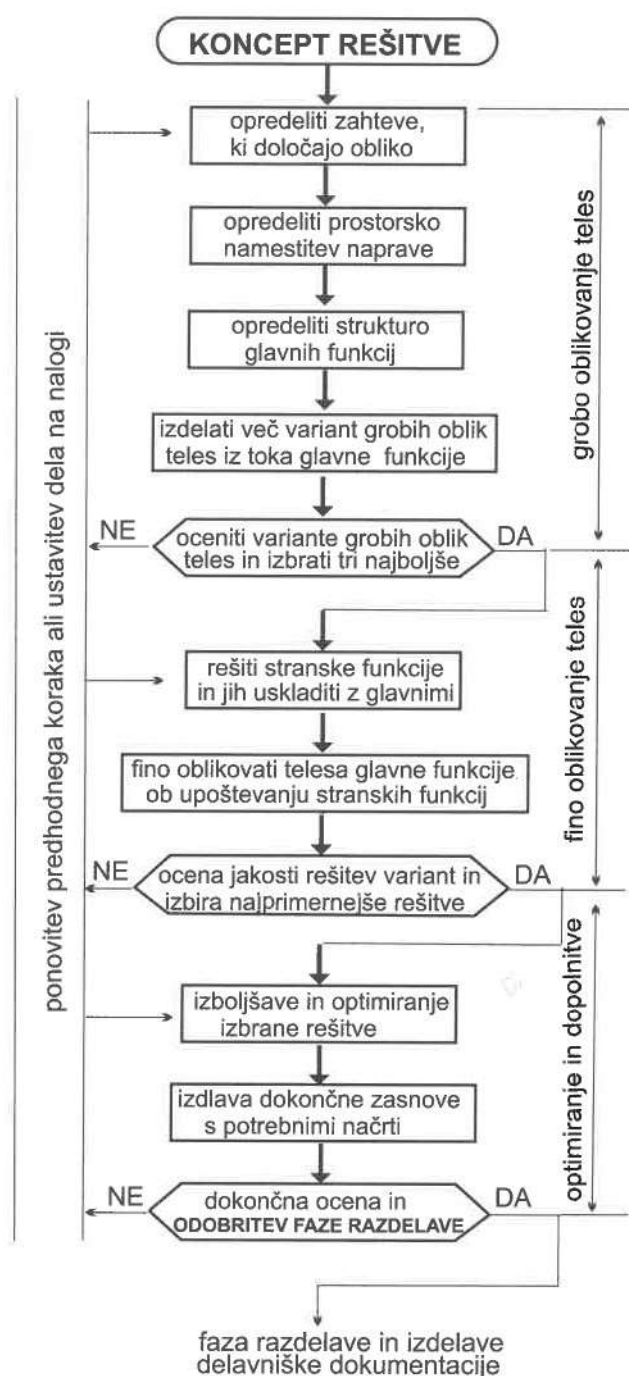
Med konstrukcijskim procesom te vhodne podatke pretvorimo v izhodno informacijo – tehnično dokumentacijo – s pomočjo konstruktorskih informacij in znanj. Mednje spadajo znanje o patentih, tehničnih dosežkih, rešitvah podobnih problemov ter poznavanje izdelkov konkurenčnih izdelovalcev. Koristna so tudi uporabna znanja iz tehnične stroke o materialih, metodah dela, dimenzioniranju izdelkov ipd. (Hlebanja, 2003).

Konstrukcijske naloge so pogosto obširne in nepregledne, zato so se uveljavila standardizirana priporočila izvedbe procesa konstruiranja. Med veljavnimi priporočili za sistematično ureditev procesa konstruiranja in aktivnosti v njem so najbolj dodelana in prepoznavna priporočila nemškega združenja inženirjev (Verein Deutscher Ingenieure), znana kot smernice VDI-R 2221 (Hlebanja, 2003).

Po smernicah VDI-R 2221 je konstrukcijski proces razdeljen na naslednje delovne faze:

- načrtovanje oz. tolmačenje naloge,
- koncipiranje,
- snovanje,
- razdelava.

Delovne faze konstruiranja so prikazani na sliki 1.



Slika 1: Faze konstruiranja po VDI smernicah

Vir: Hlebanja, 2003

V primeru, ko konstruiramo variante k obstoječim rešitvam, lahko kakšen korak preskočimo (Hlebanja, 2003).

### 3.1.1 Načrtovanje oz. tolmačenje naloge

Prva faza – načrtovanje – pri konstruiranju novega izdelka nastopi, ko se konstruktor prvič sreča z nalogo in se mora z njo seznaniti. Preučiti mora zahteve, ugotoviti, ali so le-te sprejemljive in enolično definirane ter ali je podatkov dovolj. Potrebno je zbrati zahteve, ki jim

mora izdelek zadostiti. Na podlagi teh zahtev se izdelava konstrukcijski zahtev, ki je izhodišče za začetek reševanja tehnične naloge (Hlebanja, 2003)

### **3.1.2 Koncipiranje**

Koncipiranje je faza, v kateri moramo poiskati bistvo rešitve, in kjer abstraktno predstavljeno nalogo pretvorimo v realno obliko, ki jo imenujemo koncept rešitve. Pri fazi koncipiranja gre za konkretno predstavbo rešitve, ki še ni uporabna za materialno izvedbo. V fazo koncipiranja zapletenih izdelkov spada večje število delovnih korakov (Hlebanja, 2003):

- opredelitev bistva problema,
- postavitve funkcijske strukture,
- rešitev delnih funkcij,
- kombiniranje delnih funkcij za rešitev celotne funkcije,
- izbor najobetavnejših variant funkcije,
- vrednotenje posameznih variant po zahtevanih kriterijih,
- izbor koncepta rešitve.

### **3.1.3 Snovanje**

V fazi snovanja se na podlagi izbrane konceptne rešitve izbere materiale, določi oblike in poda točne mere izdelka. Rezultat dela v fazi snovanja je tehnična dokumentacija, iz katere morajo biti razpoznavne vse lastnosti naprave, ki so razvidne iz konstrukcijskega zahtevka (Hlebanja, 2003).

V tej fazi mora biti medsebojno delovanje sestavnih delov naprave določeno do takšne mere, da se lahko določi njihove obremenitve, ki so osnova za dimenzioniranje, saj je potrebno izvesti tudi kontrolo vzdržljivosti naprave (Hlebanja, 2003).

Glede na to, da se v fazi snovanja izbira materiale, dimenzionira ter določa tehnologijo izdelave, se morajo pri tem uporabljati znanja pripadajočih tehničnih panog, kot so: nauk o materialih, nauk o trdnosti, mehanika itd. V tej fazi je treba oceniti tudi možnosti izdelave in montaže ter izdelati stroškovne izračune (Hlebanja, 2003).

### **3.1.4 Razdelava**

Zasnovanemu izdelku moramo nato dodati še nekatere informacije. V fazo razdelave spada optimizacija detajlov in izdelava delavniške dokumentacije, v kateri so podane tudi dopustne tolerance mer, zahtevane kakovosti površin ipd. Pri tem je treba poznati izdelovalne postopke, ki bodo uporabljeni pri izdelavi izdelka, in njihove posebnosti. Treba je izdelati še navodila za uporabo in vzdrževanje, v nekaterih primerih pa tudi navodila za izdelavo in montažo. Vso dokumentacijo je treba tudi preveriti (Hlebanja, 2003).

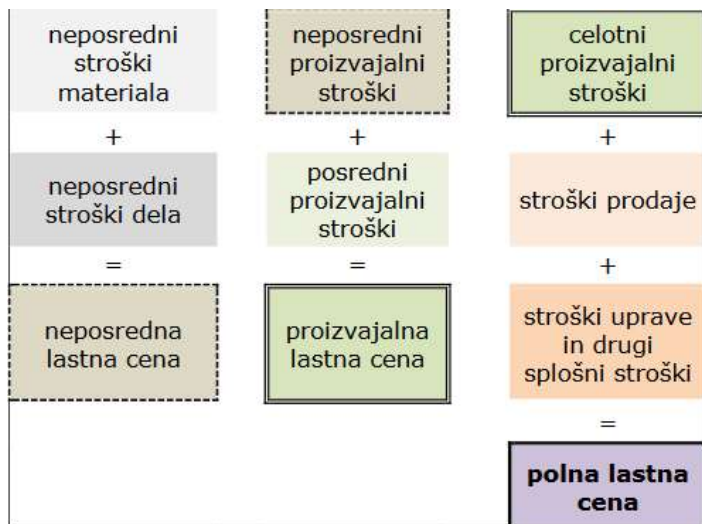
## **3.2 Izračun lastne cene izdelka**

Lastna oziroma stroškovna cena izdelka ali storitve je seštevek vseh stroškov, ki jih povzroči izdelek ali storitev. Poleg stroškov, ki so neposredno povezani z izdelavo izdelka, v podjetju nastajajo tudi drugi stroški, ki jih je potrebno pokriti z ustvarjenimi prihodki (npr. stroški najemnine poslovnega prostora ali opreme, amortizacije, zunanega računovodstva, oglaševanja itd.). Tudi te stroške je potrebno upoštevati pri določitvi lastnih cen in prodajnih cen (Letonja et al 2019, str. 2).

Če seštejemo zgolj neposredne stroške za proizvodnjo določenega izdelka, dobimo skupne neposredne proizvodne stroške, oz. neposredno lastno ceno izdelka. Med neposredne stroške spadajo neposredni materialni stroški (to so stroški nakupa blaga in pomožnih materialov) ter neposredni stroški dela. Tako seštetim neposrednim proizvodnim stroškom prištejemo še posredne proizvodne stroške (obratna režija), da dobimo proizvodno lastno



ceno, ki je torej enaka celotnim proizvodnim stroškom. Da dobimo polno lastno ceno nekega proizvoda, moramo dobljeni vsoti prišteti še stroške prodaje ter stroške uprave in druge splošne stroške. Elementi polne lastne cene izdelka so prikazani na sliki 2 (Letonja et al 2019, str. 5).



Slika 2: Elementi polne lastne cene izdelka

Vir: Letonja et al, 2019, str. 5

Polna lastna cena je torej seštevek vseh vrst stroškov. V praksi se pojem polna lastna cena pogosto uporablja za celotne stroške. Z vidika ustvarjanja dobička v podjetju je pomembno, da je prodajna cena izdelka ali storitve večja od polne lastne cene (Letonja et al 2019).

### 3.3 Analiza življenjskega cikla (LCA)

Analiza življenjskega cikla (ang: Life cycle analysis, v nadaljevanju LCA) je metoda, s katero analiziramo okoljske vidike in vplive sistemov izdelkov. Definirana je s standardom ISO EN 14040 in 14044. LCA metoda je omejena na samo en – ekološki – vidik, ne upošteva pa socioloških in ekonomskih vidikov (Klöpffer in Grahl, 2014).

#### 3.3.1 Definicija in opis LCA analize

ISO standard 14040 v uvodu definira LCA tako: »Ocena življenjskega cikla (znana tudi kot analiza življenjskega cikla ali ekobilanca) je tehnika za vrednotenje okoljskih vidikov in vplivov, povezanih z določenim izdelkom. LCA ocenjuje vsak vpliv, povezan z vsemi fazami procesa od zibelke do groba (t.j. od pridobivanja materialov, proizvodnje, distribucije, uporabe, popravil, vzdrževanja do odlaganja odpadkov in recikliranja.)«

S pomočjo takšnega sistematičnega pregleda lahko spremljamo spreminjanje potencialnega okoljskega bremena skozi faze življenjskega cikla izdelka in se mu tudi izognemo (BSi 2006, str. 6).

Z LCA so analizirani sistemi, ki imajo specifično funkcijo in neko koristno vrednost. Dejanski faktor za primerjavo izdelkov med seboj je torej koristnost oz. dobrobit sistema. Ta je tudi pravilno izhodišče za določanje »funkcijske enote«. Največkrat je funkcijska enota določena na način, da dosežemo zadostno tehnično zalogo, ki je v korist sistemu (npr. kot zagotavljanje embalaže za 1000 litrov tekočine) (BSi 2006, str. 6).

Primerjati moramo sisteme s podobno koristnostjo (npr. isti izdelek v različni embalaži). V takih primerih ni potrebno upoštevati pakiranih izdelkov, saj obravnavamo sisteme s podobno

koristjo, ne pa posameznih izdelkov. Mogoče je primerjati tudi industrijske izdelke (dobrine) s storitvami, če imajo enake ali zelo podobne koristne učinke (BSi 2006, str. 6).

Pri obravnavi določenega sistema moramo postaviti smiselne omejitve, da se izognemo prevelikemu obsegu in kompleksnosti, vendar pri tem iz analize ne smemo izpustiti nič ključnega (BSi 2006, str. 6).

### 3.3.2 Lastnosti LCA metodologije

Ključne lastnosti LCA metodologije so (BSi 2006, str. 8):

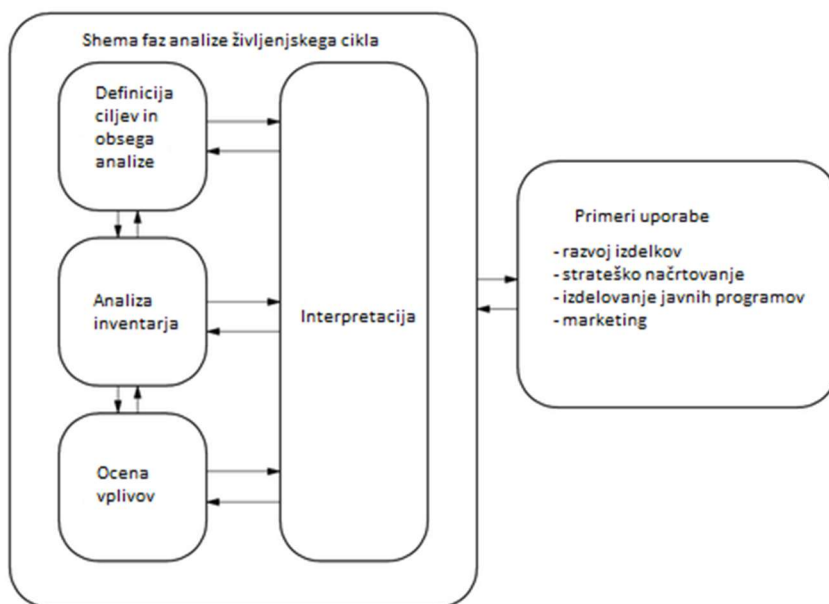
- LCA na sistematičen način ocenjuje vplive na okolje sistemov izdelkov od pridobitve surovin do končnega odlaganja, v skladu z navedenimi cilji in obsegom,
- vzrok za relativnost LCA metodologije je uvedba funkcijske enote,
- med različnimi sistemi se lahko njihova podrobnost in časovni obseg LCA analize zelo razlikujeta, odvisno od ciljev in obsega analize,
- zaradi spoštovanja avtorskih pravic in zaupnosti uporabljenih podatkov lahko pride do omejitev v praktični uporabi LCA,
- LCA metodologija je odprta vključitvi novih znanstvenih dognanj in tehničnih izboljšav,
- v primeru predstavitve dognanj LCA analize javnosti veljajo posebne zahteve,
- organizacije imajo možnost izvedbe LCA z različnimi metodami, vendar morajo biti v skladu z ISO standardom.

### 3.3.3 Faze LCA

LCA analize so sestavljene iz 4 faz (BSi 2006, str. 7):

- definicija ciljev in obsega analize,
- določitev inventarja (LCI),
- ocena vplivov,
- interpretacija rezultatov.

Faze LCA analize so predstavljene na sliki 3.



Slika 3: Shema faz LCA analize

Vir: BSi 2006, str. 7

Primeri praktične uporabe LCA so (BSi 2006, str. 7):

- razvoj ali izboljšava izdelka,
- strateško načrtovanje,
- izdelovanje javnih strategij,
- podpora pri trženju,
- drugo.

### **3.3.4 Cilji in obseg LCA študije**

V definicijo ciljev LCA študijo mora biti vključeno slednje (BSi 2006, str. 11):

- nameravana uporaba rezultatov analize,
- razlogi za izvedbo študije,
- komu bodo rezultati študije namenjeni in ali nameravamo rezultate objaviti javno.

V definiciji obsega študije moramo vključiti sledeče (BSi 2006, str. 11):

- sistem izdelkov, ki jih raziskujemo,
- funkcijo sistema izdelka,
- funkcijsko enoto,
- meje sistema (oz. robne pogoje),
- alokacije,
- izbrane okoljske kazalnike ter metodologijo, uporabljeno za njihovo vrednotenje in interpretacijo,
- potrebne vhodne podatke,
- oceno kakovosti podatkov,
- omejitve,
- kritičen pregled analize (neobvezno),
- tip in format poročanja.

#### **3.3.4.1 Funkcija, funkcijska enota in referenčni tokovi**

En sistem ima lahko številne funkcije. Katero funkcijo bomo izbrali za LCA študijo, je odvisno od njenih ciljev in obsega. Glavni namen funkcijske enote je, da lahko LCA rezultate med seboj primerjamo. Ko primerjamo več sistemov med seboj, moramo zagotoviti, da so primerjani preko iste osnovne funkcijske enote. V vsakem sistemu posebej je potrebno določiti referenčni tok, ki omogoči, da je izpolnjena izbrana funkcija (npr. količina izdelkov ali masa materiala, ki jih potrebujemo za izpolnitev funkcije) (BSi 2006, str. 12).

#### **3.3.4.2 Meja sistema**

Meje sistema določajo, kateri procesi bodo obravnavani v sistemu. V idealnem primeru bi moral biti sistem modeliran tako, da so vključeni vtoki in iztoki. Izbira elementov fizičnega sistema, ki ga bomo modelirali, je odvisna od ciljev in obsega študije, njeno nameravano uporabo in ciljno publiko, podatkovnih in finančnih omejitev ter izločitvenih kriterijev. Opisani morajo biti uporabljeni modeli in opredeljene predpostavke, na katerih so te izbire zasnovane. Izločitveni kriteriji, uporabljeni v LCA analizi, morajo biti jasno razumljeni in opisani. Kriteriji, uporabljeni med postavljanjem meje sistema, so pomembni za kredibilnost rezultatov študije in verjetnost doseganja njenega cilja (BSi 2006, str. 12).

Ko postavljamo mejo sistema, moramo upoštevati več faz življenjskega cikla, procesov in tokov, npr. (BSi 2006, str. 12):

- pridobivanje surovih materialov,
- proizvodnja,
- distribucija,

- pridobivanje goriv, elektrike in toplote,
- uporaba in vzdrževanje izdelkov,
- odlaganje odpadnih snovi in izdelkov,
- ponovna uporaba izdelkov, recikliranje in povrnitev energije pri njihovi energijski izrabi,
- proizvodnjo pomožnih materialov,
- proizvodnjo, vzdrževanje in odpoklic opreme,
- dodatne operacije (razsvetljava, gretje).

V veliko primerih je potrebno začetno določeno mejo sistema naknadno še dodelati oz. bolj natančno določiti (BSi 2006, str. 12).

### **3.3.5 Analiza inventarja (LCI)**

Analiza inventarja (ang: Life cycle inventory analysis, kr. LCI) vključuje zbiranje vhodnih podatkov z namenom kvantifikacije pomembnih vtokov in iztokov sistema. Postopek analize inventarja je iterativen. Ko zbiramo podatke in se učimo vedno več o sistemu, lahko identificiramo nove potrebe po podatkih in omejitve, ki zahtevajo spremembo v postopku zbiranja podatkov, tako da lahko dosežemo cilje študije. Včasih lahko naletimo na izzive, ki zahtevajo ponoven pregled ciljev ali obsega študije (BSi 2006, str. 12).

#### **3.3.5.1 Zbiranje vhodnih podatkov**

Zbiranje podatkov je lahko intenziven proces, ki zahteva pregled številnih virov. Že v določitvi obsega študije moramo pretehtati/obravnavati praktične omejitve zbiranja podatkov in jih prav tako dokumentirati v LCA poročilu. Pomembni so lahko podatki za vsak proces znotraj meje sistema, vključno z/s: vložki energije, surovin, pomožnimi materiali, drugimi fizičnimi vhodnimi tokovi, izdelki, stranskimi izdelki in odpadom, emisijami v zrak, vodo in prst, drugimi okoljski vidiki (BSi 2006, str. 13).

#### **3.3.5.2 Preračun vhodnih podatkov na funkcijsko enoto**

Za izračun rezultatov inventarja definiranega sistema je potrebno validirati zbrane vhodne podatke in jih povezati s procesi in referenčnim tokom izbrane funkcijske enote (BSi 2006, str. 13).

#### **3.3.5.3 Alokacija tokov in izpustov**

Večina industrijskih procesov proizvede več kot samo en izdelek in reciklira vmesne ali zavržene izdelke kot surovine. Ko imamo opravka s sistemi, ki vključujejo več izdelkov ali sisteme recikliranja, nastane potreba po alokaciji (BSi 2006, str. 13).

### **3.3.6 Vrednotenje vplivov na okolje (LCIA)**

V splošnem ta postopek vključuje združitev podatkov inventarne analize s specifičnimi kategorijami vplivov na okolje in indikatorji. V fazi LCIA (Life cycle impact assessment) pridobimo informacije, ki so potrebne za nadaljnjo fazo interpretacije. Med postopkom vrednotenja vplivov se lahko pojavi potreba po ponovnem pregledu ciljev in obsega LCA študije, saj moramo ugotoviti, ali so bili doseženi zadani cilji. Morda je potrebno tudi spremeniti namen in obseg LCA študije, če med vrednotenjem ugotovimo, da jih ne moremo doseči. Zaradi pristranskega načina izbire, modeliranja in evalvacije kategorij okoljskih vplivov, ima LCIA subjektiven značaj. Postopek vrednotenja vplivov na okolje je prikazana na sliki (BSi 2006, str. 14).

### **3.3.7 Interpretacija rezultatov**

Faza interpretacije mora podati zaključke, ki so skladni z opredeljenim ciljem in obsegom ter pojasnjujejo omejitve in podajajo priporočila. Interpretacija mora odražati dejstvo, da rezultati LCIA prikazujejo možne vplive na okolje, ne napovedujejo pa dejanskih vplivov. Ugotovitve interpretacije so lahko v obliki zaključkov in priporočil za odločevalce, v skladu s ciljem in obsegom študije. Faza interpretacije lahko vključuje iterativni postopek pregleda in revizije LCA analize (BS EN ISO 14040, 2006, str. 16).

### **3.3.8 Poročanje**

Učinkovito poročilo mora obravnavati različne faze LCA analize. O rezultatih in sklepih LCA analize se poroča v ustrezni obliki predvideni publiku, pri čemer so predstavljeni podatki, metode in predpostavke, uporabljene v študiji, ter njihove omejitve (BS EN ISO 14040, 2006, str. 16).

### **3.3.9 Kritični pregled**

Kritični pregled je postopek preverjanja, ali je LCA izpolnila zahteve glede metodologije, kakovosti in popolnosti podatkov, interpretacije rezultatov in poročanja ter ali je v skladu z načeli standarda ISO 14040 (BS EN ISO 14040, 2006, str. 17).

Kritični pregled lahko olajša razumevanje in poveča verodostojnost LCA, na primer z vključevanjem zainteresiranih tretjih oseb. Uporaba rezultatov LCA za podporo primerjalnih trditev vzbuja posebne pomisleke in zahteva kritičen pregled, ker bo to verjetno vplivalo na zainteresirane tretje osebe (ki niso vključene v izdelavo LCA analize). Vendar dejstvo, da je opravljen kritični pregled, nikakor ne bi smelo pomeniti potrditve kakršne koli primerjalne trditve, ki temelji na študiji LCA. Obseg in vrsta želenega kritičnega pregleda sta opredeljena v fazi določitve obsega LCA. Tam mora biti navedeno, zakaj se izvaja kritični pregled, kaj bo zajeto in do katere stopnje podrobnosti ter kdo mora sodelovati v procesu kritičnega pregleda (BS EN ISO 14040, 2006, str. 17).

## **4. PREGLED SORODNIH TOČILNIH APARATOV**

Na spletu je mogoče najti podatke o številnih točilnih aparatih. V nadaljevanju so opisani tisti, ki so najbolj podobni točilnemu aparatu, ki ga želimo zasnovati in ovrednotiti v diplomskem delu.

### **4.1 Obstoječe polnilne naprave za prodajo tekočih izdelkov brez embalaže**

Na svetovnem trgu lahko zasledimo kar nekaj sistemov za ponovno polnjenje. Na slovenskem trgu so bolj pogoste polnilne postaje, pri katerih je potrebna pomoč prodajalca. Avtomatiziranih sistemov s čistili je trenutno pri nas malo, zato so v nadaljevanju prikazane v glavnem polnilne naprave iz tujine.

#### **4.1.1 Polnilna naprava Ecover**

Ecover je proizvajalec ekoloških čistil, ki s projektom REFILLUTION poziva k uporabi njihovih polnilnih naprav po Združenem kraljestvu. Na polnilnih napravah prodajajo večnamenska čistila, detergente in pralne praške. Primarna dejavnost je proizvodnja »eko« čistil v embalaži, ki je narejena iz polietilena na rastlinski osnovi in reciklirane plastike. Z mrežo polnilnih postaj delujejo v Angliji in Španiji. Lokacije polnilnih naprav lahko uporabnik najde z aplikacijo, povezano z Google zemljevidi (Medmrežje 2).



Slika 4: Polnilna naprava Ecover

Vir: <https://www.countryliving.com/uk/news/a31201204/sainsburys-ecover-refill-station/>

#### 4.1.2 Polnilna naprava PerfectFlow Refill

Podjetje izdeluje polnilne naprave za naročnikove potrebe. Polnilna naprava prebere kodo na embalaži, stehta embalažo in določi količino proizvoda. Uporaba je mogoča samo s ponovno uporabno embalažo, ki se jo kupi na polnilni napravi (od 5 ml do 7 L) (Medmrežje 3).

Ključne lastnosti aparata so (Medmrežje 3m):

- do 30 različnih produktov v eni polnilni napravi,
- 1800 polnjenj po 50 ml,
- mere naprave so: 0,6 m x 0,6 m x 2,1 m,
- možnost plačila s kartico,
- zaslon na dotik (ob polnjenju gori rdeča luč, ko je napolnjeno, se prižge zelena),
- UV luč za razkuževanje v polnilnem prostoru,
- hitrost polnjenja znaša cca. 3s/L



Slika 5: Polnilna naprava Perfectflow

Vir: <https://perfectflow.biz/>

#### 4.1.3 Polnilna naprava Soapstand

Ključne lastnosti aparata so (Lau, L. 2018):

- samostojna enota,
- samostojna uporaba,
- na napravi se prodajajo izdelki za osebno rabo in čiščenje,
- zaslon na dotik z možnostjo izbire izdelka in količine,
- plačilo s kartico,
- čas polnjenja znaša 12 sekund,

Kupec ima možnost prinesiti lastno embalažo ali kupiti aluminijasto iz aparata.



Slika 6: Polnilna naprava Soapstand

Vir: <https://www.straight.com/life/1122051/green-living-local-startup-soapstand-launches-vending-machines-liquid-soap-and>

#### 4.1.4 Samopostrežni točilni aparat v Centru ponovne uporabe Vrhnika

Pri nakupu ni potrebna prisotnost prodajalca, vendar je njihova pomoč na voljo po potrebi kupca. Na točilnem aparatu so nalepljena navodila za uporabo po korakih.

Okvirne mere aparata so 2,5 m x 1 m x 1,5 m. Možno je plačevanje z gotovino.

Uporabniški vmesnik deluje po naslednjem postopku:

1. Kupec vstavi denar in na ekranu pritisne številko izdelka.
2. Kupec podstavi embalažo pod točilno pipo in točilni aparat prične s točenjem. Na zaslonu se izpisuje količina iztočenega sredstva. Če med točenjem porabi ves kredit, se točenje avtomatsko ustavi.
3. Ko kupec s točenjem konča, pritisne vračilo kredita.
4. Točilni aparat vrne gotovinsko vsoto, zaokroženo na 10 centov.
5. Na koncu točilni aparat natisne račun z deklaracijo.

Pod točilnimi pipami je reža s pladnjem, kamor se steka po nesreči polito odvečno čistilo. Ogrodje točilnega aparata je leseno. Pod predelom za točenje se nahaja prostor z zalogovniki čistil, do katerih je možen dostop s prednje strani točilnega aparata. Zadaaj so vratca na ključ za vzdrževalna dela. Na ohišju ni vidnih vijakov. Točilni aparat ponuja več različnih izdelkov (detergent za perilo, detergent za ročno pomivanje posode, detergent za strojno pomivanje posode, tekoče milo, čistilo za kopalnico, čistilo za steklo in alkoholni kis za čiščenje). Vsi izdelki so okolju prijazni.



Slika 7: Samopostrežni točilni aparat v Centru ponovne uporabe Vrhnika

Foto: K. Žižmond



## 5. SNOVANJESAMOPOSTREŽNEGA TOČILNEGA APARATA ZA PRODAJO ČISTIL BREZ EMBALAŽE

Postopek konstruiranja samopostrežnega točilnega aparata za prodajo čistil brez embalaže smo v predpisanih fazah procesa konstruiranja izvedli do faze zasnove.

### 5.1 Izdelava konstrukcijskega zahtevnika

Konstrukcijski zahtevnik je pisni dokument, ki vsebuje vse znane podatke o nalogi v urejeni obliki, ne nakazuje pa konkretnih tehničnih rešitev. V konstrukcijskem zahtevniku, prikazanem v Preglednici 1, smo na podlagi pregleda stanja na trgu (pregleda obstoječih polnilnih naprav) in pregleda patentnih prijav s pomočjo metode viharjenja možganov določili lastnosti samopostrežnega aparata.

Preglednica 1: Konstrukcijski zahtevnik

| Zahteve                                    | Opis                                               | Zahteva/želja/<br>min./max. | Opomba                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Sistem za točenje čistil</b>            |                                                    |                             |                                                                                                                                                           |
| Hitrost točenja čistil                     | 1,5 L/min                                          | min.                        |                                                                                                                                                           |
| Število prodajanih čistil                  | 4                                                  | zahteva                     | izbrane vrste čistil: detergent za strojno pranje perila, detergent za strojno pomivanje posode, univerzalno čistilo, detergent za ročno pomivanje posode |
| Možnostpolnjenja različnihvelikosti posod  | 1 L, 2 L, 5 L                                      | zahteva                     |                                                                                                                                                           |
| Enostavna izvedba                          |                                                    | želja                       |                                                                                                                                                           |
| Prostornina zalogovnikov prodajanih čistil | 50 L                                               | zahteva                     |                                                                                                                                                           |
| <b>Ohišje</b>                              |                                                    |                             |                                                                                                                                                           |
| Dimenzije                                  | višina: 180 cm<br>širina: 80 cm<br>dolžina: 200 cm | max.                        | možno prinesiti skozi vrata v sestavljenem stanju                                                                                                         |
| Nosilnostpulta                             | 100 kg                                             | min.                        |                                                                                                                                                           |
| Varnost                                    | odpornost proti vandalizmu in poškodbam            | želja                       | ni ga možno razstaviti z uporabo preprostega ročnega orodja ali prevrniti                                                                                 |
| <b>Sistem za plačevanje</b>                |                                                    |                             |                                                                                                                                                           |
| Način plačevanja                           | gotovinsko                                         | zahteva                     |                                                                                                                                                           |
| Vračanje denarja                           | ne                                                 | zahteva                     |                                                                                                                                                           |
| <b>Obratovalnipogoji</b>                   |                                                    |                             |                                                                                                                                                           |
| Lokacija aparata                           | notranja uporaba                                   | zahteva                     | sobna temperatura                                                                                                                                         |
| <b>Vzdrževanje</b>                         |                                                    |                             |                                                                                                                                                           |

|                                           |                                                                            |         |                                                                                                    |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Čiščenje točilnih šob                     | 1-krat dnevno                                                              | max.    | čiščenje z 0,2-% peroksiocetnokislino                                                              |
| Čiščenje celotnega sistema                | 1-krat mesečno                                                             | max.    | čiščenje z 0,2-% peroksiocetnokislino                                                              |
| <b>Stroški</b>                            |                                                                            |         |                                                                                                    |
| Neposredna lastna cena                    | 4.000,00 €                                                                 | max.    |                                                                                                    |
| <b>Ostalo</b>                             |                                                                            |         |                                                                                                    |
| Dostava na mesto postavitve               | v sestavljenem stanju                                                      | zahteva | na mestu uporabe se ga samo še priklopi na elektriko                                               |
| Teža                                      | 300 kg                                                                     | max.    |                                                                                                    |
| Uporabniški vmesnik                       | zaslon na dotik                                                            | želja   |                                                                                                    |
| Material komponent aparata                | standardni na trgu dostopni materiali (nerjavno jeklo, plastika, guma ...) | zahteva | čim lažje vzdrževanje, poceni, dolga življenjska doba                                              |
| Čas razvoja                               | 4 mesece                                                                   | zahteva |                                                                                                    |
| Uporaba                                   | enostavna, minimalni stroški uporabe                                       | želja   |                                                                                                    |
| Možnost prevzema embalaže ob prvi uporabi | DA                                                                         | želja   |                                                                                                    |
| Vir energije                              | elektrika, 220V                                                            | zahteva |                                                                                                    |
| Hrup                                      | pod pragom zdravstveno sprejemljive meje hrupa v decibelih                 | želja   | glede na območje postavitve aparata (Uredba o hrupu v naravnem in življenjskem okolju, stran 3530) |

Načrtovali smo transport aparata na prodajno mesto v že sestavljenem stanju, zato smo določili takšne mere, da je aparat možno enostavno transportirati skozi vhodna vrata. Temu primerna mora biti tudi teža, da ne potrebujemo posebnih naprav za transport aparata po stavbi. Zaradi možnosti kraje mora biti aparat odporen proti vandalizmu. Mora biti dovolj stabilen, da se ga ne da prevrniti ali razstaviti z uporabo preprostega ročnega orodja. Iz istega razloga smo se odločili, da se bo aparat nahajal v notranjosti neke stavbe, npr. trgovskega centra, specializirane prodajalne ali centra za ponovno uporabo. Stroški nabave materialov in dela za sestavljanje aparata naj ne bi presegali 4.000,00 EUR. Z namenom poenostavitve načina plačevanja smo se omejili le na gotovinsko plačevanje. Uporabniški vmesnik naj bi imel zaslon na dotik. Vir energije za pogon sistema mora biti električna energija pri napetosti 220V. Aparat mora imeti prostor, v katerega vstavimo embalažo, da je možna uporaba kakršne koli embalaže, ki je na trgu dostopna za čistila. Aparat naj izdaja 4 različna čistila, ki so shranjena v 4 zalogovnikih. Glede na ocenjeno količino prodaje 30 L na dan in zadane dimenzije aparata potrebujemo zalogovnike za čistila s prostornino 50 L. Hitrost polnjenja čistila mora biti zadostna, da se uporabniku čas polnjenja ne zdi pretiran, ocenili smo jo na 1,5 L na minuto. Predvideno je mesečno čiščenje aparata. Pri izbiri

mehanizma polnjenja ciljamo na čim manjšo porabo energije. Materiali morajo biti obstojni, nezahtevni za vzdrževanje, vendar tudi stroškovno ugodni.

## 5.2 Izdelava koncepta

V fazi koncipiranja moramo izdelati konkretno predstavitev rešitve, ki pa še ni uporabna za materialno izvedbo.

Obravnavo celotnega samopostrežnega točilnega aparata smo razdelili na 3ključne ločene podsisteme za:

1. točenje čistila,
2. plačevanje,
3. ohišje.

### 5.2.1 Konceptna rešitev za točenje čistila

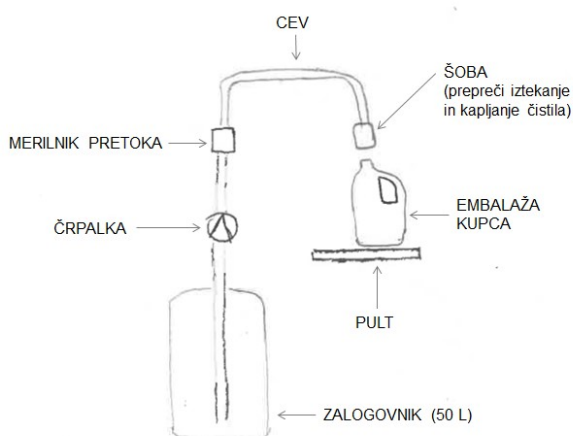
Konceptne rešitve smo iskali s pomočjo metode za kreativno iskanje rešitve (viharjenje možganov), ocenili vsako posebej ter izbrali najboljšo izmed njih.

Izbirali smo med tremi tehničnimi rešitvami za točenje oz. dovajanje čistila od zalogovnika do točilne pipe:

1. črpalka,
2. gravitacijsko,
3. tlak.

#### 5.2.1.1 Konceptna rešitev točenja čistila s črpalko

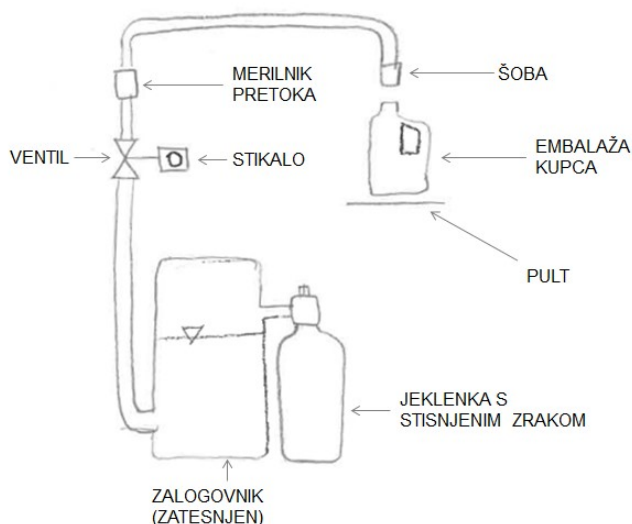
Najbolj običajna rešitev za točenje čistila med pregledanimi konkurenčnimi aparati je bila uporaba črpalke. Pri tem so sodi s čistili postavljeni v spodnji del aparata in točilne pipe nad njimi. Podali smo rešitev s štirimi ločenimi točilnimi sistemi, ki vsak posebej črpajo čistilo iz enega kanisterja. Za vsako točilno pipo posebej smo predvideli lasten merilnik pretoka, ki meri pretok pred točilno šobo in lastno črpalko. Že v začetni rešitvi smo predvideli lovilno posodo, ki bo namenjena zbiranju odpadnih čistil. Skica konceptne rešitve za točenje s pomočjo črpalke je prikazana na sliki 8.



Slika 8: Skica konceptne rešitve za točenje s pomočjo črpalke

### 5.2.1.2 Konceptna rešitev točenja čistila z nadtlakom

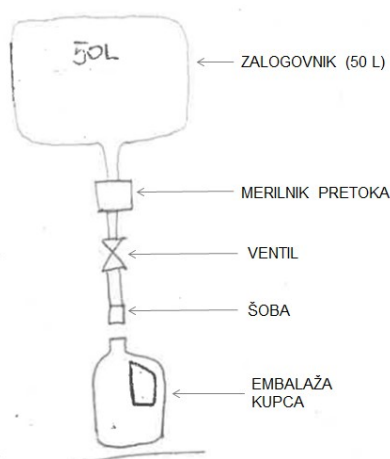
Namesto črpalke za poganjanje pretoka čistila lahko v literaturi zasledimo tudi uporabo nadtlaka. Predvideli smo jeklenko s CO<sub>2</sub> pod tlakom, ki bi v zalogovniku oz. sodu povzročila nadtlak, ki bi ob odprtem ventilu potisnil čistilo v cevovodu proti točilni pipi. Rešitev je skicirana na sliki 9. Namesto jeklenke z nadtlakom bi lahko vgradili tudi kompresor, ki bi se občasno vklopljal in neprestano zagotavljal primeren nadtlak v zalogovniku.



Slika 9: Skica konceptne rešitve za točenje s pomočjo nadtlaka

### 5.2.1.3 Konceptna rešitev točenja čistila na podlagi gravitacije

Pri obeh predhodno opisanih rešitvah se za točenje porablja sistem, ki za svoje delovanje potrebuje električno energijo. Zato smo pripravili tudi koncept gravitacijskega točenja, pri kateri bi bila poraba energije bistveno manjša. V tej rešitvi bi bili zalogovniki čistil nameščeni v zgornjem delu aparata, nad točilnimi pipami, kot je skicirano na sliki 10. Z odprtjem ventila bi čistilo samo od sebe teklo proti točilni pipi.



Slika 10: Skica konceptne rešitve za točenje s pomočjo gravitacije

#### 5.2.1.4 Primerjava konceptnih rešitev za točenje čistila

Ker smo zbrali več konceptnih rešitev za točenje čistila, smo jih morali med seboj primerjati in izbrati najboljšo. Primerjali smo prednosti in slabosti posameznih konceptnih rešitev, ki so prikazane v Preglednici 2.

Preglednica 2: Prednosti in slabosti posameznih konceptnih rešitev za točenje čistila

|               | Prednost                                               | Slabost                                                                       |
|---------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| S črpalko     | enostavno snovanje                                     | črpalka – strošek nabave in porabe energije                                   |
|               |                                                        | nevarnost penjenja čistil pri točenju                                         |
| Z nadtlakom   | manjša poraba električne energije                      | strošek nabave plinskih jeklenk ali hrup zaradi delovanja kompresorja         |
|               |                                                        | nevarnost zaradi tlaka v sistemu (počena cev, sneta cev, poškodba uporabnika) |
| Gravitacijsko | cenejša izvedba (brez črpalk)                          | nestabilnost aparata zaradi zalogovnikov, nameščenih v gornjem predelu        |
|               | možnost rotacijskega mehanizma za vrtenje zalogovnikov | višina aparata presega zadano višino v konstrukcijskem zahtevniku             |
|               |                                                        | nevarnost prepočasnega pretoka, ko je zalogovnik s čistilom skoraj prazen     |

Sistem točenja s črpalko je enostavna rešitev, ki jo je najlažje snovati. Črpalka mora imeti zadosten pretok, da dosežemo zadano minimalno hitrost točenja. Črpalke povečajo nabavno ceno aparata in tudi stroške zaradi porabe električne energije med uporabo.

Pri uporabi nadtlaka, ki ga posežemo s plinom, ujetim v jeklenki, je poraba električne energije praktično ničelna. Vendar moramo upoštevati tudi strošek in dodatno delo za nakup plinskih jeklenk, ko se le-te izpraznijo. Pri opciji s kompresorjem je lahko poraba električne energije še večja kot pri črpalki. Težava je lahko tudi hrup zaradi delovanja kompresorja. Poleg tega obstaja nevarnost zaradi tlaka v sistemu, ki bi v primeru počene ali snete cevi lahko povzročila razlitje čistila ali celo poškodbo uporabnika.

Ker pri gravitacijskem točenju ne potrebujemo niti črpalke, niti plina ali kompresorja, je njena izvedba enostavna in tudi poraba energije med uporabo najnižja izmed treh možnosti. Vendar težava pri tej rešitvi nastane zaradi potrebe, da so zalogovniki s čistili nad šobami. Višina aparata bi zaradi tega lahko presegla zadano višino v konstrukcijskem zahtevniku, spodnji prostor v ohišju bi bil neuporabljen. Prav tako bi bilo polne zalogovnike s čistili težje vstavljati v točilni aparat. Pri tem sistemu se hitrost točenja manjša s tem, ko se zalogovnik prazni. Pretok torej na koncu morda ne bi bil zadosten, da bi dosegli minimalno zahtevano hitrost točenja.

Na podlagi primerjave smo se odločili za izvedbo s črpalko, saj je glede na zahteve iz konstrukcijskega zahtevnika najbolj primerna.

### 5.2.2 Konceptna rešitev za plačevanje

Glede na konstrukcijsko zahtevo smo se omejili na gotovinsko plačevanje. Plačevanje s plačilno kartico je sicer enostavneje izvesti (kar se tiče vgrajene opreme) vendar je zanj potrebno skleniti sporazum z banko. V primeru gotovinskega plačevanja je potrebno v aparat vgraditi primeren tržno dostopen validator vstavljenih kovancev ali bankovcev ter zalogovnik vstavljenega denarja.

Aparat denarja ne bo vračal. V primeru, da aparat vrača denar, mora biti sistem takšne izvedbe, da kovance in bankovce razdeli v ločene zalogovnike in je sposoben iz njih tudi odšteti denar, ki je potreben za vračilo ob koncu nakupa. Takšna izvedba ima dve pomanjkljivosti:

- 1) zalogovniki denarja, ki so sposobni vračila, so bistveno dražji in
- 2) v aparatu mora biti vgrajen bistveno večji zalogovnik, ki je pred uporabo že napolnjen z denarjem za vračilo.

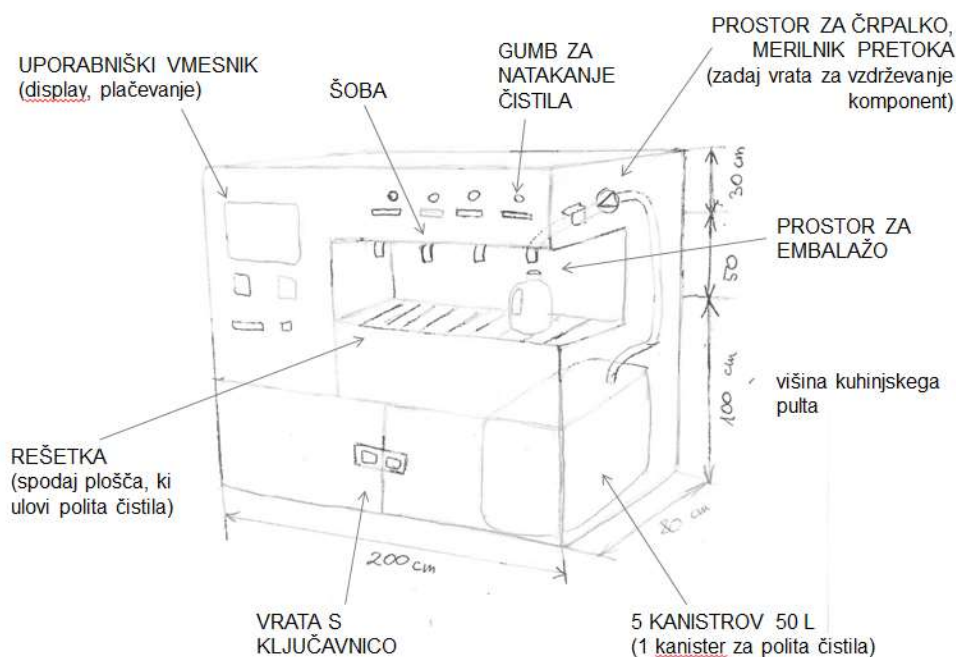
Skica koncepta za plačevanje je prikazana na sliki 11.



Slika 11: Skica koncepta rešitve plačevanja

### 5.2.3 Konceptna rešitev ohišja

Za izvedbo ohišja smo predvideli standardne ekstrudirane profile in zapiranje vmesnih prostorov med profili s pokrovi. Aparat je dimenzioniran tako, da bi ga bilo možno brez demontiranja prinesiti skozi vsaka vrata. Prav tako ne sme biti pretežak. Ohišje je skicirano na sliki 12.



Slika 12: Skica koncepta ohišja aparata

## 5.3 Izdelava zasnove

Snovanje je faza razvojnega dela, v kateri določimo in razvijemo dokončne oblike in velikosti sestavnih delov izdelka ob upoštevanju njihovega delovanja in medsebojne povezave.

### 5.3.1 Izbira vgradnih komponent

V nadaljnjih poglavjih so predstavljene komponente, ki smo jih izbrali pri izdelavi zasnove samopostrežnega točilnega aparata.

### 5.3.1.1 Črpalka za zagotavljanje pretoka čistila

Izbrana je bila črpalka kitajskega proizvajalca, s hitrostjo polnjena 1,6 L/min, ki je prikazana na sliki 13. Izbrana črpalka je peristaltična, saj takšna izvedba omogoča prečrpavanje čistil brez penjenja.

| Scheme                                 |                                                                                   |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Name                                   | YZ25A-BS600B                                                                      |
| Picture                                |  |
| Input                                  | DC24V Or it can be made into single-phase 220 V, 50 Hz                            |
| Control mode                           | Power on is running                                                               |
| Flow (Detergen medium)                 | 96 L/H MAX                                                                        |
| Price does not include tax and freight | RMB 1100                                                                          |
| Remarks                                | The quotation does not include freight and after-sales freight.                   |

Slika 13: Črpalka za zagotavljanje pretoka čistila

### 5.3.1.2 Merilnik pretoka

Slika 14 prikazuje izbrani merilnik pretoka proizvajalca B.I.OTECH. Izbrani merilnik je cenovno ugoden in dovolj natančen.



Slika 14: Merilnik pretoka

Vir: [https://www.conrad.si/merilnik-pretoka-fch-m-pom-lc-b.i.o-tech-e.k.-fch-m-pom-lc-%28s-](https://www.conrad.si/merilnik-pretoka-fch-m-pom-lc-b.i.o-tech-e.k.-fch-m-pom-lc-%28s-sobo-1-mm%29-0%2C015-1%2C0-l%2Fmin%2F%28brez-sobe%2C-d-%3D-3-mm%29-0%2C05-3%2C0-l%2Fmi)

sobo-1-mm%29-0%2C015-1%2C0-l%2Fmin%2F%28brez-sobe%2C-d-%3D-3-mm%29-0%2C05-3%2C0-l%2Fmi



### 5.3.1.3 Sistem za prepoznavanje denarja

Kakovosten validator, ki zanesljivo prepozna vstavljen denar, je eden najpomembnejših sestavnih delov aparata. Zato smo se odločili, da izberemo validator iz višjega cenovnega razreda, ki je prikazan na sliki 15. Spodaj ima dve odprtini (če vstavljen kovanec prepozna, ga spusti v zalogovnik, v nasprotnem primeru ga vrne kupcu v posodo, ki mora biti del ohišja).



Slika 15: Sistem za prepoznavanje denarja (coin validator)

Vir: <https://www.cranepi.com/en/products/coin/validators/v2-eagle>

### 5.3.1.4 Zaslon

Izbrani zaslon proizvajalca iiyama, model PROLITE TF1734MC-B7X je prikazan na sliki 16.



Slika 16: Zaslon

Vir: [https://iiyama.com/gl\\_en/products/prolite-tf1734mc-b7x/](https://iiyama.com/gl_en/products/prolite-tf1734mc-b7x/)

### 5.3.1.5 Krmilni modul

Na sliki 17 je prikazan izbrani krmilni modul za PLC-krmilnik proizvajalca Siemens, model 6ED1052-1MD08-0BA1. Izbran krmilnik je višjega cenovnega razreda in omogoča zanesljivo delovanje aparata.

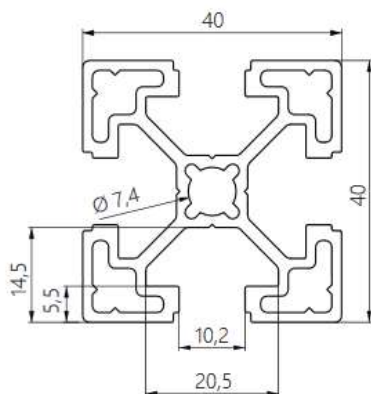


Slika 17: Krmilni modul

Vir: <https://www.conrad.si/p/siemens-6ed1052-1md08-0ba1-krmilni-modul-za-plc-krmilnik-12-vdc-24-vdc-2335753>

### 5.3.1.6 Profili za ohišje

Pri izbiri profilov za ohišje smo upoštevali ceno, nosilnost in težo. Zaradi teže konstrukcije smo se odločili za Al profile velikosti 40x40 proizvajalca Lipro, prikazane na Sliki 18.



Slika 18: Al-profil

Vir: [https://www.lipro.pro/wp-content/uploads/2021/03/9903209\\_MS\\_katalog\\_2021.pdf](https://www.lipro.pro/wp-content/uploads/2021/03/9903209_MS_katalog_2021.pdf) (str. 15–38)

### 5.3.1.7 Zalogovniki za čistilo

Izbrali smo plastične (HDPE) zalogovnike proizvajalca Plastik. Pri izbiri zalogovnikov smo upoštevali njihove mere in oblike. Izbrani zalogovnik je prikazan na sliki 19.



| 2BA5007               |                  |
|-----------------------|------------------|
| Vol.                  | 50               |
| h                     | 550              |
| Premjer odprtine (mm) | DIN 60 (Ø 49 mm) |
| UN                    | DA               |

Slika 19: Zalogovnik za čistilo prostornine 50 L

Vir: <https://www.plastik.si/produkti/sodi/>

### 5.3.1.8 Ključavnica

Za zapiranje vratc predela, ki mora biti dostopen za vzdrževanje, smo izbrali kljuko s ključavnico na sliki 20.

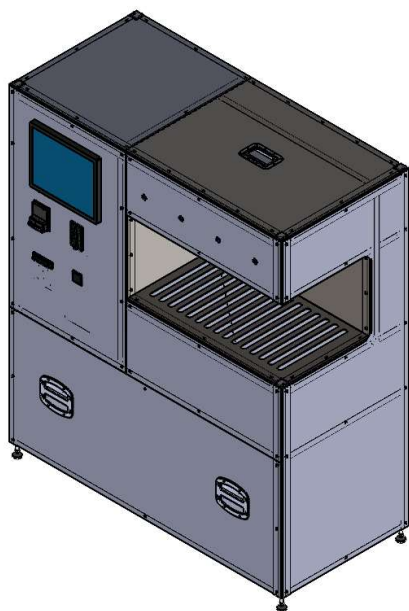


Slika 20: Kljuka s ključavnico

Vir: <https://www.tuli.si/kljuka-s-kljucavnico-univerzalna>

### 5.3.2 Izdelava zasnove aparata za prodajo čistil brez embalaže

Za modeliranje zasnove aparata je bil uporabljen program za konstruiranje UnigraphicsNX. Predel z elektronskimi komponentami je s steno ločen od predela za točenje čistil. V zgornjem levem delu se nahajajo krmilnik, uporabniški vmesnik z zaslonom in sistem za vstavljanje denarja (coin validator). Osrednji desni prostor je namenjen polnjenju. Sem in pod točilno pipo z ustreznim čistilom uporabnik postavi prazno plastenko. V zgornjem predelu pritisne gumb. Polito čistilo se steka preko rež v spodnji predel aparata. Prikaz zasnove aparata jena sliki 21.



Slika 21: Tridimenzionalni model točilnega aparata

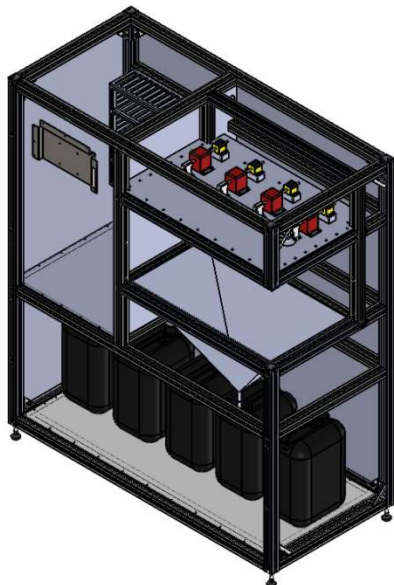
Ogrodje, prikazano na sliki22,je sestavljeno iz aluminijastih profilov. Prostor med profili je zapolnjen s stranicami iz pločevine. Spojni elementi, kot so matice in vijaki, so večinoma prav tako iz aluminija. Zaščitna pločevina je iz jekla. Aparat stoji na po višini nastavljivih nogah, ki omogočajo postavitvev aparata na neravno površino.



Slika 22: Tridimenzionalni model ogrodja točilnega aparata

Slika 23 prikazuje notranjost aparata. Zgoraj desno je predel s 4 črpalkami in 4 merilniki pretoka, ki podatke pošiljajo v krmilnik. Zalogovniki s čistili so nameščeni v spodnjem

predelu, da je aparat bolj stabilen. Poleg 4 zalogovnikov, v katerih so shranjena 4 različna čistila, je dodan še en rezervni zalogovnik, v katerega se steka polito čistilo iz predela za polnjenje. Za lažje polnjenje zalogovnikov je dostop do tega predela omogočen s sprednje strani preko vrat s ključavnico.



Slika 23: Tridimezionalni model notranjosti točilnega aparata

## 6. IZRAČUN NEPOSREDNE LASTNE CENE

Izračunali smo neposredno lastno ceno, ki vključuje neposredne stroške materiala in stroške dela.

### 6.1 Neposredni stroški materiala

Glede na zasnovo je bila pripravljena kosovnica s cenami, prikazana na Preglednici 3. Cene vgrajenih sestavnih delov smo pridobili od potencialnih dobaviteljev s spleta.

Preglednica 3: Kosovnica

| Količina | Sestavni del              | Material | Mere         | Teža (kg) | Cena (€) |
|----------|---------------------------|----------|--------------|-----------|----------|
| 2        | profil 45X45X120          | 3.3206   | 120x45x45    | 0,2       | 1,73 €   |
| 1        | 45X45X1320                | 3.3206   | 1320x45x45   | 2,7       | 19,01 €  |
| 4        | 45X45X1410                | 3.3206   | 1410x45x45   | 2,8       | 20,30 €  |
| 2        | 45X45X1410-luknje na vrhu | 3,3206   | 1410x45x45   | 2,8       | 20,30 €  |
| 1        | 45X45X610                 | 3,3206   | 610x45x45    | 1,2       | 8,78 €   |
| 4        | 45X45X610r                | 3,3206   | 610x45x45    | 1,2       | 8,78 €   |
| 2        | 45X45X610rvrh             | 3,3206   | 610x45x45    | 1,2       | 8,78 €   |
| 2        | 45X45X655                 | 3,3206   | 655x45x45    | 1,3       | 9,43 €   |
| 1        | 45X45X710                 | 3,3206   | 965x45x45    | 1,9       | 13,90 €  |
| 1        | 45X45X810                 | 3,3206   | 855x45x45    | 1,7       | 12,31 €  |
| 1        | 45x90x1410                | 3,3206   | 1410x90x45   | 4,2       | 38,56 €  |
| 1        | 45x90x1410 luknje spodaj  | 3,3206   | 1410x90x45   | 4,2       | 38,56 €  |
| 1        | 45x90x610_desna           | 3,3206   | 610x90x45    | 1,85      | 16,68 €  |
| 1        | 45x90x610_leva            | 3,3206   | 610x90x45    | 1,9       | 16,68 €  |
| 1        | dno krmilnika             | 1,4301   | 670x598.5x3  | 9,4       | 87,22 €  |
| 1        | dno črpalke               | 3,3206   | 885x570x170  | 13,6      | 103,36 € |
| 3        | profil45x45               | 3,3206   | 810x45x45    | 3,44      | 11,66 €  |
| 4        | profil45x45               | 3,3206   | 810x45x45    | 1,62      | 11,66 €  |
| 3        | profil45x45               | 3,3206   | 810x45x45    | 0,88      | 11,66 €  |
| 1        | profil45x45               | 3,3206   | 810x45x45    | 0,61      | 11,66 €  |
| 1        | profil45x45               | 3,3206   | 810x45x45    | 2,02      | 11,66 €  |
| 4        | podloga                   | 3,3206   | 70x40x2      | 0,2       | 6,10 €   |
| 4        | reducirni element         | 1,4301   | 42,9x27,7x2  | 0         | 6,10 €   |
| 1        | spodnja plošča            | 1,4301   | 1410x623x2   | 21        | 168,73 € |
| 1        | vmesna stranica           | 1,4301   | 1009.4x655x2 | 10,4      | 135,41 € |

|     |                                                 |        |             |       |                   |
|-----|-------------------------------------------------|--------|-------------|-------|-------------------|
| 1   | zbiralna posoda                                 | 1,4301 | 840x583,5x2 | 13,2  | 106,60 €          |
| 1   | nosilec zaslona                                 | 1,4301 | 366x203x2   | 1,27  | 19,03 €           |
| 1   | zaščitna pločevina                              | 3,3206 | 1494x645x2  | 13,67 | 76,19 €           |
| 1   | zaščitna pločevina                              | 3,3206 | 1494x645x2  | 6,35  | 76,19 €           |
| 1   | zaščitna pločevina                              | 3,3206 | 1494x645x2  | 5,29  | 76,19 €           |
| 1   | zaščitna pločevina                              | 3,3206 | 1494x645x2  | 3,15  | 76,19 €           |
| 1   | zaščitna pločevina                              | 3,3206 | 1494x645x2  | 2,36  | 76,19 €           |
| 1   | zaščitna pločevina                              | 3,3206 | 1494x645x2  | 1,35  | 76,19 €           |
| 1   | zaščitna pločevina                              | 3,3206 | 1494x645x2  | 1,62  | 76,19 €           |
| 1   | zaščitna pločevina                              | 3,3206 | 1494x645x2  | 3,16  | 76,19 €           |
| 1   | zaščitna pločevina                              | 3,3206 | 1494x645x2  | 5,03  | 76,19 €           |
| 1   | zaščitna pločevina                              | 1,4301 | 1494x645x2  | 5,16  | 76,19 €           |
| 1   | zaščitna pločevina                              | 1,4301 | 1494x645x2  | 7,31  | 76,19 €           |
| 1   | zaščitna pločevina – notranji pokrov            | 1,4301 | 852x487x2   | 8,34  | 37,16 €           |
| 4   | elektromagnetni ventil                          |        |             |       | 100,00 €          |
| 4   | gumb                                            |        |             |       | 69,48 €           |
| 5   | kanister                                        |        |             |       | 25,96 €           |
| 16  | kotnik                                          | 1,4301 |             |       | 57,76 €           |
| 4   | merilnik pretoka                                |        |             |       | 103,80 €          |
| 4   | nogica                                          |        |             |       | 13,20 €           |
| 1   | ohišje za krmilnik                              |        |             |       |                   |
| 6   | pokrov za profil 45x45                          |        |             |       | 2,40 €            |
| 1   | ročaj                                           |        |             |       | 7,99 €            |
| 2   | ročaj Bergantino                                |        |             |       | 20,00 €           |
| 1   | sistem za vstavljanje denarja in izdajo računov |        |             | 4,94  | 1.200,00 €        |
| 52  | spojni element                                  | 3,3206 |             | 0,01  | 121,00 €          |
| 131 | utorna matica u10m5 + vijak m5x12               |        |             |       | 78,60 €           |
| 48  | vijak m6x14                                     |        |             |       | 3,36 €            |
| 1   | zaslon-prolite tf1734mc-b7x                     | 3,3206 |             | 11,3  | 548,18 €          |
| 4   | črpalka                                         |        |             |       | 120,00 €          |
|     |                                                 |        |             |       | <b>4.269,95 €</b> |

Skupna nabavna cena vseh komponent je 4.269,95 €.

## 6.2 Neposredni stroški dela

Število ur in urne postavke smo ocenili s pomočjo strokovnjakov iz podjetja ETRA d.o.o. na podlagi izkušenj z izdelavo podobnih aparatov (mlekomatov, aparatov za pijačo ipd.). Delo vključuje pripravo profilov ter montažo in preizkušanje aparata. Uporabljena urna postavka delavcev je 20 EUR. Podatki so prikazani v tabeli.

Preglednica 4: Neposredni stroški dela

| Število ur (h) | Urna postavka (EUR) | Strošek dela (EUR) |
|----------------|---------------------|--------------------|
| 30             | 20                  | 600                |

## 6.3 Neposredna lastna cena

Če seštejemo neposredne stroške materiala in neposredne stroške dela, dobimo neposredno lastno ceno aparata, ki znaša 4.869,95 €.



## **7. IZRAČUN OKOLJSKIH VPLIVOV (LCA ANALIZA)**

Prvi korak LCA analize je definicija ciljev in obsega študije, ki olajša zbiranje vhodnih podatkov, tako da se omejimo zgolj na tiste podatke, ki so potrebni za doseg ciljev.

### **7.1 Definicija cilja in obseg študije**

Razlog za izvedbo študije je potreba po informacijah o tem, ali je samopostrežni točilni aparat, ki smo ga snovali, res okolju bolj prijazen od nepovratne embalaže. Rezultati študije bodo uporabljeni zgolj interno na Fakulteti za varstvo okolja, ki je tudi ciljna publika. Rezultati ne bodo javno objavljeni.

#### **7.1.1 Namen**

Namen študije je primerjati vplive na okolje, ki nastanejo v primeru nakupa čistil v embalaži za enkratno uporabo z nakupom čistil na samopostrežnem točilnem aparatu.

#### **7.1.2 Opredelitev sistemov izdelkov**

Za izračun vplivov je uporabljeno modeliranje življenjskih ciklov »od zibelke do groba«, t.j. od pridobivanja surovin do ravnanja z odpadki.

Pri LCA analizi samopostrežnega točilnega aparata se opazovani sistem začne s pridobivanjem surovin za izdelavo aparata in konča z ravnanjem z odpadnim aparatom po preteku njegove življenjske dobe, ki traja 5 let.

Pri LCA analizi nepovratne embalaže opazovani sistem prav tako obsega pridobivanje surovin za izdelavo embalaže in vse vmesne procese do ravnanja z odpadno embalažo.

Pri obeh opazovanih sistemih smo torej vključili 5 faz: pridobivanje surovin, proizvodnjo, transport, uporabo in ravnanje z odpadki.

#### **7.1.3 Funkcija sistema in funkcijska enota**

Funkcija opazovanih sistemov je zagotavljanje čistila na prodajnem mestu. Vplivi na okolje se nanašajo na funkcijsko enoto, ki je opredeljena kot zagotavljanje 1 litra čistila na prodajnem mestu.

### 7.1.4 Meje sistema

Preglednica 5 povzema, kaj je vključeno in kaj izključeno iz izvedene LCA študije samopostrežnega točilnega aparata.

Preglednica 5: Meje sistema samopostrežnega točilnega aparata

| Samopostrežni točilni aparat                                                |                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vključeno                                                                   | Izključeno                                                                                                                       |
| Pridobivanje surovin                                                        |                                                                                                                                  |
| pridobivanje surovih materialov za izdelavo sestavnih delov aparata         |                                                                                                                                  |
| Proizvodnja                                                                 |                                                                                                                                  |
| proizvodnja sestavnih delov aparata                                         | izdelava proizvodne opreme (delovnih strojev)                                                                                    |
| poraba električne energije za montažo oz. sestavljanje delov aparata        | vzdrževanje proizvodne opreme                                                                                                    |
|                                                                             | izmet (tehnološki in ne tehnološki) pri proizvodnji sestavnih delov naprave                                                      |
|                                                                             | interni transport v proizvodnih podjetjih                                                                                        |
|                                                                             | človeško delo                                                                                                                    |
|                                                                             | proizvodnja in prevoz embalažnih materialov, povezanih z napravo                                                                 |
|                                                                             | ogrevanje proizvodnih prostorov in skladišč                                                                                      |
| Transport                                                                   |                                                                                                                                  |
| Transport sestavnih delov od dobaviteljev do proizvajalca točilnega aparata | Transport surovin od poddobaviteljev do dobaviteljev sestavnih delov                                                             |
| Transport točilnega aparata od proizvajalca do prodajnega mesta             |                                                                                                                                  |
| Uporaba                                                                     |                                                                                                                                  |
| poraba električne energije za delovanje aparata                             | poraba električne energije za vzdrževalna dela na aparatu                                                                        |
| poraba vode za čiščenje aparata                                             |                                                                                                                                  |
| transport vzdrževalcev, povezanih s polnjenjem točilnega aparata            |                                                                                                                                  |
| Ravnanje z odpadki                                                          |                                                                                                                                  |
| ravnanje z odpadnimi materiali                                              | transport odsluženega točilnega aparata do mesta za ravnanje z odpadki                                                           |
|                                                                             | ravnanje z odpadno embalažo, ki se uporablja za transport surovin, delov točilnega aparata in točilnega aparata do mesta uporabe |

Preglednica 6 povzema, kaj je vključeno in kaj izključeno iz izvedene LCA študije nepovratne embalaže za enkratno uporabo za čistila.

Preglednica 6: Meje sistema nepovratne embalaže

| Nepovratna embalaža                                                     |                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Vključeno                                                               | Izključeno                                                                 |
| pridobivanje surovin                                                    |                                                                            |
| proizvodnja surovin za izdelavo nepovratne embalaže                     |                                                                            |
| Proizvodnja                                                             |                                                                            |
| proizvodnja nepovratne embalaže                                         | izdelava proizvodne opreme (delovnih strojev)                              |
| proizvodnja sekundarnih in terciarnih embalažnih materialov             | vzdrževanje proizvodne opreme                                              |
|                                                                         | izmet (tehnoški in netehnološki) med proizvodnjo                           |
|                                                                         | interni transport v proizvodnih podjetjih                                  |
|                                                                         | človeško delo                                                              |
|                                                                         | ogrevanje proizvodnih prostorov in skladišč                                |
| Transport                                                               |                                                                            |
| transport surovin za proizvodnjo embalaže do proizvajalca               | transport surovin od poddobaviteljev do dobaviteljev embalažnih materialov |
| transport terciarne embalaže do proizvajalca                            |                                                                            |
| transport embalaže od proizvajalca do pakirnice                         |                                                                            |
| transport embaliranega blaga od pakirnice do prodajnega mesta           |                                                                            |
| Uporaba                                                                 |                                                                            |
| -                                                                       | -                                                                          |
| Ravnanje z odpadki                                                      |                                                                            |
| ravnanje s primarno odpadno embalažo                                    | transport odpadne embalaže do mesta za ravnanje z odpadki                  |
| ravnanje s sekundarno in terciarno odpadno embalažo, ki se uporablja za |                                                                            |

|                                               |  |
|-----------------------------------------------|--|
| transport od proizvajalca do prodajnega mesta |  |
|-----------------------------------------------|--|

### 7.1.5 Izbira kategorij in kazalnikov za presojo vplivov na okolje

V okviru LCA analize so bili za vrednotenje okoljskih vplivov izbrani kazalniki, predstavljeni v sledečih podpoglavjih, ki naslavljajo ključne vplive embalaže na okolje, in so bili uporabljeni v podobnih LCA študijah. Vnaprej določen nabor kategorij in kazalnikov vplivov na okolje je prikazan v Preglednici 7.

Preglednica 7: Kazalniki vplivov na okolje, vključeni v LCA analizo

| Kazalniki vplivov na okolje                                      | Enota                     | Metodologija       |
|------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------|
| Potencial globalnega segrevanja (GWP 100 let)                    | [kg CO <sub>2</sub> -Eq.] | CML2001            |
| Izčrpavanje abiotskih virov (ADP)                                | [kg antimona-Eq.]         | CML2001            |
| Potencial zakisanja (AP)                                         | [kg SO <sub>2</sub> -Eq.] | CML2001            |
| Potencial eutrofikacije (EP)                                     | [kg fosfat-Eq.]           | CML2001            |
| Potencial tanjšanja ozonske plasti (ODP, stabilno stanje)        | [kg R11-Eq.]              | CML2001            |
| Potencial nastajanja fotooksidacije (POCP)                       | [kg Eten-Eq.]             | CML2001            |
| Raba zemljišč                                                    | [m <sup>2</sup> a]        | CML2001            |
| Strupenost za ljudi                                              | [kg 1,4-DCB-Eq.]          | CML2001            |
| Poraba vode                                                      | [m <sup>3</sup> ]         | ReCiPe2008         |
| Trdi delci                                                       | [kg PM10-Eq.]             | ReCiPe2008         |
| Skupna primarna energija (iz obnovljivih in neobnovljivih virov) | [MJ]                      | neto kal. vrednost |
| – Primarna energija iz obnovljivih virov                         | [MJ]                      | neto kal. vrednost |
| – Primarna energija iz neobnovljivih virov                       | [MJ]                      | neto kal. vrednost |

Potencial globalnega segrevanja (GWP 100 let): je merilo, koliko določena masa toplogrednega plina (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, SF<sub>6</sub>, HFC in PFC) prispeva h globalnemu segrevanju. Globalno segrevanje je posledica povečanja koncentracije toplogrednih plinov, ki spremenijo absorpcijo infrardečega sevanja v atmosferi. Izračun je mogoče izvesti za 20, 50 in 100 let. Po priporočilih Nemške agencije za okolje 100-letni model najbolje odraža dolgoročne vplive globalnega segrevanja (Medmrežje 4).

Potencial izčrpavanja abiotskih naravnih virov (ADP): Naravni viri so glede na njihov izvor razvrščeni kot biotski in abiotski. Abiotski viri izvirajo iz neživega sveta (npr. zemlja, voda in zrak). Kazalnik ADP ocenjuje porabo abiotskih virov z uporabo metodologije t. i. končne rezervne, predstavlja končne geološke zaloge (ne ekonomsko razpoložljive zaloge) in

pričakovane stopnje izčrpavanja. Abiotski viri, ki se jih upošteva, so naravni viri, kot so kovinske rude, minerali in surova nafta ipd. (Oers in Guinée 2016).

Potencial zakisanja okolja (AP): je kazalec vpliva na okolje, ki opisuje zniževanje pH-vrednosti v okolju in se nanaša na povečanje količine kislih snovi v nizki atmosferi. Glavni kontaminanti so  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  in  $\text{NH}_x$ . Ti kisli plini se sproščajo v ozračje predvsem zaradi izgorevanja fosilnih goriv (Medmrežje 5).

Potencial eutrofikacije (EP): Eutrofikacija je proces večanja količine biomase v vodi kot posledica povečane koncentracije anorganskih hranil (npr. nitratov in fosfatov) v ekosistemu. Zaradi hranil se hitro širijo alge, ki porabljajo kisik in s tem negativno vplivajo na ostale organizme v okolju (Medmrežje 6).

Potencial eutrofikacije je definiran kot potencial povzročanja prekomerne koncentracije hranil v vodi in prsti. Onesnaževalci so dušikove in fosforjeve spojine;  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{N}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  (Azapagic idr. 2003).

Potencial tanjšanja ozonske plasti (ODP): Stratosfersko tanjšanje ozonske plasti zmanjšuje zaščito živih bitij pred UV žarki. Tanjšanje ozonske plasti povzroča proizvodnja freonov (CFC plini) in dušikovih oksidov. Potencial tanjšanja ozonske plasti predstavlja količino ozona, ki ga snov uniči v svoji celotni življenjski dobi, glede na količino ozona, ki jo uniči CFC-11 v njeni celotni življenjski dobi (Steinmann in Huijbregts 2014)

Potencial nastajanja fotooksidacije (POCP): Potencial nastajanja fotooksidacije kvantificira relativno sposobnost hlapnih organskih spojin, da proizvajajo prizemni ozon. Vrednosti POCP se običajno izračunajo z uporabo modelov atmosferske mejne plasti. Ti modeli podrobno obravnavajo kemijsko razgradnjo atmosferskih hlapnih organskih spojin (Jenkin idr. 2017). K nastajanju prizemnega ozona prispeva predvsem sproščanje ogljikovega monoksida pri proizvodnji jekla pa tudi drugi izpusti, kot so dušikov oksid, žveplov dioksid in metan (Medmrežje 7).

Raba zemljišč: Kategorija vplivov raba zemljišč opisuje okoljske vplive zasedanja, preoblikovanja in upravljanja zemljišč za človekove namene. Zajema tiste okoljske posledice, ki vplivajo na okolje zaradi same rabe zemljišč, na primer zaradi zmanjšanja krajinskih elementov, zatesnitve površin, sajenja monokultur in umetne vegetacije (Brenttrup idr. 2002).

Strupenost za ljudi: Izpusti nekaterih snovi (kot so težke kovine) so za ljudi strupeni. Ocene toksičnosti temeljijo na dopustnih koncentracijah v zraku in vodi, smernicah za kakovost zraka, dopustnem dnevnem vnosu in sprejemljivem dnevnem vnosu za ljudi. Vplivi na zrak in vodo so bili združeni v ocenjevalnih tabelah. Karakterizacijski faktorji, izraženi kot potenciali strupenosti za človeka (HTP), so izračunani z uporabo metode USES-LCA, tako kot pri ekotoksičnosti, ki opisuje usodo, izpostavljenost in učinke strupenih snovi v neskončnem časovnem obdobju. Za vsako strupeno snov so HTP izraženi z referenčno enoto kg ekvivalent 1,4-diklorobenzena (Medmrežje 8).

Poraba vode: Izčrpavanje vodnih virov voda je pokazatelj celotnega neto vnosa vode, porabljene v celotnem življenjskem ciklu sistema izdelkov v  $\text{m}^3$  (Medmrežje 9).

Trdi delci: Trdi delci so opredeljeni kot mešanica trdih in tekočih delcev organskih in anorganskih snovi, ki nastanejo zaradi človekovih dejavnosti in se nahajajo v ozračju. Več študij kaže, da trdi delci povzročajo resne škodljive učinke na zdravje, vključno s krajšo pričakovano življenjsko dobo, srčnimi boleznimi, pljučnim rakom, astmo, nizko porodno težo in prezgodnjim porodom. Predhodniki, ki povzročajo nastajanje trdih delcev, vključujejo žveplov dioksid ( $\text{SO}_2$ ), dušikove okside ( $\text{NO}_x$ ), amonijak ( $\text{NH}_3$ ) ter hlapne in polhlapne organske spojine. Merjeno kot  $\text{PM}_{2,5}$  (trdi delci, manjši od 2,5 mikrometrov) ali  $\text{PM}_{10}$  (trdi delci med 2,5 in 10 mikrometri). Drobnejši delci lahko potujejo globlje v pljuča in so običajno sestavljeni iz materialov, ki so bolj strupeni, zato imajo lahko  $\text{PM}_{2,5}$  hujše učinke na zdravje kot bolj grobi  $\text{PM}_{10}$  (Medmrežje 9).

Poraba energije: Poraba virov energije zajema porabo obnovljivih virov (solarna energija, energija iz biomase, vodna energija, geotermalna energija in vetrna energija) in neobnovljivih virov (energija iz fosilnih goriv, nuklearna energija in energija iz biomase) (Medmrežje 10).

## 7.2 Analiza inventarja samopostrežnega točilnega aparata

Zbiranje kakovostnih vhodnih podatkov je najpomembnejši del LCA analize. Posebej za točilni aparat in posebej za nepovratno embalažo smo zbirali vhodne podatke, ki smo jih razdelili na življenjske faze. Prva življenjska faza zajema proizvodnjo. V tej fazi smo opredelili količino posameznih materialov in njihovo obdelavo. Druga življenjska faza je transport surovin, sestavnih delov in izdelkov do prodajnega mesta. V tej fazi smo ocenili prevoženo razdaljo, potrebno za transport izdelka od mesta proizvodnje do prodajnega mesta. Tretjo skupino vhodnih podatkov sestavljajo okoljski vplivi med uporabo. Zadnja življenjska faza, ki jo zajema LCA analiza, je ravnanje z odpadki. Pri zbiranju vhodnih podatkov LCA analize smo uporabili določene ocene, saj za določene vhodne veličine ni dostopnih točnih podatkov.

### 7.2.1 V samopostrežni točilni aparat vgrajeni materiali in uporabljeni izdelovalni postopki

V preglednici 8 so zbrani podatki o porabljenem materialu in uporabljenih izdelovalnih postopkih pri proizvodnji. Seštevek mas vseh sestavnih delov ustreza teži naprave. Kjer podrobni podatki o uporabljenih materialih za izdelavo in točnih količinah niso bili dostopni, smo sledili dostopni literaturi, ki navaja približne masne deleže posameznih materialov v odstotkih v vgrajenih sestavnih delih. Podatki so predstavljeni v Preglednici 8.

Preglednica 8: Seznam vgrajenih materialov v samopostrežni točilni aparat

| Material in sestavni deli                         | Masa (kg) | Uporabljeni izdelovalni postopki |
|---------------------------------------------------|-----------|----------------------------------|
| Aluminijasti profili (zlitina AlMg <sub>3</sub> ) | 47,12     | ekstruzija                       |
| Aluminjska pločevina (AlMg <sub>3</sub> )         | 41,98     | valjanje                         |
| Aluminij                                          | 2         | tlačno litje                     |
| Aluminij                                          | 0,25      | kovanje                          |
| Nerjavna pločevina (kromirano jeklo 18/8)         | 80,28     | valjanje + upogibanje            |
| Polietilen visoke gostote (HDPE) granulat         | 25,96     | pihanje                          |
| Polipropilen granulat (PP)                        | 3,5       | brizganje                        |
| Črpalka                                           | -         | proizvodnja črpalke              |

Ocenili smo še porabo električne energije za montažo oz. sestavljanje delov aparata med proizvodnjo, ki smo jo ocenili na 5 kWh, kot je predstavljeno v Preglednici 9.

Preglednica 9: Dodatni vtoki in iztoki pri izdelavi samopostrežnega točilnega aparata

| Vtoki                      | Enota | Poraba |
|----------------------------|-------|--------|
| elektrika, nizkonapetostna | kWh   | 5      |

### 7.2.2 Zbiranje podatkov o transportnih poteh samopostrežnega točilnega aparata

V analizi so ocenjene transportne poti vhodnih materialov od dobaviteljev do mesta proizvodnje (podjetja, kjer se samopostrežni točilni aparat proizvaja) in transport od mesta

produkcije do mesta prodaje. Glede na definirane meje sistema nismo upoštevali poti surovin od primarnega izvora do dobaviteljev. Mesto proizvodnje je Celje. Predpostavili smo, da bo večina dobaviteljev sestavnih delov točilnega aparata iz evropskega prostora, zato smo predvideli pot od dobaviteljev do mesta proizvodnje 700km. Lokacija prodaje je lahko kjerkoli po Sloveniji, zato smo vzeli povprečno pot, 100 km. Skupna transportna pot je torej 800km.

Preglednica 10: Transportne razdalje in vrste transporta v življenjskem ciklu samopostrežnega točilnega aparata

| Vhodni materiali       | Masa (kg) | Razdalja (km) | Vrsta transporta |
|------------------------|-----------|---------------|------------------|
| Vgrajeni sestavni deli | 221,59    | 700           | Tovornjak        |
| Točilni aparat         | 221,59    | 100           | Tovornjak        |

### 7.2.3 Zbiranje podatkov o fazi uporabe samopostrežnega točilnega aparata

Pri fazi uporabe smo ocenili električno energijo, ki jo naprava uporabi med delovanjem. Poleg tega pa še vodo in čistila za čiščenje naprave. Učinka čistila na okolje ne upoštevamo, saj je ta enak kot pri uporabi nepovratne embalaže.

Življenjsko dobo samopostrežnega točilnega avtomata smo ocenili na 5 let. Črpalka v celotni življenjski dobi aparata deluje 365,2 ur z močjo 75W (toliko je nazivna moč črpalke), ostale elektronske komponente aparata pa so poleg delovanja črpalk skupno v stanju pripravljenosti 4.3824 ur in neprestano porabljajo 60W. V to je upoštevana poraba zaslona in računalnika ~ 10W, krmilnika Siemens PLC ~ 30W in ostalo (lučke, pretvornik 230/24V, validator denarja, ostala elektronika) ~ 20W. Skupna poraba električne energije v celotni življenjski dobi torej znaša 2.656,83 kWh. Predvidimo mesečno čiščenje naprave z vodo in čistili. V 5 letih je to 60 čiščenj. Čiščenje poteka tako, da vodo s čistili spustimo skozi napravo. Pri vsakem čiščenju porabimo 12 L vode, skupno je to 720 L vode v 5 letih. Predvidimo porabo 0,2 L čistila za eno čiščenje, kar pomeni porabo 12 L čistila v celi življenjski dobi. Vsi vtoki in iztoki v fazi uporabe samopostrežnega čistilnega aparata so prikazani v Preglednici 11.

Preglednica 11: Vtoki in iztoki v fazi uporabe samopostrežnega točilnega aparata

| Vtoki                      | enota | količina |
|----------------------------|-------|----------|
| Elektrika, nizkonapetostna | kWh   | 2.656,83 |
| Voda                       | L     | 720      |
| Čistilo                    | L     | 12       |
| Iztoki                     | enota | količina |
| Odpadna voda               | L     | 732      |

Poleg tega moramo med uporabo upoštevati še pot, ki jo v celi življenjski dobi prevozi vzdrževalec zaradi vzdrževanja in polnjenja zalogovnikov s prodajanimi čistili. Glede na predpostavljeno prodano količino moramo aparat polniti 1-krat tedensko, to je 260-krat v 5 letih. Ocenili smo, da povprečna pot od proizvajalca čistil do prodajnega mesta, kjer se nahaja točilni aparat znaša 100km. Skupna pot, prevožena za polnjenje aparata v njegovi celotni življenjski dobi, torej znaša 26.000 km. Skupna masa polnih zalogovnikov pa je 210 kg.

Preglednica 12: Transportne razdalje za polnjenje točilnega aparata med fazo uporabe

| Vhodni materiali | Masa (kg) | Razdalja (km) | Vrsta transporta |
|------------------|-----------|---------------|------------------|
|------------------|-----------|---------------|------------------|

|             |     |        |           |
|-------------|-----|--------|-----------|
| Zalogovniki | 210 | 26.000 | tovornjak |
|-------------|-----|--------|-----------|

## 7.2.4 Zbiranje podatkov o fazi ravnanja z odsluženim aparatom

Pri modeliranju postopka ravnanja z odpadno napravo smo uporabili rezultate iz obstoječih baz podatkov. Napravo smo razdelili po materialih in izbrali ustrezen postopek za ravnanje s temi odpadnimi materiali, prikazanimi v Preglednici 13.

Preglednica 13: Podatki o ravnanju z odsluženim aparatom

| Izhodni materiali                       | Masa (kg) | Predelovalni postopki                      |
|-----------------------------------------|-----------|--------------------------------------------|
| Mešana odpadna plastika                 | 12,55     | sežig                                      |
| Mešana odpadna plastika                 | 7,34      | odlagališče                                |
| Mešana odpadna plastika                 | 9,59      | reciklaža                                  |
| Opadno jeklo                            | 80,53     | predelava odpadnega jekla                  |
| Opadni aluminij                         | 91,10     | predelava odpadnega aluminija              |
| Opadna električna in elektronska oprema | 20,50     | predelava električne in elektronske opreme |

## 7.3 Analiza inventarja nepovratne embalaže

V nadaljevanju so predstavljeni pridobljeni podatki, potrebni za izvedbo LCA analize.

### 7.3.1 Vgrajeni materiali v nepovratni embalaži in uporabljeni izdelovalni postopki

Masa povprečne plastične embalaže (plastenke) za čistila z prostornino 1 L znaša približno 56 g. Njene dimenzije so: 246,8 x 110 x 67 mm. Masa zamaška znaša 4–8g, vzamemo srednjo vrednost, 6g (Medmrežje 11).

Kartonska škatla, v kateri so plastenke transportirane do mesta prodaje (t. i. sekundarna embalaža), tehta približno 130g/m<sup>2</sup> (Medmrežje 12). Uporabljali bomo kartonske škatle dimenzij 80 x 40 x 30 cm, katere površina znaša 1,36 m<sup>2</sup>. Masa ene kartonske škatle je torej 176,8g. Nosilnost kartonske škatle je največ 40 kg. V škatlo teh dimenzij lahko zapakiramo 35 litrskih plastenk. Na eno plastenko znese torej 5,05 g kartonske škatle.

Lesena EUR paleta, na kateri so med transportnem zložene škatle (t. i. terciarna embalaža), ima dimenzije 120 x 80 cm. Nanjo lahko naložimo največ 2,20 m tovora v višino (Medmrežje 13), kar pomeni 7 vrst škatel po 3, vse skupaj 21 škatel na paleto. Paleta, naložena s škatlami, v katerih so plastenke, moramo tudi oviti s plastično folijo, da jih stabiliziramo med prevozom. Plastična folija iz LDPE tehta 24,1 g/m<sup>2</sup> (Medmrežje 14).

Predvidimo, da za zavijanje ene palete porabimo 20m<sup>2</sup> folije, ki torej tehta skupno 482g. Na eno paleto lahko skupno zložimo 735 plastenk. Na eno plastenko torej znese 0,656 g plastične folije.

Preglednica 14 prikazuje seznam materialov za proizvodnjo nepovratne plastične embalaže (ene plastenke s prostornino 1 L) z izdelovalnimi postopki.

Preglednica 14: Seznam materialov za proizvodnjo nepovratne embalaže z izdelovalnimi postopki

| Material in sestavni deli  | Enota | Masa (g) | Uporabljeni izdelovalni postopki |
|----------------------------|-------|----------|----------------------------------|
| Plastenka iz polipropilena | 1     | 56       | pihanje plastike                 |



|                          |         |       |                               |
|--------------------------|---------|-------|-------------------------------|
| Zamašek iz polipropilena | 1       | 6     | brizganje plastike            |
| Lesena EUR paleta        | 0,00136 | 34    | proizvodnja lesenih palet     |
| Plastična folija (LDPE)  | -       | 0,656 | proizvodnja plastične folije  |
| Kartonska škatla         | 0,03    | 5,05  | proizvodnja kartonskih škatel |
| Skupaj                   |         | 101,7 |                               |

### 7.3.2 Zbiranje podatkov o transportnih poteh nepovratne embalaže

V analizi so upoštevane transportne poti vhodnih materialov od dobaviteljev do mesta proizvodnje plasten, nato do polnilnice in še do mesta prodaje. Glede na zastavljene meje sistema nismo upoštevali poti surovin od primarnega izvora do dobaviteljev vgrajenih materialov. Privzamemo, da se nahaja mesto proizvodnje plasten v Sloveniji. Predpostavili smo, da bo večina dobaviteljev granulata iz evropskega prostora, zato smo predvideli pot od dobaviteljev do mesta proizvodnje 700km. Razdaljo od proizvodnje plasten do polnilnice ocenimo na 50 km, saj se navadno takšni sodelujoči proizvodni obrati nahajajo v bližini. Lokacija prodaje je lahko kjerkoli po Sloveniji, zato smo vzeli povprečno pot, 100 km. Skupna transportna pot je torej 850km. Transportne razdalje in vrste transporta so zbrane v Preglednici 15.

Preglednica 15: Transportne razdalje in vrste transporta v življenjskem ciklu nepovratne embalaže

| Vhodni materiali                       | Masa (kg) | Razdalja (km) | [t km] | Vrsta transporta |
|----------------------------------------|-----------|---------------|--------|------------------|
| Dobava materialov do mesta proizvodnje | 0,1       | 700           | 0,07   | tovornjak        |
| Transport plasten do polnilnice        | 0,1       | 50            | 0,005  | tovornjak        |
| Transport čistila do prodajalne        | 1,1       | 100           | 0,110  | tovornjak        |

### 7.3.3 Zbiranje podatkov o fazi uporabene povratne embalaže

Med uporabo ne nastajajo vplivi na okolje (uporaba čistila ni upoštevana, enako kot pri analizi vplivov na okolje samopostrežnega točilnega avtomata). Podatki o izhodnih materialih iz faze uporabe nepovratne embalaže so zbrani v Preglednici 16.

Preglednica 16: Podatki o izhodnih materialih iz faze uporabe nepovratne embalaže

| Izhodni materiali          | Masa (g) |
|----------------------------|----------|
| Plastenka iz polipropilena | 56       |
| Zamašek iz polipropilena   | 6        |
| Lesena EUR paleta          | 34       |
| Plastična folija (LDPE)    | 0,656    |
| Kartonska škatla           | 5,05     |

### 7.3.4 Zbiranje podatkov o fazi ravnanja z odpadno nepovratno embalažo

Pri ravnanju z odpadno plastenko smo uporabili povprečne podatke o količini odpadne plastike, vključene v posamezen proces ravnanja (termična izraba, odlagališče, recikliranje). Podatki za Evropo nam povedo, da gre v povprečju 42,6% odpadne plastike v termično izrabo, 24,9% na odlagališča in 32,5% se je reciklira (Medmrežje 15).

Preglednica 17: Podatki o materialih v fazi ravnanja z odpadno nepovratno embalažo

| Materiali               | Masa (g) | Predelovalni postopki       |
|-------------------------|----------|-----------------------------|
| Mešana odpadna plastika | 26,7     | termična izraba             |
| Mešana odpadna plastika | 15,6     | odlagališče                 |
| Mešana odpadna plastika | 14,7     | reciklaža                   |
| Odpadni karton          | 5,5      | predelava odpadnega kartona |
| Odpadni les             | 34       | predelava odpadnega lesa    |

## 7.4 Modeliranje s programsko opremo Umberto

Po pridobitvi vseh vhodnih podatkov smo naredili računsko modela za samopostrežno točilno napravo in nepovratno plastično embalažo ter rezultate primerjali med seboj. Podatki iz prejšnjih poglavij so bili uporabljeni za modeliranje življenjskih ciklov »od zibelke do groba«. LCA model je bil ustvarjen s pomočjo programa Umberto za modeliranje življenjskih ciklov. Pri izdelavi LCA modela smo uporabljali sekundarne podatke iz podatkovne baze Ecoinvent 3.3, kjer smo izbirali podatke, ki veljajo za Slovenijo, Evropo oziroma globalno ali po presoji, če podatki za Evropo niso bili na razpolago.

### 7.4.1 Modeliranje življenjskega cikla samopostrežnega točilnega aparata

Življenjsko dobo samopostrežnega točilnega aparata smo razdelili na 5 faz:

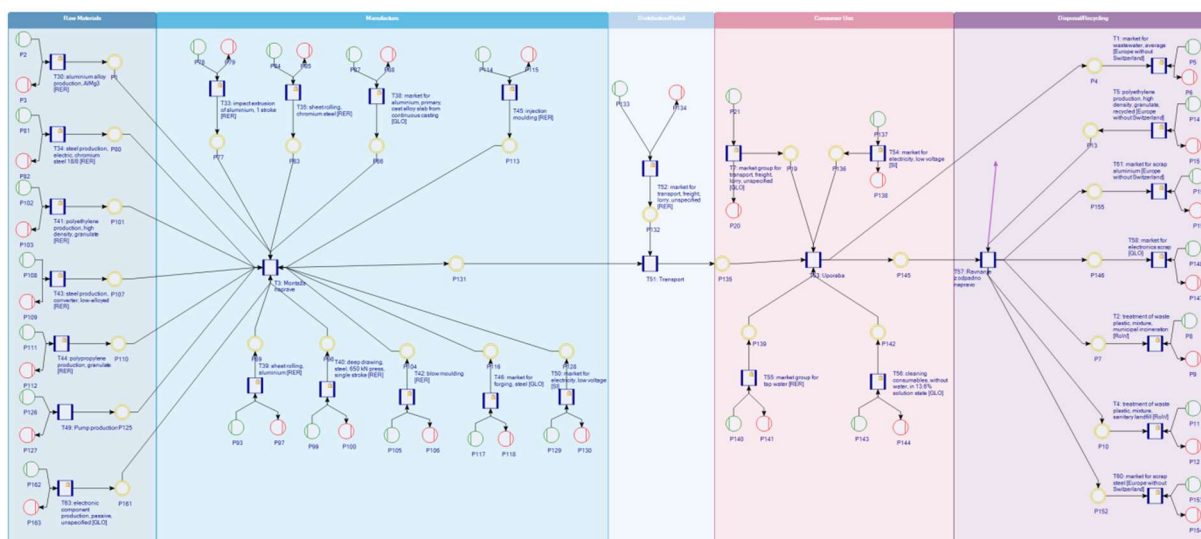
1. pridobivanje materialov,
2. proizvodnja,
3. transport,
4. uporaba
5. ravnanje z odpadki.

V fazi pridobivanja materialov in proizvodnje smo vključili vse materiale, potrebne za montažo naprave in ustrezne postopke obdelave teh materialov, kot je prikazano v Preglednici 8, ter dodali vtok električne energije iz Preglednice 9, kar je prikazano v prvem odseku modela na sliki 34.

Za fazo transporta smo uporabili podatke iz Preglednice 10. Pot v kilometrih smo pomnožili s težo v tonah, da smo dobili podatek v ton-kilometrih. Iz baze smo izbrali ustrezno vrsto transporta – tovornjak.

Pri fazi uporabe smo vnesli podatke o porabi vode in električne energije iz Preglednice 11 ter vnesli transportne razdalje iz Preglednice 12.

Proces ravnanja z odpadno napravo smo razdelili po odpadnih materialih, kot je prikazano v Preglednici 13, in vsakemu materialu iz baze poiskali ustrezen proces predelave. Mešano odpadno plastiko smo razdelili na termično izrabo, odlagališče in reciklažo.



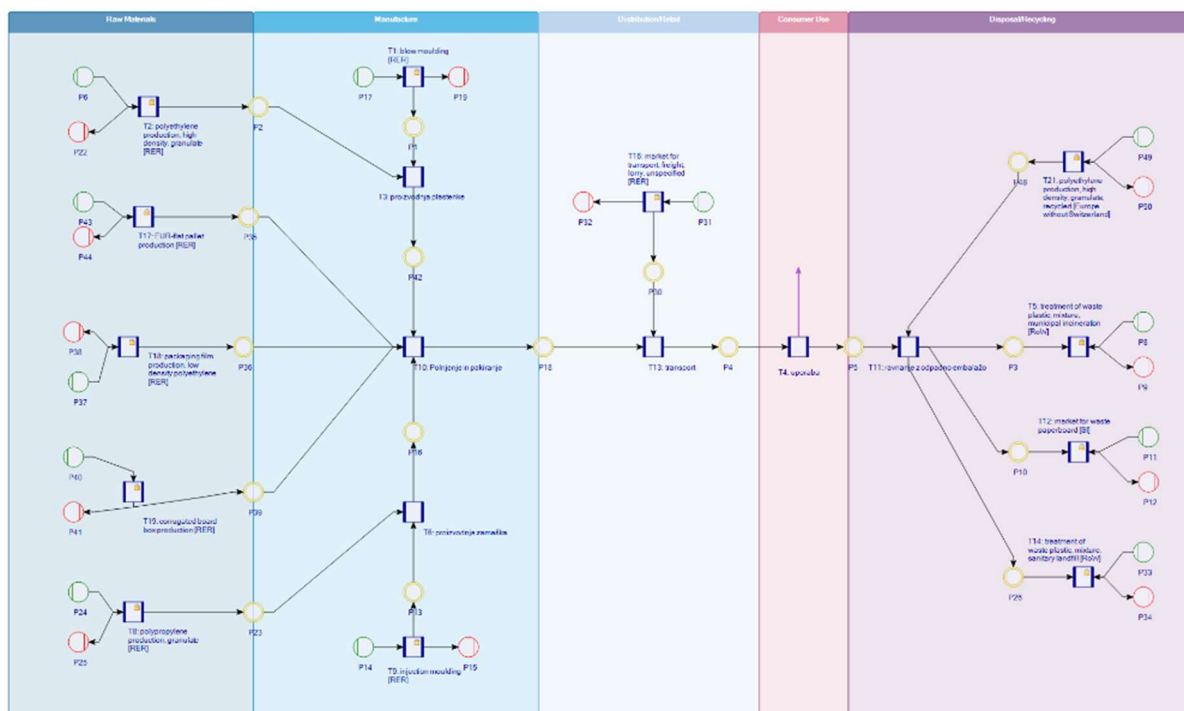
Slika 24: Modeliranje življenjskega cikla samopostrežnega točilnega aparata s programsko opremo Umberto

#### 7.4.2 Modeliranje življenjskega cikla nepovratne embalaže za čistila

V fazi pridobivanja materialov in proizvodnje smo vstavili vse podatke za proizvodnjo nepovratne embalaže, kot je prikazano v Preglednici 14. Iz baze smo poiskali tudi ustrezne postopke pridobivanja teh materialov iz surovin, kar je prikazano v prvem odseku modela na sliki 25.

Za fazo transporta smo uporabili podatke iz Preglednice15. Pot (km) smo pomnožili s težo (t), da smo dobili podatek v ton-kilometrih. Iz baze smo izbrali ustrezno vrsto transporta – tovarnjak.

Proces ravnanja z odpadno embalažo smo razdelili po odpadnih materialih, kot je prikazano v Preglednici 17, in vsakemu materialu iz baze poiskali ustrezen proces predelave. Mešano odpadno plastiko smo razdelili na termično izrabo, odlagališče in reciklažo.



Slika 25: Modeliranje življenjskega cikla nepovratne embalaže za čistila s programsko opremo Umberto

## 7.5 Vrednotenje vplivov na okolje in interpretacija rezultatov

S programom Umberto smo izračunali vplive na okolje za predhodno izbrane kazalnike vplivov na okolje, ločeno za točilni aparat in nepovratno embalažo. Izračunali smo tudi, kolikšen delež vrednosti določenega kazalnika prispeva posamezna življenjska faza.

### 7.5.1 Izračunani vplivi na okolje samopostrežnega točilnega aparata

V Preglednici 18 so prikazane vrednosti izbranih kazalnikov vplivov samopostrežnega točilnega aparata v njegovi celotni življenjski dobi in deleži, ki jih prispeva posamezna življenjska faza (S= pridobivanje surovin, P=proizvodnja, T=transport, U= uporaba, EOL=ravnanje z odpadnim aparatom).

Preglednica 18: Izračunani vplivi na okolje samopostrežnega točilnega aparata

| Kazalnik vplivov                              | Vrednost | Enota                  | Delež (%) |   |   |    |     |
|-----------------------------------------------|----------|------------------------|-----------|---|---|----|-----|
|                                               |          |                        | S         | P | T | U  | EOL |
| Potencial globalnega segrevanja (GWP 100 let) | 3.199    | kg CO <sub>2</sub> -Eq | 35        | 6 | 1 | 57 | 2   |
| Izčrpavanje abiotičnih virov (ADP)            | 22,3     | kg antimon-Eq          | 36        | 5 | 1 | 57 | 0   |
| Potencial zakisanja                           | 26,7     | kg SO <sub>2</sub> -Eq | 23        | 3 | 0 | 73 | 0   |

|                                                                  |         |                        |    |    |   |    |   |
|------------------------------------------------------------------|---------|------------------------|----|----|---|----|---|
| (AP)                                                             |         |                        |    |    |   |    |   |
| Potencial evtrofikacije (EP)                                     | 9,7     | kg PO <sub>4</sub> -Eq | 21 | 4  | 0 | 74 | 0 |
| Potencial tanjšanja ozonske plasti (ODP, stabilno stanje)        | 0,00021 | kg CFC-11-Eq           | 0  | 0  | 0 | 0  | 0 |
| Potencial nastajanja fotooksidacije (POCP)                       | 1,2     | kg etilen-Eq           | 33 | 4  | 0 | 65 | 0 |
| Raba zemljišč                                                    | 213,1   | m <sup>2</sup> a       | 30 | 15 | 1 | 54 | 1 |
| Strupenost za ljudi                                              | 13.278  | kg 1,4-DCB-Eq          | 81 | 5  | 0 | 13 | 1 |
| Poraba vode                                                      | 17,5    | m <sup>3</sup>         | 23 | 16 | 0 | 60 | 1 |
| Trdi delci                                                       | 10,2    | kg PM10-Eq             | 38 | 4  | 1 | 57 | 0 |
| Skupna primarna energija (iz obnovljivih in neobnovljivih virov) | 59.719  | MJ-Eq                  | 29 | 6  | 0 | 65 | 0 |
| Primarna energija iz obnovljivih virov                           | 7.888   | MJ-Eq                  | 25 | 6  | 0 | 68 | 0 |
| Primarna energija iz neobnovljivih virov                         | 51.831  | MJ-Eq                  | 29 | 5  | 1 | 64 | 0 |

Pri pregledu izračunanih vrednosti kazalnikov vplivov za samopostrežni točilni aparat opazimo, da so deleži, ki jih prispeva posamezna faza, pri večini kazalnikov podobni. Največji vpliv na okolje ima torej aparat med fazo uporabe. Gre za porabo električne energije za delovanje črpalk in elektronskih komponent aparata. Velik vpliv med uporabo ima tudi transport za ponovno polnjenje zalogovnikov s čistili. Ker nastopi le enkratni transport surovin od dobaviteljev do proizvajalca in transport sestavljenega aparata na prodajno mesto, je vpliv tega transporta minimalen. Faza pridobivanja surovin povzroči približno tretjino vseh vplivov na okolje. Ta faza je prispevala k večini vrednosti strupenosti za ljudi. Za pridobivanje surovin se namreč uporablja energetsko zahtevne postopke, obenem pa se sproščajo v okolje strupene snovi. Ker pod fazo proizvodnje spada le montaža aparata oz. sestavljanje nabavljenih komponent, njen vpliv na okolje ni bistven. Vpliv faze ravnanja z odpadno napravo je v primerjavi z ostalimi fazami minimalen. Večji delež energije aparat porabi v fazi uporabe, v fazi pridobivanja surovin pa približno četrtno celotne energije. Večji del energije (87%) je pridobljene iz neobnovljivih virov.

Krediti so vrednosti, ki se jih odšteje od prvotne vrednosti zaradi zmanjšanja nekega okoljskega vpliva, npr. zaradi reciklaže. Neto rezultati vplivov za samopostrežni točilni aparat so prikazani v Preglednici 19.

Preglednica 19: Neto rezultati vplivov na okolje za samopostrežni točilni aparat

| Kazalnik vplivov                              | Vrednost | Kredit | Neto rezultati | Enota                  |
|-----------------------------------------------|----------|--------|----------------|------------------------|
| Potencial globalnega segrevanja (GWP 100 let) | 3.199    | -175   | 3.024          | kg CO <sub>2</sub> -Eq |
| Izčrpavanje abiotskih virov                   | 22,3     | -1,4   | 20,9           | kg antimon-Eq          |

|                                                           |         |          |         |                        |
|-----------------------------------------------------------|---------|----------|---------|------------------------|
| (ADP)                                                     |         |          |         |                        |
| Potencial zakisanja (AP)                                  | 26,7    | -1,0     | 25,7    | kg SO <sub>2</sub> -Eq |
| Potencial eutrofikacije (EP)                              | 9,7     | -0,4     | 9,3     | kg PO <sub>4</sub> -Eq |
| Potencial tanjšanja ozonske plasti (ODP, stabilno stanje) | 0,00021 | -0,00001 | 0,00020 | kg CFC-11-Eq           |
| Potencial nastajanja fotooksidacije (POCP)                | 1,2     | -0,1     | 1,1     | kg etilen-Eq           |
| Raba zemljišč                                             | 213,1   | -5,3     | 207,8   | m <sup>2</sup> a       |
| Strupenost za ljudi                                       | 13.278  | -954     | 12.325  | kg 1,4-DCB-Eq          |
| Poraba vode                                               | 17,5    | -0,6     | 16,9    | m <sup>3</sup>         |
| Trdi delci                                                | 10,2    | -0,5     | 9,7     | kg PM10-Eq             |
| Skupna primarna energija (iz obnovljivih in neobn. virov) | 59.719  | -4033    | 55.687  | MJ                     |
| Primarna energija iz obnovljivih virov                    | 7.888   | -865     | 7.023   | MJ                     |
| Primarna energija iz neobnovljivih virov                  | 51.831  | -3168    | 48.664  | MJ                     |

### 7.5.2 Izračunani vplivi na okolje nepovratne embalaže s prostornino 1 litra

V Preglednici 20 so prikazane vrednosti izbranih kazalnikov vplivov nepovratne plastične embalaže v njeni celotni življenjski dobi, in deleži, ki jih prispeva posamezna življenjska faza (S= pridobivanje surovin, P=proizvodnja, T=transport, U= uporaba, EOL=ravnanje z odpadki).

Preglednica 20: Izračunani vplivi na okolje nepovratne embalaže

| Kazalnik vplivov                                          | Vrednost              | Enota                  | Delež (%) |    |    |   |     |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------|----|----|---|-----|
|                                                           |                       |                        | S         | P  | T  | U | EOL |
| Potencial globalnega segrevanja (GWP 100 let)             | 0,215                 | kg CO <sub>2</sub> -Eq | 38        | 14 | 11 | 0 | 38  |
| Izčrpavanje abiotičnih virov (ADP)                        | 185·10 <sup>-5</sup>  | kg antimon-Eq          | 74        | 14 | 10 | 0 | 5   |
| Potencial zakisanja (AP)                                  | 585·10 <sup>-6</sup>  | kg SO <sub>2</sub> -Eq | 46        | 22 | 20 | 0 | 10  |
| Potencial eutrofikacije (EP)                              | 216·10 <sup>-6</sup>  | kg PO <sub>4</sub> -Eq | 46        | 22 | 20 | 0 | 10  |
| Potencial tanjšanja ozonske plasti (ODP, stabilno stanje) | 987·10 <sup>-11</sup> | kg CFC-11-Eq           | 30        | 20 | 51 | 0 | 10  |
| Potencial                                                 | 408·10 <sup>-7</sup>  | kg etilen-Eq           | 66        | 17 | 8  | 0 | 9   |

|                                                                  |                      |                  |    |    |    |   |    |
|------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------|----|----|----|---|----|
| nastajanja fotooksidacije (POCP)                                 |                      |                  |    |    |    |   |    |
| Raba zemljišč                                                    | 0,142                | m <sup>2</sup> a | 83 | 14 | 1  | 0 | 1  |
| Strupenost za ljudi                                              | 0,178                | kg 1,4-DCB-Eq    | 37 | 13 | 8  | 0 | 43 |
| Poraba vode                                                      | 757·10 <sup>-6</sup> | m <sup>3</sup>   | 32 | 41 | 2  | 0 | 19 |
| Trdi delci                                                       | 223·10 <sup>-6</sup> | kg PM10-Eq       | 48 | 23 | 28 | 0 | 12 |
| Skupna primarna energija (iz obnovljivih in neobnovljivih virov) | 5,36                 | MJ               | 51 | 32 | 6  | 0 | 11 |
| Primarna energija iz obnovljivih virov                           | 1,06                 | MJ               | 34 | 39 | 2  | 0 | 25 |
| Primarna energija iz neobnovljivih virov                         | 4,31                 | MJ               | 55 | 30 | 7  | 0 | 7  |

Pri vrednotenju kazalnikov vplivov nepovratne embalaže se deleži za posamezno fazo precej razlikujejo od deležev pri vplivih točilnega aparata. Vpliv faze uporabe na okolje je za vse indikatorje ničeln. K potencialu globalnega segrevanja (GWP 100 let) prispevata največ fazi pridobivanja surovin in ravnanje z odpadki, vsaka 38%. Podobni so deleži pri strupenosti za ljudi. Glavni krivec za izčrpavanje abiotskih virov (ADP) je faza pridobivanja surovin s 74%. Pri potencialu zakisanja in potencialu eutrofikacije so deleži enaki, in sicer 46% vplivov nastane v fazi pridobivanja surovin, 22% med proizvodnjo, 20% med transportom in 10% pri fazi ravnanja z odpadki. Več kot polovica vplivov na tanjšanje ozonske plasti nastane v fazi transporta, saj se te snovi formirajo iz izpušnih plinov vozil na fosilna goriva. Približno tretjino jih povzročajo postopki pridobivanja surovin in desetino ravnanje z odpadki. Večina (66%) vplivov fotooksidacije nastane med pridobivanjem surovin, nekaj pa tudi med proizvodnjo, ravnanjem z odpadki in transportom. K rabi zemljišč veliko večino (83%) prispeva faza pridobivanja surovin. Poraba vode je največja med proizvodnjo (41%), za pridobivanje surovin se porabi približno tretjino celotne količine porabljene vode, petino pa za ravnanje z odpadki. Približno polovica vseh trdih delcev nastane med pridobivanjem surovin. Več kot polovica skupne energije se porabi za pridobivanje surovin, približno tretjina pa med proizvodnjo. Večina (prib. 4/5) energije je pridobljene iz neobnovljivih virov.

Neto vrednosti z odštetimi krediti so prikazane v Preglednici 21.

Preglednica 21: Neto rezultati vplivov na okolje za nepovratno embalažo

| Kazalnik vplivov                                                 | Vrednosti             | Krediti                 | Neto                   | Enota                  |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| Potencial globalnega segrevanja (GWP 100 let)                    | 0,215                 | -0,070                  | 0,145                  | kg CO <sub>2</sub> -Eq |
| Izčrpavanje abiotskih virov (ADP)                                | 185·10 <sup>-5</sup>  | -82·10 <sup>-5</sup>    | 103·10 <sup>-5</sup>   | kg antimon-Eq          |
| Potencial zakisanja (AP)                                         | 585·10 <sup>-6</sup>  | -234·10 <sup>-6</sup>   | 352·10 <sup>-6</sup>   | kg SO <sub>2</sub> -Eq |
| Potencial eutrofikacije (EP)                                     | 216·10 <sup>-6</sup>  | -87·10 <sup>-6</sup>    | 129·10 <sup>-6</sup>   | kg PO <sub>4</sub> -Eq |
| Potencial tanjšanja ozonske plasti (ODP, stabilno stanje)        | 987·10 <sup>-11</sup> | -202 ·10 <sup>-11</sup> | 785 ·10 <sup>-11</sup> | kg CFC-11-Eq           |
| Potencial nastajanja fotooksidacije (POCP)                       | 408·10 <sup>-7</sup>  | -141·10 <sup>-7</sup>   | 267·10 <sup>-7</sup>   | kg etilen-Eq           |
| Raba zemljišč                                                    | 0,142                 | -0,002                  | 0,140                  | m <sup>2</sup> a       |
| Strupenost za ljudi                                              | 0,178                 | -0,058                  | 0,120                  | kg 1,4-DCB-Eq          |
| Poraba vode                                                      | 757·10 <sup>-6</sup>  | -193·10 <sup>-6</sup>   | 564·10 <sup>-6</sup>   | m <sup>3</sup>         |
| Trdi delci                                                       | 223·10 <sup>-6</sup>  | -92·10 <sup>-7</sup>    | 131·10 <sup>-6</sup>   | kg PM10-Eq             |
| Skupna primarna energija (iz obnovljivih in neobnovljivih virov) | 5,36                  | -1,87                   | 3,49                   | MJ-Eq                  |
| Primarna energija iz obnovljivih virov                           | 1,06                  | -0,07                   | 0,98                   | MJ-Eq                  |
| Primarna energija iz neobnovljivih virov                         | 4,31                  | -1,80                   | 2,51                   | MJ-Eq                  |

### 7.5.3 Primerjava vplivov med samopostrežnim točilnim aparatom in nepovratno embalažo

Da bi lahko med seboj pošteno primerjali rezultate, smo poenotili vse rezultate na funkcionalno enoto 1 L čistila, zagotovljenega na prodajnem mestu. To smo naredili tako, da smo vrednosti vplivov samopostrežnega točilnega aparata delili s predvideno prodano količino čistila v njegovi celotni življenjski dobi. Rezultate smo primerjali za vsak kazalnik posebej.

V Preglednici 33 lahko primerjamo neto vrednosti posameznih kazalnikov za samopostrežni točilni aparat in embalažo, preračunane na funkcionalno enoto. V predzadnjem stolpcu so razlike med neto vrednostmi (od vrednosti za točilni aparat odštetá vrednost za nepovratno embalažo). Kjer je razlika pozitivna, je vrednost za embalažo manjša kot za aparat. Negativne vrednosti pomenijo, da je okoljski vpliv samopostrežnega točilnega aparata za določen kazalnik manjši od vpliva nepovratne embalaže. Zadnji stolpec prikazuje relativno razliko, ki je delež absolutne razlike od neto vrednosti za embalažo oz. količnik absolutne razlike deljene z neto vrednostjo za embalažo, izražen v odstotkih.

Preglednica 22: Absolutna in relativna razlika vplivov med vplivi embalaže in samopostrežnega točilnega aparata



| Kazalnik vplivov | Neto – embalaža      | Neto – Aparat        | Absolutna razlika     | Relativna razlika |
|------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|
| GWP (100 let)    | 0,145                | 0,055                | -0,090                | -62%              |
| ADP              | $103 \cdot 10^{-5}$  | $38 \cdot 10^{-5}$   | $-64 \cdot 10^{-5}$   | -63%              |
| AP               | $352 \cdot 10^{-6}$  | $469 \cdot 10^{-6}$  | $118 \cdot 10^{-6}$   | 33%               |
| EP               | $129 \cdot 10^{-6}$  | $169 \cdot 10^{-6}$  | $40 \cdot 10^{-6}$    | 31%               |
| ODP              | $785 \cdot 10^{-11}$ | $373 \cdot 10^{-11}$ | $-412 \cdot 10^{-11}$ | -52%              |
| POCP             | $267 \cdot 10^{-7}$  | $205 \cdot 10^{-7}$  | $-62 \cdot 10^{-7}$   | -23%              |
| Raba zemljišč    | 0,140                | 0,004                | -0,136                | -97%              |
| Strup. za ljudi  | 0,120                | 0,225                | 0,105                 | 87%               |
| Poraba vode      | $564 \cdot 10^{-6}$  | $309 \cdot 10^{-6}$  | $-254 \cdot 10^{-6}$  | -45%              |
| Trdi delci       | $131 \cdot 10^{-6}$  | $178 \cdot 10^{-6}$  | $47 \cdot 10^{-6}$    | 36%               |
| Sk.pr. energija  | 3,50                 | 1,02                 | -2,47                 | -71%              |

Za večino obravnavanih kazalnikov velja, da je vpliv na okolje večji pri nakupu čistila v nepovratni embalaži. Največja razlika je pri rabi zemljišč. Vplivi na okolje samopostrežnega točilnega aparata znašajo zgolj 3% vplivov za nepovratno embalažo. Za zagotavljanje litra čistila na samopostrežnem točilnem aparatu se porabi 71% manj skupne energije kot zagotavljanje enake količine čistila na prodajnem mestu v nepovratni embalaži. Pri GWP in ADP je razlika med vrednostmi približno enaka, in sicer 62% oz. 63% manjši za samopostrežni točilni aparat. Vrednost ODP je za aparat več kot polovico manjša, poraba vode pa 45% nižja kot za embalažo. POCP je pri aparatu 23% manjši. Vpliv ostalih kazalnikov je za nepovratno embalažo manjši kot za samopostrežni točilni aparat. Vrednosti AP, EP in trdih delcev so za točilni aparat približno za tretjino večje kot za embalažo. Strupenost za ljudi pa je pri samopostrežnem točilnem aparatu kar 87% večja kot pri embalaži.

## 8. POVZETEK

Namen diplomskega dela je bil izdelati zasnovo samopostrežnega točilnega aparata za prodajo čistil brez embalaže, katerega lastna cena je tržno sprejemljiva, ter dokazati, da so okoljski vplivi pri nakupu čistila na samopostrežnem točilnem aparatu za najmanj 10 % manjši kot pri nakupu čistila v nepovratni embalaži. S pomočjo literature in VDI-R 2221 smernic za konstruiranje smo snovali aparat, ki omogoča nakup čistila brez embalaže. Začeli smo s konstrukcijskim zahtevnikom, na podlagi katerega smo najprej izdelali koncept, nato pa še računalniški tridimenzionalni model aparata. Izbrali smo vgradne komponente, sešteli njihove nabavne cene in tako dobili nabavno ceno materiala. Prišteli smo še stroške dela in tako izračunali neposredno lastno ceno aparata. Po zahtevah standarda ISO 14040 smo opravili LCA študijo za primerjavo okoljskih vplivov konstruiranega točilnega aparata z okoljskimi vplivi nepovratne embalaže. Pred začetkom same analize smo določili funkcijsko enoto in postavili meje sistema. Izbrali smo kazalnike vplivov, ki smo jih želeli primerjati. Analizo smo začeli z zbiranjem podatkov o vtokih in iztokih, posebej za snovani točilni aparat in posebej za nepovratno embalažo. Podatke smo razdelili na 5 življenjskih faz (pridobivanje surovin, proizvodnja, transport, uporaba in ravnanje z odpadki). S pomočjo pridobljenih podatkov smo nato izdelali računalniški model življenjskega cikla. Izračunali smo okoljske vplive posebej za nepovratno embalažo in posebej za aparat s programsko opremo Umberto ter rezultate primerjali med seboj.

Na začetku diplomskega dela smo zastavili 2 hipotezi:

H1: Neposredna lastna cena zasnovanega samopostrežnega točilnega aparata za prodajo čistil brez embalaže ne bo presegla 4.000,00 €.

H2: Vplivi na okolje pri nakupu čistila na zasnovanem samopostrežnem točilnem aparatu so vsaj 10 % nižji kot pri nakupu čistila, katerega embalažo po uporabi zavržemo.

Prvo hipotezo zavržemo, saj smo izračunali neposredno lastno ceno aparata, ki znaša 4.869,95 €, kar je 869,95 € več od cene, ki smo jo predpostavili na začetku.

Drugo hipotezo lahko delno potrdimo, saj je bil okoljski vpliv večine izbranih kazalnikov več kot 10 % višji pri nepovratni embalaži kot pri točilnem aparatu. Vendar pa to ne velja za vplive na okolje, ovrednotene po vseh kazalnikih. Potencial zakisanja, potencial eutrofikacije, količina trdih delcev in strupenost za ljudi so bili v primeru nakupa nepovratne embalaže nižji kot pri uporabi samopostrežnega točilnega aparata. Kljub temu lahko trdimo, da so vplivi na okolje pri nakupu čistila na samopostrežnem točilnem aparatu v splošnem manjši kot pri nakupu v nepovratni embalaži.

Ugotovitve pomenijo, da z manj kot 4.000,00 € ni možno izdelati samopostrežnega točilnega aparata z obstoječo zasnovo. V praksi bi izkušen konstruktor verjetno lahko poiskal prihranke pri izbranih konstrukcijskih rešitvah in vgrajenih materialih. Če bi imeli na voljo več denarnih sredstev, bi lahko aparat bistveno nadgradili. Lahko bi izbrali kvalitetnejše črpalke ali prodajali več različnih čistil. Sistem za vstavljanje denarja bi lahko nadgradili, tako da bi aparat vračal razliko med vstavljenim denarjem in dejansko ceno nakupa ter sprejemal bankovce. Smiselno bi bilo vzpostaviti tudi sistem za plačevanje s kartico.

Z LCA študijo smo ugotovili, da ima kupovanje čistila na samopostrežnem točilnem aparatu manjši okoljski vpliv kot v nepovratni embalaži, kot je za posamezen kazalnik prikazano v Preglednici 33. Ker to ne velja za vse kazalnike, bi bilo potrebno ugotoviti, natanko kateri procesi oz. materiali v življenjskem ciklu aparata so najbolj problematični in poiskati enakovredno alternativo, ki bi zmanjšala okoljski vpliv teh kazalnikov.

## 9. SUMMARY

The purpose of the thesis was to design an automatic self-service refill station, the price of which is commercially acceptable, and to prove that the environmental impact of the self-service refill station is at least 10% lower than purchasing detergent in non-returnable packaging. With the help of literature and VDI-R 2221 guidelines we designed the device. We started with the specification, based on which we first created a concept and then a three-dimensional computer model of the device. We selected the built-in components, the purchase prices of which were added up to obtain the purchase price of the device's built-in materials. We also added labor costs and thus calculated the direct price of the device. According to the requirements of the ISO 14040 standard, we performed an LCA study to compare the environmental impacts of the designed refill station with the environmental impacts of non-returnable packaging. Before starting the analysis we defined the functional unit and set the system boundaries. We selected the impact indicators that we wanted to compare. We started the analysis by collecting data on material and energy inputs and outputs, separately for the designed refill station and for non-returnable packaging. We divided the data into 5 life cycle phases (raw material acquisition, production, transport, use and end-of-life treatment). With the help of the obtained data we then created a life cycle model. We calculated the environmental impacts for the non-returnable packaging and for the device with the Umberto software, then we compared the results.

At the beginning of the thesis we set 2 hypotheses:

H1: The direct price of the designed self-service refill station will not exceed €4,000.00.

H2: The environmental impact of purchasing a cleaning liquid product from the designed self-service refill station is at least 10% lower than when purchasing a cleaning liquid in non returnable packaging.

We reject the first hypothesis, since we calculated the direct price of the device to €4,869.95, which is €869.95 higher than the price we assumed in the hypothesis.

The second hypothesis can be partially confirmed, since the environmental impact of most of the selected indicators was more than 10% higher for non-returnable packaging than for the device. However, this does not apply to all impact indicators. Acidification potential, eutrophication potential, particulate matter and toxicity to humans were lower for non-returnable packaging in comparison to using the self-service dispenser. Nevertheless, we can claim that the impact on the environment when buying detergent at a self-service dispenser is generally lower than when buying it in non-returnable packaging.

The findings show that it is not possible to produce a self-service dispenser with the existing design for less than €4,000.00. An experienced constructor could probably find savings in the chosen construction solutions and built-in materials. With a greater budget we could significantly upgrade the device. We could choose pumps of better quality or sell more different cleaning products. The payment system could be upgraded to return the purchase difference and accept banknotes. It would also make sense to establish a card payment option.

With the LCA study, we found that buying detergent at a self-service refill station has a lower environmental impact than in non-returnable packaging as shown in Table 33 for each indicator. Since this does not apply to all indicators it would be necessary to determine which processes or materials in the life cycle of the device are the most problematic and try to find an equivalent alternative that would reduce the environmental impact of these indicators.

## SEZNAM UPORABLJENE LITERATURE

- 1) Azapagic, A, idr. (2003): *Polymers, the Environment and Sustainable Development*. John Wiley & Sons, Ltd. Medmrežje: <https://doi.org/10.1002/0470865172> (18.5. 2022).
- 2) Brentrup, F., Küsters, J., Lammel, J. idr. (2002). *Life Cycle Impact assessment of land use based on the hemeroby concept*. Int J LCA 7, 339 str. Medmrežje: <https://doi.org/10.1007/BF02978681> (18. 5. 2022).
- 3) BSi(2006): EN ISO Standard 14040: *Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework*. Medmrežje: <http://www.cscses.com/uploads/2016328/20160328110518251825.pdf> (7.3.2022)
- 4) Hlebanja J. (2003) *Metodika konstruiranja*. Ljubljana, Fakulteta za strojništvo.
- 5) Jenkin, M. E., idr. (2017) *Photochemical Ozone Creation Potentials for Volatile Organic Compounds: Rationalization and Estimation*. Atmospheric Environment, let. 163, avg. 2017, str. 128-137. Medmrežje: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.05.024>. (18. 5. 2022).
- 6) Klöpffer W., Grahl B. (2014) *Life Cycle Assessment (LCA): A Guide to Best Practice*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA (10.2.2022).
- 7) Lau L. (2018). *Green Living. Local startup Soapstand launches vending machines for liquid-soap and household-cleaner refills*. Medmrežje: <https://www.straight.com/life/1122051/green-living-local-startup-soapstand-launches-vending-machines-liquid-soap-and> (6.4.2022)
- 8) Letonja M., idr. (2019) *ABC Podjetništva: Izzivi podjetnic in podjetnikov ob ustanovitvi in zagonu poslovanja novih podjetij: Priročnik za podjetnice in podjetnike začetnike ter bodoče podjetnice in podjetnike*. Maribor, DOBA Fakulteta. Medmrežje: [https://www.podjetniski-portal.si/uploads/gradiva/spot/eprirocnik\\_abc\\_podjetnistva\\_2.pdf](https://www.podjetniski-portal.si/uploads/gradiva/spot/eprirocnik_abc_podjetnistva_2.pdf) (4.3.2022)
- 9) Medmrežje 1: [https://www.bpf.co.uk/Sustainability/Plastics\\_and\\_Sustainability.aspx](https://www.bpf.co.uk/Sustainability/Plastics_and_Sustainability.aspx)
- 10) Medmrežje 2: <https://www.countryliving.com/uk/news/a31201204/sainsburys-ecover-refill-station/> (6.4.2022)
- 11) Medmrežje 3: <https://perfectflow.biz/> (6.4.2022)
- 12) Medmrežje 4: [https://en.wikipedia.org/wiki/Global\\_warming\\_potential](https://en.wikipedia.org/wiki/Global_warming_potential) (18 .5. 2022).
- 13) Medmrežje 5: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/acidification-potential> (18 .5. 2022).
- 14) Medmrežje 6: <https://www.renovablesverdes.com/sl/eutrofizacij/> (18 .5. 2022).
- 15) Medmrežje 7: <https://etoolglobal.com/eblog/software/impact-category-definitions/> (18. 5. 2022).
- 16) Medmrežje 8: <https://tools.bregroup.com/greenguide/page.jsp?id=2098> (18. 5. 2022).
- 17) Medmrežje 9: <https://etoolglobal.com/eblog/software/impact-category-definitions/> (18. 5. 2022).
- 18) Medmrežje 10: <https://ecochain.com/knowledge/impact-categories-lca/>
- 19) Medmrežje 11: [https://www.products.pcc.eu/wp-content/uploads/import/katalog-produktowy/2020-04-29/8fff48e3-ed1a-49c4-8e6d-dfaf5ab73ff7/hdpe-bottle-with-a-cap-handy-3l\\_katalog-produktowy\\_en.pdf?post\\_id=1210088](https://www.products.pcc.eu/wp-content/uploads/import/katalog-produktowy/2020-04-29/8fff48e3-ed1a-49c4-8e6d-dfaf5ab73ff7/hdpe-bottle-with-a-cap-handy-3l_katalog-produktowy_en.pdf?post_id=1210088)
- 20) Medmrežje 12: [https://en.wikipedia.org/wiki/Corrugated\\_fiberboard#Manufacturing](https://en.wikipedia.org/wiki/Corrugated_fiberboard#Manufacturing)
- 21) Medmrežje 13: <https://accesslogistics.eu/useful-information/>
- 22) Medmrežje 14: <https://www.polyprint.com/understanding-film-properties/flexographic-yield/>
- 23) Medmrežje 15: <https://sl.eureporter.co/environment/plastic-waste/2021/07/29/plastic-waste-and-recycling-in-the-eu-facts-and-figures-2/>
- 24) Polajnar A., Buchameister B., Leber M. (2002) *Organizacija proizvodnje*. Maribor, Fakulteta za strojništvo (7.5.2022).

- 25) Rustagi N, Pradhan SK, Singh R. (2011): *Public health impact of plastics: An overview*. Indian J Occup Environ Med. Medmrežje: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3299092/> (13.5.2022)
- 26) Steinmann Z., Huijbregts M.A.J. (2014): *Stratospheric ozone depletion*. Medmrežje: [https://ic-impact.eu/doc/method/Chapter3 Stratospheric-ozone-depletion.pdf](https://ic-impact.eu/doc/method/Chapter3%20Stratospheric-ozone-depletion.pdf) (18. 5. 2022).
- 27) Thompson RC, Moore CJ, vom Saal FS, Swan SH. (2009). *Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends*. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. Medmrežje: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2873021/> (5.11.2021)
- 28) Ur. l. RS. (1995): *Uredba o hrupu v naravnem in življenjskem okolju*, stran 3530. Medmrežje: <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/1995-01-2170/uredba-o-hrupu-v-naravnem-in-zivljenjskem-okolju>
- 29) Van Oers, L.; Guinée, J. (2016): *The Abiotic Depletion Potential: Background, Updates, and Future*. Medmrežje: <https://doi.org/10.3390/resources5010016> (18 .5. 2022).