

Smernice za oblikovanje strategij krožnega gospodarstva v sektorju javnega prevoza

Izkušnje iz strategij in akcijskih načrtov CE4CE



Impresum

Projekt

CE0100250 CE4CE - Infrastruktura javnega prevoza v Srednji Evropi - podpora prehoda na krožno gospodarstvo

Kontakt

Podjetje za javni prevoz v Leipzigu

Naslov: Georgiring 3, 04103 Leipzig, Nemčija

Spletna stran: <https://www.l.de/verkehrsbetriebe/>

E-pošta: CE4CE.Verkehrsbetriebe@L.de

Financirano s strani

Program Interreg Srednja Evropa: <https://www.interreg-central.eu/>

Avtorji in sodelavci

Leventcan Er, Laura López, Ana-Maria Baston, Marcelian Handoko (Rupprecht Consult, Nemčija), Stefan Röhl, Conrad Jentzsch (Leipzig Public Transport Company, Nemčija), Jan Röhl (Kruch Railways, Avstrija), Liliana Donato, Sara Biffi (ATB Bergamo, Italija), Gabriele Grea, Anja Seyfert (Redmint Impresa Sociale scrl, Italija), Dominika Kowalkowska (PKA Gdynia, Poljska), Agnieszka Szmelter-Jarosz, Marcin Wolek (Univerza v Gdansk, Poljska), Mitja Klemencic (Občina Maribor), Danijel Hojski (Univerza v Mariboru), Alexandra Scharzenberger, Marta Woronowicz (društvo trolley:motion, Avstrija), Németh Zoltán Ádám, Gábor Jéga-Szabó (SZKT Szeged, Madžarska), Nikolett Csörgő (Mobilissimus Kft, Madžarska)

Oblikovanje in dizajn

Danaja Dvornik (@_studio_kai_) in Marcelian Handoko (Rupprecht Consult)

Datum objave

marec 2026

Avtorske pravice

Avtorske pravice za to publikacijo pripadajo konzorciju projekta CE4CE, ki ga vodi podjetje Leipzig Public Transport Company. Vse slike in besedilni elementi v tej publikaciji, za katere je naveden vir, so last organizacij ali posameznikov, ki so navedeni kot avtorji.

Seznam kratic

Kratica	Opredelitev
AI	Umetna inteligenca
BESS	Sistem za shranjevanje energije v baterijah
BSR	Baltska regija
CCC	Pogodba o podnebjju v mestih
EN	Evropski standard
eBRT	Hiter prevoz z električnimi avtobusi
ESG	Okolje, družba in upravljanje
EU	Evropska unija
GIS	Geografski informacijski sistem
ISO	Mednarodna organizacija za standardizacijo
KPI	Ključni kazalnik uspešnosti
LCC	Stroški življenjskega cikla
MR.pro®	Programska oprema/sistem za upravljanje vzdrževanja, ki ga uporablja LVB
PV	Fotovoltaika
SECAP	Načrt za trajnostno energijo in podnebne ukrepe
SMEA	Strateška ocena vzdrževanja in inženiringa (metodološki okvir v povezavi z določanjem prednostnih nalog/upravljanjem tveganj)
SUMP	Načrtovanje trajnostne mobilnosti v mestih
ZEDAS	Programski sistem za vzdrževanje železnic in upravljanje sredstev

Kratice partnerjev

Kratica	Ime partnerja
LVB	Javno podjetje za javni prevoz v Leipzigu, Nemčija
PKA	Prevoznik javnega avtobusnega prometa v Gdyniji, Poljska
UG	Univerza v Gdańsku, Poljska
SZKT	Prevozno podjetje Szeged, Madžarska
Kruch	Kruch Railways Innovations, Avstrija
MOM	Občina Maribor, Slovenija
UM	Univerza v Mariboru, Slovenija
ATB	ATB Mobility Bergamo, Italija
Redmint	Socialno podjetje Redmint, Italija
Mobilissimus	Mobilissimus Ltd., Madžarska
TM	društvo trolley:motion, Avstrija
RUPPRECHT	Rupprecht Consult (consultant to LVB), Germany

Seznam Slik

Slika 1. AVOID-EXTEND-TRANSFORM-ENABLE (AETE) Framework. Credits: trolley:motion association	9
Slika 2. Energy sector in circularity compass structure	11
Slika 3. Sektor infrastrukture v strukturi kompasa krožnosti	16
Slika 4. Sektor voznega parka v strukturi kompasa krožnosti	20
Slika 5. Strateški okvir, ki podpira vizijo javnega prevoza v Mariboru (SUMP).	25
Slika 6. Vizija in strateški cilji akcijskega načrta za Maribor	26
Slika 7. Kključni ukrepi Maribora in časovni razpored izvajanja	27
Slika 8. Delavnica zainteresiranih strani o krožnem gospodarstvu in energiji v javnem prometu. Vir: Mestna občina Maribor, CE4CE.	28
Slika 9. Glavni zaključki za Maribor	29
Slika 10. : Vizija in strateški cilji akcijskega načrta LVB	30
Slika 11. Kključni ukrepi v Leipzigu	31
Slika 12. Glavne ugotovitve iz procesa priprave akcijskega načrta v Leipzigu	34
Slika 13. Fotonapetostna elektrarna, ki napaja trolejbusne vozile v depoju v Gdyniji. Vir: CE4CE	35
Slika 14. Vizija in strateški cilji akcijskega načrta Gdynia	35
Slika 15. Ključni ukrepi in časovni okvir izvajanja v Gdyniji	36
Slika 16. Glavni zaključki za Gdynio	38
Slika 17. ATB Mobility Bergamo	39
Slika 18. Vizija in strateški cilji akcijskega načrta Bergamo	40
Slika 19. Bergamo Ključni ukrepi	40
Slika 20. Bergamo GLAVNE UGOTOVITVE	42

Seznam Tabel

Tabela 1. Ključni dejavniki energetske strategije v javnem prometu	14
Tabela 2. Kključni dejavniki infrastrukturnih strategij v javnem prometu	18
Tabela 3. Ključni dejavniki strategij voznih parkov v javnem prevozu	23

Vsebina

Povzetek	7
1. Uvod v projekt CE4CE	8
2. Strategije za izboljšanje krožnosti v sektorju javnega prevoza	9
2.1. Strategija za zajemanje in optimizacijo uporabe odpadne energije in obnovljivih virov energije v okviru novih vrednostnih verig življenjskega cikla	11
2.2. Strategija za ohranjanje in ponovno pridobivanje vrednosti ter optimizacijo izgradnje infrastrukture javnega prevoza v skladu z novimi vrednostnimi verigami življenjskega cikla	16
2.3. 2.3. Strategija za ohranjanje in ponovno pridobivanje vrednosti ter optimizacijo dobave voznega parka/vozil v okviru novih vrednostnih verig življenjskega cikla	20
3. Akcijski načrti za obravnavanje bistvenih izzivov v sektorju javnega prevoza	25
3.1. Akcijski načrt za zajemanje in uporabo odpadne energije iz vlakov ter polnjenje rabljenih baterij z obnovljivimi viri energije v Mariboru, Slovenija	25
3.2. Akcijski načrt za optimizacijo vzdrževanja infrastrukture z minimalno invazivnimi vzdrževalnimi deli v Leipzigu, Nemčija	30
3.3. Akcijski načrt za optimizacijo razvoja infrastrukture s sodelovanjem in izmenjavo med javnimi ponudniki, kot posodobitev občinske strategije za elektromobilnost v Gdyniji na Poljskem	35
3.4. Akcijski načrt za dodajanje vrednosti v dobavni verigi in optimizacijo dobavevozil s krožnim javnim naročanjem v Bergamu, Italija	39
4. Pridobljena spoznanja in priporočila	43
4.1. Izkušnje iz procesa razvoja strategij in akcijskih načrtov	43
4.2. Priporočila za izvajanje ukrepov	43
5. Zaključki	45
6. Viri	46

Povzetek

Projekt Interreg Central Europe CE4CE: Infrastruktura javnega prevoza v Srednji Evropi - podpora prehoda na krožno gospodarstvo¹, je spodbudil sistemsko razmišljanje o krožnem gospodarstvu med akterji v javnem prevozu iz srednjeevropskih držav, da bi zmanjšali količino odpadkov in ustvarili vrednost v novih življenjskih ciklih infrastrukture in voznega parka. V ta namen je CE4CE skupaj razvil rešitve, ki povečujejo znanje in zmogljivosti sektorja, pomagajo zmanjšati ovire in stroške ter spodbujajo razvoj novih storitev in kvalificiranih delovnih mest, pa tudi strategije in akcijske načrte, ki izboljšujejo oblikovanje politik, učenje in izmenjavo na regionalni in transnacionalni ravni. Cilj CE4CE je bil vpeljati načela krožnega gospodarstva v sektor javnega prevoza in s tem zmanjšati količino odpadkov, povečati učinkovitost sektorja ter izboljšati ekološki odtis javnega prevoza.

Poleg tega so v okviru CE4CE sodelovali deležniki iz skupnosti javnega prevoza, da bi skupaj razvili in prilagodili procese in rešitve kot ključne dejavnike za vključitev načel krožnega gospodarstva, kot so koncepti izmenjave podatkov, nova in inovativna navodila za javna naročila, zasnove izdelkov in poslovnih modelov, razširjena ocena življenjskega cikla ter metodologije analize stroškov in koristi.

Partnerstvo v okviru projekta CE4CE je odražalo celotno vrednostno verigo in sistemski vidik prometnega sektorja, vključno z 11 projektnimi partnerji iz 6 srednjeevropskih držav, od organov/izvajalcev javnega prevoza, industrije in raziskav do interesnih skupin. Za razširitev tega sodelovanja so bili strateško vključeni pridruženi partnerji, kot so mednarodne mreže ICLEI, UITP in EIT Urban Mobility, v vlogi svetovalcev, da bi se čim bolj povečal obseg komunikacije in prenos znanja o rezultatih projekta.

Eden od ključnih dejavnikov uspeha projekta je bilo sodelovanje med projektnimi partnerji, pridruženimi partnerji, zunanji strokovnjaki in svetovalci, ki so skupaj razvili rezultate na podlagi soustvarjanja in medsebojnih pregledov za uporabo v sektorju javnega prevoza v Evropi, npr. pilotne akcije in rešitve, kot so orodje za samoocenjevanje CE4CE Circularity Compass za javni prevoz, znanstvena platforma CE4CE Circularity, spletna tržnica rabljenih izdelkov, strategije in pilotne akcije za povečanje učinkovitosti virov ter pilotni projekti, ki prikazujejo pristope „več uporabe, ponovne uporabe in recikliranja“ za sektor javnega prevoza. Vsak partner je prispeval praktične izkušnje, pilotne dejavnosti in tehnično strokovno znanje v zvezi z energetskimi sistemi, infrastrukturo in voznim parkom. Skupaj so raziskovali pristope, temelječe na življenjskem ciklu, ki izboljšujejo učinkovitost virov, podaljšujejo življenjsko dobo sredstev, optimizirajo porabo energije in podpirajo prehod k bolj krožnim in trajnostnim sistemom javnega prevoza.

QUOTES: coming soon

¹ <https://www.interreg-central.eu/projects/ce4ce/>

1. Uvod v projekt CE4CE

Projekt CE4CE, ki ga financira program Interreg Srednja Evropa, je spodbudil razmišljanje o sistemu krožnega gospodarstva za akterje v javnem prometu iz srednjeevropskih držav, da bi zmanjšali količino odpadkov in ustvarili vrednost v novih življenjskih ciklih infrastrukture in voznega parka. Cilj projekta CE4CE je bil vpeljati načela krožnega gospodarstva v sektor javnega prevoza in s tem zmanjšati količino odpadkov, povečati učinkovitost v sektorju ter izboljšati ekološki odtis javnega prevoza. V ta namen so v okviru projekta CE4CE skupaj razvili rešitve, ki povečujejo znanje in zmogljivosti sektorja, pomagajo zmanjšati ovire in stroške ter spodbujajo razvoj novih storitev in kvalificiranih delovnih mest, pa tudi strategije in akcijske načrte, ki izboljšujejo oblikovanje politik, učenje in izmenjavo na regionalni in transnacionalni ravni.

Sektor javnega prevoza se trenutno sooča z vse večjimi izzivi, povezanimi s staranjem infrastrukture, zanesljivostjo delovanja, stroškovno učinkovitostjo in prehodom na bolj trajnostne in digitalizirane prakse. V tem kontekstu so dejavnosti CE4CE, in sicer strategije, akcijski načrti, pilotni projekti in rešitve so bile usmerjene v celotno obravnavo krožnosti in so vključevale vidike, kot so modernizacija procesov upravljanja vzdrževanja z vključevanjem inovativnih digitalnih orodij, pristopi predvidljivega vzdrževanja, metode odločanja na podlagi podatkov ponovna uporaba sredstev in javna naročila.

Ta priročnik je bil pripravljen kot praktični referenčni dokument, ki naj bi prevoznikom, vodjem vzdrževanja, tehničnemu osebju in deležnikom projekta pomagal razumeti in uporabiti metodologije, orodja ter izkušnje, pridobljene v okviru projekta, da bi načela krožnega gospodarstva prenesli v logiko življenjskega cikla javnega prevoza. Podpira prenos znanja in ponovno uporabo dobrih praks v drugih sistemih javnega prevoza in organizacijah, ki si prizadevajo izboljšati učinkovitost, trajnost in krožnost svojih procesov, vključno z načrtovanjem, javnimi naročili, obratovanjem, vzdrževanjem in koncem življenjske dobe. Zajema projektne strategije in akcijske načrte, ki so jih skupaj razvili projektni partnerji s prispevkom podpornih akterjev in strokovnjakov.

Za dodatne informacije o pilotnih projektih in rešitvah, na katere se sklicuje ta dokument, je bil pripravljen drug priročnik, ki je javno dostopen na spletni strani projekta CE4CE.



2. Strategije za izboljšanje krožnosti v sektorju javnega prevoza

7 R-principles for circular public transport systems



© Trolley-Motion & Rupprecht Consult

Slika 1. AVOID-EXTEND-TRANSFORM-ENABLE (AETE) Framework. Credits: trolley:motion association

Javni prevoz je splošno priznan kot temelj trajnostne mobilnosti. Čeprav so njegove emisije med obratovanjem na splošno nižje od emisij zasebnega prevoza, pa življenjski cikli energetskega sistema, infrastrukture in voznega parka še vedno vključujejo znatne vplive na okolje. Ti vključujejo ne le porabo virov in emisije med obratovanjem, temveč tudi vgrajeno energijo in emisije zaradi uporabe surovin, fosilnih goriv in odpadkov, ki nastajajo v fazah proizvodnje, gradnje, vzdrževanja in konca življenjske dobe. Zlasti materiali, kot so jeklo, beton, baker in kritične surovine, ki se uporabljajo v infrastrukturi, vozni parki in baterijah, predstavljajo okoljske in strateške izzive za evropska mesta in regije.

Tradicionalni linearni modeli, ki temeljijo na logiki „vzemi-uporabi-odvrzi“, niso več združljivi s cilji podnebne nevtralnosti, varnostjo virov in dolgoročno dostopnostjo sistemov javnega prevoza. Samo recikliranje, čeprav je bistveno, ni zadostno in se uporablja šele na koncu življenjskega cikla. Strategije CE4CE zato sprejemajo model življenjskega cikla „Izogibaj se-Podaljšaj-Preoblikuj-Omogoči“ (AETE) kot skupni okvir za vključevanje načel krožnega gospodarstva v javni prevoz. Namesto da se osredotoča izključno na ravnanje z odpadki, pristop AETE spodbuja sistemski pogled, ki si prizadeva zmanjšati porabo virov, povečati izkoriščenost in življenjsko dobo sredstev ter ustvariti pogoje za krožne prakse v načrtovanju, javnih naročilih, obratovanju in ravnanju ob koncu

življenjske dobe v okviru pobude. S tem okvirom krožnost postane strateško načelo, ki usmerja odločitve skozi celoten življenjski cikel sistemov javnega prevoza.

Strategije CE4CE se na ta izziv odzivajo s prevajanjem načel krožnega gospodarstva v konkretne, sektorsko specifične pristope za energetske sisteme, infrastrukturo in vozni park javnega prevoza. Njihov cilj je podpreti organe in izvajalce javnega prevoza pri prehodu od izoliranih krožnih ukrepov k sistemskim strategijam, ki temeljijo na življenjskem ciklu, zmanjšujejo količino odpadkov, optimizirajo vire in ustvarjajo dolgoročno vrednost.

Skupni okvir: model življenjskega cikla AETE

Vse tri strategije CE4CE temeljijo na skupnem analitičnem in operativnem okviru: modelu življenjskega cikla AVOID-EXTEND-TRANSFORM-ENABLE (AETE) za uvajanje krožnega gospodarstva.

- AVOID se osredotoča na preprečevanje nastajanja odpadkov in emisij pri viru, in sicer z zavračanjem nepotrebne rabe virov, zmanjševanjem porabe surovin in energije ter sprejemanjem premišljenih odločitev pri načrtovanju in oblikovanju.
- EXTEND si prizadeva ohraniti vrednost s podaljšanjem življenjske dobe sredstev prek vzdrževanja, popravil, obnove, ponovne uporabe in uporabe v drugem življenjskem ciklu.
- TRANSFORM obravnava faze konca življenjske dobe z omogočanjem recikliranja, predelave in odgovornega odstranjevanja ter zagotavljanjem, da se materiali ponovno vključijo v nove vrednostne verige.
- ENABLE se nanaša na medsektorske pogoje, ki omogočajo krožnost, vključno z okviri upravljanja, praksami javnega naročanja, digitalizacijo, standardi, znanji in sodelovanjem v vrednostnih verigah.

Dosledna uporaba tega okvira na področjih energije, infrastrukture in voznega parka zagotavlja skladnost med strategijami ter mestom omogoča, da prepoznajo sinergije, se izognejo kompromisom in dajo prednost ukrepom z največjim sistemskim učinkom.

Splošni cilji strategij CE4CE

Tri strategije CE4CE skupaj zasledujejo niz skupnih splošnih ciljev:

- Zmanjšati vgrajene in operativne vplive na okolje v sistemih javnega prevoza.
- Optimizirati rabo virov in zmanjšati količino odpadkov skozi celoten življenjski cikel sredstev.
- Podaljšati življenjsko dobo in vrednost sredstev javnega prevoza ter zmanjšati skupne stroške lastništva.
- Okrepiti odpornost in avtonomijo z zmanjšanjem odvisnosti od novih in kritičnih surovin.
- Omogočiti inovacije in nove vrednostne verige, vključno s trgi ponovne uporabe, storitvami obnove in digitalnimi rešitvami.
- Podpreti mesta in regije pri prevajanju načel krožnega gospodarstva v izvedljive in prilagodljive prakse.

Ti cilji so upoštevani v vsaki tematski strategiji, pri čemer se upoštevajo posebne značilnosti in izzivi energetskih sistemov, infrastrukturnih sredstev in voznega parka.

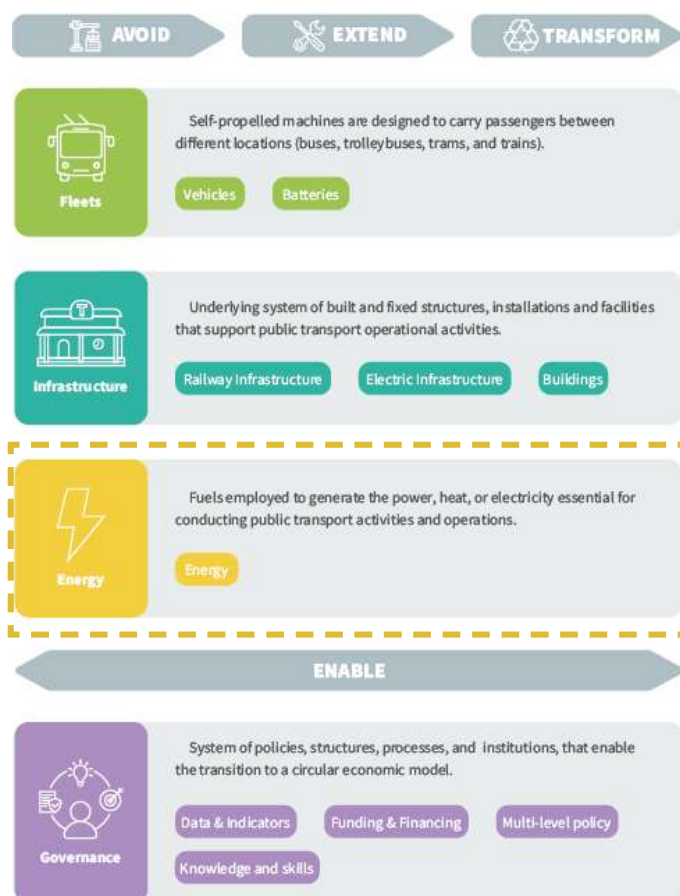
EU regulatory framework supporting circularity and sustainability

Strategije CE4CE so v celoti usklajene z razvijajočim se političnim in regulativnim okvirom Evropske unije za trajnost in krožno gospodarstvo ter ga tudi krepijo. Ključni politični dejavniki vključujejo:

- Evropski zeleni dogovor, ki določa splošni cilj podnebne nevtralnosti.
- Akcijski načrt EU za krožno gospodarstvo, ki spodbuja razmišljanje v smislu življenjskega cikla, preprečevanje nastajanja odpadkov in ohranjanje vrednosti.
- Direktiva o čistih vozilih (EU) 2019/1161, ki spodbuja vozila javnega prevoza z nizkimi in ničelnimi emisijami.
- Uredba EU o baterijah, ki postruje zahteve glede trajnosti, sledljivosti, ponovne uporabe in recikliranja baterij.
- Pravila in smernice za zeleno javno naročanje (GPP), ki podpirajo krožno javno naročanje.

V tem okviru CE4CE zagotavlja praktične smernice, ki akterjem na področju javnega prevoza pomagajo uresničevati cilje politike EU, premostiti vrzeli med predpisi in izvajanjem ter uskladiti lokalne akcijske načrte z evropskimi cilji trajnosti.

2.1. Strategija za zajemanje in optimizacijo uporabe odpadne energije in obnovljivih virov energije v okviru novih vrednostnih verig življenjskega cikla



Slika 2. Energy sector in circularity compass structure

ponovnim vključevanjem energetskega toka v sistem lahko javni prevoz znatno zmanjša operativne emisije, vgrajene emisije in dolgoročne stroške. Strategija CE4CE temelji na okviru življenjskega cikla „izogibanje-podaljševanje-preoblikovanje-omogočanje“ (AETE),

Poraba energije je eden od najpomembnejših vzvodov za zmanjšanje okoljskega odtisa sistemov javnega prevoza. Medtem ko elektrifikacija vozniških parkov znatno zmanjša izpuste iz izpušnih cevi, so splošne koristi za podnebje in vire močno odvisne od tega, kako se energija pridobiva, upravlja, ponovno uporablja in pridobiva nazaj skozi njen življenjski cikel. Linearen pristop k energiji, ki temelji na centralizirani električni energiji iz fosilnih goriv, neučinkovitem polnjenju in odstranjevanju sredstev, povezanih z energijo, tvega premik emisij navzgor po verigi in zapiranje sistemov javnega prevoza v poti, ki zahtevajo veliko virov.

A circular economy approach reframes pristop krožnega gospodarstva energijo obravnava kot tok vrednosti in ne kot potrošni material. Z dajanjem prednosti obnovljivim virom energije (RES), zajemanjem odpadne energije, podaljševanjem življenjske dobe energetskega sredstva (zlasti baterij) in

da se zagotovi obravnava krožnosti od pridobivanja energije do ravnanja z odpadki ob koncu življenjske dobe.

Sosebni cilji strategije so:

- Zmanjšati odvisnost od električne energije iz fosilnih virov in energije z visokimi emisijami ogljika.
- Maksimalno izkoristiti lokalno proizvedeno obnovljivo energijo v javnem prometu.
- Zajemanje in ponovna uporaba odpadne energije (npr. regenerativno zaviranje, presežna proizvodnja obnovljive energije).
- Podaljšati življenjsko dobo in vrednost energetskih sredstev, kot so baterije in polnilna infrastruktura.
- Omogočiti sistemsko integracijo med akterji na področju energije, prometa in mestne infrastrukture.

2.1.1 Pristopi

Ti pristopi morajo energetske strategije prenesti v praktične ukrepe, ki jih akterji na področju javnega prevoza lahko izvajajo pri načrtovanju, javnih naročilih, obratovanju in ravnanju z vozili ob koncu njihove življenjske dobe. Elektrifikacija voznega parka ostaja glavna izhodiščna točka, vendar je ne smemo obravnavati kot samostojno rešitev. Odločitve o električnih avtobusih morajo biti od samega začetka povezane z lokacijo polnjenja, značilnostmi proge, vrsto baterije, zmogljivostjo omrežja in razpoložljivostjo energije iz obnovljivih virov. Javna naročila lahko igrajo ključno vlogo, saj zahtevajo učinkovite sisteme polnjenja, združljivost z odprtimi standardi, dostop do podatkov o stanju baterij, modularne komponente ter jasne dogovore o prevzemu, ponovni uporabi ali recikliranju baterij.

Polnilno infrastrukturo je treba načrtovati glede na dejanske operativne potrebe in ne enotno za celotno omrežje. Nočno polnjenje v depoju je primerno, kadar imajo avtobusi zadosten doseg in daljše čase parkiranja, medtem ko lahko hitro ali priložnostno polnjenje podpira proge z visoko frekvenco in kratkimi postanki. Pri izbiri je treba upoštevati konično povpraševanje po električni energiji, razpoložljivo zmogljivost omrežja, omejitve mestnega prostora, združljivost polnilnika z avtobusom in vpliv vzorcev polnjenja na življenjsko dobo baterije. Večnamenska polnilna središča lahko prav tako izboljšajo učinkovitost infrastrukture, saj iz istega sistema ponujajo različne storitve električne mobilnosti, zmanjšujejo podvajanje in bolje izkoriščajo omejen mestni prostor.

Pametno polnjenje in shranjevanje energije je treba uporabiti za zmanjšanje pritiska na električno omrežje in izboljšanje stroškovne učinkovitosti obratovanja. S preusmeritvijo polnjenja v obdobja zunaj konic, nadzorom intenzivnosti polnjenja in uporabo stacionarnega shranjevanja med konicami povpraševanja lahko operaterji znižajo stroški omrežnine, se izognejo konicam porabe in zmanjšajo potrebo po dragih nadgradnjah omrežja. Sistemi za shranjevanje energije lahko podpirajo tudi zanesljivost storitev, saj delujejo kot blažilec v obdobjih visokega povpraševanja ali omejitev omrežja. Kadar je to tehnično in pravno izvedljivo, se lahko baterije iz električnih vozil, ki so že odslužile svoj namen, ponovno uporabijo za stacionarno shranjevanje energije v depojih ali na polnilnih točkah, s čimer se podaljša njihova vrednost pred recikliranjem.

V depojih, polnilnih postajah in drugih primernih objektih javnega prevoza je treba dati prednost vključevanju obnovljivih virov energije. Sončna energija je še posebej pomembna, ker jo je mogoče namestiti na obstoječe stavbe ali prometno infrastrukturo ter jo kombinirati s shranjevanjem, da se poveča uporaba na kraju samem. To omogoča

shranjevanje presežne obnovljive električne energije in njeno poznejšo uporabo za polnjenje avtobusov, s čimer se zmanjša odvisnost od centralizirane električne energije iz fosilnih goriv. Pri načrtovanju sistemov za obnovljivo energijo je treba upoštevati razpoložljivo površino, lokalno sončno obsevanje, učinkovitost inverterjev, senčenje, potrebe po vzdrževanju ter usklajenost med vzorci proizvodnje in povpraševanjem po polnjenju. Preučiti je treba izkoriščanje odpadne energije, kjer obstoječi prometni sistemi ustvarjajo uporabne energetske tokove. Regenerativno zaviranje v železniških, tramvajskih in podzemnih sistemih lahko izkoristi energijo, ki bi sicer bila izgubljena, in jo ponovno uporabi znotraj omrežja, shrani ali potencialno preusmeri v druge potrebe po polnjenju. Takšne rešitve so najučinkovitejše tam, kjer tehnična infrastruktura, zmogljivost shranjevanja in regulativni pogoji omogočajo učinkovito zajemanje in redistribucijo izkoriščene energije.

Upravljanje ob koncu življenjske dobe je treba načrtovati, preden baterije in energetska sredstva dosežejo konec življenjske dobe. Baterije, ki ne izpolnjujejo več zahtev glede zmogljivosti vozila, so morda še vedno primerne za manj zahtevne stacionarne aplikacije, vendar je to odvisno od zanesljive ocene stanja, varnostnih pregledov in jasne razdelitve odgovornosti med upravljavci, proizvajalci, podjetji za recikliranje in podjetji za ravnanje z odpadki. Kadar ponovna uporaba ni več mogoča, je treba z recikliranjem pridobiti dragocene surovine in zmanjšati odvisnost od novih kritičnih surovin. Digitalni potni listi za baterije, pregledne ureditve lastništva, standardizirani postopki in sodelovanje v celotni vrednostni verigi so bistveni za izvedljivost ponovne uporabe in recikliranja v velikem obsegu.

Ključni dejavniki

 Digitalizacija	 Upravljanje	 Inovacije	 Tehnologija	 Dodatni dejavniki
Uvedba sistemov za upravljanje z energijo za spremljanje, optimizacijo in nadzor pretoka energije v depojih, polnilni infrastrukturi in vozilih.	Vključitev ciljev na področju obnovljivih virov energije in krožnega gospodarstva v energetske in prometne strategije na lokalni in regionalni ravni.	Pilotni in demonstracijski projekti za preizkušanje novih modelov integracije energije, kot je lokalna proizvodnja obnovljive energije v kombinaciji s shranjevanjem.	Uvedba tehnologij obnovljive energije, zlasti sončnih fotovoltaičnih sistemov, integriranih v depoje in polnilne postaje.	Krepitev zmogljivosti za upravljanje z energijo v okviru organov in izvajalcev javnega prevoza.
Uporaba pametnih rešitev za polnjenje za usklajitev profilov polnjenja z razpoložljivostjo obnovljive energije, tarifami izven konic in omejitvami omrežja.	Uporaba politik javnega naročanja in oskrbe z energijo v okviru „“, da se daje prednost električni energiji iz obnovljivih virov in nizkoogljičnim nosilcem energije.	Poskusi z rešitvami za izkoriščanje in ponovno uporabo energije, vključno z regenerativnim zaviranjem in stacionarnim shranjevanjem.	Uporaba sistemov za shranjevanje energije, vključno s stacionarnim shranjevanjem in baterijami iz drugega življenjskega cikla.	Dostop do sredstev in instrumentov financiranja, ki podpirajo naložbe v obnovljive vire energije in shranjevanje energije.

Uporaba spremljanja v realnem času in analize podatkov za izboljšanje energetske učinkovitosti in odkrivanje izgub.	Vzpostavitev dolgoročnih energetskih partnerstev z javnimi službami in upravljavci omrežij.	Sodelovanje z raziskovalnimi institucijami, dobavitelji energije in razvijalci tehnologij za testiranje inovativnih rešitev.	Uvedba sistemov regenerativnega zaviranja in rekuperacije energije v električnem in železniškem prometu.	Razpoložljivost standardov in smernic za energetske učinkovitost, sisteme polnjenja in shranjevanja.
Uporaba digitalnih orodij za spremljanje zmogljivosti in poslabšanja baterij, kar omogoča optimalno uporabo in podaljšanje življenjske dobe.	Usklajenost z energetskimi in podnebnimi predpisi EU in nacionalnimi predpisi, vključno s cilji na področju obnovljivih virov energije in zmanjševanja emisij.	Sodelovanje v sektorskih pobudah in platformah za izmenjavo znanja, ki obravnavajo energetske učinkovitost in elektrifikacijo v javnem prometu.	Uvedba učinkovitih električnih pogonskih sistemov in optimiziranih tehnologij polnjenja.	Sodelovanje z zainteresiranimi stranmi na področju energije in omrežij za zagotovitev integracije in prožnosti sistema.
Razvoj digitalnih modelov in simulacij za podporo načrtovanju polnilne infrastrukture, shranjevanja energije in integracije obnovljivih virov energije.	Jasna opredelitev vlog in odgovornosti za upravljanje z energijo v organizacijah javnega prevoza.	Uporaba pilotnih dejavnosti CE4CE kot učnih okolij za zmanjšanje tveganj in podporo ponovljivosti.	Uporaba zrelih, visoko učinkovitih rešitev za oskrbo z energijo, kot so trolejbusni sistemi in polnjenje med vožnjo, kjer je to primerno.	Okviri in kazalniki za spremljanje energetske učinkovitosti in rezultatov krožnega gospodarstva.
Vključitev energetskih podatkov v širše sisteme upravljanja voznega parka in operativnega upravljanja.			Nenehno ocenjevanje energetskih tehnologij z uporabo meril učinkovitosti na ravni življenjskega cikla in sistema.	

Tabela 1. Ključni dejavniki energetskih strategij v javnem prometu

Uspešno izvajanje energetskih strategij krožnega gospodarstva v javnem prometu ni odvisno le od tehničnih ukrepov, temveč tudi od izvedbenih pogojev, ki podpirajo usklajevanje, učenje in dolgoročno preoblikovanje. Strategije CE4CE za energetske sisteme, infrastrukturo in vozni park opredeljujejo štiri medsebojno se dopolnjujoča področja: digitalizacijo, upravljanje, inovacije in tehnologijo.

2.1.2 Primeri dobre prakse

Reinforce energy-efficient technology



Dobra praksa 1:

Hitro polnjenje za povečanje operativne učinkovitosti in prihrankov pri stroških

Lokacija: Barcelona, Španija

Področje: Krepitev energetske učinkovite tehnologije



Polnilna infrastruktura na avtobusni

Cilji: Uvedba infrastrukture za hitro polnjenje z visoko močjo (400 kW) na končnih postajah, da se zmanjša odvisnost od velikih baterij na vozilih, znižajo stroški energije in obratovanja ter dokaže, da lahko popolnoma električne avtobusne linije zanesljivo delujejo brez dizelskega rezervnega sistema.

Izzivi:

- Ohranjanje stabilnosti omrežja ob visokih koničnih obremenitvah
- Obvladovanje toplotnih omejitev med hitrim polnjenjem
- Zagotavljanje združljivosti polnilnikov in avtobusov s proizvajalci
- Visoki začetni stroški in logistična zapletenost infrastrukture za visoko moč

Zaključek: : Uporaba hitrih polnilnikov z visoko zmogljivostjo je prinesla prihrank pri stroških energije v višini približno 68 %, hkrati pa je omogočila popolno upoštevanje voznega reda in operativno učinkovitost. Uspeh Barcelone dokazuje, da lahko hitro polnjenje znatno zmanjša operativne stroške in omogoči storitev električnih avtobusov z visokim povpraševanjem brez večjih sprememb voznega reda. Mesta z gosto mrežo mestnih prog in rednimi postajališči lahko izkoristijo strateško nameščene hitre polnilnike, ki zmanjšujejo potrebo po prevelikih baterijah in povečujejo čas delovanja vozil.

Vir: TMB Barcelona Public Reports & ELIPTIC Deliverables. <https://www.sustainable-bus.com/electric-bus/solaris-delivers-three-articulated-urbino-electric-to-tmb-barcelona/>, <https://arquivo.pt/wayback/20201230033847/https://eliptic-project.eu/>

Recycle energy in storage systems



Good practice 2:

Integrating second-life batteries and solar energy for bus charging

Lokacija: Maribor, Slovenija

Področje: Recikliranje energije v sistemu za shranjevanje



Skupina baterij

Cilji: vzpostavitev baterijske banke, ki uporablja ponovno uporabljene baterije druge življenjske dobe, napajane z obnovljivimi viri energije (OVE), za podporo hitremu polnilniku na postaji Vzpenjača.

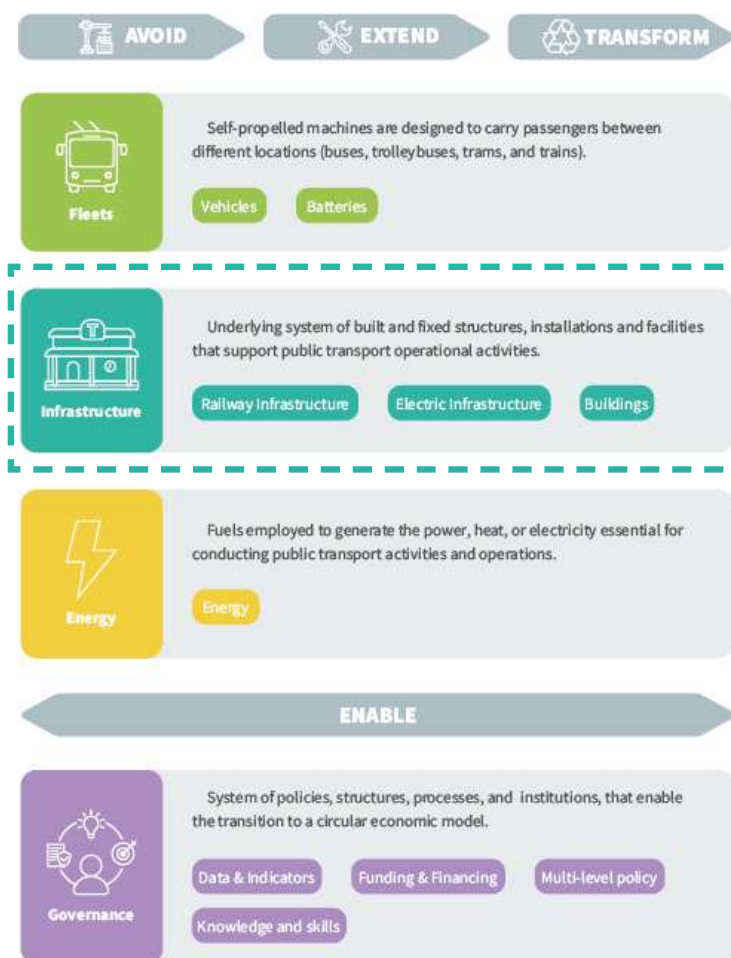
Izzivi:

- Velika odvisnost od omrežne energije na postaji za hitro polnjenje
- Tehnične, regulativne in ekonomske omejitve za integracijo baterij
- Zagotavljanje stabilnega polnjenja električnih avtobusov v različnih pogojih delovanja

Zaključek: By implementing second-life batteries for e-bus charging, the Maribor pilot showcases how circular economy models can optimize energy use, reduce costs, and improve public transport efficiency. This initiative serves as a blueprint for future investments in sustainable urban transport infrastructure.

Vir: https://circularity4publictransport.eu/best_practice/use-of-used-batteries-to-store-energy-for-powering-a-fast-charger/

2.2. Strategija za ohranjanje in ponovno pridobivanje vrednosti ter optimizacijo izgradnje infrastrukture javnega prevoza v skladu z novimi vrednostnimi verigami življenjskega cikla



Slika 3. Sektor infrastrukture v strukturi kompasa krožnosti

Infrastruktura javnega prevoza, kot so železniške proge, postaje, depoji, električne podpostaje in operative stavbe, predstavlja enega največjih virov vgrajenih emisij in porabe materialov v prometnem sektorju. Emisije in vplivi na okolje nastajajo ne le med obratovanjem, temveč predvsem v fazah načrtovanja, gradnje, vzdrževanja in konca življenjske dobe, pri čemer se uporabljajo ogljično intenzivni materiali, kot so beton, jeklo in baker, ter linearne gradbene in rušilne prakse

Pristop krožnega gospodarstva omogoča organom in upravljavcem javnega prevoza prehod z zamenjave sredstev na upravljanje sredstev, s čimer se poveča vrednost infrastrukture v celotnem življenjskem ciklu, hkrati pa se zmanjša količina odpadkov in izkoriščanje virov. Z uporabo načel krožnega gospodarstva v celotnem življenjskem ciklu infrastrukture - načrtovanju, gradnji, obratovanju, vzdrževanju in razgradnji - lahko infrastruktura javnega prevoza

postane bolj odporna, stroškovno učinkovita in okoljsko trajnostna.

Ta strategija, ki temelji na kompasu krožnosti CE4CE in okviru **AVOID-EXTEND-TRANSFORM-ENABLE (AETE)**, uvaja sistemski pristop k infrastrukturi, ki daje prednost zgodnjim odločitvam pri načrtovanju, optimizaciji življenjskega cikla in sodelovanju med vrednostnimi verigami.

Posebni cilji strategije so:

- Zmanjšanje vgrajenega ogljika in porabe materialov v novih infrastrukturnih projektih.
- Podaljšati življenjsko dobo in funkcionalno vrednost obstoječih infrastrukturnih sredstev.
- Omogočiti ponovno uporabo, predelavo in recikliranje infrastrukturnih komponent.
- Izboljšati preglednost in sledljivost materialov in objektov skozi njihove življenjske cikle.
- Okrepiti vlogo javnih naročil in digitalnih orodij pri spodbujanju krožnih rezultatov

2.2.1 Pristopi

Krožna strategija za infrastrukturo javnega prevoza preusmerja poudarek z linearnih ciklov gradnje in zamenjave na dolgoročno upravljanje sredstev in optimizacijo vrednosti življenjskega cikla. Infrastruktura, kot so tire, depoji, postaje in podpostaje, predstavlja glavni vir vgrajenih emisij zaradi ogljično intenzivnih materialov, kot sta cement in jeklo. Odločitve, sprejete med načrtovanjem in projektiranjem, zato določajo okoljske in finančne vplive za desetletja. Vključitev krožnih načel v tej fazi omogoča organom in izvajalcem javnega prevoza, da se izognejo nepotrebnim rabam materialov, zmanjšajo preveliko dimenzioniranje ter dajo prednost trajnim, prilagodljivim in modularnim rešitvam. Nadomestitev novih materialov z recikliranimi ali nizkoogljičnimi alternativami ter uporaba metod ocenjevanja življenjskega cikla (LCA) in stroškov življenjskega cikla (LCC) podpirajo utemeljene investicijske odločitve, ki uravnotežajo okoljsko učinkovitost in ekonomsko izvedljivost.

Med gradnjo in obratovanjem postane podaljšanje življenjske dobe sredstev najučinkovitejši krožni vzvod. Preventivno in prediktivno vzdrževanje, podprto s senzorji, analizo podatkov in digitalnimi sistemi za upravljanje sredstev, omogoča upravljavcem zgodnje odkrivanje poškodb in optimizacijo intervencijskih ciklov. To zmanjša prezgodnjo zamenjavo, ohranja vgrajeno vrednost in poveča zanesljivost storitev. Komponente infrastrukture, kot so tirnice, balast in električni elementi, se pogosto lahko ponovno uporabijo znotraj omrežij ali dodelijo manj zahtevnim uporabam. Krepitev teh praks zahteva usklajevanje med upravljavci, upravljavci infrastrukture in dobavitelji, pa tudi jasnejše evidence sredstev in sisteme za spremljanje stanja.

Da bi še dodatno povečali ohranjanje vrednosti, lahko trgi rabljenih izdelkov in digitalne izmenjevalne platforme olajšajo strukturirano ponovno kroženje komponent po omrežjih. Pregledni standardi kakovosti in mehanizmi sledljivosti so bistveni za vzpostavitev zaupanja med akterji in širitev ponovne uporabe prek posameznih primerov. Hkrati morajo strategije javnega naročanja obravnavati odvisnost od dobaviteljev in omejeno razpoložljivost nadomestnih delov s spodbujanjem modularne zasnove, popravljivosti in dolgoročnih zavez glede vzdrževanja.

Ob koncu življenjske dobe je treba ponovni uporabi dati prednost pred recikliranjem. Medtem ko je mogoče kovine, kot sta jeklo in baker, učinkovito ponovno uporabiti, drugi materiali zahtevajo izboljšano ločevanje, logistiko in sodelovanje s specializiranimi podjetji za recikliranje. Vključitev vidikov razstavljanja že v fazi načrtovanja izboljša prihodnje stopnje pridobivanja nazaj. Kadar ponovna uporaba ni izvedljiva, se infrastrukturo lahko preusmeri v alternativne funkcije, s čimer se izogne emisijam, povezanim z rušenjem, in ohrani strukturna vrednost.

V vseh fazah življenjskega cikla sta javna naročila in upravljanje osrednji vzvodi za uresničevanje ciljev. Z vključitvijo meril krožnega gospodarstva, stroškov življenjskega cikla in zahtev, temelječih na uspešnosti, v razpise in pogodbe lahko javni organi vplivajo na dobavne verige in spodbujajo inovacije. Digitalna orodja, kot so modeliranje informacij o stavbah (BIM) in sistemi za sledenje materialov, krepijo preglednost življenjskega cikla, podpirajo optimizacijo količin in olajšujejo dolgoročno upravljanje sredstev. Nazadnje, uspešno izvajanje je odvisno od krepitev notranjih zmogljivosti in medsektorskega sodelovanja, ki povezuje zainteresirane strani s področij prometa, gradbeništva, ravnanja z odpadki in energetike. Ti pristopi skupaj omogočajo, da se infrastrukturni sistemi preusmerijo z gradbenih modelov, ki porabijo veliko virov, k odpornim krožnim sistemom sredstev, ki ohranjajo vrednost.

2.2.2 Ključni dejavniki

Krožna preobrazba infrastrukture javnega prevoza zahteva več kot le tehnične prilagoditve; odvisna je od pogojev, ki podpirajo dolgoročno, na življenjski cikel usmerjeno odločanje. Digitalna orodja, okviri upravljanja, ekosistemi inovacij in ustrezne tehnologije ustvarjajo temelj za zmanjšanje vgrajenih emisij, podaljšanje življenjske dobe sredstev in izboljšanje izkoriščanja vrednosti. Naslednji dejavniki zagotavljajo strukturno in organizacijsko podporo, potrebno za učinkovito in obsežno izvajanje strategij krožne infrastrukture.






 Digitalizacija	 Upravljanje	 Inovacije	 Tehnologija	 Dodatni dejavniki
Uporaba BIM za načrtovanje življenjskega cikla, optimizacijo materialov in načrtovanja z vidika razstavljanja.	Vključitev ciljev krožnega gospodarstva v načrtovanje infrastrukture in strategije naložb v infrastrukturo.	Pilotni projekti za ponovno uporabo in obnovo elementov gradbene infrastrukture.	Uporaba gradbenih materialov z nizkimi emisijami ogljika in iz recikliranih surovin	Usposabljanje osebja in krepitev notranjih zmogljivosti na področju upravljanja infrastrukture v okviru krožnega gospodarstva .
Digitalni sistemi za upravljanje sredstev za spremljanje stanja, starosti in zmogljivosti.	Sistematična uporaba LCC in LCA pri javnih naročilih in ocenjevanju projektov.	Razvoj trgov rabljenih izdelkov in izmenjevalnih platform.	Modularni in standardizirani infrastrukturni elementi.	• Dostop do financiranja za obnovo in naložbe, ki temeljijo na življenjskem ciklu.
Orodja za prediktivno vzdrževanje (senzorji, umetna inteligenca, analiza podatkov) za podaljšanje življenjske dobe infrastrukture.	Merila za krožno javno naročanje, ki spodbujajo trajnost, modularnost in reciklabilnost.	Na uspešnosti temelječi in storitveno usmerjeni modeli sklepanja pogodb.	Napredne tehnologije za inšpekcijo in strukturno spremljanje.	Standardizirana navodila za ponovno uporabo in recikliranje.
Digitalni inventarji materialov in potni listi za podporo ponovni uporabi in predelavi.	Jasne odgovornosti za vzdrževanje, obnovo in faze ob koncu življenjske dobe.	Sodelovanje z inovatorji iz raziskovalnega in gradbenega sektorja.	Učinkovite tehnike razstavljanja in ločevanja materialov.	Medsektorsko sodelovanje med akterji na področju prometa, gradbenišva in ravnanja z odpadki.
Integrirane podatkovne platforme za spremljanje vgrajenih emisij in porabe virov.	Usklajenost z evropskimi predpisi o odpadkih, gradbeništvu in podnebjju.	Sodelovanje v evropskih mrežah za izmenjavo znanja.	Nadgradljive in prilagodljive zasnove infrastrukture.	Okviri za spremljanje in kazalniki uspešnosti.

Tabela 2. KKLjučni dejavniki infrastrukturnih strategij v javnem prometu

2.2.3 Primeri dobre prakse



Reuse of carbon-intensive materials

Dobra praksa 1:

Uporaba nizkoogljičnih materialov v objektih javnega prevoza

Lokacija: Neapelj, Italija

Osrednje področje: Zavrnitev uporabe materialov z visokimi emisijami ogljika



Glavna železniška postaja v Neaplju

Cilji: izboljšanje arhitekturne kakovosti postaje ter zagotovitev strukturne stabilnosti in trajnosti z uporabo lesa kot glavnega konstrukcijskega elementa. Ta material zagotavlja strukturno zanesljivost in stroškovno učinkovitost, hkrati pa znatno zmanjšuje okoljski odtis. Poleg tega lahka teža lesa omogoča hitrejšo gradnjo, kar zmanjšuje skupno porabo energije med montažo.

Izzivi:

- Skrbi glede trajnosti in požarne varnosti
- Prožno strukturno obnašanje povzroča težave pri zagotavljanju zanesljive poravnave in delovanja na postajah z vrati na peronih.

Zaključek: Ta projekt dokazuje, da lahko mesta z vključevanjem recikliranih in krožnih materialov, kot je les, v infrastrukturo javnega prevoza dosežejo nižje vgrajene emisije ogljika, večjo učinkovitost virov in večjo trajnost življenjskega cikla.

Vir: <https://www.arup.com/insights/material-change-can-timber-play-a-role-in-sustainable-rail-infrastructure>

<https://www.archdaily.com/970506/new-images-reveal-embs-timber-central-station-in-naples>



Reuse spare parts and components

Dobra praksa 2:

Ponovna uporaba močno obrabljenih stikal za trolejbus

Lokacija: Szeged, Madžarska

Področje: Ponovna uporaba rezervnih delov in komponent



Trolejbus v Szegedu

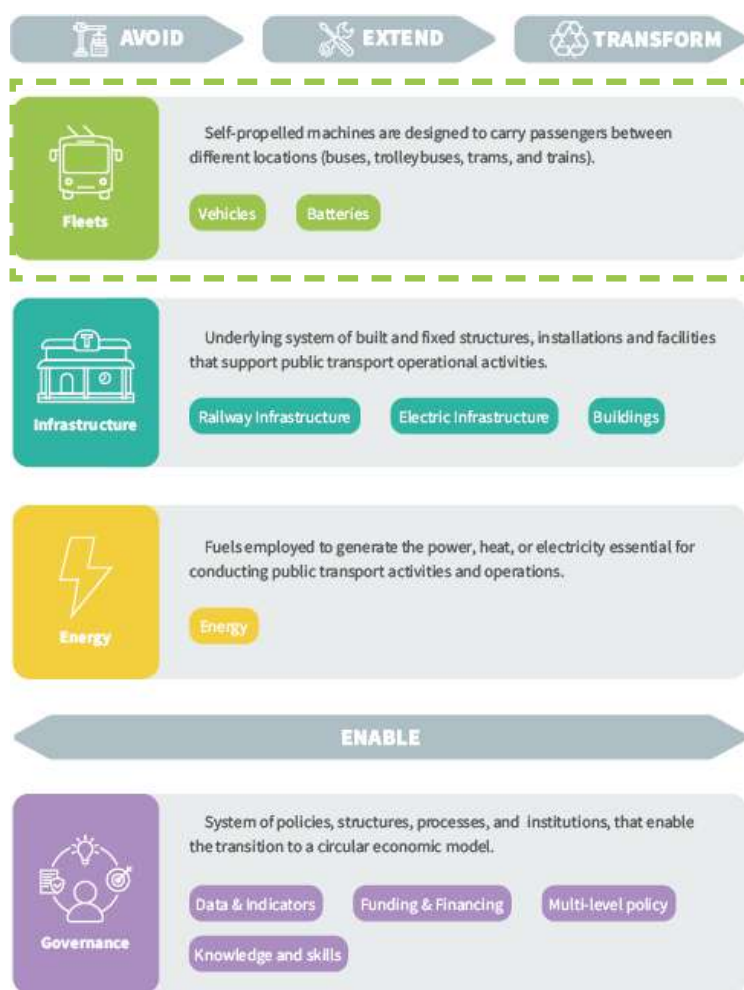
Cilji: zamenjava najbolj obrabljenih stikal za trolejbus na kritičnih lokacijah z novimi enotami in premestitev obrabljenih stikal na manj prometne dele omrežja, in sicer v trolejbusni depo na Körtöltés utca, kjer se bodo še naprej uporabljala.

Izziv: stikala trolejbusov se različno obrabljajo, odvisno od njihove lokacije in pogostosti uporabe.

Zaključek: sistem ima koristi tako od izboljšane zanesljivosti na ključnih križiščih kot tudi od podaljšane uporabe dragocenih materialov, s ciljem podvojiti običajno 15-20-letno življenjsko dobo komponent. Pobuda zmanjšuje količino odpadkov in ponuja prilagodljiv model za trajnostno upravljanje sredstev v javnem električnem prometu. S prilagajanjem strategij upravljanja življenjskega cikla sredstev načelom krožnega gospodarstva, ki se spodbujajo v okviru projekta CE4CE, bo rešitev iz Szegeda zagotovila tudi vzorec za druge prevoznike, ki želijo sprejeti podobne strategije ponovne uporabe infrastrukture.

Vir: https://circularity4publictransport.eu/best_practice/demonstration-on-how-to-prolong-the-lifespan-of-electric-public-transport-infrastructure-reutilizing-heavily-used-trolleybus-switches-in-szeged-hungary/

2.3. 2.3. Strategija za ohranjanje in ponovno pridobivanje vrednosti ter optimizacijo dobave voznega parka/vozil v okviru novih vrednostnih verig življenjskega cikla



Slika 4. Sektor voznega parka v strukturi kompasa krožnosti v drugem življenjskem ciklu.

Ta strategija, ki temelji na kompasu krožnosti CE4CE in okviru **AVOID-EXTEND-TRANSFORM-ENABLE (AETE)**, obravnava vozila, baterije in vzdrževanje kot medsebojno povezane podsisteme ter opredeljuje javna naročila kot ključno točko za sistemsko spremembo

Posebni cilji strategije so:

- Zmanjšati vpliv materialov in energije med načrtovanjem in proizvodnjo vozil.
- Podaljšati življenjsko dobo vozil in ključnih komponent.
- Omogočiti ponovno uporabo, obnovo in predelavo voznega parka in baterij.
- Izboljšati sledljivost in odgovornost skozi celoten življenjski cikel voznega parka.
- Vključitev meril krožnega gospodarstva v javna naročila in upravljanje voznega parka

Javni prevoz - vozni park avtobusov, trolejbusov, tramvajev in podzemnih vozil - ima osrednjo vlogo pri dekarbonizaciji sistemov mobilnosti. Elektrifikacija se po vsej Evropi pospešuje, vendar brez pristopa krožnega gospodarstva ta prehod tvega, da se vplivi prenesejo na začetne faze, zlasti zaradi intenzivne rabe surovin, energetske intenzivnih proizvodnih procesov in naraščajočih tokov odpadkov ob koncu življenjske dobe, zlasti za baterije in elektronske komponente

Pristop krožnega gospodarstva omogoča prevoznikom v javnem prometu (PTO) in organom (PTA), da presežejo cikle zamenjave vozil in namesto tega upravljajo vozni park kot sredstva z dolgoročno vrednostjo. S sprejetjem razmišljanja o življenjskem ciklu pri javnih naročilih, obratovanju, vzdrževanju in izločitvi iz obratovanja lahko krožne strategije zmanjšajo vgrajene emisije, podaljšajo življenjsko dobo vozil, optimizirajo uporabo virov in ustvarijo nove tokove vrednosti prek ponovne uporabe, obnove in uporabe

2.3.1 Pristopi

Krožna strategija za vozni park in vozila se osredotoča na upravljanje avtobusov, tramvajev, podzemnih vozil in njihovih komponent kot sredstev z dolgoročno vrednostjo in ne kot izdelkov s kratkim ciklom zamenjave. Elektrifikacija zmanjšuje emisije med obratovanjem, vendar proizvodnja vozil in baterij ostaja potratna z vidika virov in odvisna od kritičnih surovin. Krožni pristop zato obravnava celoten življenjski cikel vozila, od zasnove in nabave do obratovanja, obnove in ravnanja ob koncu življenjske dobe.

Največji vpliv na krožnost voznega parka je v fazi javnega naročanja in načrtovanja vozila, kjer lahko odločitve, sprejete pred začetkom obratovanja vozila, za desetletja določijo njegovo okoljsko učinkovitost, zahteve glede vzdrževanja in možnosti ob koncu življenjske dobe. Organi in izvajalci javnega prevoza lahko merila krožnega gospodarstva vključijo neposredno v razpisne specifikacije, tako da zahtevajo izračun stroškov življenjskega cikla (LCC), oceno življenjskega cikla (LCA), modularno arhitekturo vozil, popravljivost, nadgradljivost, zamenljivost baterij in visoko stopnjo izkoristljivosti materialov. Pri električnih avtobusih in drugih vozilih brez emisij lahko specifikacije javnega naročila obravnavajo tudi trajnost baterij, potencial za drugo življenjsko dobo, standardizacijo komponent, razpoložljivost nadomestnih delov ter odgovornosti proizvajalcev za sheme prevzema ali obnove. Z vključitvijo takšnih zahtev že na začetku lahko organi preprečijo prezgodnjo zastarelost, zmanjšajo porabo virov in podaljšajo življenjsko dobo vozil. S tem se odločitve o javnih naročilih preusmerijo s poudarka na začetnih stroških nakupa na skupno vrednost življenjskega cikla, operativno odpornost in dolgoročno okoljsko učinkovitost. Oddelki za javna naročila, proizvajalci in dobavitelji zato igrajo ključno vlogo, saj pogodbene zahteve neposredno vplivajo na zasnovo vozil, izbiro materialov, modele vzdrževanja in krožne poslovne prakse. Pogodbe, ki temeljijo na uspešnosti in so usmerjene v storitve, lahko dodatno spodbujajo trajnost, popravljivost in optimizacijo življenjskega cikla namesto zgodnje zamenjave .

Med zasnovo vozila in načrtovanjem voznega parka se krožnost okrepi z izogibanjem nepotrebnim rabi materialov in prevelikim dimenzioniranjem. Optimizacija velikosti baterij, izbira učinkovitih pogonskih sistemov in prilagodljivih notranjih razporeditev zmanjšuje vgrajene emisije in izboljša operativno učinkovitost. Digitalna simulacijska orodja, programska oprema za modeliranje voznega parka in digitalni dvojčki podpirajo analizo scenarijev in primerjavo tehnologij, kar organom omogoča uravnoteženje operativnih potreb z učinkovitostjo virov.

Podaljšanje življenjske dobe vozil in komponent predstavlja še en ključni ukrep. Preventivno in prediktivno vzdrževanje, podprto z vgrajeno diagnostiko, senzorji in nadzornimi sistemi na podlagi umetne inteligence, omogoča upravljavcem zgodnje odkrivanje poslabšanja stanja in posredovanje, preden pride do okvar. Programi obnove, kot so prenove avtobusov ali tramvajev v sredini življenjske dobe, omogočajo, da strukturne komponente ostanejo v uporabi, medtem ko se posodabljujejo kritični podsistemi. Upravljalci, proizvajalci originalne opreme in ponudniki vzdrževanja morajo tesno sodelovati, da zagotovijo razpoložljivost nadomestnih delov, tehnično dokumentacijo in dolgoročno podporo.

Upravljanje baterij je še posebej pomembno za strategije krožnega voznega parka. Baterije imajo drugačne profile poslabšanja kot vozila in se pogosto lahko ponovno uporabijo za stacionarno shranjevanje energije, ko niso več primerne za pogon. Uvedba

uporabe v drugem življenjskem ciklu zahteva usklajevanje med operaterji, dobavitelji energije, podjetji za recikliranje in integratorji tehnologije. Digitalni potni listi baterij in orodja za spremljanje zmogljivosti izboljšujejo sledljivost in olajšujejo ponovno uporabo, medtem ko skladnost z razvijajočimi se predpisi EU o baterijah podpira strukturirane poti predelave in recikliranja.

Ob koncu življenjske dobe je treba vozila in komponente zasnovati in upravljati tako, da se olajša razstavljanje, ločevanje materialov in visokokakovostno recikliranje. Modularna konstrukcija, reverzibilne povezave in jasna dokumentacija izboljšujejo stopnje predelave in zmanjšujejo količino odpadkov. Sodelovanje med proizvajalci, razstavljavci in reciklatorji je bistveno za zapiranje materialnih krogov in ponovno vključevanje dragocenih kovin in komponent v nove proizvodne cikle.

V vseh fazah življenjskega cikla sta ključnega pomena upravljanje in krepitev notranjih zmogljivosti. Strategije obnove voznega parka morajo biti usklajene z dolgoročnimi cilji na področju podnebja in krožnega gospodarstva, podprte s preglednimi kazalniki uspešnosti in okviri za spremljanje. Sodelovanje v sektorskih mrežah in evropskih pobudah omogoča prevoznikom, da si izmenjujejo pridobljena spoznanja in pospešijo ponovno uporabo inovativnih pristopov.

Vsi ti ukrepi skupaj spreminjajo upravljanje voznega parka iz linearnega modela zamenjave v pristop vrednostne verige, ki temelji na življenjskem ciklu. Z združevanjem vpliva javnih naročil, digitalnih orodij, predvidljivega vzdrževanja, ponovne uporabe baterij in odgovornega ravnanja ob koncu življenjske dobe lahko organi javnega prevoza in operaterji zmanjšajo odvisnost od surovin, optimizirajo stroške življenjskega cikla in okrepijo odpornost pri prehodu na podnebno nevtralne sisteme mobilnosti.

2.3.2 Ključni dejavniki

Krožna preobrazba voznega parka zahteva več kot le izboljšave v tehnologiji vozil; odvisna je od strukturnih in organizacijskih pogojev, ki omogočajo optimizacijo življenjskega cikla. Digitalna orodja, napredni okviri za javna naročila, partnerstva za inovacije in ustrezne tehnološke odločitve zagotavljajo temelj za podaljšanje življenjske dobe vozil, omogočajo ponovno uporabo baterij in zagotavljajo odgovorno ravnanje z vozili ob koncu njihove življenjske dobe. Naslednji dejavniki pomagajo organom javnega prevoza, prevoznikom in dobaviteljem pri vključevanju krožnosti v celoten življenjski cikel voznega parka.

 Digitalizacija	 Upravljanje	 Inovacije	 Tehnologija	 Dodatni dejavniki
Uporaba digitalnih dvojčkov in orodij za simulacijo voznega parka za načrtovanje voznega parka na podlagi življenjskega cikla in primerjavo tehnologij.	Vključevanje meril krožnega gospodarstva v nabavo železniškega voznega parka, vključno z zahtevami glede trajnosti, popravljivosti in reciklabilnosti.	Pilotni projekti za preizkušanje uporabe baterij v drugem življenjskem ciklu in modelov ponovne uporabe.	Uvedba modularne zasnove vozil, ki omogoča popravila, nadgradnjo in lažjo razstavitev.	Krepitev zmogljivosti ekip za nabavo in vzdrževanje na področju krožnega upravljanja vozil.
Uvedba sistemov za diagnostiko na vozilu in predvidljivo vzdrževanje (senzorji, umetna inteligenca, analiza podatkov) za podaljšanje življenjske dobe vozil in komponent.	Sistematična uporaba stroškov življenjskega cikla (LCC) in ocene življenjskega cikla (LCA) pri odločitvah o obnovi voznega parka.	Razvoj programov obnove in posodobitve v sredini življenjske dobe za avtobuse in železniška vozila.	Uporaba energetske učinkovitih pogonskih sistemov in tehnologij za rekuperacijo energije.	Dostop do mehanizmov financiranja, ki podpirajo obnovo in naložbe, temelječe na življenjskem ciklu.
Uvedba digitalnih sistemov za upravljanje sredstev za spremljanje stanja in zmogljivosti vozil.	Jasna razdelitev odgovornosti za vzdrževanje, obnovo in faze ob koncu življenjske dobe.	Storitveno usmerjeni in na zmogljivosti temelječi modeli sklepanja pogodb, ki spodbujajo trajnost.	Uvedba naprednih sistemov za upravljanje akumulatorjev za optimizacijo zmogljivosti in življenjske dobe.	Standardizirana navodila za popravilo, ponovno uporabo in recikliranje sestavnih delov vozil.
Uvedba digitalnih potnih listov za baterije za izboljšanje sledljivosti, ponovne uporabe in skladnosti z zakonodajo.	Usklajevanje z regulativnimi okviri EU (npr. Direktiva o čistih vozilih, Uredba EU o baterijah).	Sodelovanje s proizvajalci, raziskovalnimi ustanovami in start-upi na področju krožnega oblikovanja vozil.	Uporaba načel oblikovanja za razstavljanje v industriji za izboljšanje recikliranja in predelave surovin.	Medsektorsko sodelovanje med prevozniki, dobavitelji energije in podjetji za recikliranje.
Vključitev podatkov o življenjskem ciklu v platforme za upravljanje voznih parkov za podporo odločitvam o obnovi in zamenjavi.	Dolgoročne strategije za vozni park, usklajene s cilji podnebne nevtralnosti in učinkovite rabe virov.	Sodelovanje v evropskih in sektorskih mrežah za izmenjavo najboljših praks in širjenje rešitev.	Vključitev prilagodljivih tehnologij polnjenja in shranjevanja za podporo spreminjajočim se potrebam voznega parka.	Okviri za spremljanje in kazalniki uspešnosti za spremljanje uspešnosti krožne flote.

Tabela 3. Ključni dejavniki strategij voznih parkov v javnem prevozu

2.3.3 Primeri dobrih praks



Redesign operations
for more ridership

Dobra praksa 1:

Orodje za simulacijo digitalnega dvojnika e-koridorja

Lokacija: Gdynia, Poljska

Področje: Preoblikovanje operacij za energetsko učinkovitejše rešitve



E-avtobus v Gdyniji

Vir: https://circularity4publictransport.eu/best_practice/a-digital-twin-a-circular-economy-business-tool-for-public-transport-planners-and-operators/

Cilji: Razvit je bil digitalni dvojček za simulacijo različnih scenarijev elektrifikacije in polnjenja za koridorje javnega prevoza v mestu. Orodje podpira optimizirano dimenzioniranje baterij, souporabo infrastrukture in porabo energije, kar omogoča načrtovanje voznega parka, ki je učinkovito z vidika virov, ter podaljšuje življenjsko dobo sredstev z odločanjem na podlagi ustreznih informacij

Izzivi:

- Javni prevoz je „nizkoogljičen“, vendar še vedno intenziven glede porabe virov in nastajanja odpadkov
- Razpoložljivost podatkov + integracija med vozili in infrastrukturo

Zaključek: Na splošno lahko digitalni dvojček služi kot odlično izhodišče za kompleksno in natančno analizo stroškov in koristi za integrirano elektrifikacijo javnega prevoza. V končni fazi naj bi se simulacijski digitalni dvojček na podlagi strokovnega pregleda in povratnih informacij uporabnikov prenesel v univerzalno, priročno in uporabno orodje za krožno poslovno načrtovanje za elektrificirane flote javnega prevoza in infrastrukturo

Retrofit existing
vehicle fleet



Dobra praksa 2:

Prerabljeni dizelski avtobusi, predelani v električna vozila

Lokacija: Ankara, Turčija

Področje: Posodobitev obstoječega voznega parka



Prenovljen električni avtobus v Ankari

Vir: <https://academic.oup.com/ijlct/article/doi/10.1093/ijlct/ctae049/7723583>

<https://aim2flourish.com/innovations/buses-that-come-alive-again-with-electricity-7>

Cilji: pospešiti prehod na bolj ogljično nevtraln in okolju prijazen rešitev za javni prevoz, ki podaljšuje življenjsko dobo avtobusov na krožni način.

Pri tej inovaciji se karoserija, šasija in osi ohranijo v originalni obliki, stari pogonski sistemi pa se zamenjajo z električnim motorjem, akumulatorskimi sklopi in sistemi za upravljanje akumulatorjev, s čimer se vozilo preoblikuje v 100-odstotno električni avtobus.

Izzivi:

- omejen doseg, nezadostna infrastruktura za polnjenje, visoki začetni stroški nakupa

Zaključek: Skratka, predelava starih dizelskih avtobusov v električne avtobuse je praktičen in trajnosten način za modernizacijo javnega prevoza, ki hkrati zmanjšuje količino odpadkov in stroške. Predelava lahko stane le 35-45 % cene novega električnega avtobusa, se povrne v približno 24 mesecih in po 3,5-urnem polnjenju omogoča do 300 km dosega. Čeprav raziskave kažejo, da predelani avtobusi v nekaterih poletnih razmerah porabijo več energije kot na novo izdelani električni avtobusi, še vedno prinašajo velike okoljske koristi, saj študije o predelavi kažejo za 28-42 % nižje emisije CO₂ in za 57-64 % nižje stroške energije v primerjavi z dizelskimi avtobusi.

3. Akcijski načrti za obravnavanje bistvenih izzivov v sektorju javnega prevoza

Na podlagi izkušenj in rezultatov pilotnih dejavnosti in strategij CE4CE štirje akcijski načrti, predstavljeni v tem priročniku, tehnično testiranje, sodelovanje zainteresiranih strani in strateško razmišljanje pretvarjajo v okvire, usmerjene v izvajanje, prilagojene specifičnim kontekstom projektnih partnerjev: Leipzig Public Transport Company - LVB (Nemčija), Avtobusni prevoznik Gdynia - PKA (Poljska), prevoznika iz Bergama - ATB Mobility (Italija) in Mestne občine Maribor (Slovenija). Akcijski načrti CE4CE obravnavajo širok spekter izzivov, povezanih z infrastrukturo javnega prevoza, voznim parkom, energetske sistemi in operativnim upravljanjem. Ključne teme vključujejo preventivno vzdrževanje, energetska učinkovitost, krožno javno naročanje, souporabo infrastrukture, vključevanje obnovljivih virov energije, ponovno uporabo baterij in upravljanje sredstev, usmerjeno v življenjski cikel.

Čeprav vsak akcijski načrt odraža posebne potrebe in prednostne naloge sodelujočih institucij, vsi prispevajo k skupnemu cilju zmanjševanja količine odpadkov, ohranjanja vrednosti, izboljšanja učinkovitosti rabe virov ter krepitve dolgoročne trajnosti in odpornosti sistemov javnega prevoza. Akcijski načrti, pripravljeni za Maribor, Leipzig, Gdynio in Bergamo, kažejo, kako je mogoče načela krožnega gospodarstva vključiti v načrtovanje mobilnosti, upravljanje infrastrukture, postopke javnega naročanja in operativne prakse prek sodelovanja zainteresiranih strani, digitalizacije, ukrepov upravljanja in postopnih pristopov k izvajanju. Hkrati ponujajo prenosljive izkušnje in praktična navodila za organe javnega prevoza, prevoznike, občine in druge zainteresirane strani, ki želijo podobne pristope uporabiti v svojih mestnih in regionalnih okoljih.

3.1. Akcijski načrt za zajemanje in uporabo odpadne energije iz vlakov ter polnjenje rabljenih baterij z obnovljivimi viri energije v Mariboru, Slovenija



Slika 5. Strateški okvir, ki podpira vizijo javnega prevoza v Mariboru (SUMP).

3.1.1 Strateško ozadje in kontekst za razvoj akcijskega načrta

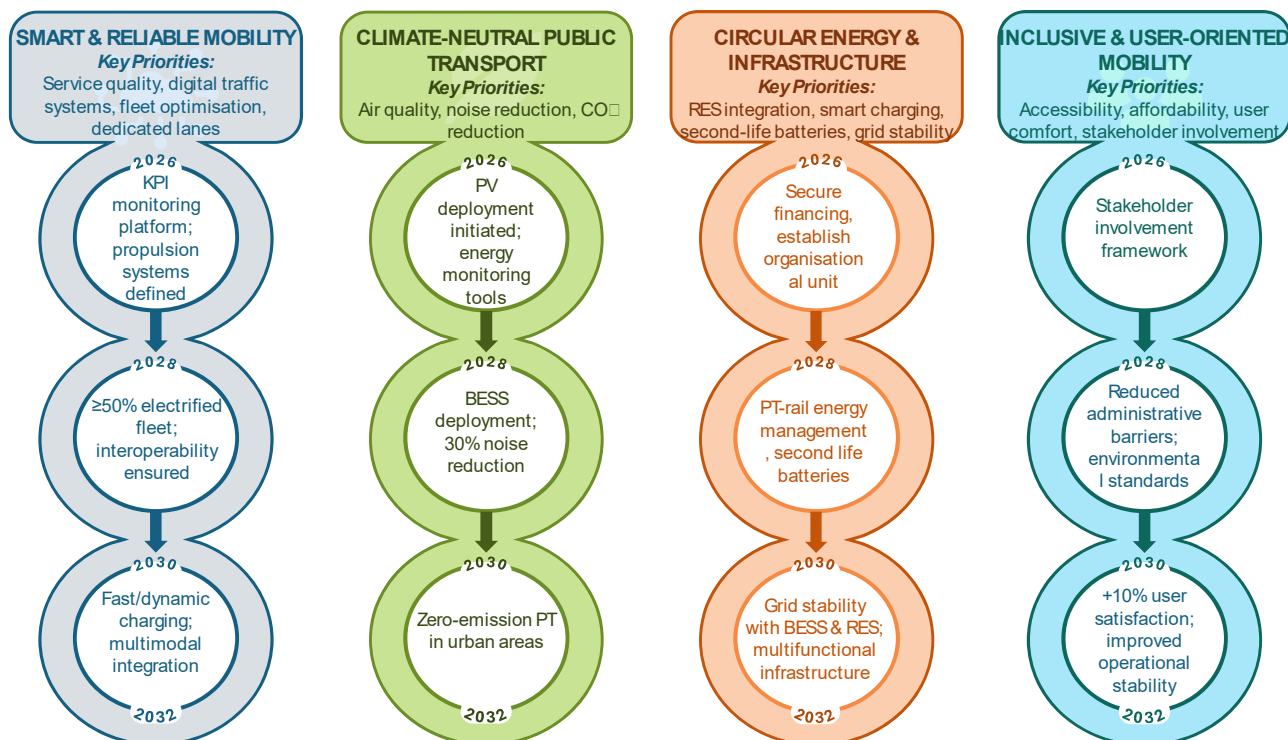
Akcijski načrt Maribora je bil razvit v okviru projekta CE4CE kot posodobitev „Strategije za okoljsko učinkovito večfunkcionalno polnilno infrastrukturo“ iz leta 2022 in je močno vpet v proces občinskega načrta za trajnostno mobilnost v mestih (SUMP). Odgovarja na potrebo po zmanjšanju porabe energije, emisij in neučinkovitosti v sistemu javnega prevoza v Mariboru z uvedbo krožnih in energetska učinkovitih rešitev. Načrt je usklajen z Načrtom za trajnostno mobilnost v mestu Maribor - SUMP Maribor (posodobljen leta 2026), Strategijo prehoda na krožno gospodarstvo Mestne občine Maribor 2024-2030 ter širšimi okviri EU, kot sta Evropska Zeleni dogovor in Akcijski načrt za krožno gospodarstvo, ki podpirata prehod k dekarboniziranemu, energetska učinkovitemu in krožnemu prometnemu sektorju.

Glavni izziv, ki ga obravnava akcijski načrt, je naraščajoče povpraševanje po električni energiji, povezano z elektrifikacijo javnega prevoza. Maribor prehaja s prometnega energetskega sistema, ki temelji na fosilnih gorivih, na bolj koncentriran sistem, ki temelji na električni energiji, kar zahteva močnejšo infrastrukturo za polnjenje, boljše upravljanje z energijo in zmanjšan pritisk na električno omrežje. Analiza zainteresiranih strani je ugotovila več konkretnih ovir: nezadostno vključevanje obnovljivih virov energije, pomanjkanje sistematičnih sistemov za shranjevanje energije v baterijah, omejeno pametno polnjenje, premalo razvita ponovna uporaba baterij in komponent ter šibka povezanost med prometnim, prostorskim in energetskim načrtovanjem. Regulativne omejitve med proizvajalci, distributerji in potrošniki so bile ocenjene kot ena najpomembnejših ovir, skupaj z odvisnostjo od financiranja EU in občine.

Akcijski načrt ni pravno zavezujoč, vendar so njegovi ukrepi vključeni v SUMP Maribora, kar jim daje trdnejšo podlago za izvajanje. Načrt zato deluje kot okvir, usmerjen v izvajanje, ki povezuje cilje na področju mobilnosti, energije in krožnega gospodarstva.

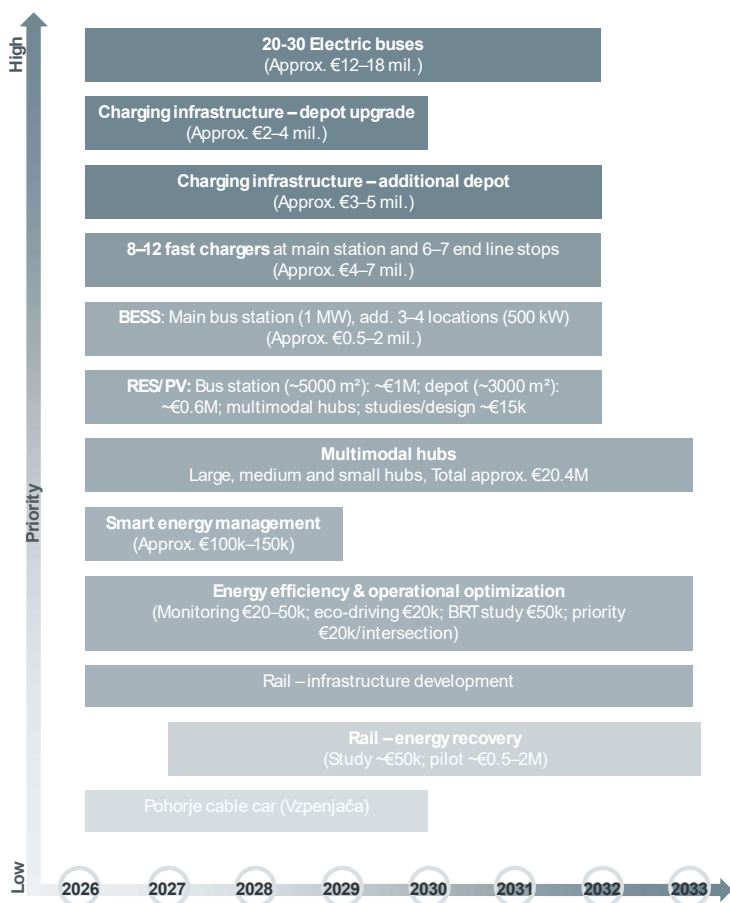
3.1.2 Vizija, cilji in naloge

Vizija mariborskega akcijskega načrta je razviti konkurenčne, energetske učinkovite in trajnostne storitve javnega prevoza z uporabo tehnologij z nizkimi emisijami ogljika in alternativnih virov energije. Cilj je zmanjšati emisije, izboljšati kakovost zraka, znižati ravni hrupa v mestnih območjih, zmanjšati porabo energije za mobilnost ter vzpostaviti uporabniku prijazen, digitalni in družbeno sprejet prometni sistem. Akcijski načrt opredeljuje postopni prehod k nizkoemisijem, energetsko učinkovitemu in uporabnikom prijaznemu sistemu javnega prevoza prek strateških dimenzij in niza srednjeročnih in dolgoročnih mejnikov izvajanja.



Slika 6. Vizija in strateški cilji akcijskega načrta za Maribor

3.1.3 Ključni ukrepi



Slika 7. Ključni ukrepi Maribora in časovni raspored izvajanja

so najpogosteje navedeni viri lokalni skladi, programi financiranja EU, Slovenski ekološki sklad ter prispevki zasebnega sektorja, zlasti za naložbe v obnovljive vire energije

Izvajanje je načrtovano v fazah med letoma 2026 in 2032, pri čemer je predvideno sodelovanje med občinskimi organi, prevozniki v javnem prometu, tehničnimi partnerji in drugimi lokalnimi deležniki. Časovni okvir izvajanja je opredeljen v širših časovnih obdobjih in ne v konkretnih letih. Podrobnejši in operativni časovni okvir je naveden v Mariborskem SUMP, ki služi kot glavni okvir za izvajanje razvoja prometa v mestu.

3.1.4 Spremljanje in vrednotenje

Spremljanje mariborskega akcijskega načrta bo usklajeno z letnim okvirom za spremljanje in poročanje mariborskega SUMP, vendar bo razširjeno, da bo vključevalo kazalnike energije in krožnosti. Mestna občina Maribor bo usklajevala zbiranje in obdelavo podatkov skupaj z glavnimi deležniki, kot so Marprom, Javna družba Maribor, Agencija za energijo, Elektro Maribor in Univerza v Mariboru.

Sistem spremljanja bo uporabljal ključne kazalnike uspešnosti, ki zajemajo mobilnost, okolje, energijo, infrastrukturo, delovanje in vidike, povezane z uporabniki. Kazalniki mobilnosti vključujejo delež potovalnega časa v javnem prevozu, točnost in zanesljivost, število potnikov in zasedenost vozil. Okoljski kazalniki vključujejo emisije CO₂, onesnaževala zraka, kot so NO_x in PM, kjer so na voljo, ter ravni hrupa v mestih. Energetski kazalniki vključujejo porabo energije na vozilo ali potnika, delež obnovljive energije v energetski mešanici javnega prevoza in zmanjšanje konične obremenitve S podpora BESS. Kazalniki infrastrukture vključujejo nameščeno zmogljivost polnjenja, zmogljivost BESS in zmogljivost PV.

Akcijski načrt predlaga paket infrastrukturnih, energetskih, operativnih in upravnih ukrepov. Predlagani ukrepi vključujejo uvedbo električnih avtobusov, širitev infrastrukture za polnjenje, sisteme za shranjevanje energije v baterijah (BESS) in vključevanje obnovljivih virov energije prek fotovoltaičnih (PV) naprav. Ti ukrepi skupaj ciljajo na izboljšanje operativne uspešnosti, zmanjšanje emisij in okrepitev dolgoročne energetske odpornosti.

Ocenjene naložbe se glede na ukrep znatno razlikujejo, od približno 15.000 EUR za pripravljalne študije do okoli 12-18 milijonov EUR za obsežno nabavo električnih avtobusov. Večina ukrepov, povezanih z infrastrukturo, je ocenjena v srednjem naložbenem razponu od približno 0,5 do 7 milijonov EUR.

Izvajanje temelji na kombinaciji mehanizmov financiranja, pri čemer

Podatki bodo izhajali iz sistemov za upravljanje vozniških parkov, orodij za spremljanje energije, podatkov o polnilni infrastrukturi, prometnih analiz, raziskav, spremljanja infrastrukture in zunanjih podatkovnih naborov od dobaviteljev energije. Ocena se bo izvajala vsake 2-3 leta in bo primerjala dosežene rezultate z načrtovanimi cilji, ocenila stroškovno učinkovitost, opredelila ovire za izvajanje in dejavnike uspeha, analizirala vplive na ravni sistema ter vključevala povratne informacije zainteresiranih strani in uporabnikov. Rezultati se bodo uporabili za revizijo ukrepov, izpopolnitev naložbenih prioritet in ohranjanje usklajenosti s SUMP.

3.1.5 Vključevanje zainteresiranih strani v proces priprave in izvajanja

Vključevanje zainteresiranih strani je potekalo prek lokalnih delavnic, posvetovanj s strokovnjaki ter v okviru sodelovanja in skupnega razvoja, ki ga je omogočil projekt CE4CE. V proces so bili vključeni akterji na občinski, regionalni, akademski, energetski, prometni in zasebni ravni ter projektni partnerji. Na občinski ravni so bili glavni udeleženci Mestna občina Maribor, Marprom kot izvajalec javnega prevoza, akterji na področju občinske infrastrukture in javnih del, lokalni dobavitelj energije in daljinskega ogrevanja ter javno podjetje za ravnanje z odpadki. Med regionalnimi akterji sta bili Regionalna razvojna agencija za Podravje-Maribor in regionalna agencija za energijo. Univerza v Mariboru je sodelovala kot glavni akademski in raziskovalni partner. Prispevek s področja tehnologije in zasebnega sektorja so zagotovili distributerji infrastrukture za hitro polnjenje in električnih avtobusov.

Proces sodelovanja se je osredotočil na opredelitev izzivov in potreb za uporabo načel krožnega gospodarstva v javnem prevozu, zlasti v zvezi s porabo energije, obnovljivo



Slika 8. Delavnica zainteresiranih strani o krožnem gospodarstvu in energiji v javnem prometu. Vir: Mestna občina Maribor, CE4CE.

energijo, shranjevanjem energije in ponovno uporabo. Zainteresirane strani so ocenile ovire, kot so šibka integracija obnovljive energije, pomanjkanje pametnega polnjenja, nezadostno spremljanje, regulativne omejitve, zapleteni postopki pridobivanja dovoljenj, šibko usklajevanje med prostorskim, prometnim in energetskim načrtovanjem ter nerazviti sistemi za ponovno uporabo komponent in baterij.

Proces je pomagal opredeliti prednostne naloge akcijskega načrta, vključno z uvedbo sistemov za shranjevanje energije v baterijah (BESS), pametnim polnjenjem, integracijo fotovoltaike, uporabo regenerativne energije v železniškem prometu, multimodalnimi energetskimi vozlišči in izboljšanim upravljanjem. Prav tako je okrepil sodelovanje med zainteresiranimi stranmi s področja prometa in energetike, kar je bilo opredeljeno kot bistveno za izvajanje.

3.1.6 Glavne ugotovitve iz procesa oblikovanja akcijskega načrta

Priprava mariborskega akcijskega načrta je prinesla pomembna strateška in organizacijska spoznanja za prehod k bolj trajnostnemu, energetsko učinkovitemu in krožnemu sistemu javnega prevoza. Proces je izpostavil več pomembnih vidikov, ki so pomembni za prihodnje izvajanje in dolgoročno načrtovanje mobilnosti v mestu:



GLAVNE UGOTOVITVE

Tesna povezanost s procesom SUMP: Tesna usklajenost z načrtom za trajnostno mobilnost v mestih (SUMP) zagotavlja, da so predlagani ukrepi vključeni v mariborski dolgoročni okvir za mobilnost, naložbe in spremljanje.

Postopno in prilagodljivo izvajanje: Zaradi razvijajočih se tehnologij, regulativnih pogojev in finančnih negotovosti bodo za zagotavljanje dolgoročne učinkovitosti in odpornosti predlaganih ukrepov bistvenega pomena stalno spremljanje, ocenjevanje in prilagodljivo upravljanje.

Celostni sistemski pristop: Elektrifikacija mora združevati vidike prometa, energije in prostorskega načrtovanja. Proces je potrdil, da mora elektrifikacijo voznega parka podpirati usklajeno načrtovanje infrastrukture za polnjenje, vključevanje obnovljivih virov energije, sistemov za shranjevanje energije in rešitev za upravljanje z energijo.

Medsektorsko sodelovanje: Močnejše sodelovanje med prevozniki, občinskimi oddelki, dobavitelji energije, akterji na področju infrastrukture in raziskovalnimi institucijami se je med razvojnim procesom izkazalo kot ključni dejavnik.

Digitalizacija in upravljanje na podlagi podatkov: dolgoročno načrtovanje potrebuje sisteme spremljanja, okvire ključnih kazalnikov uspešnosti in orodja za optimizacijo. Ti elementi so bistveni za sprejemanje prilagodljivih, učinkovitih in na dokazih temelječih odločitev glede rešitev za upravljanje z energijo.

Pomen pilotnih in demonstracijskih dejavnosti: Izkušnje iz projekta CE4CE so pokazale, kako pomembno je preizkušanje tehnologij in organizacijskih pristopov pred širitvijo ali širšo uvedbo.

Institucionalne zmogljivosti in strukture upravljanja: Proces je poudaril potrebo po jasnih odgovornostih, dolgoročnem vključevanju zainteresiranih strani in organizacijski pripravljenosti poleg tehničnih rešitev.

Slika 9. Glavni zaključki za Maribor

3.2. Akcijski načrt za optimizacijo vzdrževanja infrastrukture z minimalno invazivnimi vzdrževalnimi deli v Leipzigu, Nemčija

3.2.1 Strateško ozadje in kontekst za razvoj akcijskega načrta

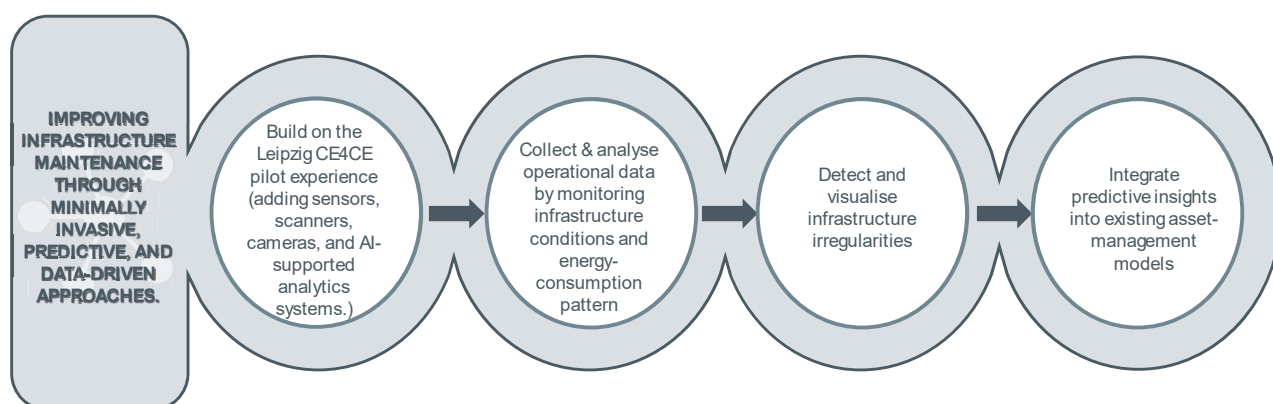
Akcijski načrt za Leipzig je razvila družba Leipzig Transport Company (LVB) v okviru projekta CE4CE, da bi raziskala možnosti za izboljšanje vzdrževanja infrastrukture s pomočjo minimalno invazivnih, predvidljivih in na podatkih temelječih pristopov. Pobuda je odgovor na omejitve tradicionalnih vzdrževalnih praks, ki se še vedno močno opirajo na vizualne preglede, fiksne cikle obnove in reaktivne posege.

Potreba po naprednejših pristopih k vzdrževanju je še posebej pomembna za LVB, ki upravlja eno največjih tramvajskih omrežij v Nemčiji z več kot 300 km prog in visoko frekvenco voženj. Naraščajoče povpraševanje potnikov, rast prebivalstva, politike prehoda na mobilnost in razširjene nočne storitve izvajajo vse večji pritisk na razpoložljivost infrastrukture in učinkovitost vzdrževanja. Hkrati na vzdrževalne dejavnosti vplivajo izzivi, kot so pomanjkanje usposobljene delovne sile, demografske spremembe, zmanjšana razpoložljivost betona in poglobljenega strokovnega znanja, omejena časovna okna za vzdrževanje ter nepopolni podatki o stanju.

Glede na to si akcijski načrt prizadeva podpreti postopni prehod od reaktivnega k predvidljivemu upravljanju sredstev in vzdrževalnim praksam. Pristop temelji na izkušnjah iz pilotnih testov CE4CE v Leipzigu, v okviru katerih so bila tri tramvajska vozila opremljena s senzorji vibracij, kamerami, laserskimi skenerji, sistemi za merjenje pretoka energije, napravami za robno računalništvo in analitičnimi platformami, podprtimi z umetno inteligenco. Pilotne dejavnosti so pokazale potencial uporabe teh tehnologij za podporo zgodnjega odkrivanja in vizualizacije napak na tirih, nepravilnosti na nadzemnih vodih in vzorcev porabe energije v realnih pogojih obratovanja.

Predlagani pristop naj bi dopolnil tudi obstoječe modele LVB za izračun stroškov življenjskega cikla (LCC). Medtem ko metode LCC v prvi vrsti podpirajo dolgoročno finančno načrtovanje, lahko pristopi predvidljivega vzdrževanja zagotovijo dodatno operativno in taktično perspektivo z uporabo aktualnih merilnih podatkov, trendov stanja in napovedi zmogljivosti infrastrukture.

3.2.2 Vizija, cilji in naloge



Slika 10. : Vizija in strateški cilji akcijskega načrta LVB

Vizija akcijskega načrta iz Leipziga je vzpostaviti prilagodljiv pristop prediktivnega vzdrževanja, ki podpira razpoložljivost infrastrukture, učinkovitejšo rabo virov in postopno usklajevanje praks upravljanja sredstev z načeli standarda ISO 55001. Akcijski načrt si prizadeva omogočiti zgodnejše, bolj usmerjene in manj invazivne vzdrževalne posege,

hkrati pa okrepiti povezavo med operativnimi vzdrževalnimi dejavnostmi in strateškim načrtovanjem naložb.

Osrednji cilj je podpreti prehod od intervalnega in reaktivnega vzdrževanja k bolj na podatkih temelječemu sistemu z uporabo senzorjev, analitike, podprte z umetno inteligenco, nadzornih plošč in modelov parametrov. Ta pristop naj bi izboljšal prepoznavanje potencialnih vzorcev poškodb, podprl določanje prednostnih nalog posegov na podlagi tveganja in prispeval k zmanjšanju nepotrebnih obnovitvenih del

Akcijski načrt si nadalje prizadeva vzpostaviti digitalni katalog poškodb, razviti model parametrov za nadzor scenarijev in naložb, integrirati podatke o spremljanju v sisteme, kot so MR.pro®, GIS in ZEDAS, ter podpreti uporabo nadzornih plošč pri operativnem sprejemanju odločitev. Poleg tega načrt raziskuje možnosti za izboljšanje energetske učinkovitosti z analizo porabe energije na vozilo-kilometer in vzorcev vozniškega obnašanja.

Drug pomemben cilj zadeva organizacijsko sodelovanje. Akcijski načrt spodbuja tesnejše sodelovanje med vzdrževanjem, upravljanjem sredstev, digitalizacijo, operativnim delovanjem, nadzorom in zunanjimi partnerji prek skupnih podatkovnih struktur in jasnejših poti odločanja. Prav tako si prizadeva razviti pristope, ki bi jih bilo mogoče prenesti na dodatne tramvajске proge, druge razrede sredstev in avtobusno infrastrukturo v Leipzigu. Izmenjava znanja in izkušenj ter skupni razvoj metodologij ocenjevanja in napovedovanja se lahko prenesejo na druge prevoznike v javnem prometu.

3.2.3 Ključni ukrepi

Akcijski načrt za Leipzig predlaga strukturiran niz ukrepov za podporo vključevanja predvidljivega vzdrževanja v procese upravljanja sredstev, hkrati pa izboljšuje strateško usmerjanje razvoja infrastrukture.

MEASURES

- **Digital damage catalogue:** Records and classifies recurring defects such as rail corrugation, rail breaks, and contact wire defects.
- **Automated fault detection:** Uses sensor data, video inspections, and conventional inspections to identify infrastructure problems.
- **Risk-based prioritisation:** Supports more systematic assessment and ranking of defects based on urgency and impact.
- **Parameter model for scenario analysis:** Combines condition data, lifecycle forecasts, operational impacts, and cost indicators to compare maintenance strategies.
- **Integration of monitoring data:** Connects monitoring outputs with systems such as GIS, MR.pro®, and ZEDAS through interoperable interfaces.
- **Central data platform and dashboards:** Brings together measurement data, images, and fault classifications in map-based visualisations.
- **Organisational development and change management:** Promotes user participation, competence development, interdisciplinary cooperation, and continuous learning.
- **Workshops and stakeholder exchanges:** Gathers user requirements and supports acceptance of new systems and workflows.

Slika 11. Ključni ukrepi v Leipzigu

den od ključnih ukrepov je razvoj digitalnega kataloga poškodb, ki sistematično beleži in razvršča ponavljajoče se napake na infrastrukturi, kot so valovitost tirnic, zlomi tirnic in napake na kontaktni žici. S kombinacijo meritev senzorjev, video inšpekcij in konvencionalnih inšpekcijskih metod naj bi katalog podpiral avtomatizirano odkrivanje napak, določanje prednostnih nalog na podlagi tveganja in bolj standardizirane postopke ocenjevanja. K razvoju tega pristopa prispevajo izkušnje iz pilotnega projekta CE4CE, v okviru katerega so bile preizkušene analize tipičnih vzorcev poškodb, podprte z umetno inteligenco.

Another important measure is the development of a parameter model for scenario analysis and investment control. The model combines condition data, lifecycle forecasts, operational impacts, and cost indicators to support the evaluation of different maintenance strategies and long-term investment options. The methodology is based on three complementary information Virs: precise individual measurements, structured visual inspections, and continuous monitoring data streams. Together, these elements are expected to provide a more robust basis for forecasting infrastructure conditions and analysing potential maintenance scenarios.

Drug pomemben ukrep je razvoj parametričnega modela za analizo scenarijev in nadzor naložb. Model združuje podatke o stanju, napovedi življenjskega cikla, operativne vplive in kazalnike stroškov, da podpira oceno različnih strategij vzdrževanja in dolgoročnih naložbenih možnosti. Metodologija temelji na treh dopolnjujočih se virih informacij: natančnih posameznih meritvah, strukturiranih vizualnih inšpekcijah in neprekinjenih tokovih podatkov iz spremljanja. Skupaj naj bi ti elementi zagotovili trdnejšo podlago za napovedovanje stanja infrastrukture in analizo potencialnih scenarijev vzdrževanja.

Akcijski načrt predvideva tudi vključitev podatkov spremljanja v obstoječe sisteme, kot so GIS, MR.pro® in ZEDAS, prek medsebojno združljivih vmesnikov in centralne podatkovne platforme. Cilj te integracije je omogočiti celovitejši pregled stanja infrastrukture z združevanjem merilnih podatkov, slik in klasifikacij napak v nadzornih ploščah in vizualizacijah na zemljevidih. Odprti in standardizirani vmesniki so pomembni za omogočanje prihodnje širitve sistema in prenosljivosti na druge izvajalce javnega prevoza.

Poleg tehničnih ukrepov akcijski načrt poudarja pomen organizacijskega razvoja in upravljanja sprememb. Predlagani pristop poudarja sodelovanje uporabnikov, razvoj kompetenc, meddisciplinarno sodelovanje in procese neprekinjenega učenja. Delavnice in izmenjave med zainteresiranimi stranmi, ki so potekale med pilotnim projektom CE4CE, so prispevale k zbiranju zahtev uporabnikov in podpirale sprejem novih sistemov in delovnih tokov.

Na podlagi izkušenj, pridobljenih med pilotnim projektom CE4CE v Leipzigu, akcijski načrt predlaga strategijo postopne izvedbe. Ta vključuje opredelitev kritičnih sredstev, razvoj in testiranje napovednih modelov ter postopno vključevanje validiranih orodij in procesov v operativne delovne tokove in dejavnosti strateškega načrtovanja. Iterativni pristop k izvedbi je namenjen zmanjšanju tveganj, podpora organizacijskega učenja in olajšanju postopnega vključevanja praks predvidljivega vzdrževanja v dolgoročne strukture upravljanja sredstev.

3.2.4 Vidiki spremljanja in ocenjevanja v okviru akcijskega načrta

Dejavnosti spremljanja v okviru akcijskega načrta za Leipzig se osredotočajo na oceno, ali pristopi prediktivnega vzdrževanja prispevajo k izboljšavam tehnične zanesljivosti, operativnih procesov in strateških odločitev o upravljanju sredstev. Predlagani okvir spremljanja vključuje več ključnih kazalnikov uspešnosti (KPI), ki so pomembni tudi v

okviru ocenjevanja uspešnosti po standardu ISO 55001.

Predlagani kazalniki vključujejo zgodnje odkrivanje napak, preden postanejo kritične, zmanjšanje neplaniranih vzdrževalnih ukrepov, razpoložljivost infrastrukture, energetska učinkovitost in kazalnike kakovosti podatkov, kot so čas delovanja senzorjev in zanesljivost prenosa podatkov. Dodatni kazalniki lahko vključujejo odzivne čase med odkrivanjem napak in popravljivimi ukrepi ter potencialne prihranke pri stroških, ki izhajajo iz preprečenih popravil in podaljšane življenjske dobe sredstev.

Zbiranje podatkov naj bi temeljilo na avtomatiziranih senzorskih sistemih in podatkovnih platformah, dopoljenih s primerjavami s podatki MR.pro®, inšpekcijami na kraju samem, anketami in obstoječimi metodami ocenjevanja. Dejavnosti ocenjevanja naj bi združevale avtomatizirano analizo s povratnimi informacijami strokovnjakov in rednimi usklajevalnimi sestanki med ekipami za upravljanje sredstev, vzdrževanje in digitalizacijo. Rezultati pilotnih dejavnosti in faz uvajanja naj bi prispevali k nenehnemu izboljševanju algoritmov, prilagoditvam sistema in procesom načrtovanja vzdrževanja. Dolgoročno naj bi dejavnosti spremljanja podpirale procese nadzora naložb in načrtovanja vzdrževanja z odločanjem, ki temelji na več podatkih.

3.2.5 Vključevanje zainteresiranih strani v proces priprave in izvajanja

Akcijski načrt Leipziga temelji na tesnem sodelovanju med notranjimi oddelki LVB, zunanji tehničnimi partnerji in drugimi občinskimi podjetji, ki so del skupine „L“, ki jo vodi Mestna občina Leipzig (Stadt Leipzig). Znotraj LVB ima upravljanje sredstev vodilno vlogo pri vključevanju pristopov predvidljivega vzdrževanja v strateško upravljanje infrastrukture. IFTEC (odgovoren za velik del tehničnega vzdrževanja in inženirskih storitev v zvezi z javnim prevoznim sistemom v Leipzigu) prispeva k tehnični izvedbi, kalibracijskim dejavnostim in povratnim informacijam glede vzorcev poškodb in vzdrževalnih ukrepov. Ekipa za digitalizacijo podpira razvoj podatkovnih platform, nadzornih plošč in vmesnikov, medtem ko operativno osebje in vozniki prispevajo operativne povratne informacije v zvezi z udobjem vožnje in motnjami v storitvah. Enote za nadzor in načrtovanje naložb so vključene v uporabo parametričnih modelov za pripravo proračuna in razvoj scenarijev.

Zunanji partnerji prispevajo rešitve strojne opreme, tehnologije robnega računalništva, sisteme za spremljanje, analitiko, podprto z umetno inteligenco, in orodja za analizo porabe energije. Pilotni projekt CE4CE je vključeval sodelovanje z organizacijami, med katerimi so IFTEC, Kruch Railways (tudi partner CE4CE), CI4RAIL, CEMIT in PantoHealth. Univerze in raziskovalne ustanove so zagotovile tehnično in metodološko podporo, medtem ko so občinski deležniki prispevali povezave do pobud pametnih mest in mestnih podatkovnih platform.

Dejavnosti vključevanja zainteresiranih strani so vključevale delavnice za opredelitev zahtev in izbiro sistema, redna usklajevalna srečanja, usposabljanja in oblike pregleda s strani zainteresiranih strani. Med pilotno fazo so te dejavnosti podpirale zbiranje povratnih informacij uporabnikov, zlasti voznikov tramvajev, preizkušanje sprejemljivosti sistema ter skupni razvoj nadzornih plošč in vmesnikov.

3.2.6 Glavne ugotovitve iz procesa oblikovanja akcijskega načrta

Proces razvoja akcijskega načrta za Leipzig kaže, da lahko pristopi predvidljivega vzdrževanja ponujajo znaten potencial, če so vključeni v vsakodnevne vzdrževalne dejavnosti in strateške procese upravljanja sredstev. Izkušnje iz pilotnega projekta CE4CE so pokazale, da lahko tehnologije, kot so senzorji, sistemi spremljanja in analitika,



GLAVNE UGOTOVITVE

Potencial prediktivnega vzdrževanja: Prediktivno vzdrževanje lahko prinese znatno dodano vrednost, če je vključeno v vsakodnevno vzdrževanje in strateško upravljanje sredstev.

Postopna in prilagodljiva izvedba: Zaradi razvijajočih se tehnologij, regulativnih pogojev in finančnih negotovosti bodo za zagotavljanje dolgoročne učinkovitosti in odpornosti predlaganih ukrepov bistvenega pomena stalno spremljanje, ocenjevanje in prilagodljivo upravljanje.

Vrednost neprekinjenega spremljanja: Neprekinjeno spremljanje dopolnjuje vizualne preglede in modele stroškov življenjskega cikla, saj omogoča bolj dinamične odločitve, utemeljene na podatkih.

Več kot le fiksni cikli obnove: Kombinacija podatkov v realnem času z obstoječimi metodami upravljanja sredstev lahko pripomore k boljšemu časovnemu načrtovanju vzdrževanja in obnov.

Potrebe po organizacijskih spremembah: Uspešna digitalizacija zahteva usposabljanje, sprejemanje s strani uporabnikov, podatkovno pismenost, revidirane odgovornosti in dolgoročno upravljanje sprememb.

Možnosti prenosa: Modularni, za železniški promet certificiran sistem bi se lahko razširil na druge tramvajске proge, infrastrukturna sredstva in aplikacije, povezane z avtobusi.

Dolgoročna institucionalizacija: Trajna uporaba bo odvisna od stabilnega financiranja, integracije sistema, zmogljivosti osebja in usklajenosti s procesi upravljanja sredstev LVB.

Slika 12. Glavne ugotovitve iz procesa priprave akcijskega načrta v Leipzigu

podprta z umetno inteligenco, prispevajo k prepoznavanju kritičnih odsekov prog, napak na tirih, nepravilnosti na nadzemnih vodih in drugih infrastrukturnih težav v operativnih pogojih.

Ena od pomembnih ugotovitev je dodana vrednost neprekinjenega spremljanja kot dopolnila obstoječih pristopov k upravljanju sredstev. Kombinacija trenutnih merilnih podatkov z vizualnimi pregledi in modeli stroškov življenjskega cikla lahko v primerjavi s fiksnimi cikli obnove omogoči bolj dinamično in utemeljeno odločanje.

Proces je prav tako poudaril, da digitalizacija ni zgolj tehnični izziv, ampak tudi organizacijski. Izobraževalne dejavnosti, sprejemanje s strani uporabnikov, podatkovna pismenost, revidirane odgovornosti in dolgoročni procesi upravljanja sprememb se zdijo bistveni za zagotovitev, da se nadzorne plošče in analize, podprte z umetno inteligenco, lahko učinkovito vključijo v operativno prakso.

Nazadnje, akcijski načrt kaže potencial za prenos izven pilotnega okolja. Pilotni projekt je temeljil na železniško certificiranih komponentah, skladnih s standardoma EN 50155 in EN 45545, medtem ko lahko modularna arhitektura sistema podpira prihodnjo širitev na dodatne tramvajске proge, druga infrastrukturna sredstva in potencialno aplikacije, povezane z avtobusi, kot je infrastruktura za polnjenje. Hkrati bo dolgoročna institucionalizacija pristopov predvidljivega vzdrževanja verjetno odvisna od stabilnega financiranja, integracije sistema, zmogljivosti osebja in njihove nadaljnje integracije v širše procese upravljanja sredstev LVB.

3.3. Akcijski načrt za optimizacijo razvoja infrastrukture s sodelovanjem in izmenjavo med javnimi ponudniki, kot posodobitev občinske strategije za elektromobilnost v Gdyniji na Poljskem

3.3.1 Strateško ozadje in kontekst za razvoj akcijskega načrta

Akcijski načrt Gdynia posodablja občinski pristop k elektromobilnosti z osredotočanjem na krožno elektrifikacijo, souporabo infrastrukture in sodelovanje med javnimi ponudniki storitev PKA - občinskim avtobusnim prevoznikom in partnerjem projekta CE4CE ter PKT - občinskim trolejbusnim prevoznikom. Načrt temelji na obstoječih prednostih Gdynie:



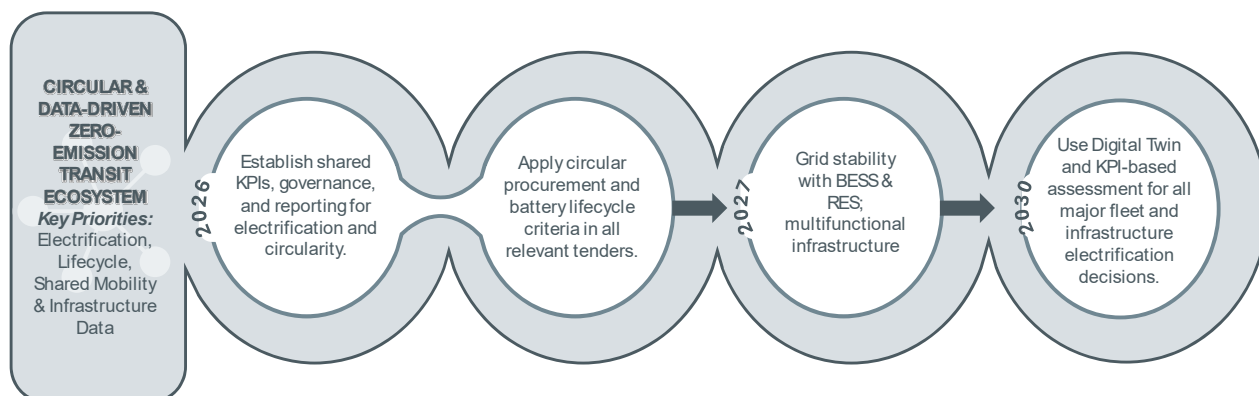
Slika 13. Fotonapetostna elektrarna, ki napaja trolejbusne vozile v depolu v Gdyniji. Vir: CE4CE

njenem dolgoletnem trolejbusnem sistemu, izkušnjah s polnjenjem med vožnjo in električnih avtobusih, uvedenih leta 2022.

Akcijski načrt odgovarja na pet konkretnih izzivov, ki so jih opredelili PKA in njihovi partnerji: staranje sredstev, naraščajoči stroški električne energije in življenjskega cikla, potreba po krožnem javnem naročanju, omejena orodja za podporo odločanju pri načrtovanju naložb ter potreba po boljši usklajenosti elektromobilnosti s cilji mesta na področju podnebja in mobilnosti. Obravnava tudi tveganja, ki so bila ugotovljena v okviru pilotnega projekta CE4CE v Gdyni, vključno

s povpraševanjem po energiji zaradi prometnih zastojev, prevelikimi baterijami in polnilno infrastrukturo, razdrobljenimi podatki med institucijami, negotovim prihodnjim financiranjem ter možnostjo, da bi mesto za 12-30 let obvezalo k neučinkovitim rešitvam.

Strateško je načrt povezan s strategijo razvoja mesta Gdynia do leta 2030 (), , z načrtom za trajnostno mobilnost v mestu Gdynia (Gdynia's Sustainable Urban Mobility Plan) ter z delom v okviru načrtov za trajnostno mobilnost v mestih (SUMP) za regijo Baltskega morja (BSR) , , ki se nanaša na spremljanje in ocenjevanje. Na nacionalni ravni sledi poljskemu Zakonu o elektromobilnosti in alternativnih gorivih . Na ravni EU je usklajen s sedanjim regulativnim okvirom, ki ga tvorijo naslednje okvirne strategije in direktive: Evropski zeleni dogovor, Direktiva o čistih vozilih, Uredba o infrastrukturi za alternativna goriva, Direktiva o energetske učinkovitosti in Direktiva o obnovljivih virih energije ter Uredba o baterijah.



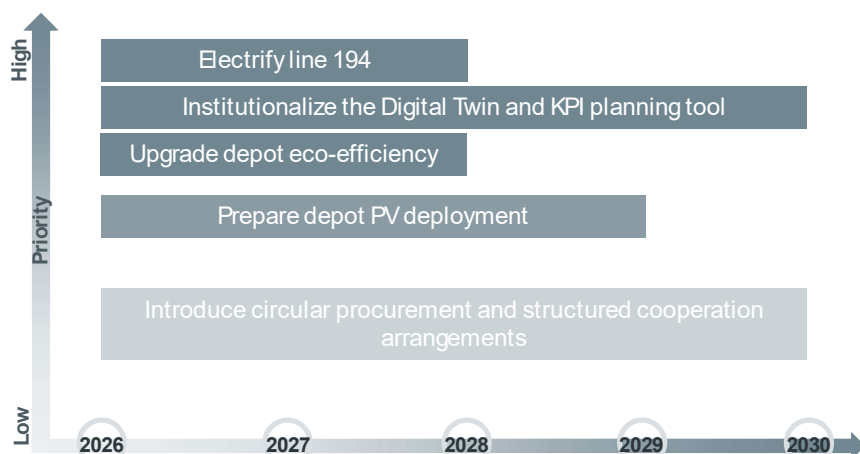
Slika 14. Vizija in strateški cilji akcijskega načrta Gdynia

3.3.2 Vizija, cilji in naloge

Vizija je, da bo PKA Gdynia do leta 2030 postala bolj krožna, z manj emisijami in izvajalec javnega prevoza, pripravljen na prihodnje naložbe. Akcijski načrt si prizadeva za širjenje elektromobilnosti prek skupnih podatkov, razmišljanja o življenjskem ciklu in močnejšega sodelovanja med PKA, mestom in drugimi javnimi ponudniki, hkrati pa se izogiba nepotrebni porabi materialov in energije.

Načrt določa več konkretnih ciljev. Do leta 2026 naj bi Gdynia institucionalizirala skupen niz ključnih kazalnikov uspešnosti (KPI), model lastništva in letno poročanje za odločitve o krožnosti in elektrifikaciji. Do leta 2027 naj bi bil pripravljen in sprožen prvi izvedbeni paket, ki se bo začel z elektrifikacijo linije 194, odvisno od financiranja. Prav tako naj bi bil do leta 2027 zaključen paket naložb v ekološko učinkovitost depoja in fotovoltaike, vključno z zasnovo za pametno polnjenje in shranjevanje. Od leta 2026 naprej naj bi se v ustreznih razpisih uporabljala merila za krožno javno naročanje in zahteve glede življenjskega cikla baterij. Do leta 2030 naj bi se ocena digitalnega dvojčka in ključnih kazalnikov uspešnosti uporabljala pri vseh pomembnih odločitvah glede elektrifikacije voznega parka in infrastrukture PKA.

Cilji zato združujejo zmanjšanje emisij, večjo zanesljivost storitev, nižje stroške življenjskega cikla, zmanjšanje povpraševanja po baterijah in materialih, izboljšano pripravljenost na financiranje in jasnejše upravljanje krožne elektromobilnosti.



Slika 15. Ključni ukrepi in časovni okvir izvajanja v Gdyniji

3.3.3 Ključni ukrepi

Akcijski načrt temelji na petih prednostnih ukrepih.

Prvi je elektrifikacija avtobusne linije 194 v okviru projekta „ “, ki je načrtovana kot prednostni demonstracijski projekt za razširitev storitev brez emisij, podprto z zbranimi podatki in Vključevanju načel krožnega gospodarjenja, v obdobju med letoma 2026 in 2028.

Drugi ukrep je institucionalizacija pilotnega projekta Digital Twin in orodja za krožno poslovno načrtovanje za elektrificirane flote javnega prevoza in infrastrukturo, ki se bo začela izvajati leta 2026, tako da bosta testiranje scenarijev in odgovornost za ključne kazalnike uspešnosti postala del rutinskih postopkov vlaganja in poročanja.

Tretji ukrep je ekološka učinkovitost depoja, ki je prav tako visoko na seznamu prioritet za obdobje 2026-2028. To vključuje boljše merjenje porabe, pametno logiko polnjenja, upravljanje koničnih obremenitev in tehnične posodobitve.

Četrty ukrep je namestitev fotovoltaičnih naprav v depoju med letoma 2026 in 2029, z zasnovo, ki omogoča shranjevanje energije, in morebitno prihodnjo uporabo baterij iz drugega življenjskega cikla, kjer je to izvedljivo.

Peti ukrep zajema krožno javno naročanje in strukturirane sporazume o sodelovanju za postopke javnega naročanja, ki se bodo začeli že leta 2026 in so načrtovani kot stalni ukrep. To vključuje upravljanje življenjskega cikla baterij, tehnične specifikacije za ponovno uporabo, klavzule o krožnem javnem naročanju in izboljšano izmenjavo podatkov z občinskimi ponudniki in mestnimi enotami.

Ukrepi so zasnovani kot postopni paket in ne kot en sam velik projekt, kar mestu Gdynia omogoča testiranje, prilagajanje in širjenje naložb. Ocene stroškov še niso podrobne, vendar sta oba občinska prevoznika javnega prevoza trdno zavezana k izvajanju ukrepov, kot je načrtovano, in zagotavljanju financiranja iz več virov. Načrt opredeljuje potrebe po velikosti: visoki stroški za elektrifikacijo linije 194, nizki do srednji stroški za orodje Digital Twin in Circular za načrtovanje poslovanja za elektrificirane flote javnega prevoza in infrastrukturo, srednji stroški za ekološko učinkovitost depoja, srednji do visoki stroški za infrastrukturo, pripravljeno za fotovoltaike in shranjevanje, ter predvsem organizacijski napori za izboljšanje krožnega javnega naročanja.

3.3.4 Vidiki spremljanja in ocenjevanja

Sistem spremljanja temelji na kompaktnem nizu ključnih kazalnikov uspešnosti (KPI), povezanih z orodjem za krožno poslovno načrtovanje za elektrificirane flote javnega prevoza in infrastrukturo ter, kjer je to ustrezno, s poročanjem SUMP in poročanjem o mestnih vozliščih kot delom zahtev EU na podlagi revidirane uredbe TEN-T o trajnostnem mobilnem načrtovanju () (sprejeta leta 2025). Predlagani kazalniki vključujejo delež kilometrov, prevoženih z vozili brez emisij, letno porabo električne energije na prevoženi kilometer, povprečno zmogljivost akumulatorjev v nabavljenih vozilih, delež električne energije, proizvedene v lastnih obratih, stanje izvajanja prednostnih ukrepov ter delež ustreznih javnih naročil, ki vsebujejo klavzule o krožnem gospodarstvu in življenjskem ciklu.

Podatke se namerava zbirati četrtno in konsolidirati letno. Operativni podatki bodo izhajali iz telematike vozil, polnilnikov v depojih, merilnikov energije in sistemov vozniških redov. Podatki o naložbah in javnih naročilih bodo izhajali iz projektnih datotek in registrov pogodb, medtem ko bodo podatki o ESG (okolje, družba in upravljanje) in upravljanju izhajali iz poročil o upravljanju. PKA naj bi vodila centralni register KPI, pri čemer naj bi ZKM Gdynia (Urad za javni prevoz v Gdyniji) in mestni oddelki zagotovili dodatne podatke, kadar se kazalniki prekrivajo s poročanjem na ravni mesta.

Ocena mora združevati oceno procesa in rezultatov. Ocena procesa preverja, ali so ukrepi sproženi, financirani, dodeljeni Odgovornim nosilcem in vključeni v javna naročila in poslovanje. Ocena rezultatov primerja rezultate z izhodiščem za leti 2025/2026 in scenariji Digital Twin, zlasti glede porabe energije, povpraševanja po baterijah, učinkovitosti infrastrukture, zanesljivosti storitev, finančnega vzvoda in učinkov krožnega gospodarstva. Priporoča se vmesni pregled v letu 2028 in celovitejši pregled v letu 2030.

3.3.5 Vključevanje zainteresiranih strani v proces priprave in izvajanja

Proces vključevanja zainteresiranih strani je bil organiziran okoli jedrne razvojne skupine in širšega institucionalnega zemljevida. Jedrna skupina je vključevala PKA Gdynia, Univerzo v Gdansku in KRUCH Railways, ki so delali na tehnični dokazni bazi, lokalni uporabnosti in oblikovanju ukrepov. Širši zemljevid zainteresiranih strani je vključeval občino Gdynia, ZKM Gdynia, PKT Gdynia ter druge javne izvajalce in mestne enote, odgovorne za mobilnost, energijo, javna naročila in strategijo.

Razprave so se osredotočile na vprašanja praktičnega izvajanja: izbira koridorjev, možnosti infrastrukture, odgovornost za ključne kazalnike uspešnosti (KPI), logika financiranja in operativne omejitve. Od septembra 2023 dalje je proces potekal skozi skupno opredeljevanje problemov, preizkušanje scenarijev in notranjo revizijo. Do marca 2026 so bili osnutek akcijskega načrta, pregled zainteresiranih strani in okvir ključnih

kazalnikov uspešnosti dokončani.

Vključevanje zainteresiranih strani je pomagalo preusmeriti akcijski načrt s tehničnega projekta elektrifikacije v okvir upravljanja in sodelovanja. Pojasnilo je, da krožna elektromobilnost ne temelji le na vozilih in polnilnicah, temveč tudi na skupnih standardih, izmenjavi podatkov, pravilih javnega naročanja, pripravi financiranja ter usklajevanju med PKA, občino in drugimi javnimi ponudniki.

3.3.6 Glavne ugotovitve iz procesa oblikovanja akcijskega načrta



GLAVNE UGOTOVITVE

Elektrifikacija mora upoštevati vplive na infrastrukturo in življenjski cikel: Proces v Gdyniji je pokazal, da elektrifikacija ne sme zgolj ena za eno nadomestiti dizelskih avtobusov. Namesto tega mora načrtovanje upoštevati polnilno infrastrukturo, operativne potrebe in dolgoročno zmogljivost vozil.

Polnjenje med vožnjo in priložnostno polnjenje zmanjšujeta zahteve glede velikosti akumulatorja: Pilotni projekt CE4CE je pokazal, da lahko kombinacija polnjenja med vožnjo (IMC) in priložnostnega polnjenja drastično zmanjša potrebe po zmogljivosti akumulatorja. Na progi 141 se je potrebna velikost akumulatorja zmanjšala s približno 700 kWh pri nočnem polnjenju na približno 60 kWh.

Digitalna orodja so učinkovita le, če so vključena v proces odločanja: sistemi Digital Twin in KPI ustvarjajo vrednost le, če se aktivno uporabljajo v upravljaljskih procesih, javnih naročilih, letnem poročanju in vlogah za financiranje. Zato so zanesljivi in kakovostni podatki ključnega pomena.

Krožnost zahteva sodelovanje med oddelki: Proces je potrdil, da krožnosti ni mogoče upravljati znotraj enega samega oddelka. Operativni oddelki, tehnične ekipe, nabava, finance, strateške enote in občinski partnerji potrebujejo skupno odgovornost in močno notranjo koordinacijo.

Podpora vodstva je bistvena za dolgoročni napredek: Tudi tehnično močni ukrepi lahko izgubijo zagon brez jasne odgovornosti in vidne podpore vodstva. Notranja podpora je nujna za ohranjanje prizadevanj za izvajanje.

Postopno izvajanje zmanjšuje tveganje in spodbuja učenje: začetek z manjšimi ukrepi, kot so linija 194, ukrepi za ekološko učinkovitost v depozu in upravljanje ključnih kazalnikov uspešnosti, omogoča Gdyniji, da preizkuša pristope, se uči iz izkušenj in postopoma širi obseg.

Slika 16. Glavni zaključki za Gdynio

Proces v Gdyniji je pokazal, da uspešna elektrifikacija javnega prevoza zahteva več kot le zamenjavo dizelskih avtobusov z električnimi. Pilotni projekt CE4CE, ki ostaja osnova njihovega akcijskega načrta, je poudaril pomen vključevanja načrtovanja infrastrukture, razmišljanja o življenjskem ciklu, digitalnih orodij za podporo odločanju in medresorskega sodelovanja v dolgoročno strategijo prehoda. Izkušnja je pokazala tudi, da sta postopno izvajanje in jasne strukture upravljanja bistvena za učinkovito širjenje elektromobilnosti ob izogibanju nepotrebnim porabi materialov in energije.

Proces v Gdyni je pokazal, da mora prihodnja elektrifikacija upoštevati infrastrukturo in celoten življenjski cikel vozil, ne pa temeljiti zgolj na postopni zamenjavi vozil. Pilotni projekt CE4CE je pokazal, da lahko polnjenje med vožnjo in priložnostno polnjenje

znatno zmanjšata potrebe po baterijah v primerjavi s koncepti, ki temeljijo izključno na nočnem polnjenju. Na primer, na avtobusni liniji 141 v u se potreba po baterijah zmanjša s približno 700 kWh pri nočnem polnjenju na približno 60 kWh pri polnjenju med vožnjo in priložnostnem polnjenju.

Drugi zaključek je, da digitalna orodja ustvarjajo vrednost le, če so vključena v proces odločanja. Digitalni dvojček in delovni proces KPI potrebuje jasno lastništvo, letno poročanje ter uporabo v postopkih javnega naročanja in vlogah za financiranje. Kakovost in upravljanje podatkov sta zato enako pomembna kot sama tehnologija.

Proces je potrdil tudi, da krožnost ne more biti omejena le na en oddelek. Operativni oddelki, tehnične ekipe, nabava, finance, strategija in občinski partnerji - vsi morajo deliti odgovornosti. Notranja podpora vodstva je bistvena, saj lahko tudi tehnično močni ukrepi izgubijo zagon brez vidne lastniške odgovornosti.

Nazadnje načrt poudarja vrednost postopne izvedbe. Začeni z linijo 194, ekološko učinkovitostjo depoja in upravljanjem KPI-jev, ocena ukrepov omogoča Gdyniji, da se uči, preden se razširi. Trenutna omejitev je, da načrt še vedno potrebuje končno odobritev, potrditev financiranja in uradno dodelitev odgovornosti, preden se lahko izvedba v celoti začne.

3.4. Akcijski načrt za dodajanje vrednosti v dobavni verigi in optimizacijo dobavevozil s krožnim javnim naročanjem v Bergamu, Italija



Slika 17. ATB Mobility Bergamo

3.4.1 Strateško ozadje in kontekst za razvoj akcijskega načrta

Akcijski načrt ATB Mobility Bergamo je bil razvit v okviru večplastnega strateškega okvira, ki povezuje lokalne, nacionalne in evropske politike na področju mobilnosti, podnebja in krožnega gospodarstva. Na lokalni ravni je akcijski načrt usklajen z načrtom za trajnostno energijo in podnebne ukrepe (SECAP) mesta Bergamo, podnebno pogodbo (CCC) in načrtom za trajnostno mobilnost v mestu (SUMP), s čimer se zagotavlja, da načela krožnega gospodarstva postanejo sestavni del dolgoročnega načrtovanja prometa in ne le samostojna pobuda.

Na nacionalni ravni akcijski načrt podpirajo naložbene priložnosti, povezane z italijanskim načrtom za okrevanje in odpornost (PNRR) zlasti za modernizacijo infrastrukture, elektrifikacijo in inovativne prometne sisteme, kot so eBRT. Na evropski ravni akcijski načrt temelji na projektu Interreg CE4CE in sinergijah z drugimi projekti, kot sta Interreg Euro-MED E-MED in Interreg Alpine Space Degree4Alps, ki podpirajo testiranje in širjenje krožnih rešitev v javnem prometu.

Akcijski načrt odgovarja na več ključnih izzivov, ki jih je opredelila ATB Mobility:

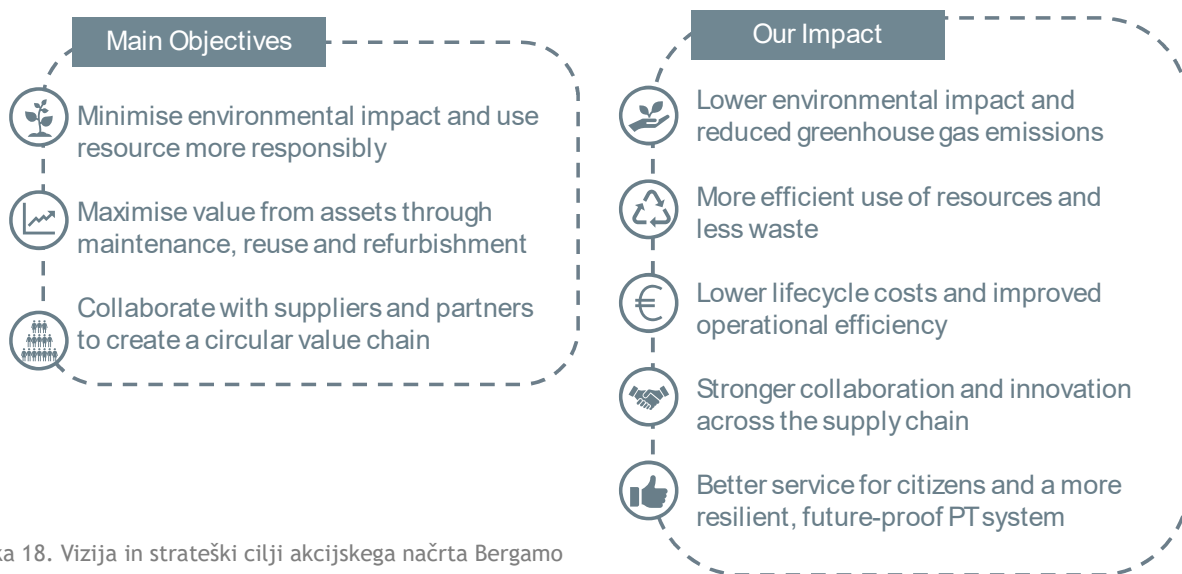
- visoka poraba energije in materialov v okviru javnega prevoza,
- omejeno upravljanje življenjskega cikla voznega parka in infrastrukture,
- naraščajoči operativni stroški in vse strožje regulativne zahteve,

- potreba po vključitvi obnovljivih virov energije in rešitev za shranjevanje energije,
- nezadostna vključitev načel krožnega gospodarstva v prakse javnega naročanja in vzdrževanja.

Splošni cilj je podpreti prehod ATB k bolj trajnostnemu, z viri varčnemu in krožnemu sistemu javnega prevoza, ki bo prinesel okoljske in gospodarske koristi za metropolitansko območje Bergama.

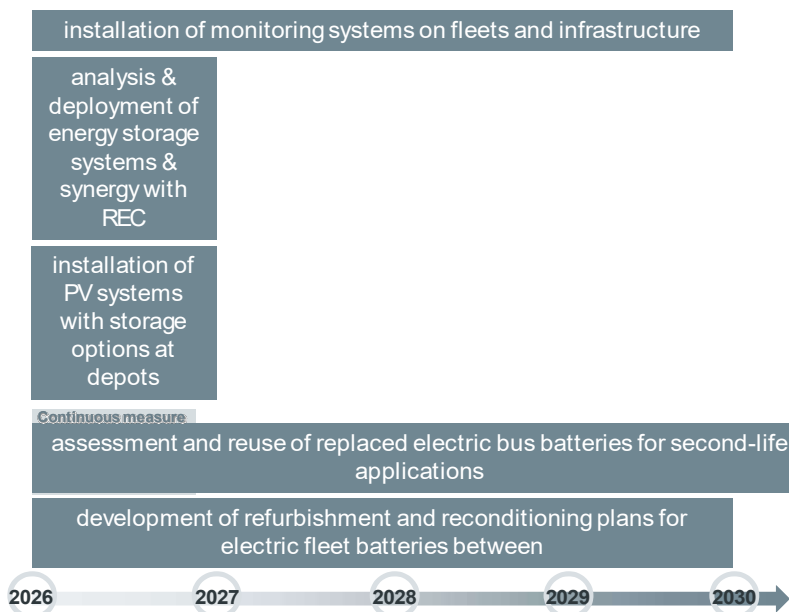
3.4.2 Vizija, cilji in naloge

Vizija akcijskega načrta je preoblikovanje ATB v krožnega prevoznika v javnem prometu z vključevanjem načel krožnega gospodarstva v operativne, infrastrukturne in strateške dejavnosti.



Slika 18. Vizija in strateški cilji akcijskega načrta Bergamo

3.4.3 Ključni ukrepi



Slika 19. Bergamo Ključni ukrepi

Akcijski načrt opredeljuje niz operativnih, energetskih, vzdrževalnih in nabavnih ukrepov za podporo prehodu na krožno delovanje javnega prevoza:

Ključni ukrepi vključujejo:

- namestitev sistemov za spremljanje vozniških parkov in infrastrukture za optimizacijo porabe energije in preventivnega vzdrževanja do leta 2030,
- analizo in uvedbo sistemov za shranjevanje energije ter sinergije z obnovljivimi energetskimi skupnostmi (REC) do leta 2027,
- namestitev fotovoltaičnih sistemov z možnostjo shranjevanja v depojih do leta 2027,
- ocena in ponovna uporaba zamenjanih baterij električnih avtobusov za namene drugega življenjskega cikla od leta 2026 naprej,

- razvoj načrtov za obnovo in sanacijo baterij električnega voznega parka med letoma 2026 in 2030,
- priprava korporativne strategije krožnega gospodarstva, ki zajema operativne dejavnosti in procese upravljanja,
- vključitev načel krožnega javnega naročanja v postopke nakupa voznega parka in dobavne verige.

Akcijski načrt spodbuja tudi:

- pristope predvidljivega vzdrževanja,
- optimizacijo energetske učinkovitosti,
- upravljanje sredstev, usmerjeno v življenjski cikel,
- vključevanje proizvodnje in shranjevanja energije iz obnovljivih virov v prometno infrastrukturo.

3.4.4 Vidiki spremljanja in ocenjevanja

Akcijski načrt vzpostavlja strukturiran okvir za spremljanje in ocenjevanje, namenjen spremljanju napredka pri izvajanju ter dolgoročnih učinkov ukrepov krožnega gospodarstva v okviru ATB Mobility. Sistem spremljanja je zasnovan na treh dopolnjujočih se dimenzijah: izvajanju fizičnih ukrepov, razvoju strateških in organizacijskih rezultatov ter vključevanju praks krožnega javnega naročanja.

Spremljanje fizičnih ukrepov se osredotoča na operativne vidike, kot so delež spremljane flote in infrastrukture, nameščena zmogljivost obnovljivih virov energije, uvajanje sistemov za shranjevanje energije ter število sredstev, ki se upravljajo s pristopi predvidljivega vzdrževanja. Hkrati se strateški kazalniki uporabljajo za oceno razvoja in izvajanja načrtov, strategij in pilotnih ukrepov, povezanih s krožnostjo, ter stopnje vključevanja načel krožnosti v procese podjetja in strukture upravljanja. Spremljanje na področju javnih naročil ocenjuje postopno vključevanje meril krožnosti v postopke javnih naročil, vključno z deležem in vrednostjo postopkov javnih naročil, ki upoštevajo zahteve glede življenjskega cikla in trajnosti.

Akcijski načrt predvideva tudi širše spremljanje vpliva, povezano s proizvodnjo energije iz obnovljivih virov in lastno porabo, podaljšanjem življenjske dobe sredstev, prihranki pri vzdrževanju, zmanjšanjem stroškov življenjskega cikla in odloženimi kapitalskimi naložbami.

Metodologija ocenjevanja združuje avtomatizirano zbiranje operativnih podatkov s strukturiranimi notranjimi postopki poročanja. Viri podatkov vključujejo sisteme za upravljanje voznega parka, baze podatkov o vzdrževanju, sisteme za upravljanje z energijo, evidence javnih naročil in projektno dokumentacijo. Operativni kazalniki se bodo pregledovali vsako četrletje, strateški in finančni kazalniki pa se bodo ocenjevali v daljših časovnih intervalih, da se podprejo srednjeročne in dolgoročne odločitve.

3.4.5 Vključevanje zainteresiranih strani v proces priprave in izvajanja

Vključevanje zainteresiranih strani je imelo osrednjo vlogo skozi celoten razvoj akcijskega načrta in je bilo zasnovano kot neprekinjen proces, ne pa kot enkratno posvetovanje. Zgodnje dejavnosti so se osredotočale na vključevanje dobaviteljev in strokovnih zainteresiranih strani prek delavnic, anket in razprav o pristopih krožnega javnega naročanja ter merilih zelenega javnega naročanja tako na ravni EU kot na nacionalni

ravni. Ta izmenjava mnenj je pomagala opredeliti praktične priložnosti in ovire v zvezi s krožnimi dobavnimi verigami in praksami javnega naročanja. Pripravljalni proces je vključeval obsežno notranje usklajevanje znotraj podjetja ATB Mobility in njegovih hčerinskih družb, vključno s TEB in ATB Servizi, s čimer je bilo zagotovljeno, da so bile v opredelitev ukrepov vključene operativne, tehnične in strateške perspektive. Na zunanji ravni je občina Bergamo igrala ključno vlogo kot delničarka in institucionalna partnerica, saj je podpirala usklajevanje akcijskega načrta s širšimi cilji na področju mobilnosti v mestih, podnebja in trajnosti. Proces vključevanja zainteresiranih strani je imel koristi tudi od izmenjave znanja v okviru evropskih projektov sodelovanja in mednarodnih mrež strokovnjakov. Zlasti sodelovanje v okviru projektov, kot sta Interreg Alpine Space Degree4Alps in Interreg Euro-MED E-MED, je podprlo oceno prilagodljivosti, prenosljivosti in inovacijskega potenciala predlaganih ukrepov. Pri izvajanju naj bi ATB Mobility usklajevala celoten proces izvedbe in spremljanja, medtem ko bodo hčerinske družbe, tehnični partnerji in zunanje zainteresirane strani prispevali k operativnemu izvajanju, zagotavljanju podatkov, tehničnemu strokovnemu znanju in dejavnostim ocenjevanja.

3.4.6 Glavne ugotovitve iz procesa oblikovanja akcijskega načrta

Razvojni proces je pokazal, da je mogoče načela krožnega gospodarstva sistematično vključiti v načrtovanje in delovanje javnega prevoza s kombinacijo tehničnih, organizacijskih in upravnih ukrepov.

Proces je prav tako poudaril pomen vključevanja krožnega javnega naročanja, preventivnega vzdrževanja, sistemov obnovljive energije in upravljanja življenjskega cikla v dolgoročno načrtovanje javnega prevoza. Na splošno akcijski načrt zagotavlja praktičen okvir za podporo prehodu ATB k bolj trajnostnemu, odpornemu in krožnemu sistemu javnega prevoza.

GLAVNE UGOTOVITVE

Celosten in strateško usklajen pristop: Vključevanje krožnosti v sisteme javnega prevoza deluje najbolje, ko se obravnava na ravni vseh oddelkov in je usklajeno s širšimi strategijami mobilnosti in podnebja, zlasti z načrtom za trajnostno mobilnost v mestih (SUMP).

Notranje usklajevanje: Zgodnje in stalno sodelovanje znotraj organizacije pomaga zagotoviti, da so predlagani ukrepi izvedljivi, praktični in da jih podpirajo ekipe, odgovorne za izvajanje.

Zunanje sodelovanje: Sodelovanje z zunanjimi deležniki pomaga povezati ukrepe krožnosti s širšimi cilji politike, prednostnimi nalogami financiranja in regulativnimi pričakovanji.

Pilotni ukrepi podpirajo informirano odločanje: Pilotni projekti so dragoceni za testiranje inovativnih rešitev, prepoznavanje izzivov in pridobivanje izkušenj pred širitvijo.

Prilagodljivost za obvladovanje negotovosti: Načrtovanje krožnosti mora ostati prilagodljivo spreminjajočim se pogojem na področju financiranja, tehnologije in regulative.

Podatki in spremljanje za načrtovanje na podlagi dokazov: Zanesljivi podatki in sistemi spremljanja so potrebni za spremljanje napredka, ocenjevanje rezultatov in podporo boljšim strateškim odločitvam.

Slika 20. Glavni zaključki za Bergamo

4. Pridobljena spoznanja in priporočila

Razvoj strategij in akcijskih načrtov CE4CE je pokazal, da lahko načela krožnega gospodarstva pomagajo organom in izvajalcem javnega prevoza pri prehodu od posameznih ukrepov krožnega gospodarstva k sistemskim pristopom, ki temeljijo na življenjskem ciklu. Strategije so poudarile pomen zmanjševanja odpadkov, optimizacije virov in ustvarjanja dolgoročne vrednosti v energetskih sistemih, infrastrukturi in voznih sredstvih.

4.1. Izkušnje iz procesa razvoja strategij in akcijskih načrtov

Ena od glavnih pridobljenih izkušenj je, da krožnost zahteva perspektivo življenjskega cikla v načrtovanju, obratovanju, vzdrževanju in upravljanju ob koncu življenjske dobe. Dokument poudarja, da samo recikliranje ni zadostno, če se uporablja le ob koncu življenjskega cikla, in da je treba vrednost namesto tega ohraniti in obnoviti skozi celotno življenjsko dobo sredstev z zmanjšanjem povpraševanja po materialih, podaljšanjem življenjske dobe sredstev, ponovno uporabo, obnovo in recikliranjem.

Druga pomembna izkušnja zadeva vlogo digitalizacije in upravljanja s podatki. Strategije opredeljujejo digitalizacijo kot ključni pogoj za krožno gospodarstvo, vključno z uporabo sistemov za upravljanje z energijo, spremljanjem v realnem času, analizo podatkov, digitalnimi modeli in simulacijami za podporo načrtovanju, vzdrževanju in optimizaciji delovanja.

Akcijski načrti in strategije CE4CE so pokazali tudi pomen sodelovanja med zainteresiranimi stranmi. Izvajanje krožnega gospodarstva je odvisno od sodelovanja med organi javnega prevoza, izvajalci javnega prevoza, občinami, dobavitelji, raziskovalnimi institucijami, dobavitelji energije in drugimi akterji v vrednostni verigi. Strategije večkrat poudarjajo usklajevanje, izmenjavo znanja in vključevanje zainteresiranih strani kot pomembne pogoje za izvajanje.

Druga pridobljena izkušnja je, da podaljšanje življenjske dobe sredstev predstavlja pomembno priložnost za zmanjšanje porabe virov in ohranjanje vgrajene vrednosti. Strategije poudarjajo preventivno in prediktivno vzdrževanje, obnovo, uporabo v drugem življenjskem ciklu ter ponovno uporabo infrastrukturnih komponent in materialov kot pomembne pristope za doseganje ciljev krožnosti.

Strategije prav tako poudarjajo pomen vključevanja načel krožnega gospodarstva v postopke javnega naročanja in upravljanja. Izpostavljajo, da lahko postopki javnega naročanja, pogodbe in zahteve glede uspešnosti vplivajo na ravnanje dobaviteljev ter spodbujajo inovacije vzdolž celotne vrednostne verige.

Nazadnje so strategije in akcijski načrti pokazali, da so pilotne dejavnosti in praktično eksperimentiranje pomembni za zmanjšanje tveganj pri izvajanju, preizkušanje inovativnih rešitev in spodbujanje ponovne uporabe v drugih kontekstih javnega prevoza.

4.2. Priporočila za izvajanje ukrepov

V strategijah in akcijskih načrtih CE4CE so bili kot pomembna priporočila in pogoji za podporo izvajanju pristopov krožnega gospodarstva v sistemih javnega prevoza opredeljeni naslednji ključni vidiki.

Strateški in načrtovalni vidiki

- Uporaba razmišljanja o življenjskem ciklu pri načrtovanju, obratovanju, vzdrževanju in

upravljanju ob koncu življenjske dobe.

- Vključitev ciljev krožnega gospodarstva v strategije za promet, energijo in trajnost.
- Uskladitev lokalnega izvajanja z evropskimi in nacionalnimi cilji krožnega gospodarstva in podnebnih ciljev.
- Uporaba orodij, kot so ocena življenjskega cikla (LCA), stroškovna analiza življenjskega cikla (LCC) in digitalni modeli, za podporo odločanju.

Digitalizacija in spremljanje

- Uvedba sistemov za upravljanje z energijo za spremljanje in optimizacijo energetskega tokov.
- Uporaba spremljanja v realnem času in analizo podatkov za izboljšanje energetske učinkovitosti in odkrivanje izgub.
- Uporabita digitalnih orodij za spremljanje zmogljivosti in poslabšanja baterij.
- Razvoj digitalnih modelov in simulacij za podporo načrtovanju infrastrukture za polnjenje, shranjevanju energije in integraciji obnovljivih virov energije.
- Vključitev energetskih podatkov v širše sisteme za upravljanje voznega parka in poslovanja.

Upravljanje in sodelovanje z zainteresiranimi stranmi

- Vzpostavitev dolgoročnih partnerstev z javnimi službami, operaterji omrežij in drugimi zainteresiranimi stranmi.
- Določitev jasnih vlog in odgovornosti za upravljanje z energijo in sredstvi.
- Spodbujanje sodelovanja med organi javnega prevoza, operaterji, dobavitelji in raziskovalnimi institucijami.
- Podpiranje sodelovanja v sektorskih pobudah in platformah za izmenjavo znanja.
- Zagotovitev vključevanja zainteresiranih strani v procese priprave in izvajanja.

Tehnični in operativni vidiki

- Prioritizacija preventivnih in prediktivnih pristopov k vzdrževanju.
- Podpiranje ponovne uporabe, obnove in uporabe v drugem življenjskem ciklu za infrastrukturo in vozni park.
- Uvedba sistemov regenerativnega zaviranja in rekuperacije energije, kjer je to primerno.
- Uporaba tehnologije obnovljivih virov energije in sisteme za shranjevanje energije.
- Uporaba preverjenih in učinkovitih rešitev za oskrbo z energijo, kjer je to primerno.

Finančni in organizacijski vidiki

- Podpreti dostop do sredstev in finančnih instrumentov za naložbe v obnovljive vire energije in shranjevanje energije.
- Spodbujati krepitev zmogljivosti v okviru organov in izvajalcev javnega prevoza.
- Uporabiti pilotne dejavnosti kot učna okolja, ki podpirajo ponovitev in izvajanje.
- Spremljati energetske učinkovitost in rezultate krožnega gospodarstva z uporabo opredeljenih kazalnikov in okvirov.

5. Zaključki

Strategije in akcijski načrti CE4CE kažejo, kako lahko načela krožnega gospodarstva podpirajo bolj učinkovite in trajnostne sisteme javnega prevoza. Z uporabo okvira AVOID-EXTEND-TRANSFORM-ENABLE (AETE) v energetskih sistemih, infrastrukturi in vozniških sredstvih ti strateški dokumenti spodbujajo pristop, ki temelji na življenjskem ciklu in je osredotočen na zmanjševanje odpadkov, ohranjanje vrednosti in optimizacijo rabe virov.

Strategije kažejo, da je krožnost v javnem prometu odvisna od kombinacije tehničnih, organizacijskih in upravnih pristopov. Digitalizacija, sodelovanje zainteresiranih strani, inovacije, prakse javnega naročanja in dolgoročno načrtovanje so predstavljeni kot pomembni pogoji, ki podpirajo izvajanje in prilagodljivost krožnih rešitev.

Akcijski načrti CE4CE poudarjajo tudi pomen pilotnih projektov, eksperimentiranja in izmenjave znanja za podporo izvajanju, širitvi in prenosljivosti. S praktičnim preizkušanjem in sodelovanjem med zainteresiranimi stranmi ter na podlagi trdnih strateških dokazov so projektni partnerji pripravili akcijske načrte, ki prispevajo k zmanjševanju ovir in podpirajo prehod k sistemom krožnega javnega prevoza v njihovem lokalnem in regionalnem kontekstu.

S pogledom v prihodnost, strategije zagotavljajo podlago za nadaljnji razvoj praks krožnega gospodarstva v javnem prometu. Nadaljnje sodelovanje, krepitev zmogljivosti, digitalizacija in vključevanje načel krožnega gospodarstva v procese načrtovanja in javnih naročil bodo ostali pomembni za podporo dolgoročnemu izvajanju in usklajevanju z evropskimi cilji trajnosti.

Za več podrobnosti o strategijah in akcijskih načrtih ter o pilotnih projektih in rešitvah, razvitih v okviru CE4CE, vas vabimo, da obiščete spletno stran projekta: <https://www.interreg-central.eu/projects/ce4ce/>

6. Viri

Rezultati projekta CE4CE, objavljeni na spletni strani projekta

- Rezultat D.2.1.1 Poročilo o skupnem razvoju krožne strategije za boljšo uporabo energije iz odpadkov in obnovljivih virov energije v javnem prometu
- Rezultat D.2.2.1 Poročilo o skupnem razvoju krožne strategije za ohranjanje vrednosti in zmanjšanje odpadkov v infrastrukturi
- Rezultat D.2.3.1 Poročilo o razvoju skupne krožne strategije za ohranjanje vrednosti in zmanjšanje odpadkov vozil/voznega parka javnega prevoza
- Rezultat D.2.1.2 Akcijski načrt Maribor, Slovenija
- Rezultat D.2.2.2 - del 1 Akcijski načrt za prevozno podjetje v Leipzigu, Nemčija
- Rezultat D.2.2.2 - del 2 Akcijski načrt Gdynia, Poljska
- Rezultat D.2.3.2 Akcijski načrt ATB Mobility, Bergamo, Italija

Strateški in regulativni okvir

- Uredba o infrastrukturi za alternativna goriva (AFIR): https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/clean-transport/alternative-fuels-sustainable-mobility-europe/alternative-fuels-infrastructure_en
- Uredba o baterijah: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1542/oj/eng>
- Bergamski akcijski načrt za trajnostno energijo in podnebje: <https://www.terraria.com/en/case-studies/secap-of-the-municipality-of-bergamo/>
- Akcijski načrt za krožno gospodarstvo: https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy_en?prefLang=de
- Direktiva o čistih vozilih: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2019/1161/oj/eng>
- Direktiva o energetske učinkovitosti: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets-directive-and-rules/energy-efficiency-directive_en
- Evropski zeleni dogovor: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0002.02/DOC_1&format=PDF
- Interreg Alpine Space Degree4Alps: <https://www.alpine-space.eu/project/degree4alps/>
- Interreg Euro-MED: <https://interreg-euro-med.eu/en/>
- Italijanski načrt za okrevanje in odpornost (PNRR): https://reforms-investments.ec.europa.eu/recovery-and-resilience-facility-1/country-pages/italys-recovery-and-resilience-plan_en
- Poljski zakon o elektromobilnosti in alternativnih gorivih: <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20180000317>
- Direktiva o obnovljivih virih energije: https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive_en
- Revidirana uredba TENT: https://urban-mobility-observatory.transport.ec.europa.eu/news-events/news/revisted-ten-t-regulation-adopted-sustainable-and-resilient-transport-network-bringing-europe-closer-2024-06-25_en
- Slovenski ekološki sklad: <https://www.ekosklad.si/english>
- Pametno mesto: Smart City Lab Leipzig - Mesto Leipzig

- Strategija razvoja mesta Gdynia 2030 : strategija razvoju miasta gdyni 2030_folder.pdf
- SUMP Bergamo: <https://www.trt.it/en/progetti/sump-of-bergamo/>
- SUMP Gdynia: <https://www.climatehub.si/en/sustainable-mobility-good-practice-1/>
- SUMP Maribor: OCPS-MOM-brosura-05.pdf
- SUMP za BSR: <https://interreg-baltic.eu/project/sumpsforbsr/>
- Strategija prehoda na krožno gospodarstvo Mestne občine Maribor 2024-2030: https://circularcitiesdeclaration.eu/fileadmin/user_upload/Materials/SKG_MOM_2024%E2%80%932030__1_.pdf
- Pogodba o podnebjju mesta Bergamo: <https://netzerocities.app/resource-4432>
- Platforma za mestne podatke: Dobrodošli - Connected Urban Twins

Podpora akterjem in strokovnjakom

- CEMIT - Center za spremljanje, informacijske tehnologije in prometne sisteme: <https://cemit.com/>
- CI4RAIL - Condition Intelligence for Rail: <https://www.ci4rail.com/>
- IFTEC GmbH & Co. KG: <https://www.iftec.de/index.html>
- ZENIT GmbH - Zentrum für Innovation und Technik in Nordrhein-Westfalen: <https://www.zenit.de/english/>
- PKT Gdynia - Trolleybus Operator Gdynia: <https://pktgdynia.pl/en/firm/>
- ZKM Gdynia - Urad za javni prevoz v Gdyniji: <https://zkmgdynia.pl/>
- ICLEI Europe - Lokalne vlade za trajnost: <https://iclei-europe.org/>
- UITP - Mednarodno združenje za javni prevoz: <https://www.uitp.org/>
- EIT Urban Mobility - Hub East: <https://www.eiturbanmobility.eu/>
- PantoHealth - PANTOhealth: <https://pantohealth.com/>
- Marprom - Javno podjetje za javni prevoz Maribor: <https://www.marprom.si/>
- Javni holding Maribor: <https://www.jhmb.si/>
- Energy Agency / ENERGAP - Energetska-podnebna agencija za Podravje: <https://www.energap.si/homepage>
- Elektro Maribor d.d.: <https://elektro-maribor.si/>
- RRA Podravje-Maribor - Regionalna razvojna agencija za Podravje-Maribor: <https://rra-podravje.si/>
- Smart City Lab Leipzig - Mesto Leipzig: <https://www.leipzig.de/leipzig-strategie/digitale-stadt/smart-city-lab-leipzig>
- Connected Urban Twins - Connected Urban Twins / pobuda za platformo mestnih podatkov: <https://www.connectedurbantwins.de/>
- MR.pro® - MR.pro® Infra Data Management Software: <https://www.mr-pro.de/en/indexEN.php>
- ZEDAS - ZEDAS GmbH / zedas@asset: <https://www.zedas.com/en/>
- TEB - Tramvie Elettriche Bergamasche: <https://www.teb.bergamo.it/en>
- NetZeroCities - platforma Climate City Contract: <https://netzerocities.app/>



The CE4CE project (Public Transport Infrastructure in Central Europe - facilitate transitioning to circular economy) empowers circular economy system thinking for public transport actors in Central Europe to reduce waste and create value along new life cycles of infrastructure and rolling stock.

CONTACT US

Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH/ Leipzig Public Transport Company

Project coordinator: Mr. Stefan Röll

Email: CE4CE.Verkehrsbetriebe@L.de

Project website: <https://www.interreg-central.eu/projects/ce4ce/>

LinkedIn: <https://www.linkedin.com/company/interreg-ce4ce/>

YouTube: <https://www.youtube.com/@InterregCE4CE>

Project knowledge platform: <https://circularity4publictransport.eu/>

