

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra železničních staveb



**Alternativní metody hubení plevelů na železnici v ČR jako ná-
hrada dosud používaných glyfosátů**

**Alternative methods of weed control on railways in the Czech
Republic as replacement of the glyphosates used so far**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2024

Max Dresler

Studijní program: Stavební inženýrství

Specializace: Konstrukce a dopravní stavby

Akademický rok: 2023/2024

Vedoucí práce: Ing. Michal Petýrek

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Dresler** Jméno: **Max** Osobní číslo: **502048**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra železničních staveb**
Studijní program: **Stavební inženýrství**
Specializace: **Konstrukce a dopravní stavby**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Alternativní metody hubení plevelů na železnici v ČR jako náhrada dosud používaných glyfosátů

Název bakalářské práce anglicky:

Alternative methods of weed control on railways in the Czech Republic as a replacement of the glyphosates used so far

Pokyny pro vypracování:

Zpracujte formou rešerše úvod do problematiky hubení plevelů (historický vývoj hubení plevelů, druhová rozmanitost plevelů). Definujte rizika plynoucí z výskytu vegetace v kolejišti. Popište současné metody hubení plevelů v kolejišti. Navrhněte alternativní metody hubení. Proveďte porovnání současných a alternativních metod hubení plevelů, přičemž uvažujte zejména ekonomickou náročnost, trvanlivost opatření a ekologické dopady. Při porovnání variant zahrňte traťový úsek vedený v chráněném území a mimo chráněné území.

Seznam doporučené literatury:

Návrh koncepce hubení nežádoucí vegetace na železniční síti ČR po roce 2022
SŽ SM079 Hubení plevelů

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Michal Petýrek katedra železničních staveb FSv

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **21.02.2024** Termín odevzdání bakalářské práce: **20.05.2024**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

Ing. Michal Petýrek
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. Leoš Horníček, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Jiří Máca, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

_____ Datum převzetí zadání

_____ Podpis studenta

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Alternativní metody hubení plevelů na železnici v rámci ČR jako náhrada stávajících glyfosátů zpracoval samostatně za použití uvedené literatury a pramenů.

Dále prohlašuji, že nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 20. 5. 2024



.....
Max Dresler

Poděkování

Rád bych vyjádřil svou vděčnost Katedře železničních staveb za jejich ochotu a pomoc, kterou mi poskytli při shromažďování informací pro mou bakalářskou práci. Zvláštní poděkování patří mému vedoucímu práce, panu Michalu Petýrkovi, za jeho odborné vedení, cenné rady a trpělivost.

Děkuji také pánům Mikuláši Wenhradtovi a Miroslavu Bulantovi ze Správy železnic za poskytnuté informace a odborný vhled do problematiky hubení plevelů, které byly klíčové pro mé pochopení tématu.

Velký dík patří panu Jaroslavu Ošťádalovi z firmy JARO Česká Skalice, jehož znalosti a zkušenosti mi pomohly lépe pochopit aplikované postupy v oboru.

Nakonec bych chtěl poděkovat své rodině a přítelkyni Nelly za neustálou podporu a povzbuzení, které mi poskytovali během celého procesu mého studia.

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá zkoumáním alternativních metod hubení plevelů na železničních tratích v České republice, s cílem najít účinné a ekologicky šetrné alternativy k současně používaným glyfosátům. Práce analyzuje historii a současné metody boje proti vegetaci na kolejích, zkoumá ekonomické, ekologické a funkční aspekty různých metod hubení. Zvláštní pozornost je věnována alternativním termickým metodám a chemickým metodám bez použití glyfosátu. Porovnání těchto metod se zaměřuje na jejich efektivitu, náklady a dopady na životní prostředí. Práce také zohledňuje specifika aplikace v chráněných územích a vliv na bezpečnost železničního provozu.

Klíčová slova

Hubení plevelů, glyfosáty, alternativy ke glyfosátu, železnice, uhlíková stopa, herbicid, bezpečnost železničního provozu, kyselina pelargonová.

Anotation

This bachelor's thesis explores alternative weed control methods on railway tracks in the Czech Republic, aiming to identify effective and environmentally friendly alternatives to the currently used glyphosates. The thesis analyzes the history and current methods of combating vegetation on tracks, examining the economic, ecological, and functional aspects of various control methods. Special attention is given to alternative approaches, including mechanical, physical, and chemical methods without glyphosate. The comparison of these methods focuses on their efficacy, cost implications, and environmental impacts. The thesis also considers the specifics of application in protected areas and the impact on railway safety.

Key word

Weed control, glyphosate, railway, glyphosate alternatives, carbon footprint, herbicides, safety on railways, pelargonic acid

Obsah

0. Úvod	9
1. Problematika hubení plevelů	10
1.1. Charakteristika železniční tratě pro potřeby kontroly nežádoucí vegetace 10	
1.2. Význam regulace plevelů	11
1.2.1. Projevy plevele v kolejišti (zóny A, B, C).....	11
1.2.2. Projevy plevele v okolí kolejiště (zóny D, E).....	11
1.2.3. Ostatní projevy negativní projevy	12
1.3. Příklady podcenění rizika spojeného s výskytem plevelů	12
2. Hubení plevelů v ČR	14
2.1. Historický vývoj metod hubení plevelů	14
2.2. Mechanické hubení plevelů.....	14
2.3. Chemické hubení plevelů.....	15
2.3.1. Dělení herbicidů	15
2.3.2. Historie používání herbicidů	16
2.4. Současné používání herbicidů v ČR	18
2.4.1. Používané účinné látky.....	18
2.4.2. Náklady na ošetření	18
2.4.3. Spotřeba herbicidů	18
2.4.4. Aplikační technika	19
2.5. Hubení plevelů v chráněných územích	22
2.6. Hubení plevelů v ochranných pásmech vodních zdrojů.....	23
2.7. Specifika českého prostředí z pohledu hubení	23
3. Charakteristika vegetace na železnici	25
3.1. Odolnost a rezistence plevelů	26
3.2. Odolné druhy rostlin	27
4. Přehled metod regulace plevelů	29
4.1. Chemické metody	30
4.2. Fyzikální metody	31
4.2.1. Fyzikální metody - Termické.....	31

4.2.2.	Fyzikální metody – elektrické a radiační.....	33
4.3.	Mechanické metody	34
4.4.	Stavebně konstrukční metody	35
5.	Srovnání metod.....	58
5.1.	Srovnání provozních nákladů	58
5.2.	Srovnání metod z hlediska uhlíkové stopy	59
5.2.1.	Určení nároků na vstupy.....	59
5.2.2.	Uhlíková stopa vstupů	60
6.	Závěr.....	64
7.	Reference.....	65
7.1.	Seznam pramenů	65
7.2.	Seznam obrázků.....	69
7.3.	Seznam tabulek	70
7.4.	Seznam příloh.....	71
Příloha 1	72

0. Úvod

Podle Evropské společnosti pro výzkum plevelů (European Weed Research Society) je plevel rostlina, která překáží cílům a požadavkům člověka [1]. Na železnici se s touto překážkou potýkáme už od jejich počátků. V koleji s otevřeným kolejovým lože je zarůstání železničního svršku zvlášť palčivý problém, který vede k řadě negativních efektů. Otevřené kolejové lože se u nás historicky vyskytuje a dle plánů rozvoje železniční sítě vyskytovat bude. [2] Plevel musíme hubit.

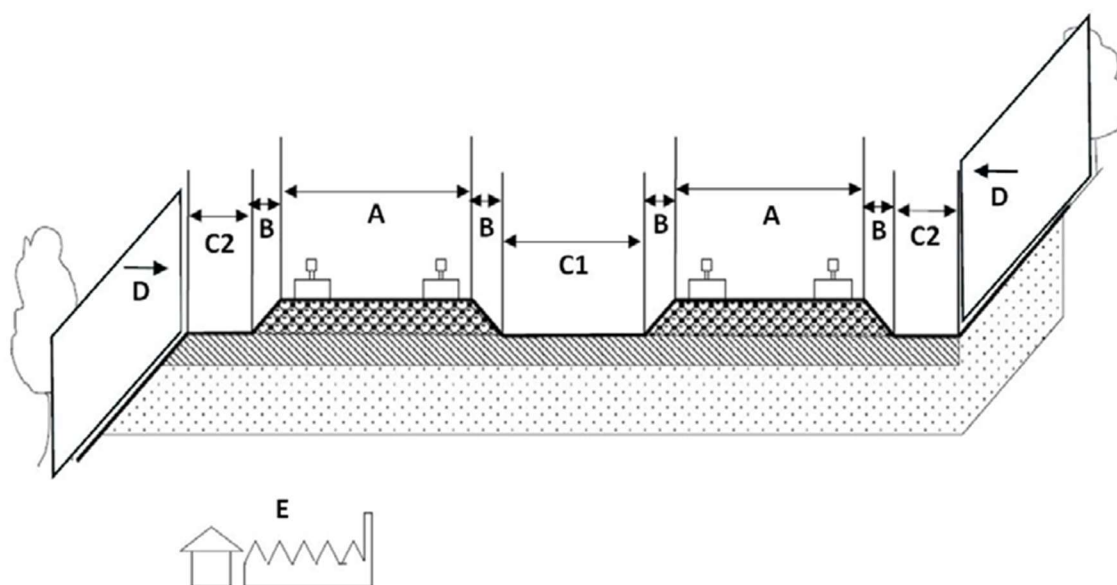
Vývoj boje železničářů s plevely vedl od sečení, přes likvidaci teplem až k nasazení herbicidů. Herbicidy odvádějí svou práci dobře a v porovnání s ostatními dnes dostupnými metodami šetří člověku čas. S rozvojem moderní společnosti však pro nás efektivita přestává být jediným kritériem. Začínáme klást stále větší důraz na bezpečnost, a to jak naši, tak životního prostředí. [3]

Cílem této práce je shrnout současný stav problematiky hubení plevelů. Provéřit alternativní varianty a poskytnout ucelený pohled na to, jak se jako společnost s touto výzvou můžeme dál vyrovnávat.

1. Problematika hubení plevelů

1.1. Charakteristika železniční tratě pro potřeby kontroly nežádoucí vegetace

Existuje celá řada problémů, které výskyt plevelů na železnici přináší. Konkrétní projevy přítomnosti nežádoucí zeleně stejně jako její druhové složení závisí na tom, kde plevelná rostlina roste. Aby bylo možné hledat odpovídající opatření a bojovat se zelení efektivně, je vhodné trať rozdělit do zón. [4]



Obr. č. 1: Aplikační zóny v příčném řezu železniční tratě [5]

Zóna	Název	Popis	
A	Koruna kolejového lože	část trati tvořena drceným kamenivem, její součástí je kolejový rošt	
B	Kolejové lože za hlavami pražců	hrany kolejového lože tvořené drceným kamenivem	
C	Pláň tělesa železničního spodku	C1 Prostor mezi kolejemi	materiály pláně tělesa železničního spodku, součástí mohou být i odvodňovací žlaby.
		C2 Stezka	
D	Přilehlý prostor podél trati	nezakryté okolí zóny C, které ovlivňují kolejiště (A+B+C), oblasti mimo průjezdný profil	
E	Ostatní udržované pozemky	elektrické měnírny, depa, nezpevněné komunikace a jejich okolí, udržované okolí zastávek a nádraží, lesy	

Tab. č. 1: Popis aplikačních zón [5, 6]

1.2. Význam regulace plevelů

Negativní projevy přítomnosti vegetace na železnici lze rozdělit do dvou skupin podle místa výskytu plevelných rostlin na:

- a) Negativní projevy plevelu rostoucího v kolejišti (zóny A, B, C)
- b) Negativní projevy plevelu rostoucího v okolí kolejiště a na drážním pozemku (zóny D, E)

Tato práce se zaměřuje na hubení vegetace v kolejišti (zóny A, B, C), které se v současné době provádí především pomocí herbicidů s obsahem glyfosátu. V rámci sborníku prací správy železnic tyto zóny odpovídají položce: „*postřik v profilu koleje šíře 5m*“.

Problémy spojené s vegetací rostoucího v okolí kolejiště a na drážním pozemku jsou z velké části řešitelné sečením případně řezem dřevité vegetace. Tyto metody jsou dlouhodobě udržitelné, ač skýtají velký prostor pro optimalizaci.

1.2.1. Projevy plevelu v kolejišti (zóny A, B, C)

Nežádoucí vegetace vyskytující se v zónách A, B a C:

Zanáší kolejové lože – zarostení železničního svršku vede k jeho rychlejšímu zanášení. Zanesené kolejové lože ztrácí propustnost a je náchylnější na promrzání, které způsobuje deformace a ztrátu geometrie koleje. To v důsledku výrazně zvyšuje náklady na údržbu. [5]

Snižuje adhezi a brzdny účinek vlaku – plevel, který přesahuje temeno kolejnice, může být zásadním ohrožením drážní bezpečnosti v případě, kdy po nabalení na kola dojde k prokluzu. V současné době, kdy zavádíme pokročilé bezpečnostní systémy, které počítají s určitou brzdou schopností vlaku a nepřepokládají špatně udržovanou trať, může vegetace účinnost těchto systému ohrozit. [3, 5, 7]

Ovlivnění výsledků defektoskopie – což znesnadňuje následnou údržbu a vyhledávání závad na železniční trati [3, 4]

Znesnadňuje pohyb osob v kolejišti – v prostoru dráhy se musí pohybovat značné množství pracovníků, kteří zajišťují například posun nebo údržbu bezpečnostních a řídicích systémů. Tento pohyb sám o sobě představuje riziko vzniku úrazu, které výskyt vegetace dále zvyšuje, což je z pohledu bezpečnosti práce nepřijatelné. [3, 5]

1.2.2. Projevy plevelu v okolí kolejiště (zóny D, E)

Nežádoucí vegetace vyskytující se v zónách D a E:

Zakrývá návěstidla – zakrytí základních zdrojů informací pro strojvedoucího při řízení vlaku na dopravní cestě může vést nehodám. Tento jev je zvláště silný na regionálních drahách s nízkou intenzitou dopravy. Nedochozí zde k základní redukci

vegetace pravidelným pohybem vozidel a obecně mají tyto tratě v údržbě nižší priority. Zároveň jsou zde umístěny především neproměnná návěstidla, která jsou vzhledem ke svému umístění k zarostení náchylnější. [4, 5, 8]

Zarůstá průjezdný profil – především dřevitá vegetace v průjezdném profilu, způsobuje značné škody na kolejových vozidlech. [3]

1.2.3. Ostatní negativní projevy

Kromě přímých negativních projevů výskytu plevelů je zde ještě rozměr ekologický. Železnice je největším **šířitelem nepůvodních invazivních druhů rostlin** v ČR. [9]

Je taky nutné zohlednit **estetickou stránku železnice**, která je spojována s řádnou údržbou a bývá společností často kritizována. Je proto nutné vyjít v tomto ohledu daňovým poplatníkům vstříc. [3]

1.3. Příklady podcenění rizika spojeného s výskytem plevelů

Přesvědčivým důkazem o nebezpečích spojených s podceněním výskytu nežádoucí vegetace jsou nehody vegetací zaviněné. Jako například mimořádná událost z Kdyně.



Obr. č. 2: Mimořádná událost Kdyně [10]

V rámci šetření drážní inspekce mimořádné události v Kdyni z 9. září 2020, při níž došlo k nedovolené jízdě vlaku Os 17544 a srážce s protijedoucím vlakem Služ 55025, byl jako přispívající faktor shledán snížený faktor adhezního tření způsobený

nánosem rozježděných zbytků nežádoucí vegetace na temenech hlav obou kolejnicových pásů. Následkem nehody bylo zraněno 20 osob s celkovou škodou na majetku přes 5,5 miliónů korun. [10]



Obr. č. 3: Detail stavu temene hlavy kolejnicového pásu [10]

2. Hubení plevelů v ČR

2.1. Historický vývoj metod hubení plevelů

Po vybudování husté železnice se začal objevovat problém se zarůstáním železničního svršku. Provoz parních lokomotiv tento problém částečně řešil. Na tratích s dostatečně hustým provozem v důsledku imisí horké vody, vodní páry a sálání tepla k zarůstání nedocházelo. [3]



Obr. č. 4: Parní lokomotiva projíždí tratí u Rumburka (únor 1976) [11]

Na tratích, kde parní provoz dostatečně hustý nebyl a později po ukončení pravidelného parního provozu v roce 1980, bylo potřeba plevel hubit cíleně. Historicky se kolejové lože čistilo mechanicky a později chemickou cestou. [12]

2.2. Mechanické hubení plevelů

Ruční hubení plevelů bylo prováděno pletím a odkopáváním nebo sečením. Ještě v 90. letech se jednalo o hlavní metodu hubení plevelů. Velké skupiny pracovníků vybavených kosami pracovali od jara do podzimu, aby udrželi trať čistou.

Sečení je vhodné provádět před koncem vegetace rostlin, jinak vede k roznášení semen. Opatření je krátkodobého charakteru, protože při něm dojde

k odstranění pouze nadzemní části rostliny, což vede k opětovnému obrůstání. Sečení zanechává zbytky rostlin, což je zvlášť problematické přímo na trati, kde se biomasou zanáší štěrky kolejové lože. [12] Dnes se jedná o běžné řešení na ostatních drážních pozemcích (zóna E), v okolí tratě (zóna D), v oblastech zákazu chemického postřiku na trati (zóna A, B, C), nebo jako doplňková metoda k postřiku na trati. [8]

Pletí lze provádět buď před vysemeněním, nebo ve vlhčím období, kdy lze rostliny odstranit snadno i s kořeny. Výhodou je, že dochází k odstranění rostlin i s kořeny a opatření má tak dlouhodobý charakter. S ohledem na časovou náročnost řešení a rizika spojená s prací v kolejišti, se tato metoda stala postupem času spíše okrajovou. [12]

2.3. Chemické hubení plevelů

Počátky užívání chemických látek pro regulaci nežádoucích rostlin jsou spjaty se stoupající intenzitou zemědělství. Odchod lidí do měst v průběhu průmyslové revoluce vedl k nedostatku pracovních sil, nešlo se tak již dále spoléhat na ruční práce. [13]

Chemické látky užívané k regulaci vegetace jsou označovány jako herbicidy. Jeden z prvních herbicidů byl síran měďnatý (modrá skalice), který byl používán od roku 1896 k regulaci plevelů v obilovinách. K jejich velkému rozmachu došlo během 2. světové války, kde byly herbicidy vedlejším produktem vývoje chemických zbraní. [13]

Po II. světové válce došlo k rozvoji používání herbicidů i na železnici. [3] Jak uvádí Ing. Antonín Škach a kol. v knize Technická příručka traťového hospodářství ČSD z roku 1971: „*Chemické hubení plevelů je mnohem účinnější a nepoměrně levnější, neboť výdaje za ně činí pouze 25 až 30 % nákladů na ruční hubení.*“ [12] Vzhledem ke stále rostoucí ceně lidské práce se jedná i dnes o platné tvrzení.

2.3.1. Dělení herbicidů

2.3.1.1. Selektivita

Herbicidy se dělí na selektivní a neselektivní. Selektivní herbicidy ničí pouze určitý druh nebo biologickou skupinu plevelů. Neselektivní je herbicid hubící veškerou vegetaci. Rozdíl v selektivitě je často dán i koncentrací účinné látky, respektive vyšší odolností některých biologických skupin rostlin. Pro prostředí železnice jsou významné především aplikace neselektivní. [14]

2.3.1.2. Mechanismus účinku

Herbicidy účinkují na rostliny narušením vnitřních procesů nezbytných pro růst nebo vývoj. Blokace životně důležitých biochemických chodů vede k částečnému nebo úplnému úhynu rostliny. HRAC (Herbicide Resistance Action Committee) dělí herbicidy do 22 skupin podle mechanismu účinku.

Porozumění těmto mechanismům je klíčové pro správnou aplikaci herbicidních přípravků. Při dlouhodobém užívání herbicidů se stejným mechanismem účinku vytváříme selektivní tlaky, které mohou vést až ke vzniku rezistence. [3, 13]

Na základě znalosti mechanismů můžeme přesněji určit čas, kdy a jak látku na rostliny aplikovat tak, abychom dosáhli nejlepších výsledků za nižších nákladů a především menší ekologické zátěže. [14]

2.3.1.3. Doba aplikace

- a) **Předsetové aplikace** – provádí se před setím nebo sázením plodin. Jedná se o zemědělskou metodu, která připravuje půdu. Z pohledu železnice jsou předsetové herbicidy nezajímavé.[14]
- b) **Preemergentní aplikace** – provádí se na povrchu půdy či substrátu před vzejitím plevelů. Výhodou je, že plevel hyne na počátku vegetace a nevzniká tak velké množství biomasy. Hlavní nevýhodou je, že před vzejitím těžko odhadujeme, jaká bude v daném roce intenzita zaplevelení, což často vedlo k nutnosti zásah opakovat.[3, 14]
- c) **Postemergentní aplikace** – provádí se na vzešlé rostlině. Předností těchto aplikací je možnost rozhodnout se, jaké účinné látky a v jaké intenzitě pro konkrétní zaplevelení použijeme. Podle typu zvoleného herbicidu je dána růstová fáze, ve které je nutné postřik aplikovat. Provádění přesně mířených zásahů umožňuje snížit ekologickou, ale i ekonomickou zátěž.[3, 14]

2.3.1.4. Způsob příjmu rostlinou

- a) **Herbicidy listové** – jsou přijímány listovou plochou rostlin. Postřik probíhá během vegetace. [3]
- b) **Herbicidy kořenové** – prostředek se aplikuje na půdu (do kolejového lože) a herbicidní látka je do rostliny přijímána kořenovým systémem. [3]

2.3.2. Historie používání herbicidů

V počátcích se jednalo především o anorganické sloučeniny. Jedním z prvních herbicidů na železnici byl chlorečnan sodný. Účinkuje ničivě na nadzemní i podzemní část rostlin. Jeho nevýhodou je vysoká toxicita pro vodní organismy. Problémem při aplikacích je jeho schopnost podporovat hoření, při smísení s organickými látkami vznikají směsi zápalné působením slunečních paprsků již při

teplotách 35°C. Při smísení chlorečnanu s organickou látkou v poměru 2:5 je dokonce výbušný. [12]

V roce 1971 se hojně využíval herbicid Atrazin, vyráběný v ČSSR pod obchodní značkou Zeazin. Jedná se o organickou sloučeninu účinkující ve vyšších koncentracích s funkcí totálního herbicidu. Účinná látka se dostává do rostliny především vstřebáváním kořeny. Působí jako inhibitor fotosyntézy, negativně ovlivňuje asimilaci rostlin a tím brání vytvoření zásobních látek. [12, 15, 16]

Atrazin zůstává v půdě až 4 roky, podléhá biodegradaci. Nekumuluje v tělech živých organismů, je však hrozbou pro citlivé vodní organismy. Působí negativně na endokrinní systém zvířat. U člověka při otravě způsobuje bolest hlavy, nevolnost, při prudké otravě křeče. [16, 17]

Jeho nevýhodou je, že se aplikuje preemergentně a jeho účinnost je závislá na půdní vlhkosti. Za ideálních podmínek vzniká v půdě film, který je následně vstřebáván kořenovým systémem rostlin. Tyto podmínky při aplikaci ve šterku železničního svršku nevznikají. Pro požadovaný efekt bylo nutné aplikovat vysoké dávky účinné látky. [3, 12, 13, 14]

Rozhodnutím Evropské komise z 10. března 2004 bylo vzhledem k nadlimitním výskytům v podzemních vodách jeho používání zakázáno. Od jeho používání se začalo upouštět již od roku 1993, a to z důvodů narůstajícího množství rezistentních druhů plevelů a tím klesající efektivity postřiku. Náhradou se stal dnes nejpoužívanější herbicid glyfosát. [3, 14, 18]

Glyfosát byl poprvé syntetizován již v roce 1950, jeho herbicidní účinek byl objeven až o 20 let později chemikem Johnem E. Franzem pracujícím ve společnosti Monsanto. Jedná se o derivát kyseliny fosforečné účinkující jako širokospektrální neselektivní postemergentní herbicid. Vstřebává se do rostliny především listem a odtud putuje do celé rostliny. Funguje jako inhibitor enzymu 5-enolpyruvylšikimát-3-fosfát (EPSP) používaného rostlinami pro biosyntézu tří aminokyselin, které se vyskytují ve všech proteinech. Při správné aplikaci ve fázi růstu efektivně hubí celou rostlinu i s kořeny. Jedná se tedy o systémový herbicid. [3, 19]

Díky jeho vysoké efektivitě a relativní ekologičnosti se stal světově nejpoužívanějším herbicidem. Z počátku byl prezentován jako ideální herbicid. Při prezentaci produktu s glyfosátem na našem území byla jeho malá toxicita pro živočichy demonstrována propagátorem prostřednictvím vypití symbolického přípitku s obsahem přípravku. [19] + (zdroj)

Glyfosát má v porovnání s Antrazinem relativně nízkou perzistenci v životním prostředí. V okamžiku kontaktu s půdou je rychle navazován hlinitými částicemi a inaktivován. Jeho rezidua v půdě mají ve většině případů dobu rozkladu kratší než 60

dní. Za letních teplot a při vysoké aktivitě půdy se rozloží obvykle za 20-30 dní. Ve vodním prostředí je více perzistentní.

O jeho toxicitě se vedou dlouhodobě spory, diskuse byla dlouho zatížena i patentem společnosti Monsanto na výrobu pesticidů s účinnou látkou glyfosát, který vypršel v roce 2000. V roce 2015 označila produkty s obsahem glyfosátu WHO spolu s IARC jako možný karcinogen způsobující rakovinu krve. Při pokusech na zvířatech bylo zjištěno, že ovlivňuje produkci hormonů. Je však nutné poznamenat, že se jedná o hodnocení komerčně užívaných přípravků s obsahem glyfosátu včetně například smáčedel.

2.4. Současné používání herbicidů v ČR

Tato kapitola popisuje, jak chemický postřik používá největší český správce železniční infrastruktury Správa železnic s. o. spravující 9349 km tratí. Hospodaří na více jak 95 % železniční sítě. [20] Ostatní správci infrastruktury provádějí chemické hubení buď svépomocí za využití manuálního postřiku, nebo si pronajímají stejnou mechanizaci jako SŽ.

2.4.1. Používané účinné látky

Hlavní používaná účinná látka postřiků je glyfosát, postřikuje se s ním většina ošetřovaných ploch. Příkladem herbicidů s účinnou látkou glyfosát jsou výrobky od společnosti Monsanto pod obchodní značkou Roundup. Pro hubení plevelů odolných vůči glyfosátu se používají herbicidy na bázi MCPA (Kyselina 4-chlor-2-methylfenoxycetová) jako Dikopur. [8]

2.4.2. Náklady na ošetření

Ceny se mohou v rámci požadovaného rozsahu hubení ve vztahu k okolnímu terénu lišit. Zjednodušeně lze však říct, že průměrná cena ošetření kilometru tratě chemickým postřikem je 3000 Kč. [8]

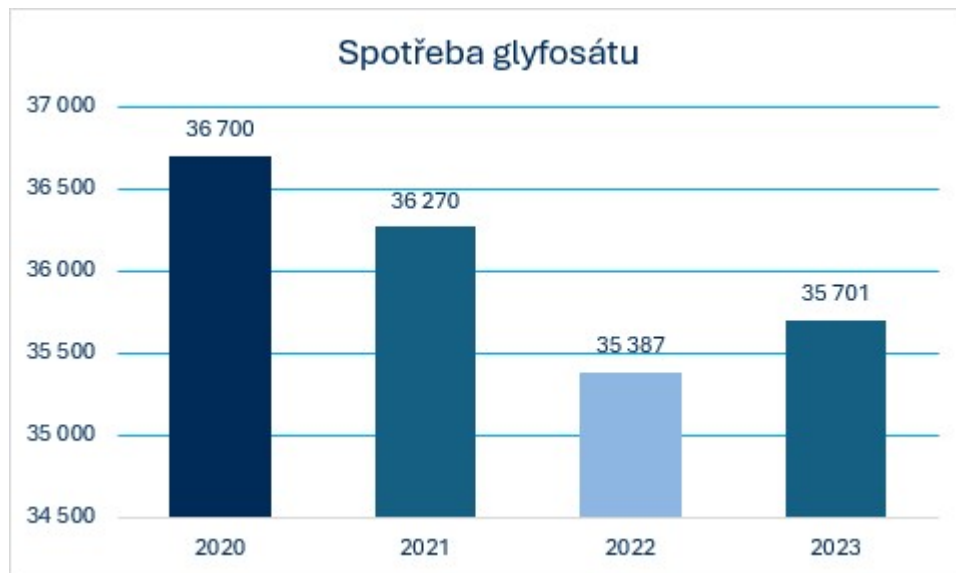
2.4.3. Spotřeba herbicidů

Správou železnic obhospodařovaná síť zabírá plochu přibližně 6300 ha, což odpovídá rozloze 9000 fotbalových hřišť. K jednomu ošetření této plochy je podle návodu na požití potřeba 50400 litrů přípravku Roundup klasik PRO. [3]

Během roku probíhají dvě kola postřiku. První postřik probíhá po celé síti na začátku vegetačního období v dubnu a květnu. V počátcích vegetačního období je účinek na plevel nejvyšší. Cílem postřiku je zastavit růst nežádoucí vegetace hned v počátcích a snížit náklady, které by později byly vynaloženy na její odstranění. Druhý postřik probíhá na podzim a má více lokální charakter. Aplikuje se v místech, kde rostliny od prvního postřiku stihly zregenerovat (například maliník), nebo kde

uvolněný prostor zaujaly později vzcházející druhy rostlin (například přeslička rolní). [3, 4, 8]

Spotřeba herbicidů je závislá na počasí v daném roce a míře zaplevelení tratí. V roce 2023 činila spotřeba 35701 litrů. Graf na další straně ukazuje pozitivní klesající trend spotřeby herbicidů, který je způsoben využíváním pokročilé aplikační techniky.



Obr. č. 5. Spotřeba herbicidů na bázi glyfosátu na síti SŽ [8]

Maximální spotřebu glyfosátu na kilometr tratě lze určit na základě příbalové informace a sborníku prací SŽ. Provádíme-li postřik v šíři 5 m na délce jednoho kilometru, stříkáme plochu o rozloze $5000 \text{ m}^2 = 0,5 \text{ ha}$. Maximální roční hektarová dávka postřiku Roundup klasik je 8l, ročně tak lze na kilometru strojně aplikovat 4l herbicidu. Postřik probíhá dvakrát ročně, proto na jeden postřik připadá 2l herbicidu. Dávka vody je stanovena na 300 l/ha, což znamená 150l/km.

Množství postřiků spotřebovaných na kilometr tratě musí být evidováno a je dohlíženo ÚKZÚZ. V rámci strategie snižování množství používaných herbicidů jsou dnes všechny strojní postřikovače vybaveny kalibrovánými proti-úletovými tryskami, které mají definovaný průtok a lze je sepnout jen při určité pojezdové rychlosti. Zároveň musí strojní postřikovače procházet pravidelnou certifikací.



Obr. č. 6: Proti-úletová tryska

2.4.4. Aplikační technika

V současnosti správa železnic provádí dva typy strojní aplikace herbicidů z MUV (motorových univerzálních vozíků). Doplnkově je prováděn postřik ručními postřikovači v místech, kde se technika nedostane nebo je potřeba postřik opakovat. [8]

2.4.4.1. Aplikace z postřikovače řízeného obsluhou

Za kolejový univerzální motorový vozík je zapojen postřikovací vozík s pěti proti-úletovými tryskami a nádrží o objemu 4000 l. V nádrži je předem umíchnána postřiková jícha. Trysky pokrývají kolejiště ve 3 zónách (vně kolejového lože – C, vně kolejnic - B, mezi kolejnicemi - A). Postřikovací zařízení je poháněno motorově. Obsluha postřikovače spíná jednotlivé trysky dle zaplevelení postřikovaného úseku. V závislosti na pozornosti obsluhy a technické vyspělosti dané postřikovací soupravy je docíleno určité míry úspory glyfosátu oproti plošné aplikaci. Tuto úsporu je složité vykázat na km, a proto bude konzervativně uvažována maximální možná spotřeba herbicidu (2 litry herbicidu Roundup klasik pro) ve 100 litrech vody. [21]



Obr. č. 7: MUV 69 s postřikovacím vozíkem

Trysky jsou instalovány na rámu na konci vozíku. Aby souprava nevjížděla do „postřikového mraku“ je možný pouze jednosměrný provoz. To ve většině případů znamená, že souprava polovinu času couvá a každý úsek musí projet dvakrát. Denně je schopna ošetřit mezi 20-30 km koleje. [21]



Obr. č. 8: Rám s proti-úletovými tryskami



Obr. č. 9: Postřikovací vozík

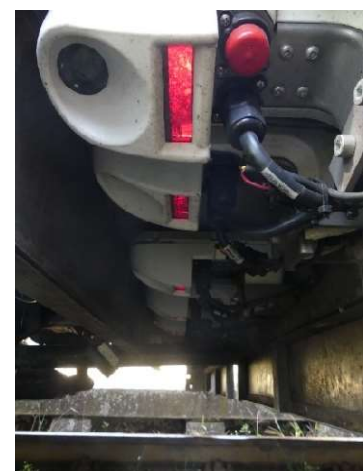
2.4.4.2. Aplikace z postřikovače řízeného detektorem zeleně

Na kolejový motorový univerzální vozík jsou instalovány postřikovací lišty řízené pomocí technologie detekce zeleně. Vozík převáží nádrž na vodu a postřik vzniká až ve směšovací zařízení, které je schopno mísit do vody střídavě dva různé druhy herbicidu (MCPA, glyfosát). [3, 22]



Obr. č. 10: MUV vybavená selektivním postřikem

Senzor pod středem MUV emituje světlo a zachycuje jeho odraz. Na základě analýzy odraženého světla je určeno, zda paprsek dopadl na zelenou rostlinu. V případě, že senzor zaznamená zelenou barvu, vyšle signál konkrétní trysce, která rostlinu v okamžiku, kdy je pod tryskou, pokropí dávkou herbicidu. Postřik je tak v šíři 5m plně autonomní. Dochází tímto k úspoře až 40 % postřiku oproti aplikaci řízené obsluhou. To znamená například v případě Roundupu spotřebu 1,5 l herbicidu v 60 litrech vody. [22]



Obr. č. 11: Detekce zeleně

Vozík vybaven lištami s tryskami na čelní i zadní straně, což mu dovoluje provádět postřik při jízdě vpřed i při couvání. Díky tomu je schopen větších výkonů mezi 45–55 km koleje za den. Zároveň je schopen dostat se až na konec postřikované koleje, což v případě závěsného vozíku není možné. [22]



Obr. č. 12: Lišta s proti-úletovými tryskami

2.4.5. Legislativní rámec chemického postřiku

Postřik na železnici se řídí zákonem o rostlinolékařské péči č. 326/2004 Sb., v platném znění. V rámci tohoto zákona patří herbicidní přípravky do skupiny **přípravky na ochranu rostlin**. Použití přípravků se dělí na profesionální a neprofesionální (domácí použití). Aplikace přípravků v rámci železnice spadá do profesionálního použití. Zároveň musí být jakýkoliv herbicid speciálně schválen pro použití na železnici. [23]

Dohled nad používáním přípravku drží Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ). Železnice spadá v rámci tohoto dohledu do stejné kategorie jako například zemědělství. Současná česká legislativa omezuje množství použité účinné látky na hektar přísněji, než je běžné v jiných státech Evropy. [8]

2.5. Hubení plevelů v chráněných územích

Chráněným územím se rozumí:

- a) maloplošná zvláště chráněná území
- b) velkoplošná zvláště chráněná území
- c) soustava lokalit NATURA 2000 (evropsky významné lokality a ptačí oblasti)
- d) přírodní park
- e) územní systém ekologické stability (ÚSES)
- f) významný krajinný prvek (VKP) [24]

Na chráněném území je možné aplikovat chemické přípravky na ochranu rostlin (což jsou i herbicidní přípravky) pouze za zákonem stanovených podmínek. Na chráněných územích a jejich ochranných pásmech je zakázána aplikace biocidních

prostředků (biocid je obecné pojmenování jakékoli chemické látky způsobující smrt živočichů nebo úhyn rostlin, která slouží k likvidaci živočišných škůdců nebo rostlinných plevelů). Aplikace je možná pouze při získání výjimky pro dané území. Správa železnic pro svou železniční síť zpracovává mapový podklad ISPD obsahující tyto zóny, který po propojení s mapovou vrstvou železniční sítě jasně stanovuje výčet tratí, na kterých lze provádět chemický postřik pouze na výjimku. [24]

V praxi to znamená, že tam, kde není možné získat výjimku, se přistupuje k nechemickým metodám hubení především sečení. Z dlouhodobého hlediska to vede k zarůstání a zanášení kolejiště. Tento efekt je zvláště silný na regionálních tratích s malou dopravní intenzitou, které zároveň tvoří velké procento z celkového množství tratí ležících v chráněných územích. [8]

2.6. Hubení plevelů v ochranných pásmech vodních zdrojů

Ochranná pásma vodních zdrojů (OPVZ) slouží podle vodního zákona: „k ochraně vydatnosti, jakosti a zdravotní nezávadnosti zdrojů podzemních nebo povrchových vod využívaných nebo využitelných pro zásobování pitnou vodou s průměrným odběrem více než 10 000 m³ za rok a zdrojů podzemní vody pro výrobu balené kojenecké vody nebo pramenité vody. Ochranná pásma vodních zdrojů stanovuje vodoprávní úřad, a to na návrh anebo z vlastního podnětu. Návrh podává zpravidla vlastník (převážně státní podniky Povodí). Vyžadují-li to závažné okolnosti, může vodoprávní úřad stanovit ochranná pásma i pro vodní zdroje s nižší kapacitou, než je uvedeno výše.“ [25]

Zda je možné používat v OPVZ konkrétní přípravek na ochrany je dáno na základě jeho návodu na použití. Návod na použití je certifikován ÚKZUZ.

2.7. Specifika českého prostředí z pohledu hubení

Česká železniční síť je s hustotou 120,7 km/m² druhou nejhustší železniční sítí světa hned po Švýcarsku. [26] Každoročně je ze zákona nutné pozemky, na kterých těchto zhruba 9500 km tratí leží, minimálně jednou ročně posekat. Dále je dle zákona o drahách správce infrastruktury povinen udržovat všechny tratě v provozuschopném stavu. Už jen vzhledem k rozsáhlosti této sítě se nejedná o snadný úkol.

Tuto situaci nadále komplikují další skutečnosti:

- **Kapacita** české sítě je na koridorových tratích v současnosti na svém limitu. Koridory jsou vytíženy na 85 % své kapacity. To v praxi znamená, že je problém nalézt volnou trasu pro jízdu postřikovací soupravy.
- Složitá **Topologie** na mnoha tratích nedovoluje pomalu se pohybujícímu stroji vykonávající hubení vyhnout se s rychleji jedoucím vlakem. Na tratích často není dostatek prostoru, kde by bylo možné soupravu otočit nebo odstavit.
- Většina metod **hubení plevelů** musí být z různých důvodů prováděna **za dne**, kde přímo konkuruje nejhustší osobní i nákladní dopravě.

Hlavní prioritou přitom je, aby údržba trati neovlivnila plynulý provoz. [8]

Opatření proti nežádoucí vegetaci jsou neefektivnější, když jsou rostliny ještě mladé. To znamená, že v závislosti na klimatických podmínkách je potřeba první zá-krok provést v období od dubna do konce června. [24]

V kombinaci těchto faktorů pro naši síť nejsou vhodné některé, jinak v ostatních evropských státech běžné a vysoce efektivní, metody hubení nežádoucí vegetace, jako například postřikovací vlakové soupravy (viz 4.1. chemické metody). Ve spolupráci s německým DB proběhlo jejich testování, ale ukázaly se pro naše podmínky jako neefektivní a neekonomické. Potřebujeme spíše více malých levnějších hubících zařízení, které mohou síť ošetřovat současně z více míst najednou. [8]

V tomto duchu proto tato práce zkoumá výsledky především malých hubících zařízení a pomíjí výsledky testování velkých postřikovacích souprav, které by v současných podmínkách stejně nemohly být využity.

3. Charakteristika vegetace na železnici

Základním předpokladem pro regulaci nežádoucí vegetace je znalost kvalitativních (druhová skladba) a kvantitativních (počet jedinců) parametrů.

Výskyt plevelů je typickým příkladem působení člověka na krajinu. Plevel vzniká jako nechtěná reakce na pozměněné prostředí. Krom běžné představy plevelů v záhonech a na polích se jedná i o rostliny osídlující například lidská sídliště, skládky, cesty či železniční tratě. Souhrnně taková místa nazýváme jako synantropní stanoviště. [9]

Složení vegetace na železnici je velice pestré vzhledem k povaze železničního tělesa, které je utvořeno železničním spodkem a železničním svrškem sypaným hrubým kamenivem – štěrkem. Toto prostředí přitahuje rostliny, které se přizpůsobují suchým podmínkám. Jsou to jednoleté náletové byliny, které během vegetace produkují semena a poté odumírají. Dále se zde objevují dvouleté a víceleté rostliny a trvalé plevele, které pronikají na kolejnice z okolních pozemků, jako je například přeslička rolní. Celkový počet druhů rostlin na železničních svršcích je velký a již samotný výskyt plevelů může mít škodlivé dopady. [3]

Železnice přispívá významnou měrou i k šíření plevelných rostlin do nových stanovišť po ČR, a to především díky velké hustotě železniční sítě. Železnice nejen, že rozšiřuje stanoviště původních rostlinných druhů osídlujících tratě a nádraží z blízkého okolí, ale je nejvýznamnějším zdrojem nových plevelných rostlin. Na vině je nákladní přeprava, a to především zemědělských komodit. Touto problematikou se v minulosti i současnosti zabývá velké množství vědeckých prací, protože šíření plevelných druhů představuje hrozbu pro zemědělskou produkci. [9, 27, 28]

Nové druhy plevelů se objevují nejvíce v železničních uzlech, kde dochází k manipulaci s nákladem. V železničním uzlu Česká Třebová bylo zjištěno přibližně 500 druhů vyšších rostlin. Po prvotním zdomácnění druhu v dopravním uzlu se následně šíří podél železniční tratě. [3]

Synantropní stanoviště na železnici mají tyto společné rysy:

1. **Četné plochy bez vegetace** – snížená konkurence domácích rostlin
2. **Půdy jsou velmi mladé** – tzv. antropogenní půdy, představující umělelou formu reliéfu
3. **Výsušná stanoviště** – podzemní voda není většinou rostlinám k dispozici
4. **Zvýšenou teplotu**, neboť substrát má většinou tmavý povrch

5. Neustálé **ovlivňování povrchu** půd přímým nebo nepřímým působením člověka, které zajišťuje také trvalý přísun nových diaspor. [9, 28]

Z výše zmíněného lze vyvodit dva závěry. Prostředí železnice je ze své suché a teplé podstaty osidlováno odolnými druhy rostlin, které zde nemají tak silnou konkurenci ostatních rostlin jako v přirozeném prostředí. Proti rozrůstání plevelů na železničních svrščích musíme bojovat nejen kvůli přímým negativním dopadům na železnici, ale především abychom ochránili naši domácí zemědělskou produkci.

3.1. Odolnost a rezistence plevelů

Účinek hubení není vždy stoprocentní, důvodem selhání může být velká odolnost plevele, aplikační chyba nebo rezistence. [29]

Periodické vystavování plevelů jednomu druhu stresu vytváří na společenství rostlin selektivní tlaky, což vede k přežití vůči stresoru zvláště odolných druhů, které zaujmou místo plevelů méně odolných. Vznikají tak přirozeně odolné populace lépe přizpůsobené používané metodě hubení. Jako reakce na intenzivní selekční tlaky může u plevelů dojít až k vývoji rezistence, tedy dědičná vlastnost rostliny přežít hubicí zásah. [29]

Typickým případem tohoto jevu je rezistence plevelů vůči herbicidům, která je správou železnic definována jako: „*absolutní tolerance plevele vůči takové dávce herbicidů, která daný druh plevelné rostliny normálně v porostu kulturních rostlin hubí.*“ [24] Z důvodů vzniků rezistencí bylo dokonce od některých postřiků nutné zcela upustit. Proti dnes nejpoužívanějšímu herbicidu glyfosátu ve světě v roce 2020 existovalo 47 druhů rezistentních plevelů. [3]

Opakované sečení vytváří intenzivní selekční tlaky, vede k výskytu nízkých plevelů šířících se adventivními orgány nebo plevelů s dobrou schopností regenerace. [3]

Těmto negativním jevům lze předcházet sérií opatření:

- a) kombinovat různé druhy hubících metod
- b) střídat účinné látky postřiků
- c) dodržovat doporučené koncentrace postřiků
- d) aplikovat postřiky ve vhodných agrotechnických lhůtách [24]

3.2. Odolné druhy rostlin

Druhové složení rostlin na železnici je velmi pestré, avšak pro potřeby srovnání různých metod hubení plevelů postačí dvojici z pohledu hubení zvláště problematických druhů.

Přeslička rolní

Přeslička roste odlišným způsobem než většina železničních plevelů. Má dvě fáze růstu. V prvním termínu, kdy bývá na ostatní rostliny aplikován glyfosát, vytváří jarní nezelelou lodyhu s malou listovou plochou. Po prvotní aplikaci chemického postřiku vzniká volný prostor, který umožňuje přesličce vzniklou niku efektivně zaujmout. Druhá letní lodyha má malou listovou plochu, a tak ani ta není glyfosátem účinně zasažitelná. Pro její hubení se osvědčilo používání přípravků na bázi MCPA. [8]



Obr. č. 13: Přeslička rolní

Křídlatka japonská

Invazivní druh rostliny, která vytváří souvislý porost dosahující výšky až dvou metrů. Vykazuje obrovskou schopnost regenerace, dokáže regenerovat i z velmi malých úlomků. Nejvhodnější metodou je opakovaná aplikace postřiku s obsahem glyfosátu přímo na list tak, aby byla zasažena maximální listová plocha. [24]



Obr. č. 14: Okolí tratě před postřikem



Obr. č. 15: V kolejišti před postřikem



Obr. č. 16: Okolí tratě po postřiku



Obr. č. 17: V kolejišti po postřiku

4. Přehled metod regulace plevelů

1. **Chemické metody** zahrnují aplikaci herbicidů, jako je glyfosát, který je využíván pro jeho účinnost proti širokému spektru plevelů. Tyto látky mohou být aplikovány prostřednictvím postřiku nebo přímou aplikací na listy plevelů. Na železnici je využíván především postřik, a to formou ručního postřiku, postřiku z drážních vozíků bez detekce i s detekcí zeleně a pomocí souprav postřikovacích vlaků.
2. **Fyzikální metody** zahrnují:
 - Termické metody, jako je použití horké páry, horké vody, horkého vzduchu, plamene a zmrazení pomocí kapalného dusíku.
 - Elektrické a radiační metody, jako aplikace elektrického proudu a infračerveného, mikrovlnného či UV záření.
3. **Mechanické metody** zahrnují sečení a pastvu.
4. **Stavebně konstrukční metody** jsou zaměřeny na preventivní opatření, která zabraňují růstu plevelů tím, že změní fyzické podmínky prostředí, jako je struktura povrchu kolejiště.
5. **Biologické metody** využívají pastvu, biomineralizaci a alelopatii (včetně konkurence a parazitizmu), což jsou procesy, kde živé organismy přímo ovlivňují růst plevelů. [3]

Jak je patrné už z rozdělení, konvenčních i alternativních metod je velké množství. Pro podrobnou analýzu bylo z důvodů relevance srovnání nutné zvolit pouze některé z nich. Byly zvoleny pouze konvenční metody, které jsou v současnosti široce používány na české železnici, a alternativní metody, na kterých probíhá intenzivní výzkum a lze je tak porovnat s konvenčními. Podrobný rozbor vybraných metod byl zpracován formou tabulek. V současnosti okrajově vnímané alternativní metody jsou popsány v následujících kapitolách.

4.1. Chemické metody

Současný chemický postřik na železnici lze z hlediska způsobu aplikace rozdělit do tří kategorií:

- a) **Manuální postřik** – Prováděný pracovníky pomocí ručních postřikovačů, jako doplňková metoda k ošetření míst, kam nelze zajet se strojním postřikovačem, kde je potřeba provést přesný zásah (hranice pozemku) nebo je potřeba postřik lokálně opakovat.
- b) **Postřik z drážních vozíků** – viz kapitola 2.4. 4. aplikační technika
- c) **Vlakové postřikovací soupravy** – rozšířené v Německu, Francii, Belgii, Švýcarsku. Tyto soupravy se sestávají z lokomotivy, cisteren na vodu, vagonu s technologií a vagonu pro obsluhu. Technologický vagon obsahuje trysky, směšovací zařízení (které do vody přimíchává herbicid), detekci zeleně, a to buď na základě technologie weedseeker nebo analýzy obrazu. Postřik je řízen počítačově. Díky těmto pokročilým technologiím mohou vlaky dosáhnout až 50% úspory herbicidu a provozní rychlosti 50km/h. [4]

Co se týče používaných účinných látek, většinu evropského trhu dnes drží přípravy na bázi glyfosátu, na druhém místě je MCPA. V Americe stále používají herbicidy na bázi antrazinu, ty jsou však v Evropě zakázané. V posledních letech se příliš neobjevují nové herbicidy a rozdělení trhu je z tohoto důvodu dost stabilní. [3]

Nové herbicidy na trh nepřichází, protože jejich vývoj zatěžují přísné ekotoxikologické nároky. Trh se ubírá spíše směrem zdokonalování složení přípravků stávajících a výrobu generic (již vyvinutých přípravků s proslou licenční ochranou). [3]

Hlavní požadavky kladené na nově zaváděné herbicidy:

- vysoká selektivita k plodině a necílovým organismům
- vysoká a rychlá účinnost v nízkých dávkách
- rychlá a bezpečná degradace v prostředí
- relativně levná syntéza a dostupná nákupní cena [13]

Velká pozornost je věnována organickým kyselinám s potenciálně herbicidními účinky. Nejviditelnějším zástupcem této skupiny je kyselina pelargonová.

Pro detailní rozbor byly zvoleny dvě v České republice nejběžnější metody postřiku z drážních vozíků (**Strojní postřik Glyfosátem bez detekce zeleně, Strojní postřik Glyfosátem s detekcí zeleně**) a **postřik kyselinou pelargonovou**.

4.2. Fyzikální metody

V této oblasti existuje široká škála testovaných zařízení a procesů, z čehož jen některé se používají v praxi a účinnost v prostředí železnice je tak těžko porovnatelná. Zásadní kritéria hodnocení jsou:

- schopnost vypořádat se s velkým množstvím rostlin na povrchu
- potenciál automatizace
- účinnost a prostorová přesnost (plýtvání energie, riziko vzniku požáru)
- udržitelnost (trvání účinku na ošetřené ploše)

Pro detailní rozbor byly zvoleny dvě metody termické (hubení **horkou vodou** a **vodní parou**) a dvě metody radiační (hubení **elektrickým proudem** a **infračerveným zářením**).

4.2.1. Fyzikální metody - Termické

Při termické regulaci plevelů je pro hubení využíváno vlivu teploty. Při zahřátí rostlinných buněk už na teplotu 60–70 °C začne docházet k degradaci bílkovin a buněčné tekutiny začnou volně procházet buněčnými stěnami. Po aplikaci se plevele ohýbají, vysušují a během několika dní hynou. [3]

4.2.1.1. Horká voda

Metoda je založena na postřikování rostlin horkou vodou. Zařízení jsou tvořena zásobníky na vodu, ohřevem, čerpadly a tryskami. Specifikem je extrémní spotřeba vody. Horkovodní hubení je v současnosti nejpokročilejší technologií. Švýcarské SBB a belgický Infrabel testují soupravy horkovodních postřikovacích vlaků s aplikační rychlostí 20 km/h. Podrobný rozbor viz *tab. 4. hubení horkou vodou*. [3, 4, 30, 31]

4.2.1.2. Vodní pára

Zařízení uvolňuje z trysek vodní páru. Vodní pára má vyšší koeficient prostupu tepla než horká voda, ale je těkavější, což zvyšuje riziko tepelných ztrát při aplikaci. Současné technologie nejsou schopny vyrobit dostatečné množství vodní páry za přijatelnou cenu pro použití na železnici. Podrobný rozbor viz *tab. 5 hubení vodní parou*. [4]

4.2.1.3. Horký vzduch

Horký vzduch je zahříván hořáky a přiveden „tryskou“ k rostlině. Během pár vteřin dojde k termálnímu šoku. Výhodou je, že metoda vyžaduje pouze spalovaný plyn a okolní vzduch, lze tak vytvářet lehká zařízení pro manuální užití v podobné velikosti a hmotnosti jako strunová sekačka. V současnosti vyrábí produkty založené na principu horkého vzduchu francouzská firma RIPAGREEN. Vzduch je zahříván

propanovým hořákem. Vyrábí lehké ruční hubiče, které dodává do komunální sféry pro užití v intravilánu. [32]



Obr. č. 18: RIPAGREEN MOBILITY KIT [32]



Obr. č. 19: Hubení plamenem [34]

Ošetření horkým vzduchem nepřináší dlouhodobý účinek na plevelné rostliny, je poškozena pouze nadzemní část rostlin, dochází k rychlé regeneraci a je nutné ošetření často opakovat. Dle výzkumů mělo využití horkého vzduchu menší účinek než hubení horkou parou. Pokud byla zvýšena vlhkost horkého vzduchu zvyšovala se účinnost. Zároveň dochází k obrovským tepelným ztrátám. Z těchto důvodů se použití na železnici nejeví jako ekonomicky výhodné. [3, 33]

4.2.1.4. Plamen

Principem je spálení rostlin plamenem plynového hořáku, palivem hořáku bývá propan. Metoda se běžně používá v severských zemích pro hubení v intravilánu. Účinek ošetření je závislý na vegetační fázi rostlin, plamen efektivně hubí mladé vzcházející rostliny, ale dobře zakořeněné víceleté druhy rychle regenerují. Používání této metody vede ke vzniku rezistentních populací složených z druhů, které jsou od přírody vybaveny schopností přežít požáry. Například kokoška pastuší tobolka dobře regenerovala i při vysokých dávkách 150kg propanu/hektar. [3, 33]

Metoda byla běžně používána v USA před zavedením herbicidů. [34] Hlavní nevýhodou je riziko vzniku požáru při aplikaci, které v kombinaci se stále teplejším klimatem stále narůstá. Metoda nebyla zahrnuta do porovnání, protože její použití na železnici bylo překonáno použitím herbicidů a rizika s ní spojená nemohou vyvážit případný menší dopad na životní prostředí nebo lidské zdraví. [35]

4.2.1.5. Kapalný dusík

Hubení pomocí kapalného dusíku funguje na stejném principu jako ostatní termické metody, tedy porušení základních struktur rostliny. Na rozdíl od nich je ale účinku dosaženo pomocí teplot hluboko pod bodem mrazu. [3]

Technologii kapalného dusíku na železnici v současnosti vyvíjí a testuje nizozemská společnost ProRail. Metoda je v současnosti omezena na jednotlivé

rostliny. Potenciálně by mohlo jít o vhodnou metodu pro regulaci zvláště odolných invazivních druhů rostlin jako je bolševník velkolepý. [3, 4, 5]

4.2.1.6. Horká pěna

Speciálně upravený horkovodní systém využívá pěny pro dosažení izolačního efektu a prodloužení doby kontaktu plevelu s vodou. Základem pěny jsou dobře rozložitelné přírodní látky jako je kukuřičný cukr a škrob. Pěna se vytváří mícháním škrobu s vodou. Vyfukována je stlačeným vzduchem. Metoda nemá systémový účinek na celou rostlinu. Jedná se o způsob, jak zvýšit účinek horké vody. [3]

V současné době existují komerčně vyráběná zařízení pro komunální sféru. Britská firma Foamstream má patentované složení pěny, která podle jejich stránek prodlužuje účinek vody na čtyřnásobek a snižuje počet ošetření na tři ročně.

Použití pěny na železnici testovala italská RFI (Rete Ferroviaria Italiana), výsledky experimentu nebyly příliš uspokojivé (80 % rostlin regenerovalo během 45 dní). Navzdory přírodnímu původu pěny je nutné zvážit, zda by veřejnost přijímala bílou pěnu podél tratí pozitivně. [4, 36]

4.2.2. Fyzikální metody – elektrické a radiační

Princip fungování je podobný jako u termických metod, dochází k poškození rostlinných pletiv. V současnosti jsou elektrické a radiační projekty zkoumány v rámci projektů DB, ÖBB – Indra, ProRail, SNCF Réseau a Infrabel. [3]

4.2.2.1. Elektrický proud

Poškození vegetace je závislé na napětí a době kontaktu. Generátor vytváří vysoké napětí o nízkém proudu, které nepředstavuje nebezpečí pro obsluhu a okolí, protože rostliny mají podstatně vyšší elektrickou vodivost. Jedná se o jedinou systémovou metodu, která hubí rostlinu i s kořeny. Hlavním rizikem je možná interakce se zabezpečovacími zařízeními a návěstní soustavou. [3, 4] Podrobný rozbor viz *tab. 5. hubení elektrickým proudem*.

V Evropě vyrábí produkty na tomto principu švýcarská firma Zasso. Dodává hubící zařízení do zemědělství i komunální sféry. Zasso ve spolupráci s Certis Europe vyvíjí zařízení Electroherb uzpůsobené použití na železnici. [37]

4.2.2.2. Infračervené tepelné záření

K hubení plevelů je využito infračerveného záření sálajícího z keramických infražáříčů zahříváných hořáky nebo elektřinou. Hlavní výhodou je nízká energetická náročnost. Dosahuje stejných účinků jako ostatní termické metody, ale za nižších aplikačních rychlostí. [3] Podrobný rozbor viz *tab. 6. hubení infračerveným tepelným zářením*.

4.2.2.3. Mikrovlnné záření

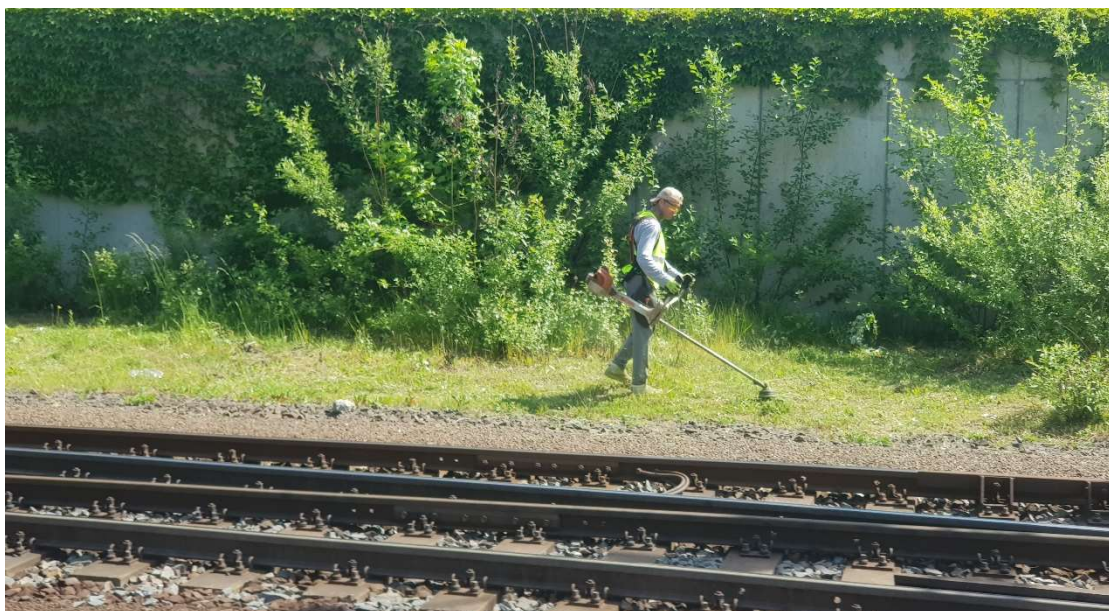
Mikrovlnné záření bylo pro regulaci nežádoucí zeleně vyhodnoceno jako příliš energeticky náročné. Výzkumy uvádějí spotřebu až 75000 MJ na hektar. [3, 38]

4.2.2.4. UV záření

Energie UV záření je pohlcována prvními dvěma milimetry rostlinné tkáně, což má na tuto vrstvu podobný účinek jako kdyby byla ošetřena plamenem. V současné době neexistuje komerčně vyráběné zařízení na tomto principu. Nevýhodou se jeví potenciální zdravotní rizika spojená se vznikem mutací. Zařízení na tomto principu testuje v laboratorních podmínkách francouzská SNCF Réseau. [3]

4.3. Mechanické metody

Metody, které se zaměřují na odstranění nadzemních částí nežádoucí vegetace, jako jsou sečení a výjimečně pastva. Výhodou mechanických metod je, že jsou netoxické a v porovnání s herbicidy mají okamžitý dopad na vegetaci. Nevýhodou je dopad na drobnou faunu v kolejišti. Užití v kolejišti je většinou pouze doplňkové, ale slouží jako hlavní metoda kontroly nežádoucí vegetace na ostatních plochách (zóny D a E). Výjimkou jsou tratě v ochranných pásmech vodních zdrojů nebo v chráněných krajinných oblastech, ve kterých nelze získat výjimku pro chemický postřik, a kde tak v současnosti neexistuje komerčně dostupná alternativa. [3]



Obr. č. 19: Práce s křovinořezem podél tratě

4.3.1. Sečení

Sečení je dnes využíváno především mimo profil kolejového lože. Provádí se buď manuálně pomocí křovinořezů nebo drobné mechanizace s pomocí ramen napojených na MUV, nebo dálkově ovládaných robotických sekaček. [3]

Výhodou manuálně prováděného sečení je, že nemá vliv na grafikon. Pracovníci mohou pracovat za plného provozu. Na druhou stranu je to i největší slabinou manuálního sečení, protože vystavuje pracovníky riziku srážky s drážním vozidlem. Z těchto důvodů má sečení dnes velký potenciál v automatizaci a robotizaci. Podrobný popis viz kapitola 2. 2. *Mechanické hubení*. [3, 4]

4.3.2. Pastva

Údržba zeleně s pomocí pastvy je charakteristická tím, že nevyžaduje mnoho vstupů jako lidská práce nebo kapitál, může tak být pro sečení zajímavou alternativou. Některé druhy hospodářských zvířat navíc spásají rostliny hluboko i s částí kořenového systému, čímž limitují jejich regeneraci. Nevýhodou je selektivita pastvy některých druhů herbivorů. [3]

V běžných podmínkách lze pastvu považovat za levnější než sečení, ale ve specifických podmínkách železnice, které jsou typické pohybem drážních vozidel je permanentní přítomnost zvířat významným nedostatkem. Z toho pohledu se jedná především o doplňkovou metodu potenciálně využitelnou na tratích s víkendovým nebo prázdninovým provozem. [24]

4.3.3. Kartáčování

Metoda je potenciálně vhodná pro údržbu kolejového lože. Nadzemní část rostlin je odstraněna kartáčem. V závislosti na druhu a vzrůstu rostlin však nemusí být zasaženy kořeny a dochází k rychlé regeneraci rostlin. Hlavní výhodou je, že se jedná o netoxickou metodu, kterou lze užívat v CHÚ. Nevýhodou je pomalá provozní rychlost do 5 km/h a riziko poškození mechanických i elektrických částí trati. [4]

4.4. Stavebně konstrukční metody

Principem stavebně konstrukčních metod jsou technické úpravy kolejového lože tak, aby v budoucnu bylo prostředí železnice vystaveno minimálnímu tlaku nežádoucí vegetace. Dle slov Jaromíra Pivonky (specialisty na železniční svršek pracujícího ve firmě STRABAG) nejsou v ČR v současné době tyto proti vegetační úpravy projektovány, a to primárně z důvodu jejich nákladnosti. [3]

4.5. Biologické metody

Těžištěm výzkumu dnešních biologických metod je prevence vzniku zaplevelení. Konkurenčně silné rostliny, které svým vzrůstem neovlivňují železnici,

zabraňují růstu nežádoucí vegetace. Další možností je biomineralizace, která využívá speciální druhy půdních bakterií, které vytváří vegetaci odolnou, ale vodopropustnou vrstvu. Tyto metody jsou dnes předmětem zkoumání a jejich praktické využití je značně omezené. [3, 5]

Kategorie Chemické metody	
Název metody Strojní postřik Glyphosátem bez detekce zeleně	
Popis	Viz kapitola 2.4.4.1. <i>Aplikace z postřikovače řízeného obsluhou.</i>
	
Obr. č. 21: MUV 69 s postřikovacím vozíkem	
Mechanismus účinku	Postřik na bázi glyphosátu účinkuje jako neselektivní listový herbicid se systémovým účinkem. Rostlina ho přijímá zelenými listy a zelenými částmi, odkud je asimilačním prouděním rozveden do celé rostliny. Glyphosát účinkuje jako inhibitor syntézy aminokyselin v buňkách rostliny. Rostlina během dnů až týdnů hyne.
Správci infrastruktury se zkušeností s touto metodou	Česko (SŽ) V modifikacích, ale na stejném principu: Německo (DB), Rakousko (ÖBB), Dánsko (BS), Velká Británie (Network Rail), Francie (SNCF), Belgie (SNCB), Finsko (FTA)
Status užívání	Komerční užívání na železnici. V ČR touto metodou ošetřeno 45 % chemicky ošetřovaných tratí.

Technická data	
Rychlost	25 km/h (SŽ)
Kompatibilita s prostředím železnice	Kompatibilní
Efektivita hubení	
Četnost zásahu	2 aplikace ročně
Vhodné místo užití	Vhodné pro použití na širé trati i ve stanicích. Nelze použít v ochranných pásmech vodních zdrojů.
Vhodné podmínky pro aplikaci	Lepší účinek je dosažen za vyšší intenzity světla. Děšť do 6 hodin po ošetření snižuje hubicí účinek. Přítomnost rosy na listech v okamžiku aplikace snižuje hubicí účinek. Za vyšších teplot probíhá přesun účinné látky do kořenů velmi pomalu a ošetření má tak rychle viditelný efekt na nadzemní část rostliny. Při nižších teplotách pod 22 °C probíhá translokace až do hlubšího kořenového systému, což se projeví pomalejším účinkem na nadzemní část rostliny, ale následným potlačením její regenerace.
Odolné rostliny	Viz kapitola 3. 2. odolné druhy.
Dlouhodobé dopady užívání	Dochází ke vzniku rezistencí. Například u populací turanky kanadské (<i>Conyza canadensis</i>) byla popsána úplná rezistence.
Cena [Kč] - bez nákladů na pořízení zařízení	
za km tratě	3000
Náročnost na zdroje	
Energie	0,25l nafty na kilometr tratě
Ostatní	Malá spotřeba vody 100l/km tratě (postřik v šíři 5 m)
Rizika spojená s užíváním	
Toxicita pro životní prostředí	Toxická pro životní prostředí. - Smrtelná dávka při pozření LD ₅₀ = 4 g/kg hmotnosti (potkan) - Roundup klasik pro (glyfosát 360 g/l): OP II. st. - Ochranná pásma vod – Přípravek je vyloučen z použití v ochranném pásmu II. stupně zdrojů povrchové vody pro aplikační dávku nad 60 ml přípravku/ 100 m ² . SP1 - Riziko pro vodní organismy - Neznečišťujte vody přípravkem nebo jeho obalem. (Nečistěte aplikační zařízení v blízkosti povrchové vody / zabraňte kontaminaci vody splachem z farem a cest.)
Ostatní vlivy na životní prostředí	Nízké - Rezidua v půdě mají ve většině případů poločas rozpadu kratší než 60 dní - Malá spotřeba vody a energie

Zdravotní rizika pro zaměstnance	Střední riziko (za předpokladu dobře vyškolených operátorů) - pravděpodobně nekarcinogenní (EPA – americká Agentura pro ochranu životního prostředí) - pravděpodobný lidský karcinogen (WHO) - rakovina krve Roundup klasik pro (glyfosát 360 g/l): H319 - způsobuje vážné poškození očí
Riziko poškození železničního svršku	Malé riziko
Riziko poškození elektrifikace	Malé riziko
Shrnutí	
Hlavní výhody	Rychlejší a bezpečnější pro pracovníky než manuální postřik. Větší flexibilita než postřikovací vlaky. Velmi levné v nákladech na pořízení.
Hlavní nevýhody	Nelze používat v zónách ochrany vodních zdrojů a chráněných oblastech. Stále narůstající problém s rezistencí rostlin. Nadměrné čili neekonomické a neekologické užívání herbicidů. Veřejné mínění následované politiky se odklání od užívání herbicidů. Hrozí zákaz používání herbicidů.
Potenciál rozvoje	Integrace metod detekce zeleně a tím snížení množství postřiku.
Legislativní omezení	Na základě rozhodnutí Evropské komise 2033/2660 z 28. 11. 2023 je používání glyfosátu povoleno do 15. prosince 2033.
Reference:	[3, 4, 5, 8, 33, 38, 39, 40]

Tab. č. 2: Strojní postřik Glyfosátem – bez detekce zeleně

Kategorie Chemické metody	
Název metody Strojní postřik Glyphosátem s detekcí zeleně	
Popis	Viz kapitola 2.4.4.2. <i>Aplikace z postřikovače řízeného obsluhou.</i>
	
Obr. č. 22: MUV 69 vybavená technologií detekce zeleně [41]	
Mechanismus účinku	Herbicid na bázi glyphosátu funguje jako neselektivní listový herbicid se systémovým účinkem. Rostlina ho přijímá zelenými částmi a listy, odkud je asimilačním prouděním rozveden do celé rostliny. Glyphosát účinkuje jako inhibitor syntézy aminokyselin v buňkách rostliny. Rostlina během dnů až týdnů hyne.
Správci infrastruktury se zkušeností s touto metodou	Česko (SŽ) V modifikacích, ale na stejném principu: Německo (DB), Rakousko (ÖBB), Dánsko (BS), Francie (SNCF), Belgie (SNCB)
Status užívání	Komerční užívání na železnici. V ČR touto metodou ošetřeno 55 % chemicky ošetřovaných tratí.

Technická data	
Rychlost	25 km/h (SŽ)
Kompatibilita s prostředím železnice	Kompatibilní
Efektivita hubení	
Četnost zásahu	2 aplikace ročně
Vhodné místo užití	Vhodné pro použití na širé trati i ve stanicích. Nelze použít v ochranných pásmech vodních zdrojů.
Vhodné podmínky pro aplikaci	Lepší účinek je dosažen za vyšší intenzity světla. Děšť do 6 hodin po ošetření snižuje hubící účinek. Přítomnost rosy na listech v okamžiku aplikace snižuje hubící účinek. Za vyšších teplot probíhá přesun účinné látky do kořenů velmi pomalu a ošetření má tak rychle viditelný efekt na nadzemní část rostliny. Při nižších teplotách pod 22 °C probíhá translokace až do hlubšího kořenového systému, což se projeví pomalejším účinkem na nadzemní část rostliny, ale následným potlačením její regenerace.
Odolné rostliny	Viz kapitola 3. 2. odolné druhy
Dlouhodobé dopady užívání	Dochází ke vzniku rezistencí. Například u populací turanky kanadské (<i>Conyza canadensis</i>) byla popsána úplná rezistence.
Cena [Kč] - bez nákladů na pořízení zařízení	
za km tratě	3000
Náročnost na zdroje	
Energie	0,25l nafty na kilometr tratě
Ostatní	Velmi malá náročnost na vodu (60 l/km tratě)
Rizika spojená s užíváním	
Toxicita pro životní prostředí	Toxická pro životní prostředí. - Smrtelná dávka při pozření LD₅₀ = 4 g/kg hmotnosti (potkan) - Roundup klasik pro (glyfosát 360 g/l): OP II. st. - Ochranná pásma vod – Přípravek je vyloučen z použití v ochranném pásmu II. stupně zdrojů povrchové vody pro aplikační dávku nad 60 ml přípravku/ 100 m ² . SP1 - Riziko pro vodní organismy - Neznečišťujte vody přípravkem nebo jeho obalem. (Nečistěte aplikační zařízení v blízkosti povrchové vody / zabraňte kontaminaci vody splachem z farem a cest.)

Ostatní vlivy na životní prostředí	Střední - Rezidua v půdě mají ve většině případů poločas rozpadu kratší než 60 dní - Malá spotřeba vody a energie
Zdravotní rizika pro zaměstnance	Střední (za předpokladu dobře vyškolených operátorů) - pravděpodobně nekarcinogenní (EPA – americká Agentura pro ochranu životního prostředí) - pravděpodobný lidský karcinogen (WHO) - rakovina krve Roundup klasik pro (glyfosát 360 g/l): H319 - způsobuje vážné poškození očí
Riziko poškození železničního svršku	Malé riziko
Riziko poškození elektrifikace	Malé riziko
Shrnutí	
Hlavní výhody	Nejefektivnější metoda postřiku používaná v ČR. Snižuje množství používaných herbicidů oproti aplikacím postřiků bez detekce zeleně. Větší flexibilita než postřikovací vlaky.
Hlavní nevýhody	Nelze používat v zónách ochrany vodních zdrojů a chráněných oblastech. Stále narůstající problém s rezistencí rostlin. Veřejné mínění následované politiky se odklání od užívání herbicidů. V budoucnu hrozí zákaz používání herbicidů.
Potenciál rozvoje	Pokročilejší metody detekce zeleně využívající analýzu obrazu. To by umožnilo zpřesnění dávkování herbicidů. Z takto získaných dat by bylo možné vytvářet mapu reflektující druhové složení rostlin nebo skupiny rostlin s podobnou charakteristikou (invasivní druhy, neinvazivní druhy, rezistentní, atd.)
Legislativní omezení	Na základě rozhodnutí Evropské komise 2033/2660 z 28. 11. 2023 je používání glyfosátu povoleno do 15. prosince 2033.
Citace:	[3, 4, 5, 8, 33, 39, 40, 42]

Tab. č. 3: Strojní postřik Glyfosátem s detekcí zeleně

Kategorie Chemické metody

Název metody Strojní postřik kyselinou pelargonovou

Popis

Kyselina pelargonová je zástupcem organických kyselin s herbicidními účinky. Probíhá diskuse, zda by se mohla stát ekologickou náhradou glyfosátu, do-
savadní zkoumání však indikují její limity. Pro její aplikaci je předpokládáno malé drážní vozidlo.



Obr. č. 23: Kyselina pelargonová – ilustrační obrázek

Mechanismus účinku

Postřik na bázi kyseliny pelargonové účinkuje jako neselektivní listový postemergentní herbicid, který má nesytemový účinek (nehubí celou rostlinu). Dochází k popálení listové plochy. V místě kontaktu kyseliny s listem kyselina nabourává voskovou ochranu listů, která chrání před nadměrným výparem. Po aplikaci rostlina rychle ztrácí vodu a listy usychají.

Správci infrastruktury se zkušeností s touto metodou

Rakousko (ÖBB), Finsko (FTA), Francie (SNCF)

Status užívání

Experimentální použití na železnici.
Komerční použití v intravilánu a domácnostech

Technická data	
Rychlost	10 km/h
Kompatibilita s prostředím železnice	pouze ruční postřikovací zařízení nekompatibilní se současnou postřikovací technikou - nutné modifikace nádrží na postřik (kyselina pelargonová není rozpustná ve vodě) - nutné modifikace postřikovacího zařízení (větší průtok než u konvenčních herbicidů)
Efektivita hubení	
Četnost zásahu	3-6 aplikací ročně
Vhodné místo užití	Vhodné pro použití na širé trati. Bez omezení pro použití v ochranných pásmech vodních zdrojů.
Vhodné podmínky pro aplikaci	Déšť do 6 hodin po ošetření snižuje hubící účinek. Přítomnost rosy na listech v okamžiku aplikace snižuje hubící účinek, dochází k naředění přípravku.
Odolné rostliny	Vytrvalé plevely. Jednoleté rostliny vyšší než 10 cm po aplikaci regenerují.
Dlouhodobé dopady užívání	Vzhledem k rychlé regeneraci plevelů po zásahu lze předpokládat postupné zarůstání kolejového lože.
Cena [Kč] - bez nákladů na pořízení zařízení	
za km tratě	5000-50000 Cena přípravku na hektar v zemědělství je 12000 Kč (při 22,5 l/ha).

Náročnost na zdroje	
Energie	0,4 l nafty na kilometr tratě* *Nejsou dostupná data o spotřebě z používání přípravku na železnici. Lze předpokládat, že postřik by probíhal současnou postřikovací technikou. V našich podmínkách lze uvažovat stejnou spotřebu jako u postřiku glyfosátem z MUV.
Ostatní	Nároky na vodu mezi 200 – 1600 l/ha u v současnosti registrovaných přípravků s obsahem kyseliny pelargonové. Nároky na vodu 3000 l/ha dle UIC.
Rizika spojená s užíváním	
Toxicita pro životní prostředí	Škodlivá pro životní prostředí. Kyselina pelargonová je nasycená mono-karboxylová kyselina, která se běžně vyskytuje v některých rostlinách, - Smrtelná dávka při pozření LD50 = 2 g/kg hmotnosti (potkan) - BELOUKHA (kys. pelargonová 680 g/l): OP II. - Přípravek není vyloučen z použití v ochranném pásmu II. stupně zdrojů podzemních a povrchových vod. SPe3 - Ochranná vzdálenost od povrchové vody s ohledem na ochranu vodních organismů 4 m.
Ostatní vlivy na životní prostředí	Malé - rozložitelná v řádu dnů (poločas rozpadu menší než den) - pronikání do spodní vody je zanedbatelné (látka se přirozeně vyskytuje v půdě) - vyšší spotřeba vody v porovnání s konvenčními herbicidy
Zdravotní rizika pro zaměstnance	Malé (aplikace z drážního vozidla) - BELOUKHA (kys. pelargonová 680 g/l): H315 - Dráždí kůži. H318 - Způsobuje vážné poškození očí.
Riziko poškození železničního svršku	Malé

Riziko poškození elektrifikace	Malé
Shrnutí	
Hlavní výhody	<p>Hubení pomocí páry je netoxické, a tak vhodné pro použití v ochranných pásmech vodních zdrojů.</p> <p>Účinkuje rychle (v řádu hodin) na rozdíl od konvenčních herbicidů.</p> <p>Jako přírodní látka je lépe přijímána veřejností.</p>
Hlavní nevýhody	<p>Postihuje pouze nadzemní část rostlin a po zásahu dochází k rychlé regeneraci z kořenového systému.</p> <p>Kyselina pelargonová má formu olejové disperze a není rozpustná ve vodě, pouze omezeně mísitelná. Za dosažením stálosti postřikové jíchy je třeba postřik v nádrži průběžně míchat.</p> <p>Účinkuje pouze na 60 % plevelných druhů.</p>
Potenciál rozvoje	<p>Zdokonalení aplikační techniky.</p> <p>Integrace metod detekce zeleně a snížení množství postřiku.</p>
Legislativní omezení	V současnosti v ČR není registrovaný přípravek na bázi kys. pelargonové pro použití na železnici.
Prameny:	[3, 4, 5, 43, 44]

Tab. č. 4: Postřik kyselinou pelargonovou

Kategorie Fyzikální metody – termické	
Název metody Hubení horkou parou	
Popis	<p>V generátoru na drážním vozidle je vytvořena nasycená vodní pára, která je při teplotě blízké se 100 °C aplikována na plevel.</p>
	
Obr. č. 24: parní hubicí zařízení Satusteam [45]	
Mechanismus účinku	Horká pára odstraňuje voskovou ochranu na povrchu listů a stonků a nabourává buněčnou strukturu rostlinných pletiv. Dochází k rychlému odumření nadzemní části rostliny. Pára vzhledem k vysoké tepelné kapacitě podloží dostatečně neproniká do hloubky a nehubí tak kořenový systém.
Správci infrastruktury se zkušeností s touto metodou	Německo (DB), Rakousko (ÖBB), Švédsko (BV), Švýcarsko (SBB), Dánsko (BS), Francie (SNCF)
Status užívání	Použití na železnici se v současnosti netestuje. Komerčně se používá pro hubení plevelů v intravilánu a zemědělství, malá parní zařízení se prodávají pro domácí použití.
Technická data	
Rychlost	5 km/h (BV) Byla očekávána vyšší provozní rychlost (až 25 km/h), které nebylo dosaženo vzhledem k minimální době nutné expozice rostliny páře. Provozní rychlost je silně závislá na zaplevelení.
Kompatibilita s prostředím železnice	Pro aplikaci současných komerčně používaných technologií by bylo třeba přizpůsobení.

Efektivita hubení	
Četnost zásahu	3-6 aplikací ročně
Vhodné místo užití	Vhodné pro použití na širé trati. Problematické při využití ve stanicích kvůli vysokým hranám nástupišť (SBB).
Vhodné podmínky pro aplikaci	Vhodné pro použití za sucha. V případě deště nebo vlhka vede ke snížení viditelnosti na trati. Vhodné pro aplikaci v počátečních růstových fázích. Není efektivní při použití před vyklíčením plevelů nebo na vzrostlé rostliny.
Odolné rostliny	Metoda není efektivní proti rostlinám s hlubokými kořeny (smetánka lékařka)
Dlouhodobé dopady užívání	Odhaduje se změna druhového složení plevelů. Zvýší se výskyt druhů s dlouhými kořeny a listovou růžicí.
Cena [Kč] - bez nákladů na pořízení zařízení	
za km tratě	22000 - 50000 (DB, SBB)
za m ²	13
Náročnost na zdroje	
Energie	700 až 5000 l nafty na hektar - v zemědělských aplikacích 9000 MJ/ha
Ostatní	Vysoká spotřeba vody 3200 l/ha
Rizika spojená s užíváním	
Toxicita pro životní prostředí	Netoxická Potenciální vliv na živočichy (nutný další výzkum)
Ostatní vlivy na životní prostředí	Střední - velká spotřeba energie
Zdravotní rizika pro zaměstnance	Nízká - aplikace z drážního vozidla
Riziko poškození železničního svršku	Střední riziko - narušování struktury dřevěných pražců - negativní vliv na mazané součásti železniční tratě
Riziko poškození elektrifikace	Střední riziko - degradace ochranných vrstev kabeláže v kolejišti

Shrnutí	
Hlavní výhody	Hubení pomocí páry je netoxické, a tak vhodné pro použití v ochranných pásmech vodních zdrojů. Menší spotřeba vody než při horkovodním hubení.
Hlavní nevýhody	Současné technologie nedokážou vyrobit dostatečné množství vodní páry nutné pro aplikaci na rozsáhlých plochách tratí za přijatelnou cenu. Hubí pouze nadzemní části rostlin bez kořenového systému. Nízká provozní rychlost.
Potenciál rozvoje	Významným zlepšením by bylo snížit množství unikajícího tepla, což by výrazně zvýšilo efekt na plevel a vedlo ke zvýšení rychlosti aplikace. Automatická detekce plevelů by snížila spotřebu vody a energie.
Legislativní omezení	Žádné současné ani výhledové regulace na úrovni EU.
Prameny:	[3, 5, 33, 38, 45]


Tab. č. 5: Hubení horkou parou

Kategorie Fyzikální metody – termické	
Název metody Hubení horkou vodou	
Popis	V zařízení je zahřívána voda, a to buď odporově, nebo pomocí plynových hořáků. Horká voda se akumuluje v zásobníku, odkud je přiváděna k aplikačním tryskám a pod tlakem vystřikována na ošetřovaný povrch.
	
Obr. 25: Horkovodní zařízení RailEX [46]	
Mechanismus účinku	Podobně jako u ostatních termických metod, principem je nabourání buněčné struktury rostlin pod vlivem tepla. Voda má při aplikaci teplotu v rozmezí 80–90 °C. Vysoká tepelná kapacita vody má pozitivní účinek na hubicí efekt a překonává výsledky hubení horkou parou. Byly zaznamenány dobré výsledky při hubení jednoletých plevelů, které byly ničeny i s kořenovým systémem. Pro kontrolu víceletých rostlin byla nutná opakovaná aplikace.
Správci infrastruktury se zkušeností s touto metodou	Nový Zéland, Německo (DB), Rakousko (ÖBB), Švédsko (Trafikverket), Švýcarsko (SBB)
Status užívání	Použití na železnici v experimentálním provozu. Komerčně se používá pro hubení plevelů v intravilánu a v ekologickém zemědělství (sadařství).

Technická data	
Rychlost	0,5 - 5 km/h (BV) Při vyšších rychlostech vyžaduje technologie pro dosažení požadovaného hubícího efektu větší množství horké vody. To negativně ovlivňuje i spotřebu energie nutné k jejímu zahřátí. Optimální aplikační rychlost je závislá na hustotě a druhovém složení zaplevelení. *Postřikovací vlaky až 20 km/h
Kompatibilita s prostředím železnice	Kompatibilní.
Efektivita hubení	
Četnost zásahu	3-6 aplikací ročně
Vhodné místo užití	Vhodné pro použití na trati i ve stanicích. Vzhledem k velkým nárokům na energii je technologie určena především pro elektrifikované tratě. Vhodné pro užití v ochranných pásmech vodních zdrojů.
Vhodné podmínky pro aplikaci	Vhodné pro aplikaci v počátečních růstových fázích. Není efektivní při použití před vyklíčením plevelů nebo na vzrostlé rostliny. Efektivita ošetření klesá za vlhka, rostliny mají větší tepelnou kapacitu.
Odolné rostliny	Metoda není efektivní proti rostlinám s hlubokými kořeny a listovou růžicí (smetánka lékařka).
Dlouhodobé dopady užívání	Odhaduje se změna druhového složení plevelů. Zvýší se výskyt víceletých rostlin.
Cena [Kč] - bez nákladů na pořízení zařízení	
za km tratě	40000–200000 (DB, SBB)
za m ²	4–20
Náročnost na zdroje	
Energie	5000 MJ/ha
Ostatní	Údaje o spotřebě vody se značně rozcházejí 2000 až 20000 l/ km tratě. Spotřeba je závislá na aplikační rychlosti a hustotě zaplevelení i druhovém složení rostlin.
Rizika spojená s užíváním	
Toxicita pro životní prostředí	Netoxická Potenciální vliv na živočichy (nutný další výzkum)
Ostatní vlivy na životní prostředí	Vysoké - velká energetická náročnost a velká spotřeba vody
Zdravotní rizika pro zaměstnance	Nízké riziko - aplikace z drážního vozidla
Riziko poškození železničního svršku	Střední riziko - narušování struktury dřevěných prachů - negativní vliv na mazané součásti železniční tratě
Riziko poškození elektrifikace	Střední riziko - degradace ochranných vrstev kabeláže v kolejišti

Shrnutí	
Hlavní výhody	Metoda účinkuje na kořenový systém lépe než hubení pomocí plamene nebo páry. Netoxická metoda, která je vhodná pro užití v oblastech, kde je zakázán chemický postřik.
Hlavní nevýhody	Příliš vysoká náročnost na energii i vodu. Efektivní nastavení ošetření je závislé na druhovém složení a hustotě zaplevelení tratě. Tyto parametry se na trati rychle proměňují a se současnými technologiemi nejsme schopni dostatečně rychle reagovat a nastavení měnit.
Potenciál rozvoje	Pokročilé metody detekce s analýzou obrazu by umožnily upravovat intenzitu ošetření v závislosti na druhové skladbě.
Legislativní omezení	Žádné současné ani výhledové regulace na úrovni EU.
Prameny:	[3, 4, 33, 46]

Tab. č. 6: Hubení horkou vodou

Kategorie Fyzikální metody – termické	
Název metody Hubení elektrickým proudem	
Popis	Zařízení generuje napětí mezi 5-20 kV. Vysoké napětí o nízkém proudu se přenáší na rostlinu přímým kontaktem s elektrodou (aplikátorem).
	
Obr. 26: Elektroda (Zasso - Thor)	
Mechanismus účinku	Poškození rostlin závisí na kvalitě a době kontaktu mezi aplikátorem a plevelem. Na rozdíl od ostatních nechemických metod dochází k zasažení celé rostliny včetně kořenového systému. Rostlina usychá a v rozmezí několika hodin až dnů hyne v závislosti na druhu a vzrůstu.
Správci infrastruktury se zkušeností s touto metodou	Německo (DB), Švýcarsko-testuje (SBB)
Status užívání	Použití na železnici je ve vývoji. Komerčně se používá pro hubení plevelů v intravilánu a v zemědělství.
Technická data	
Aplikační rychlost	5-10 km/h (SBB-Zasso)
Kompatibilita s prostředím železnice	Nutné značné přizpůsobení technologie.
Efektivita hubení	
Četnost zásahu	2-3 aplikace ročně
Vhodné místo užití	Vhodné pro použití na širé trati i ve stanicích.

Vhodné podmínky pro aplikaci	Efektivitu aplikace snižuje rozdílná výška rostlin, nižší rostliny se nemusí dostat do kontaktu s aplikátorem. Nejlepších výsledků bylo dosaženo za sucha, protože pokud je země vyschlá, kořeny vedou proud do větší hloubky.
Odolné rostliny	Srovnatelné výsledky s glyfosátem, a to bez rizika vzniku rezistencí. Dobré výsledky při regulaci populace přesličky rolní .
Dlouhodobé dopady užívání	V současnosti nejsou relevantní data.
Cena [Kč] - bez nákladů na pořízení zařízení	
za km tratě	V současnosti nejsou relevantní data.
Náročnost na zdroje	
Energie	420 - 16500 MJ/ha - pro hustotu zaplevelení mezi 5-200 rostlinami na m ² 5-15 l nafty/ha - odhad spotřeby na neelektrifikované trati V současné době existují pouze reference z použití v zemědělství a probíhá testování. Energetická náročnost v zemědělství je při porovnání s chemickým ošetřením 2-5x násobná.
Ostatní	K provozu není potřeba voda.
Rizika spojená s užíváním	
Toxicita pro životní prostředí	Netoxická, vhodná do ochranných pásem vodních zdrojů (nezanechává žádná rezidua). Vliv na ostatní živočichy a půdní mikroflóru se v současnosti zkoumá. Společnost Zasso, která je průkopníkem v oblasti hubení elektrickým proudem, deklaruje minimální vliv na půdní mikrobiom v porovnání s ostatními metodami.
Ostatní vlivy na životní prostředí	Střední - velká spotřeba energie
Zdravotní rizika pro zaměstnance	Střední riziko - práce s vysokým napětím, (nutné speciální školení zaměstnanců)
Riziko poškození železničního svršku	Malé riziko
Riziko poškození elektrifikace	Velké riziko - ovlivnění návěštní signalizace a detekce vlaku

Shrnutí	
Hlavní výhody	<p>Cílené zasažení plevelů, bez omezení vstupu do ošetřované oblasti.</p> <p>Jediná současná nechemická systémová metoda (hubí celou rostlinu i s kořeny).</p> <p>Lze použít proti plevelům s vyvinutou rezistencí na chemické postřiky.</p>
Hlavní nevýhody	<p>Velké energetické nároky spojené s vysokou vstupní investicí za technologii.</p> <p>Potenciální riziko interakce s elektrickými signalizačními a bezpečnostními zařízeními.</p>
Potenciál rozvoje	<p>Technologie má velký potenciál v propojení s automatickou detekcí rostlin.</p> <p>Je nutné učinit výzkum a navrhnout opatření, která by zamezila interakci s elektrifikací a zabezpečovacím zařízením.</p> <p>Aplikace pomocí vlaku na železnici.</p> <p>Optimální návrh aplikátorů, tak aby měli optimální kontakt s rostlinami v kolejkách.</p>
Legislativní omezení	Žádné současné ani výhledové regulace na úrovni EU.
Citace:	[3, 4, 5, 33, 37, 38, 47]

Tab. č. 7: Hubení elektrickým proudem

Kategorie Fyzikální metody - termické	
Název metody Hubení infračerveným tepelným zářením	
Popis	Infračervené záření sálá z horkých keramických zářičů o teplotě okolo 1000 °C. Zářiče jsou zahřívány propanovými hořáky.
	
Obr. č. 27: Adler Infrared heater [48]	
Mechanismus účinku	Vysoká teplota ničí buněčnou strukturu rostlin a snižuje klíčivost semen, která jsou na povrchu v době aplikace.
Správci infrastruktury se zkušeností s touto metodou	Švédsko (BV), Švýcarsko (SBB), Dánsko (BS), Německo (DB)
Status užívání	Ve fázi testování pro užití v intravilánu a v zemědělství. Žádná Evropská železniční společnost tuto metodu v současnosti netestuje.
Technická data	
Rychlost	2 km/h (DB)
Kompatibilita s prostředím železnice	Bylo by třeba značných přizpůsobení a zvýšení provozní rychlosti.
Efektivita hubení	
Četnost zásahu	5 aplikací ročně
Vhodné místo užití	Vhodné pro aplikaci v ochranných pásmech vodních zdrojů.
Podmínky pro aplikaci	Nejlepších účinků dosaženo za vlhka. Nevhodné pro použití za dlouhých období sucha, kvůli riziku vzniku požárů. Účinnost metody klesá při aplikaci na pozdější vývojová stadia rostlin. Nejlepšího efektu je dosaženo u mladých nepříliš vzrostlých rostlin.

Odolnost rostlin	Významné rozdíly v efektivitě mezi různými druhy rostlin. Nedochází k efektivnímu hubení kořenů, rostliny s hlubokými kořeny po zásahu rychle regenerují.
Dlouhodobé dopady užívání	Odhaduje se změna druhového složení plevelů směrem k hluboce kořenícím druhům. Podobně jako u ostatních termických metod.
Cena [Kč] - bez nákladů na pořízení zařízení	
za km tratě	180000(DB, SBB)
Náročnost na zdroje	
Energie	2700 MJ/ha
Ostatní	K provozu není potřeba voda.
Rizika spojená s užíváním	
Toxicita pro životní prostředí	Netoxická Potenciální vliv na živočichy (nutný další výzkum)
Ostatní vlivy na životní prostředí	Střední - vzhledem ke spotřebě energie - riziko vzniku požáru
Zdravotní rizika pro zaměstnance	Střední riziko - hrozí popálení z radiace tepla - hrozí poškození sluchu v důsledku hluku
Riziko poškození železničního svršku	Střední riziko - riziko vznícení dřevěných pražců
Riziko poškození elektrifikace	Malé riziko
Shrnutí	
Hlavní výhody	Hubení pomocí infračerveného záření je netoxické, a tak vhodné pro použití v ochranných pásmech vodních zdrojů. Nejmenší nároky na zdroje ze všech termických metod.
Hlavní nevýhody	Hubí pouze viditelnou část rostlin, zásah je tak nutné často opakovat. Efektivita zásahu je závislá na vzrůstu jednotlivých rostlin, vegetační stav rostlin se může i v rámci malého úseku významně lišit, což vede k neuspokojivým výsledkům hubení. Velmi pomalá metoda. Riziko vzniku požáru při použití za sucha.
Potenciál rozvoje	Je nutné výrazně snížit cenu technologie. (Zvýšení aplikační rychlosti, snížení energetické náročnosti) Snížit rizika vzniku požáru.
Legislativní omezení	Možná legislativní omezení v oblasti bezpečnosti práce na úrovni EU.
Citace:	[3, 4, 5, 48]

Tab. č. 8: Hubení infračerveným tepelným zářením

5. Srovnání metod

Ascard ve studii zabývající se srovnáním metod hubení plevelů píše: „Vzhledem k rozmanitosti úrovní používaného vybavení a metodik v experimentech a aplikacích je srovnání účinnosti různých přístupů k regulaci plevelů složité. Často navíc chybějí klíčové informace o použitém vybavení, dávkování a dalších faktorech, které jsou nezbytné pro správné posouzení efektivity těchto metod.“ [49]. Dnes stále citovaná měření byla prováděna od roku 1990 do současnosti, proto zde neexistuje jednotná metodika výzkumu. V případě, že by metodika byla srovnatelná, výzkumy z tak rozdílného časového období nereflektují aktuální stav technologie.

Z velkého množství alternativních metod bylo na základě současných výzkumů a stupně rozvoje zvoleno pět, na kterých byl proveden detailní rozbor. Na základě zjištěných dat byla porovnána jejich uhlíková stopa. Dále jsou diskutovány provozní náklady, trvanlivost ošetření a aplikační rychlost.

K rozboru byly zvoleny i dvě nejpoužívanější metody postřiku v ČR. Jejich provozní specifikace byly zjišťovány na základě rozhovorů s odborníky v oboru a doplněny o informace ze studií zabývajících se problematikou hubení plevelů s pomocí glyfosátu.

5.1. Srovnání provozních nákladů

Srovnání má dva parametry. Cena jednoho ošetření kilometru tratě je uvažována jako nejvyšší zjištěná. Počet aplikací ročně byl určen jako průměr nejnižších a nejvyšších hodnot uvedených v detailních rozbořech ze čtvrté kapitoly.

Název metody	Cena jednoho ošetření	Počet aplikací ročně	Cena celkem
Strojní postřik Glyfosátem bez detekce zeleně	3 000 Kč	2	6 000 Kč
Strojní postřik Glyfosátem s detekcí zeleně	3 000 Kč	2	6 000 Kč
Strojní postřik kyselinou Pelargonovou	50 000 Kč	4,5	225 000 Kč
Hubení horkou parou	50 000 Kč	4,5	225 000 Kč
Hubení horkou vodou	200 000 Kč	4,5	900 000 Kč
Hubení elektrickým proudem	Nebylo zjištěno	2,5	Nebylo zjištěno
Hubení infračerveným tepelným zářením	180 000 Kč	5	900 000 Kč

Tab. č. 9: Srovnání provozních nákladů

5.2. Srovnání metod z hlediska uhlíkové stopy

Evropská unie uplatňuje systém obchodování s emisními povolenkami (ETS), který stanovuje limit pro množství skleníkových plynů, které mohou být vypouštěny průmyslovými zařízeními a energetikou. Tento systém umožňuje firmám kupovat nebo prodávat emisní povolenky, čímž se podněcuje snižování emisí. ETS je klíčovým nástrojem politiky EU pro dosažení klimatických cílů Pařížské dohody, s cílem dosáhnout klimatické neutrality do roku 2050. V poslední době byl systém reformován tak, aby byl efektivnější a inkluzivnější, zahrnující více sektorů a plynů.[50]

Ač se současný systém na ošetření nežádoucí zeleně nevztahuje, není vyloučeno, že se v budoucnu nerozšíří i na tento zdroj znečištění. Následující srovnání proto sleduje uhlíkovou stopu vybraných metod, která by v budoucnu mohla být zatížena daní.

Srovnání se zaměřuje na uhlíkovou stopu jednotlivých vstupů nutných k ošetření kilometru tratě. Nezahrnuje uhlíkovou stopu výroby celých hubicích zařízení. Vstupy jsou nároky na energie/pohonné hmoty nutné k provozu zařízení, nároky na vodu a spotřeby běžně dostupných komerčních herbicidů obsahujících účinnou látku.

5.2.1. Určení nároků na vstupy

Údaje o spotřebě energie a vody se u alternativních metod v pramenech významně rozcházejí. Z toho důvodů jsem do srovnání uhlíkové stopy čerpal pouze ze dvou nejnovějších studií:

- *Using energy requirements to compare the suitability of alternative methods for broadcast and site-specific weed control* [38] - která detailně porovnává náročnost na zdroje řady alternativních metod kontroly nežádoucí vegetace)
- *UIC HERBIE - Guidelines, State of the Art and Integrated Assessment of Weed Control and Management for Railways. Assessment and Recommendations* [4] - Závěrečné zprávy iniciativy UIC HERBIE, která hodnotí současnou situaci ohledně alternativních metod hubení na železnici ve světě.

Snaha ověřit jejich výsledky na základě informací výrobců o komerčních zařízeních (pro komunální a agrotechnický sektor) nepřinesla použitelná data. Extrapolace těchto hodnot do rozměrů užití na železnici nereflektuje komplexitu celého problému. Spotřeba vstupů u konvenčních metod byla určena na základě dat získaných od provozovatelů postřikovacích zařízení v ČR.

Pro přepočítání ošetřené plochy z hektaru na kilometr tratě, lze kilometr tratě při šířce ošetřované plochy 5 m uvažovat jako plochu 5000 m². Hodnoty spotřeby uváděné v rozboru na hektar jsou do srovnání počítány jako poloviční.

Náročnost na vstupy					
Metoda	Elektrina	Diesel	Voda	Herbicid	Počet aplikací ročně
	[MJ/km tratě]	l/km tratě	l/km tratě	l/km tratě	-
Strojní postřik Glyphosátem bez detekce zeleně	-	0,25	100	2	2
Strojní postřik Glyphosátem s detekcí zeleně	-	0,25	60	1,5	2
Strojní postřik kyselinou Pelargonovou	-	-	3000	135	4,5
Hubení horkou parou	4500	-	1600	0	4,5
Hubení horkou vodou	2500	-	20000	0	4,5
Hubení elektrickým proudem	8750	-	0	0	2,5
Hubení infračerveným tepelným zářením	1350	-	0	0	5

Tab. č. 9: Náročnost na vstupy

5.2.2. Uhlíková stopa vstupů

Elektrická energie z trakce

Dle dat Ministerstva průmyslu a obchodu byl emisní faktor oxidu uhličitého (dále CO²) z jedné v ČR vyrobené MWh (megawatthodiny) v roce 2023 370 kg. [51] Spotřeba energie u jednotlivých metod je uváděna v MJ (megajoulech), při čemž jeden MWh odpovídá 3600 MJ.

$$\frac{\text{uhlíková stopa MWh}}{\text{MWh v MJ}} = \frac{370}{3600} = 0.1028 \text{ kg}$$

Nafta

Spálením jednoho litru nafty v běžném spalovacím motoru vznikne 2,68 kg CO². [52]

Voda

Pro míchání postřiků i plnění nádrží do vodních/parních hubičů se používá potravinářská voda z vodovodního řádu. Výroba pitné vody je zatížena stopou 0,137 kg CO²/m³. [53]

Glyphosát

Při výrobě litru herbicidu na bázi glyphosátu vznikne 31,29 kg CO². [54]

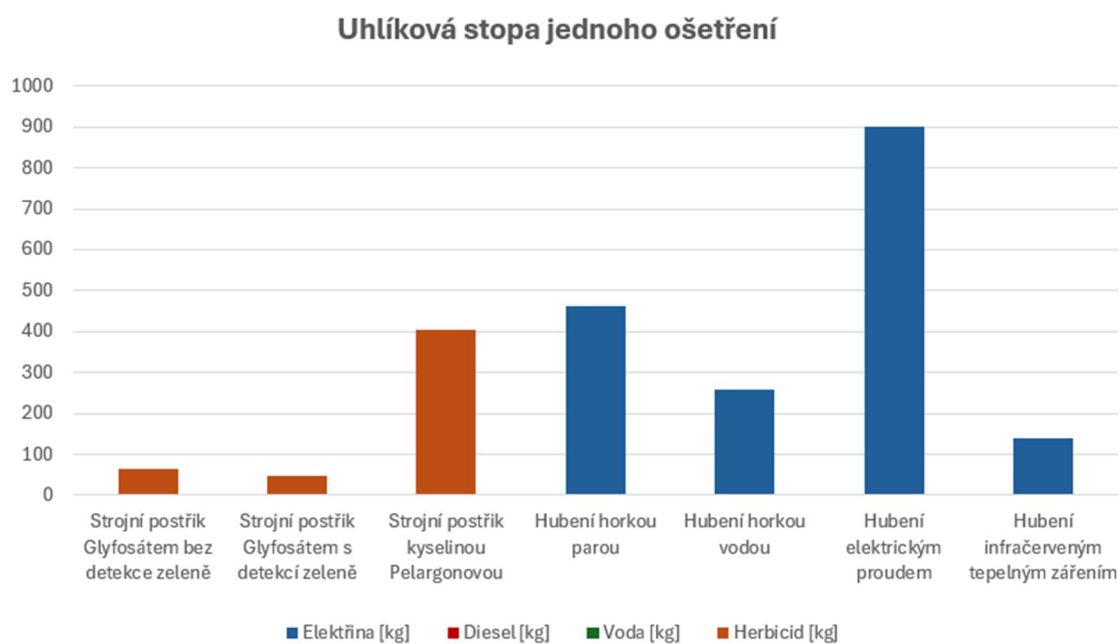
Kyselina pelargonová

Při výrobě litru herbicidu na bázi kyseliny pelargonové přibližně 3 kg CO².

Uhlíková stopa vstupů							
Metoda	Elektrina	Diesel	Voda	Herbicid	Stopa jedné aplikace	Počet aplikací ročně	Stopa celkem
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]		[kg]
Strojní postřik Glyfosátem bez detekce zeleně	-	0,67	0,0137	62,58	63,2637	2	126,5
Strojní postřik Glyfosátem s detekcí zeleně	-	0,67	0,00822	46,935	47,61322	2	95,2
Strojní postřik kyselinou Pelargonovou	-	-	0,411	405	405,411	4,5	1824,3
Hubení horkou parou	462,6	-	0	0	462,6	4,5	2081,7
Hubení horkou vodou	257	-	0	0	257	4,5	1156,5
Hubení elektrickým proudem	899,5	-	0	0	899,5	2,5	2248,8
Hubení infračerveným tepelným zářením	138,78	-	0	0	138,78	5	693,9

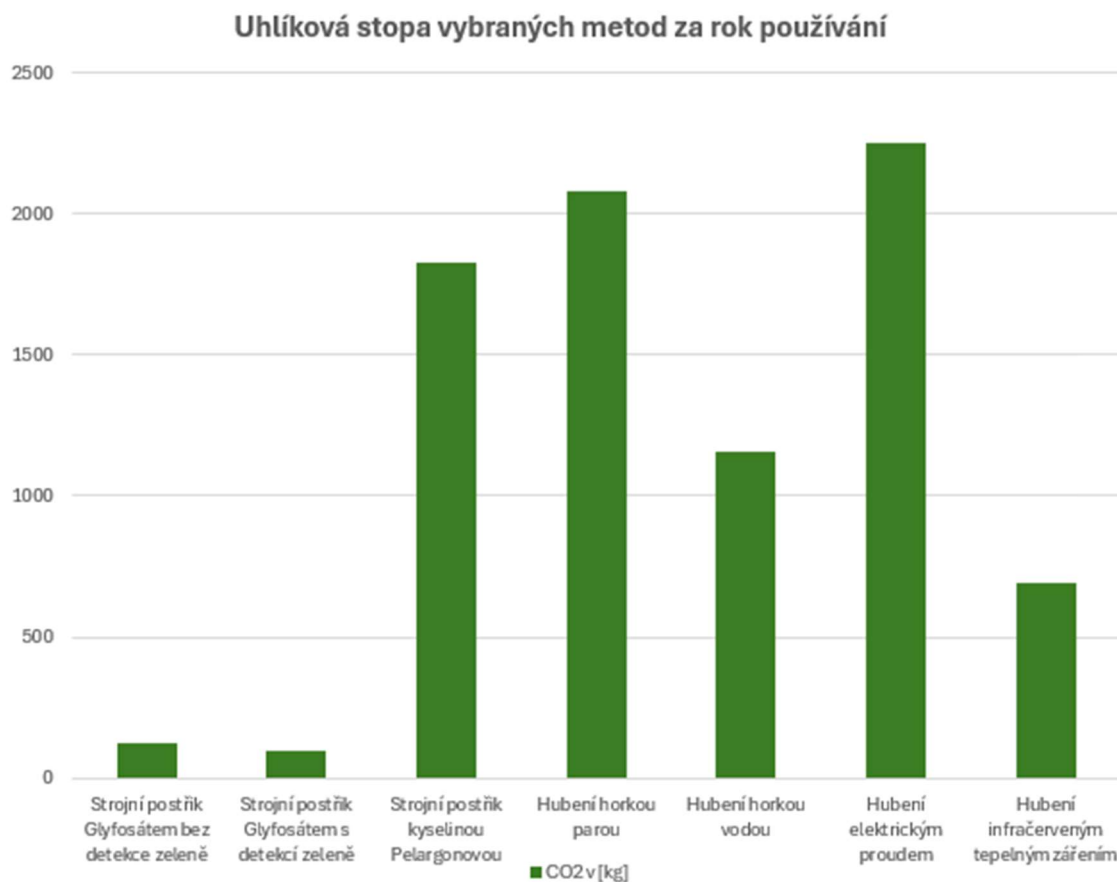
Tab. č. 10: Uhlíková stopa vstupů

Vstupní nároky metod byly vynásobeny uhlíkovou stopou měrné jednotky, čímž byla získána uhlíková stopa jednoho ošetření.



Obr. č. 28: Uhlíková stopa jednoho ošetření

Po zohlednění počtu aplikací za rok byla získána celková emisní zátěž, která by ošetřováním kilometru trati vznikla.



Obr. č. 29: Uhlíková stopa vybraných metod za rok používání

Plošné zavedení termických metod by způsobilo obrovský nárůst emisí skleníkových plynů. Z pohledu dosažení uhlíkové neutrality se tak jeví současné používání glyfosátů jako nejlepší metoda. Hlavním faktorem, který zvyšuje ekologickou zátěž termických metod, je spotřeba elektrické energie. Ač vývoj těchto metod slibuje zvýšení efektivity a snížení spotřeby, nelze předpokládat, že se stanou o 90% úspornější. Pokud budeme v budoucnosti schopni energii vyrábět bezemisně, mohly by tyto metody získat převahu.

5.3. Trvanlivost opatření

Hledisko trvanlivosti účinku hubení je z velké míry závislé na míře poškození kořenového systému vybranou metodou. Pokud metoda postihuje celou rostlinu, označujeme ji jako systémovou. Hubení s pomocí glyfosátu je systémové. Jediných srovnatelných výsledků dosahuje hubení elektrickým proudem. Zlepšení schopnosti hubit kořeny u ostatních metod je z jejich fyzikální podstaty málo pravděpodobné.

5.4. Aplikační rychlost

Všechny pro naše podmínky vhodné alternativní metody jsou v současnosti výrazně pomalejší než stávající řešení (žádná nemá vyšší provozní rychlost než 10 km/h), což je zásadní problém. Jejich užívání by se neobešlo bez výluk, a to by mělo zásadně negativní vliv na provoz. Nahrazení glyfosátu těmito metodami by si vyžádalo větší množství zařízení i personálu, tak aby bylo možné ošetřit celou síť ve vhodném agrotechnickém termínu. Technologický pokrok v příštích letech však slibuje zlepšení parametru.

5.5. Srovnání studie UIC

Dle HERBIE Report [4] je v současnosti „nejslibnější“ alternativní metodou hubení pomocí horké vody. Při selektivní aplikaci pomocí metod detekce zeleně vykazuje malé enviromentální dopady, je legislativně i společensky dobře přijímána.

Švýcarská SBB (Schweizerische Bundesbahnen) testuje horkovodní postřikovací vlak s detekcí zeleně. Deklaruje, že od roku 2025 touto technologií nahradí postřik glyfosátem. V roce 2023 zveřejnila SBB článek [31] v časopise **Swiss Agricultural Research** s dosavadními výsledky experimentu. Na základě dat shromážděných z tříletého testování vyplývá, že metoda dosahuje srovnatelného hubícího účinku jako postřik glyfosátem, a to při aplikační rychlosti 20 km/h. Nicméně zatím nebyla zveřejněna podrobná provozní data a sami Švýcaři uznávají, že zásadním nedostatkem je vysoká spotřeba vody asi 10 l/m². Další výsledky studie by měly být zveřejněny v průběhu roku 2024. [5, 31]



Obr. č. 30: Švýcarský prototyp horkovodního postřikovacího vlaku [5]

6. Závěr

Dle Správy železnic v současnosti vykazují konvenční herbicidy v údržbě železničního svršku nejlepší provozní a ekonomickou výkonnost. [24] Výsledky této bakalářské práce jejich závěry potvrzují.

V současnosti pro Českou republiku neexistuje alternativa, která by nahradila glyfosát a zachovala stejnou míru provozuschopnosti dráhy. Velké horkovodní postřikovací soupravy budou v blízké budoucnosti schopny funkci glyfosátu nahradit, ač za výrazně vyšších pořizovacích i provozních nákladů, ale pro dnešní českou železniční síť se toto řešení nehodí. [8] Nakoupit dostatek souprav, které by ji celou obsloužily, by bylo extrémně nevhodné a k tomu by jejich provoz snížil kapacitu tratí.

Vhodnou strategií je zaměřit se na zdokonalení stávajících technologií a naplňovat tak evropskou strategii v oblasti snižování množství používaných herbicidů. Vybavit malá postřikovací zařízení pokročilou technologií detekcí zeleně a zpracovávat získaná data o výskytu plevelů na trati. Tím se výrazně sníží množství spotřebovaných herbicidů, a to bez vlivu na kvalitu ošetření. [3, 5]

V roce 2033 skončí aktuální plošné povolení pro používání glyfosátu, a pokud by nemělo být prodlouženo pro celé pole aplikací (zemědělství, komunální sféra), nabízí se možnost vyjmout železnici z tohoto zákazu. [3, 40] Hlavním důvodem, proč došlo k diskusím o zákazu této látky, je její potencionální karcinogenita. [3] Železnice v ČR ročně spotřebovává pouze 5,3% (40t na železnici [8], 750t celkově [55]) z celkového množství použitých herbicidů a to za přísných podmínek. Když pomíme pracovníky, kteří jsou s postřikem v přímém kontaktu, společnost je karcinogenem zasažena především skrze potraviny vyrobené ze zemědělských produktů ošetřovaných glyfosátem. [56]

Závěrem této práce je, že až se v budoucnu odpoutáme od chemického postřiku glyfosátem, nebude to díky jedné všespásné alternativní technologii. Bude se jednat o kombinaci metod, která bude schopna efektivně pokrýt naši železniční síť.

Modernizované páteřní tratě a VRT (vysokorychlostní tratě) v budoucnu umožní efektivní provoz velkých horkovodních postřikovacích souprav.

Regulaci plevelu na regionálních tratích je možné řešit pomocí pomalejších, ale levnějších alternativ, jako elektrické hubení. Vzhledem k nižší vytíženosti těchto tratí by se takové řešení nemuselo zásadně projevit na grafikonu. U tratí s víkendovým provozem je možné využít pastvu.

7. Reference

7.1. Seznam pramenů

- [1] European Weed Research Society. *EWRS - European Weed Research Society* [online]. [vid. 2024-04-26]. Dostupné z: <https://ewrs.org/en/#>
- [2] Technicko-provozní studie, Technická řešení VRT. *DataShare* [online]. květen 2017 [vid. 2024-04-26]. Dostupné z: <https://datashare.spravazeleznic.cz/index.php/s/24kejqOCX8CFI9P>
- [3] DOC. ING. JAN MIKULKA, CSC., ING. JAN ŠTROBACH, PH.D., MGR. JAROSLAV OŠŤÁDAL, MBA., DR. JAROSLAV OŠŤÁDAL, a HANA SMUTNÁ. *Závěrečná zpráva Návrh koncepce hubení nežádoucí vegetace na železniční síti ČR po roce 2022*. 2023 2022
- [4] NOLTE, Roland, Siegfried BEHRENDT, Maurizia MAGRO a Karolína PIETRAS-COUFFIGNAL. *HERBIE - Guidelines, State of the Art and Integrated Assessment of Weed Control and Management for Railways. Assessment and Recommendations*. Paris: UIC-ETF, 2018. ISBN 978-2-7461-2775-3.
- [5] KAROLINA PIETRAS-COUFFIGNAL, MICHAEL BELOW, PINAR YILMAZER, a ROLAND NOLTE. *Future vegetation control of European Railways - State-of-the-art report (TRISTRAM Final Report)*. Paříž: UIC-ETF. International Union of Railways (UIC), 2021. ISBN 978-2-7461-3068-5.
- [6] *Provozování dráhy _ Názvosloví - Část 1: Železniční stavebnictví*. B.m.: SŽDC. 1. červenec 2011
- [7] *Co je ETCS - www.spravazeleznic.cz* [online]. [vid. 2024-04-26]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/stavby-zakazky/modernizace/etcs/co-je-etcs>
- [8] ING. MIROSLAV BULANT. Rozhovor-Hubení plevelů na síti SŽ. 30. duben 2024. Viz Příloha 1
- [9] JEHLÍK V. *The vegetation of railways in Northern Bohemia (eastern part)*. 1981. A.
- [10] DRÁŽNÍ INSPEKCE. *Závěrečná zpráva o výsledcích šetření mimořádné události; Srážka vlaku Os 17544 s protijedoucím vlakem Služ 55025 v železniční stanici; Kdyně* [online]. B.m.: ČR – Drážní inspekce. 11 2021. Dostupné z: https://www.dicr.cz/files/uploads/Zpravy/MU/DI_Kdyne_200909.pdf
- [11] *vlaky - historické fotky – filipmisa – album na Rajčeti* [online]. 29. červen 2016 [vid. 2024-05-11]. Dostupné z: <https://www.rajce.idnes.cz/filipmisa/album/vlaky-historicke-fotky>

-
- [12] ING. ANTONÍN ŠKACH A KOLEKTIV. *Technická příručka traťového hospodářství ČSD*. 2. nezměněné vydání. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1971.
- [13] JURSIK, Miroslav, Josef SOUKUP a Josef HOLEC. Úvod do problematiky mechanismu působení herbicidů. *LISTY CUKROVARNICKÉ a ŘEPAŘSKÉ*. 2010.
- [14] MIKULKA, Jan a Marta KNEIFELOVÁ. *Rizika kontaminace potravin a pitné vody herbicidy*. B.m.: Výzkumný ústav rostlinné výroby. 31. leden 2004
- [15] ING. ANTONÍN ŠKACH, ING. STANISLAV KOMÍN, a ING RUDOLF KOVAŘÍK. *Technická příručka traťového hospodářství ČSD - 1. dodatek*. 1. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1974.
- [16] KAMIL REPEŠ, RNDR. JINDŘICH PETRLÍK, a ING. PETR VÁLEK. atrazin. *Arnika* [online]. 14. březen 2022 [vid. 2024-04-23]. Dostupné z: <https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/atrazin>
- [17] *Atrazin | Integrovaný registr znečišťování* [online]. [vid. 2024-04-19]. Dostupné z: <https://www.irz.cz/latky-v-irz/atrazin>
- [18] *eudn_20040248_2004-05-01_en.pdf* [online]. [vid. 2024-04-26]. Dostupné z: https://www.legislation.gov.uk/eudn/2004/248/pdfs/eudn_20040248_2004-05-01_en.pdf
- [19] ING. PETR VÁLEK. glyfosát. *Arnika* [online]. 08 2022 [vid. 2024-04-26]. Dostupné z: <https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/glyfosat>
- [20] *Základní charakteristika železniční sítě - www.spravazeleznic.cz* [online]. [vid. 2024-05-12]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/o-nas/vse-o-sprave-zeleznic/zeleznice-cr/zeleznicni-sit-v-cr>
- [21] Rozhovor - Provádění hubících prací v praxi
- [22] MGR. JAROSLAV OŠŤÁDAL, MBA. Rozhovor - Chemický postřik na železnici. 14. květen 2024
- [23] INFO@AION.CZ, AION CS-. 326/2004 Sb. Zákon o rostlinolékařské péči. *Zákon pro lidi* [online]. [vid. 2024-05-12]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-326>
- [24] SVOBODA, Bc Jiří. *SŽDC SM79 Hubení plevelů*. B.m.: Správa železnic, státní organizace, Generální ředitelství, Odbor provozuschopnosti. 22. září 2022
- [25] ČR, MŽP. Ochranná pásma vodních zdrojů. <http://> [online]. 25. říjen 2018 [vid. 2024-05-12]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/ochranna_pasma_vodnich_zdroju
- [26] *Railway density - Data Portal - United Nations Economic Commission for Europe* [online]. [vid. 2024-05-12]. Dostupné z: <https://w3.unece.org/PXWeb/en/Table?IndicatorCode=47>

-
- [27] PAVLA OPATRná. *Faktory ovlivňující šíření rostlin podél železničních tratí*. B.m.: Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Katedra botaniky. 2008
- [28] VLADIMÍR JEHLÍK. *Cizí expanzivní plevely České republiky a Slovenské republiky*. Praha: Academia, 1998. ISBN 80-200-0656-7.
- [29] ING. KATEŘINA HAMOUZOVÁ, PH.D, ING. PAVLÍNA KOŠNAROVÁ, PH.D., a PROF. ING. JOSEF SOUKUP, CSC. *Herbicidní rezistence: vývoj, prevence a management* [online]. 30. duben 2021 [vid. 2024-04-27]. Dostupné z: <https://www.syngenta.cz/news/aktuality/herbicidni-rezistence-vyvoj-prevence-management>
- [30] *The „hot water train“: unique project for Belgian railway operator Infrabel* [online]. 15. listopad 2022 [vid. 2024-05-11]. Dostupné z: <https://bnl.altradservices.com/en/news-item/the-hot-water-train-unique-project-for-belgian-railway-operator-infrabel.html>
- [31] GFELLER, Aurélie, Frédéric TSCHUY, Lukas TANNER, Gunter ADOLPH a Judith WIRTH. Heisswasser-Applikation, eine effektive Methode zur Vegetationskontrolle im Gleisbereich [online]. 2023 [vid. 2024-05-10]. Dostupné z: doi:10.34776/AFS14-76
- [32] Thermal weeding with hot air system. *Ripagreen* [online]. [vid. 2024-05-10]. Dostupné z: <https://ripagreen.com/en/>
- [33] UIC “Vegetation Control” Project. nedatováno.
- [34] HELLSJUGGERNAUT. This flame-thrower train is used for clearing weeds on the railroad tracks. In: *r/interestingasfuck* [online]. 9. červenec 2020 [vid. 2024-05-10]. Dostupné z: www.reddit.com/r/interestingasfuck/comments/ho20qs/this_flamethrower_train_is_used_for_clearing/
- [35] BOGLE, Ralph H. THE EVOLUTION OF RAILROAD WEED SPRAY EQUIPMENT. nedatováno.
- [36] Foamstream. *Weedingtech* [online]. [vid. 2024-05-11]. Dostupné z: <https://www.weedingtech.com/foamstream/>
- [37] ABEDNARSKI. *Certis Europe trials with Electroherb™ for chemical-free weed control on railway – Zasso* [online]. 11. květen 2020 [vid. 2024-05-11]. Dostupné z: <https://zasso.com/certis-europe-trials/>
- [38] COLEMAN, Guy, Amanda STEAD, Marc RIGTER, Zhe XU, David JOHNSON, Graham BROOKER, Salah SUKKARIEH a Michael WALSH. Using energy requirements to compare the suitability of alternative methods for broadcast and site-specific weed control. *Weed Technology* [online]. 2019, **33**, 1–18. Dostupné z: doi:10.1017/wet.2019.32

-
- [39] *Přípravky na OR > Dle plodin a škodl. org. > Roundup Klasik Pro > Detail přípravku | Rostlinolékařský portál* [online]. [vid. 2024-05-08]. Dostupné z: https://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public-por/?key=%22p:Beloukha%20Garden%22#rlp|prip|taxony|detail:Roundup%20Klasik%20Pro
- [40] *Implementing regulation - EU - 2023/2660 - EN - EUR-Lex* [online]. [vid. 2024-05-08]. Dostupné z: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2023/2660/oj
- [41] Fotografie MTH MUV 69 MUV 69.2-045 JARO Česká Skalice | Liberec, žst. Liberec. *seznam-autobusu.cz* [online]. [vid. 2024-05-08]. Dostupné z: <https://seznam-autobusu.cz/dokumentacka/334382>
- [42] Figure 16. How a WeedSeeker sensor works. Source: Trimble Agriculture [35]. *ResearchGate* [online]. [vid. 2024-05-08]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/How-a-WeedSeeker-sensor-works-Source-Trimble-Agriculture-35_fig12_343945369
- [43] Fig. 10. Action of Beloukha , a herbicide based on pelargonic acid... *ResearchGate* [online]. [vid. 2024-05-09]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Action-of-Beloukha-a-herbicide-based-on-pelargonic-acid-biocontrol-product_fig9_308996296
- [44] *Přípravky na OR > Dle plodin a škodl. org. > Beloukha > Detail přípravku | Rostlinolékařský portál* [online]. [vid. 2024-05-09]. Dostupné z: https://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/#rlp|prip|taxony|detail:Beloukha
- [45] Organic Satusteam™ weed control machines. *Weedtechnics* [online]. [vid. 2024-05-12]. Dostupné z: <https://www.weedtechnics.com/products/>
- [46] RailEX – removing weeds from rails. *KECKEX* [online]. [vid. 2024-04-29]. Dostupné z: <https://www.keckex.com/en/applications/railx/>
- [47] Zasso - Thor. *Zasso* [online]. [vid. 2024-04-28]. Dostupné z: <https://zasso.com/portfolio/thor/>
- [48] WILLERS. Large-scale thermal weed control for roads, paved or water-bound surfaces. *ADLER Arbeitsmaschinen* [online]. 19. leden 2022 [vid. 2024-05-12]. Dostupné z: <https://adler-arbeitsmaschinen.de/en/adler-heater-10001400/>
- [49] ASCARD. Comparison of flaming and infrared radiation techniques for thermal weed control. *Weed Research* [online]. 1998, **38**(1), 69–76 [vid. 2024-05-12]. ISSN 1365-3180. Dostupné z: doi:10.1046/j.1365-3180.1998.00073.x
- [50] *What is the EU ETS? - European Commission* [online]. [vid. 2024-05-07]. Dostupné z: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/what-eu-ets_en

- [51] *Emisní faktor CO₂ z výroby elektřiny za léta 2010–2023* | MPO [online]. [vid. 2024-05-07]. Dostupné z: https://www.mpo.gov.cz/cz/energetika/statistika/elektrina-a-teplo/emisni-faktor-co2-z-vyroby-elektriny-za-leta-2010_2023--280262/
- [52] *How to Calculate Your Fleet's CO₂ Emissions* | MICHELIN Connected Fleet [online]. [vid. 2024-05-07]. Dostupné z: <https://connectedfleet.michelin.com/blog/calculate-co2-emissions/>
- [53] PRESURA, Elena a Lacramioara Diana ROBESCU. Energy use and carbon footprint for potable water and wastewater treatment. *Proceedings of the International Conference on Business Excellence* [online]. 2017, **11**(1), 191–198 [vid. 2024-05-08]. ISSN 2558-9652. Dostupné z: doi:10.1515/picbe-2017-0020
- [54] *Linking fossil fuels and pesticides to greenhouse gases* | Pesticide Action Network (PAN) [online]. 18. srpen 2023 [vid. 2024-05-07]. Dostupné z: <https://www.panna.org/news/linking-fossil-fuels-and-pesticides-to-greenhouse-gases/>
- [55] *Roundup se v Česku prodává méně. Kontroverzní glyfosát je ale i v náhražkách* [online]. [vid. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/clanek/domaci/roundup-se-v-cesku-prodavame-kontroverzni-glyfosat-je-ale-i-v-nahrazkach-77055>
- [56] GILLEZEAU, Christina, Wil LIEBERMAN-CRIBBIN a Emanuela TAIOLI. Update on human exposure to glyphosate, with a complete review of exposure in children. *Environmental Health* [online]. 2020, **19**(1), 115 [vid. 2024-05-16]. ISSN 1476-069X. Dostupné z: doi:10.1186/s12940-020-00673-z
- [57] *Glyphosate - an overview* | ScienceDirect Topics [online]. [vid. 2024-05-12]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/glyphosate>

7.2. Seznam obrázku

Obr. č. 1:	Aplikační zóny v příčném řezu železniční tratě	[5]
Obr. č. 2:	Mimořádná událost Kdyně	[10]
Obr. č. 3:	Stav vegetace v místě nehody	[10]
Obr. č. 4:	Parní lokomotiva projíždí tratí u Rumburka (únor 1976)	[11]
Obr. č. 5:	Spotřeba herbicidů na bázi glyfosátu na síti SŽ	[8]
Obr. č. 6:	Proti-úletová tryska	<i>vlastní zpracování</i>
Obr. č. 7:	MUV 69 s postřikovacím vozíkem	<i>vlastní zpracování</i>

Obr. č. 8:	Rám s proti-úletovými tryskami	<i>vlastní zpracování</i>
Obr. č. 9:	Postřikovací vozík	<i>vlastní zpracování</i>
Obr. č. 10:	MUV vybavená selektivním postřikem	<i>galerie Mgr. Ošťádala</i>
Obr. č. 11:	Detekce zeleně	<i>galerie Mgr. Ošťádala</i>
Obr. č. 12:	Lišta s proti-úletovými tryskami	<i>galerie Mgr. Ošťádala</i>
Obr. č. 13:	Přeslička rolní	<i>galerie Mgr. Ošťádala</i>
Obr. č. 14:	Okolí tratě před postřikem	<i>galerie Mgr. Ošťádala</i>
Obr. č. 15:	V kolejišti před postřikem	<i>galerie Mgr. Ošťádala</i>
Obr. č. 16:	Okolí tratě po postřiku	<i>galerie Mgr. Ošťádala</i>
Obr. č. 17:	V kolejišti po postřiku	<i>galerie Mgr. Ošťádala</i>
Obr. č. 18:	RIPAGREEN MOBILITY KIT	[32]
Obr. č. 19:	Hubení plamenem	[34]
Obr. č. 20:	Práce s křovinořezem podél tratě	<i>vlastní zpracování</i>
Obr. č. 21:	MUV 69 s postřikovacím vozíkem	<i>vlastní zpracování</i>
Obr. č. 22:	MUV 69 vybavené technologií detekce zeleně	<i>galerie Mgr. Ošťádala</i>
Obr. č. 23:	Kyselina pelargonová – ilustrační obrázek	<i>vytvořeno pomocí DALL.E</i>
Obr. č. 24:	Parní hubící zařízení Satusteam	[45]
Obr. č. 25:	Horkovodní zařízení RailEX	[46]
Obr. č. 26:	Elektroda (Zasso - Thor)	[47]
Obr. č. 27:	Adler Infrared heater	[48]
Obr. č. 28:	Uhlíková stopa jednoho ošetření	<i>vlastní zpracování</i>
Obr. č. 29:	Uhlíková stopa vybraných metod za rok používání	<i>vlastní zpracování</i>
Obr. č. 30:	Švýcarský prototyp horkovodního postřikovacího vlaku	[5]

7.3. Seznam tabulek

Tab. č. 1:	Popis aplikačních zón	[5, 6]
Tab. č. 2:	Strojní postřik Glyfosátem – bez detekce zeleně	[3, 4, 8, 33, 39, 40, 40, 57]
Tab. č. 3:	Strojní postřik Glyfosátem s detekcí zeleně	[3, 4, 5, 8, 33, 39, 40, 42]
Tab. č. 4:	Postřik kyselinou pelargonovou	[3, 4, 5, 43, 44]
Tab. č. 5:	Hubení horkou parou	[3, 5, 33, 38, 45]
Tab. č. 6:	Hubení horkou vodou	[3, 4, 33, 46]

Tab. č. 7:	Hubení elektrickým proudem	[3, 4, 5, 33, 37, 38, 47]
Tab. č. 8:	Hubení infračerveným tepelným zářením	[3, 4, 5, 48]
Tab. č. 9:	Srovnání provozních nákladů	Tab. č. 2-8
Tab. č. 10:	Uhlíková stopa vstupů	Tab. č. 2-8

7.4. Seznam příloh

Příloha 1	Rozhovor - Hubení plevelů na síti SŽ
Příloha 2	Rozhovor - Chemický postřik na železnice

Příloha 1

Rozhovor - Hubení plevelů na síti SŽ

Ing. Miroslav Bulant

Systémový specialista ve společnosti SŽ s. o.

GŘ O15/3 oddělení životního prostředí

Dne: 30. 4. 2024

*Vzhledem k charakteru bakalářské práce, která využívá více zdrojů informací, byl rozhovor zpracován do formy shrnujícího protokolu. Výpověď není uvedena do-
slovně a případné nesrovnalosti v terminologii jsou chybou autora textu. Cílem
přepisu bylo zachytit faktickou podstatu sdělení.*

I.) Současný stav hubení na síti SŽ

Jaké metody hubení se v současnosti používají na infrastruktuře SŽ?

Chemické metody – postřik Glyphosátem

- hlavní užívaná metoda
- pro hubení nežádoucí vegetace na železničním tělese

Chemické metody – postřik MCPA

- výjimka pro minoritní použití na železnici
- minoritní použití pro hubení druhů odolných vůči glyphosátu
- přeslička rolní – po prvotní aplikaci chemického postřiku glyphosátem vzniká volný prostor, který umožňuje růst rostlin vzcházejících vegetačně později jako přeslička rolní, která má 2 fáze růstu, a to plodnou nezelenou a sterilní neplodnou letní lodyhu s malou listovou plochou. Proto postřik glyphosátem není z těchto důvodů efektivní a je využíván přípravek MCPA.

Mechanické metody – sečení

- v místech střetu s veřejností (intravilán měst a obcí)
- v chráněných územích
- v ochranných pásmech vodních zdrojů
- pro hubení v nejbližším okolí tratě (na drážním pozemku)

Jakému dohledu podléhá ze strany státu správce infrastruktury využívající chemický postřik?

- Zákon o rostlinolékařské péči č. 326/2004 Sb., v platném znění
- Přípravky aplikované v rámci profesionálního použití podléhají dozoru ÚK-ZÚZ (Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský).
- Železnice spadá v rámci této kontroly do stejné kategorie jako zemědělská výroba.
- V současnosti musí být přípravky schváleny speciálně pro použití na železnici.
- Současná české legislativa omezuje použití množství přípravku aplikovaného na hektar přísněji, než je běžné v jiných státech Evropy.
- Množství herbicidů používaných na jednotku plochy je na železnici menší než v zemědělství.
- Přípravky pro SŽ jsou nakupovány centrálně GŘ formou výběrového řízení, kde je sledována a požadována nejmenší míra rizika jak pro člověka, tak pro ostatní složky životního prostředí.

Jakou formou probíhá formální hubení v oblastech ochranných pásem vodních zdrojů a chráněných oblastech?

- nechemickými metodami, především sečením
- Z dlouhodobého hlediska to vede k zarůstání a zanášení kolejiště, a to především na regionálních tratích s malou dopravní intenzitou.

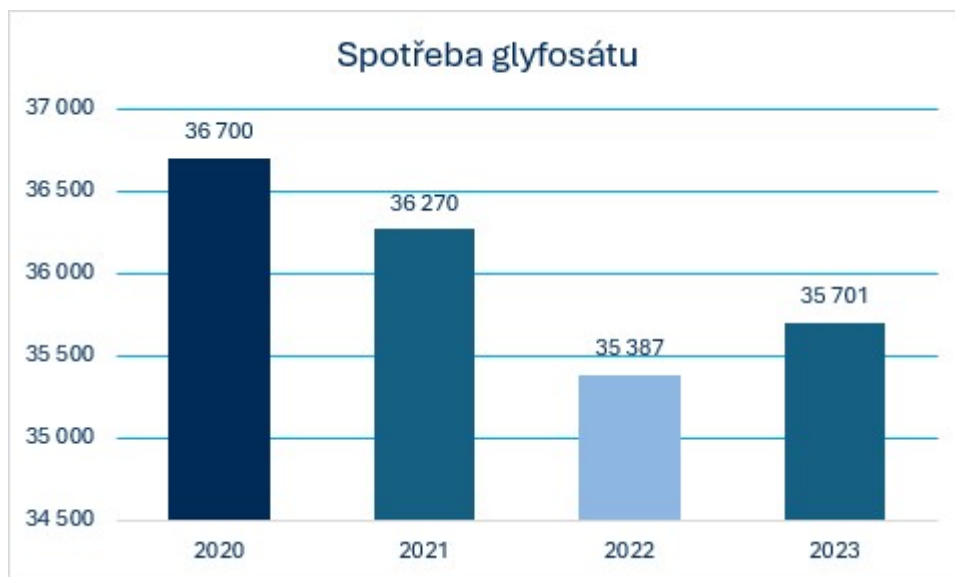
Jaká je aktuální cena používaných metod hubení?

- Ceny se mohou lišit v rámci požadovaného rozsahu hubení ve vztahu k okolnímu terénu, detailně je shrnuje sborník prací.
- Zjednodušeně lze říct, že průměrné náklady v českých podmínkách činí:
 - o Chemické hubení – 3000 Kč/km tratě
 - o Mechanické hubení – 5000 Kč/km tratě
- Pro srovnání nákladů na hubení alternativními metodami lze uvažovat 1 ha ošetřené plochy jako 1 km tratě.

Naráží v současnosti SŽ na problémy s rezistencí plevelů?

- Počet rezistentních rostlin se zvyšuje, v rámci české železnice to znamená případné opakované chemického hubení s vyšší povolenou aplikační dávkou, případné použití smáčedel či pomocných prostředků, nebo kombinací s mechanickým hubením.
- Problematické je hubení zejména ostružiníku, maliníku a přesličky rolní.

Jaká je spotřeba glyfosátu na železnici?



Existuje nějaká forma priority z hlediska hubení v rámci údržby tratí?

- Dle zákona o drahách je povinností správce infrastruktury udržovat všechny tratě v provozuschopném stavu.
- Vzhledem k rozsáhlosti české železniční sítě ji není možné ošetřit v jednotkách dnů, ale spíše týdnů a je povinností řádného hospodáře ošetřit v první řadě tratě celospolečenského významu s vysokým dopravním zatížením (tratě TEN-T, koridory).
- Plány postřiku sestavují jednotlivá OŘ na základě klimatických podmínek a také nadmořské výšce.

Provádí SŽ chemické hubení vlastními silami?

- Situace se liší u jednotlivých OŘ, která hledají optimální řešení pro svou oblast.
- Část výkonu provádí SŽ vlastními silami cca 45 % tratí.
- Selektivní postřik s technologií detekce zeleně SŽ poptává externě na 55% tratí.

II.) Potenciál pro inovace v oblasti

Jaké jsou parametry vhodné alternativy pro současně užívaný postřik herbicidy?

- musí se jednat o systémovou metodu, která hubí celou rostlinu i s kořenovým systémem
- aplikační rychlost stejná nebo vyšší než současná (tj. 25 km/h)
- bez nutnosti opakované aplikace v průběhu roku (2 maximálně 3 aplikace)

Je možné se zaplevelením bojovat strojovým čištěním kolejového lože?

- čištění kolejového lože má z pohledu hubení velmi dobrý účinek
- používané pouze v rámci údržby a rekonstrukcí tratí, vzhledem k nákladům není rentabilní používat pro hubení nežádoucí vegetace
- účinek se vytrácí po dvou letech díky náletům semen z okolí

Používají se v rámci české železniční sítě postřikovací vlaky?

- Proběhlo testování, spolu s názornou ukázkou v rámci DB v Německu, ale v ČR se v současnosti nepoužívají
- Řešení pomocí velkých ucelených vlakových souprav není pro podmínky české železnice vhodné z více důvodů:
 - o V relativně krátkém období je potřeba ošetřit celou síť, což by vedlo k nutnosti zakoupit více takových souprav, a to je ekonomicky nevýhodné.
 - o Současná kapacita české sítě je na svém limitu, a to v kombinaci s topologií (na mnoha tratích není dostatek prostoru, kam vlak odstavit, otočit) vede k tomu, že nejsme schopni vlak efektivně umístit do grafikonu, tak abychom neomezili provoz na trati. Neomezovat běžný provoz je hlavní priorita.

Navíc navzdory udávaným provozním rychlostem těchto souprav až 50 km/h je účinnost postřiku nejvyšší při rychlosti 25 km/h. Efektivita postřiku je vzhledem k ekonomickým nákladům i ekologickým dopadům zásadní parametr.

- Postřikovací vlaky nemají v současnosti v ČR uplatnění

Jaká je současná průměrná vytíženost tratí?

- Koridory 85% kapacity
- TEN-T tratě 60% kapacity
- Regionální tratě 30% kapacity

Používáme v rámci české železniční sítě metodu detekci zeleně?

- V současnosti probíhá selektivní postřik za využití detekce zeleně (listové plochy) pomocí technologie WeedSseker z kolejového vozíku MUV 69, který je vzhledem ke své velikosti i ceně lépe stavěný do českých podmínek. Rychlost postřiku je až 25 km/h.

Jak inovovat současné metody?

- Automatizace kontroly stavu dřevité vegetace v okolí tratě
 - Kombinace sběru dat z dronů, satelitů a diagnostických vozidel a jejich zpracování za účelem stanovení rizikových dřevin z hlediska provozní bezpečnosti.
 - Generovat výstupy a upozornění z takového systému pro jednotlivá OŘ, která dotčené území spravují (zabezpečují).

Příloha 2

Rozhovor – Chemický postřik na železnice

Mgr. Jaroslav Ošťádal

Jednatel společnosti JARO Česká Skalice s. r. o.

- Zabývající se hubením plevelů.

Dne: 14. 5. 2024

Vzhledem k charakteru bakalářské práce, která využívá více zdrojů informací byl rozhovor zpracován do formy shrnujícího protokolu. Výpověď není uvedena doslovně a případné nesrovnalosti v terminologii jsou chybou autora textu. Cílem přepisu bylo zachytit faktickou podstatu sdělení.

Výrobci uvádějí na herbicidních přípravcích hektarovou dávku, jak tuto hodnotu přepočítat do kilometrického prostředí železnice?

- Na základě položky sborníku prací Správy železnic: „Hubení travního porostu postřikovačem strojně v profilu koleje šíře záběru 5 m“ na délce 1000 m to znamená 5000 m² tedy 0,5 ha.
- Pokud budeme uvažovat maximální hektarovou dávku přípravku Roundup klasik pro 8 l/ha ročně, zjistíme, že na 1 km tratě takto ročně aplikujeme maximálně 4l herbicidu
- V případě že aplikujeme ročně dva postřiky, jeden postřik kilometru tratě obsahuje maximálně 2 l přípravku

Jaká je cena za ošetření 1 km tratě selektivní technologií postřiku?

- V současné době je to přibližně 3300 korun

Jaká je spotřeba paliva postřikovacích vozíků na platformě MUV?

- 25 l pohonných hmot na 100 km

Jaká je spotřeba herbicidu a vody při použití technologie selektivního postřiku?

- průměrně 60 l vody a 1,5 l herbicidu na kilometr