

## **ALTERNATIVNÍ VYUŽITÍ BIOMASY V BIOENERGETICE I K OCHRANĚ ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**

Zatímco EU schvaluje novou směrnici o obnovitelných zdrojích RED III, přinášíme shrnutí těch nejzásadnějších změn v oblasti bioenergetiky. Zároveň jsme si posvětili na alternativní využití biomasy, jako je fytořemediace nebo pěstování rychle rostoucích bylin *Miscanthus*. Navštívili jsme dva české dodavatele technologií biomasových kotlů a podívali jsme se do Evropy na pilotní projekty využívající biomasu a vodík pro výrobu uhlíkově neutrální oceli.

## Využití produkce biomasy rychle rostoucích dřevin k dekontaminaci půdy

Půda je v životním prostředí jedním ze základních pilířů biodiverzity a potravinové soběstačnosti. Bohužel s rozvojem průmyslu nebyla zejména v minulých desetiletích ochrana půdy a životního prostředí prioritou. Současná situace je významně příznivější a existuje široká škála opatření pro ochranu ovzduší, vody i půdy. Nicméně půda kontaminovaná polutanty zůstane v závislosti na druhu znečištění a jeho koncentraci poškozena na dlouhé dekády i po odstranění zdroje škodlivých látek. Nejenom akademická sféra již po dlouhé roky hledá efektivní, ekonomické a zejména k životnímu prostředí šetrné metody dekontaminace půdy. Jedním z velmi perspektivních způsobů je využití rychle rostoucích dřevin, které mají široký kořenový systém a velké přírůstky biomasy. Toho lze využít k odstraňování polutantů, nebo alespoň k jejich imobilizaci. Na Fakultě agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů České zemědělské univerzity v Praze proběhl mnohaletý rozsáhlý experiment zkoumající vliv využití rychle rostoucích dřevin (klony vrb a topolů) k dekontaminaci příbramské znečištěné půdy. Na základě výzkumu byly určeny klony, které neměly problém růst v nadlimitních koncentracích rizikových prvků a zároveň měly největší účinnost v transportu prvků z půdy a zabudování do své biomasy. Tyto závěry lze doporučit k využití v širší praxi.

Půda je přímo i nepřímo znečišťována nejrůznějšími organickými i anorganickými látkami, které mohou dále přestupovat do rostlin a následně do potravinového řetězce zvířat a lidí. Znečištění půdy je velkým problémem, a proto je vyvíjena a testována široká škála metod umožňující jeho odstranění. Disciplína, která se zabývá omezením rizikového chování znečišťujících látek v prostředí nebo jejich úplným odstraněním se nazývá remediace.

Metody remediace lze rozdělit na tzv. ex-situ techniky, které představují odtěžení, odvoz a následnou dekontaminaci půdy mimo původní lokalitu a in-situ techniky, které jsou prováděny přímo v místě kontaminace.

Oba způsoby využívají chemických, fyzikálních a biologických principů. Nevýhodou chemických a fyzikálních metod jsou především vysoké finanční náklady, málo šetrný přístup k životnímu prostředí a zpravidla poškození základních půdních charakteristik. Naopak, biologické metody, bioremediace a fytoremediace jsou většinou nenákladné, šetrné k životnímu prostředí, avšak časově velmi náročné.

Fytoremediace zahrnuje technologie, ve kterých se využívá rostlin k odstranění polutantů z prostředí (fytoextrakce, fytodegradace), nebo je činí méně rizikovými (fytostabilizace, fytoimobilizace). Fytoextrakce je

metoda, při které dochází k extrakci anorganických a organických sloučenin z půdy jejich příjmem rostlinami a následným transportem do nadzemní biomasy.

Rizikové prvky (RP) na rozdíl od organických látek nepodléhají biologickému, ani chemickému rozkladu a přetrvávají dlouhý čas v povrchových vrstvách půdy. K fytoextrakci půd znečištěných RP se testují dvě hlavní strategie. Pěstování hyperakumulačních rostlin, které jsou schopny přijmout velká množství RP, bohužel zpravidla s nízkou produkcí biomasy. Nebo se využívá rostlin s vysokou produkcí biomasy a střední schopností akumulovat a transportovat RP do nadzemní biomasy. Mezi tyto rostliny patří především rychle rostoucí dřeviny (RRD) rodu vrba a topol. Použití fytoremediálních metod je zatím v praxi velmi málo rozšířené především z důvodu chybějících informací o dlouhodobé schopnosti fytoextrakčních rostlin akumulovat rizikové prvky v reálných podmínkách.

### EXPERIMENT NA PŘÍBRAMSKU

V roce 2008 byl na Příbramsku (tato lokalita je dlouhodobě zatížena nadlimitním obsahem RP v půdě) zahájen rozsáhlý experiment se dvěma experimentálními plochami pro výzkum fytoextrakčního potenciálu dvou klonů vrb S1 – (*Salix schwerinii* × *Salix viminalis*) × *S. viminalis* (Thordis) a S2 – *Salix* × *smithiana* (Rokyta), dříve značeného S-218 a dvou klonů topolů P1 – *Populus maximowiczii* × *Populus nigra* (Jap-105 nebo Max-4) a P2 –



Obrázek 1: Klony vrb a topolů S1, S2, P1 a P2 (v pořadí zleva doprava) (zdroj: Prouzová a kol. 2023)





Obrázek 2 a 3: Sklizeň v roce 2020 - čtyřletý porost (vlevo) a vážení sklizené biomasy na polních vahách (vpravo) (zdroj: Prouzová a kol. 2023)

| Pokusná plocha | pH  | Cox (%) | Typ půdy | Cd mg.kg <sup>-1</sup> | Pb mg.kg <sup>-1</sup> | Zn mg.kg <sup>-1</sup> |
|----------------|-----|---------|----------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Pole           | 5,7 | 4,1     | Kambizem | 8,3                    | 1 214                  | 218                    |
| Louka          | 7,6 | 2,5     | Fluvizem | 33                     | 2 666                  | 3 459                  |

Tabulka 1: Základní vlastnosti a celkové obsahy prvků v půdách na pokusných plochách (mg.kg<sup>-1</sup>)

*P. nigra* (Wolterson) viz Obrázek 1. Cílem bylo stanovit fytoextrakční potenciál těchto rostlin na půdě významně kontaminované kadmiiem, olovem a zinkem. Jejich schopnost akumulace byla ověřena v předchozích nádobových pokusech řadou pracovišť. Pokusná plocha označená jako Pole, byla středně silně kontaminována kadmiiem (Cd) a zinkem (Zn) a silně olovem (Pb). Druhá plocha označená jako Louka byla extrémně kontaminovaná všemi třemi RP. Kontaminace na obou plochách úzce souvisela s dřívější činností Kovohutě Příbram (Tabulka 1).

Na pokusné ploše Louka s extrémně vysokými koncentracemi RP v půdě

nebyla fytoextrakce efektivní metodou. Vysoký obsah rizikových prvků a jejich vysoká mobilita působily fyto toxicky a u vrb a topolů docházelo ke vzniku chlorózy, opadu listů, omezení tvorby biomasy a k vysoké mortalitě. Naopak, po počátečních problémech s konkurencí plevelů a trav bylo dobrých výsledků dosaženo na středně kontaminované pokusné ploše. Tato plocha o rozměrech 125 m x 47 m byla rozdělena do experimentálních bloků o šířce 3,9 m a délce 7,5 m. V každém bloku byly 4 řádky, každý představoval jeden klon a řádky byly zcela náhodně uspořádány do bloků. Každý klon byl testován v osmi opakováních (Obrázek 4 a 5).

#### VÝSLEDKY EXPERIMENTU A MOŽNOSTI APLIKACE V PRAXI

Dosud získané výsledky potvrzují, že testovaná fytoextrakční technologie úspěšně odstraňuje z půdy toxické mobilní kadmium akumulací v dřevní biomase především vrbou S2 i na silně zatížené půdě a účinnost technologie by se podařilo ještě zvýšit, pokud by bylo sklíženo i listí, které akumuluje vyšší obsahy tohoto prvku a snadno jej uvolňuje zpět do prostředí.

Sledované parametry byly zejména dva, a to výnos biomasy a tzv. remediační faktor, který představuje procentuální odstranění prvků z půdy. Čím vyšší výnos a remediační faktor, tím je fyto remediaci



Obrázek 4 a 5: Pokusná plantáž Pole v září 2009 (vlevo) a v lednu 2014 (vpravo) (zdroj: Prouzová a kol. 2023)



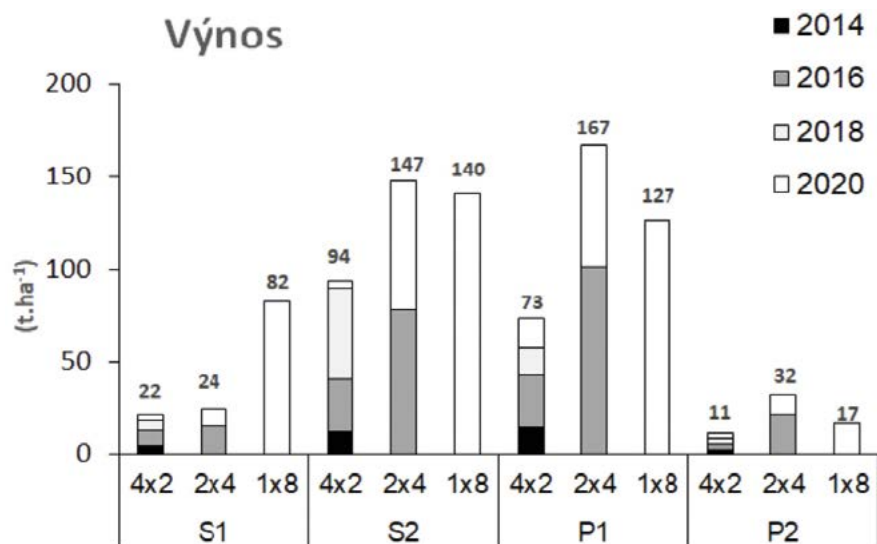
efektivnější. U odstranění olova z takto kontaminované půdy nebyla fytoextrakce příliš efektivní, nicméně výsledky týkající se odstranění kadmia byly velmi slibné. Pokud by klon S2 dosahoval stejných výsledků v odstranění Cd i v následujících obdobích, bylo by množství potřebné k dosažení limitů české legislativy ( $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) stanovených lučavkou královskou, odstraněno během 64 let, což je s ohledem na intenzitu kontaminace velmi dobrý výsledek pro zvolenou fytoextrakční technologii (Prouzová a kol. 2023).

Fytoextrakční technologie využívající RRD jsou nejen relativně levné a ohleduplné k životnímu prostředí, protože zanechávají půdu strukturně, chemicky a biologicky nepoškozenou. Ale navíc mají pozitivní vliv na půdní úrodnost, biodiverzitu, sekvestrují uhlík a zcela eliminují i vodní a větrnou erozi, čímž zabraňují úniku polutantů do okolí. Zároveň jsou také z dlouhodobého hlediska ekonomicky návratné, díky možnosti využití dřeva pro materiálové nebo energetické zpracování.

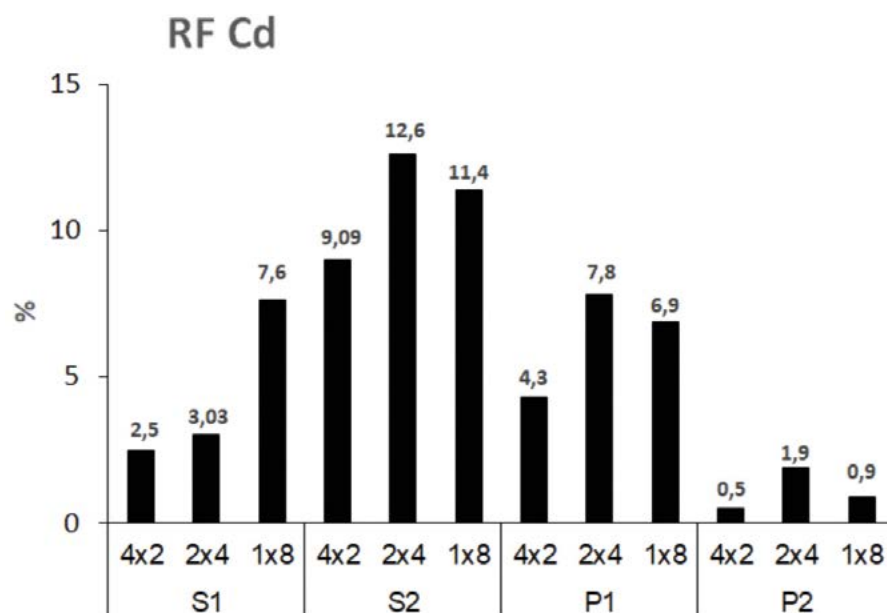
Vyprodukovaná kontaminovaná biomasa může být například spoluspalována v pecích cementáren, kde se většina RP pevně váže do vznikajícího materiálu nebo může být využita v teplárnách vybavených výkonnými odlučovači pevných částic vznikajících při spalování. Kontaminovanou biomasu lze také využít jako vstupní surovinu pro pyrolýzu. Během pyrolýzního procesu vznikají tři základní produkty: energeticky významný pyrolýzní plyn a olej a tuhý zbytek, biouhel. Pyrolýzní olej i pyrolýzní plyn je možné využívat jako palivo a oba tyto produkty je také možné rafinací zušlechťovat. Tuhý zbytek – biouhel, může být využit při fytostabilizačních metodách remediace půd, kdy je aplikován do půdy jako stabilní půdní přísada se schopností vázat další kontaminanty v půdě.

-pk-

Článek shrnuje poznatky vědecké publikace: Prouzová N, Kubátová P, Mercl F, Száková J, Najmanová J, Tlustoš P (2023) Shorter- or longer-term harvest of fast-growing trees: What is more promising metal phytoextraction. (submitted)



Graf 1: Výnos biomasy klonů RRD (S1, S2, P1 a P2) za 8 let v závislosti na délce obměty (4x2 – čtyři sklizně po dvou letech, 2x4 – dvě sklizně po čtyřech letech a 1x8 – jedna sklizeň po osmi letech)



Graf 2: Remediační faktor (RF) vypočtený pro kadmium u klonů RRD (S1, S2, P1 a P2) za 8 let v závislosti na délce obměty (4x2 – čtyři sklizně po dvou letech, 2x4 – dvě sklizně po čtyřech letech a 1x8 – jedna sklizeň po osmi letech)



Obrázek 6: Výška osmiletých klonů před sklizní v roce 2020 (zdroj: Prouzová a kol. 2023)

## Snížení uhlíkové stopy při výrobě oceli za pomoci biomasy a vodíku

Výroba oceli je energeticky velice náročný proces využívající primárně neobnovitelných zdrojů s velkou uhlíkovou stopou. Potřeby naší společnosti s vývojem nových technologií a zvyšování životního komfortu s sebou přináší rovněž i zvyšující se potřebu konstrukčních materiálů, včetně oceli. Například v roce 2022 se celosvětově vyrobilo 1,9 miliardy tun surové oceli, což představuje nárůst o 120 % oproti roku 2000. V průměru na jednu vyrobenou tunu oceli připadá zhruba 1,9 tun emisí CO<sub>2</sub>. Odhaduje se, že celkové množství emisí z výroby oceli představuje 7 až 9 % celkové antropogenní emisní zátěže CO<sub>2</sub>. Z tohoto důvodu se hledají nové technologie umožňující výrobu oceli s nižší uhlíkovou stopou, a to za pomoci obnovitelných zdrojů energie. V tomto článku vám představíme dva pilotní projekty, které jsme navštívili. Bruselskou ocelárnu v Gentu, ve které využívají biomasu a rakouskou ocelárnu v Linci, kde využívají pro výrobu oceli vodík.

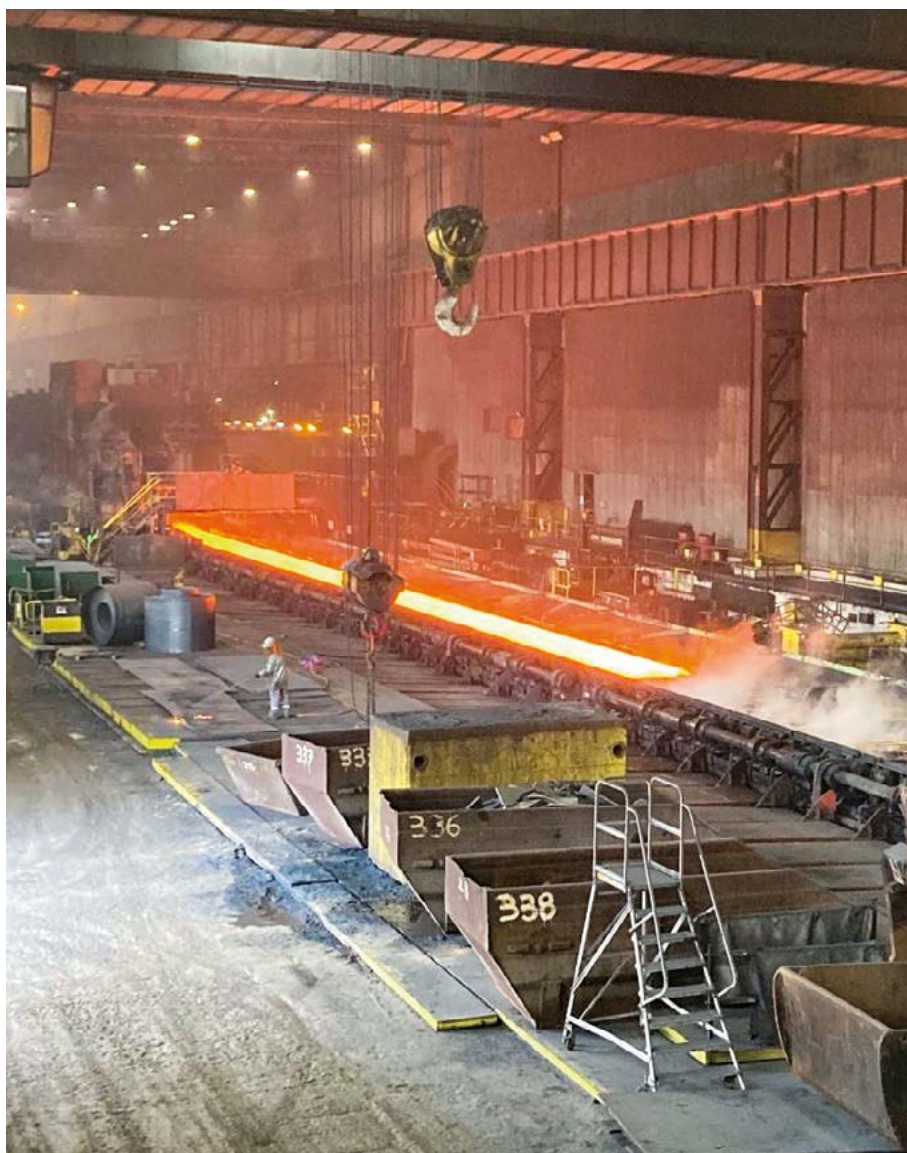
Historicky se k výrobě oceli používala biomasa. Dřevěné uhlí spalované v pecích uvolňovalo nejen svou energii,

ale i legující uhlík. Později v 17. století bylo dřevěné uhlí nahrazeno koksem, čímž se odstranila závislost výroby oceli

na dostupnosti dřeva. V současné době se dřevěné uhlí při výrobě oceli ve světě příliš nevyužívá, spíše jen okrajově, nejvíce v Brazílii. Biomasu lze však při výrobě oceli využít i pro nahrazení zemního plynu pomocí anaerobní digesce a následně spalovat bioplyn. V případě, že výroba bioplynu bude vzdálená od ocelárny, je možné nahradit zemní plyn biometanem distribuovaným běžnou plynárenskou sítí.

Zajímavý pilotní projekt jsme měli možnost vidět v belgickém Gentu, kde se nachází ocelárna největšího světového výrobce oceli ArcelorMittal. Kombinují zde dva procesy: "Torero" a "Steelanol". V rámci prvního procesu vyrábí pomocí torefakce z odpadní dřevní biomasy biouhel, který se dále využívá jako palivo pro výrobu oceli. Princip torefakce spočívá v transformaci biomasy při teplotě 250–320 °C bez přístupu kyslíku. Lignin, celulóza a hemicelulóza mění svou chemickou strukturu a odpařuje se vlhkost. Takto upravená biomasa se používá k částečnému nahrazení koksu, prozatím v této ocelárně jen v malém měřítku. Ovšem dosavadní výsledky jsou slibné a naznačují, že do budoucna bude možné využít biomasu ve větším měřítku.

Druhý proces, nazývaný "Steelanol" principiálně transformuje industriální odpadní plyny z výroby oceli do pokročilého bioetanolu pomocí nové fermentační technologie. Ve vysokých pecích se uvolňuje velké množství odpadních plynů bohatých na oxid uhelnatý, oxid uhličitý a vodík. Ačkoliv se jedná o odpadní plyny, existuje již několik technologií, které dokáží oxid uhličitý a uhelnatý spotřebovat a dát za vznik novému produktu, který může sloužit jako palivo. V bioreaktoru se pěstuje speciální kultura mikroorganismů, která spotřebovává oxid uhelnatý s vodíkem a produkuje jako odpad etanol. Výsledný bioetanol má široké využití. V tomto případě se dále využívá v dopravě. Většina zemí EU má povinné přimíchávání bioetanolu do benzínu, tudíž je po tomto palivu vysoká poptávka. Etanol však lze využít i v chemickém průmyslu například při výrobě plastů, nebo dalších chemických sloučenin. Tato technologie má tedy dvojitý dopad, snižuje množství emisí skleníkových plynů vypouštěných do atmosféry a zároveň vyrábí kapalné biopalivo.



Obrázek 1: Výroba ocelových plechů válcováním (zdroj: CZ Biom)





Obrázek 2: Ocelárna v belgickém Gentu (zdroj: CZ Biom)

Tento ambiciózní pilotní projekt má za cíl vyzkoušet především inovativní technologie v praxi. Do roku 2050 chce společnost ArcelorMittal vyrábět ocel pouze s klimaticky neutrálním dopadem. Tyto pilotní projekty jsou velmi důležité v cirkulární ekonomice a udržitelnosti. Ocelárna v Gentu je důkazem toho, že i tak náročný proces, jako je výroba oceli, může být jednoho dne klimaticky zcela neutrální.

### NOVÉ INOVATIVNÍ TECHNOLOGIE SÁZEJÍ I NA VODÍK

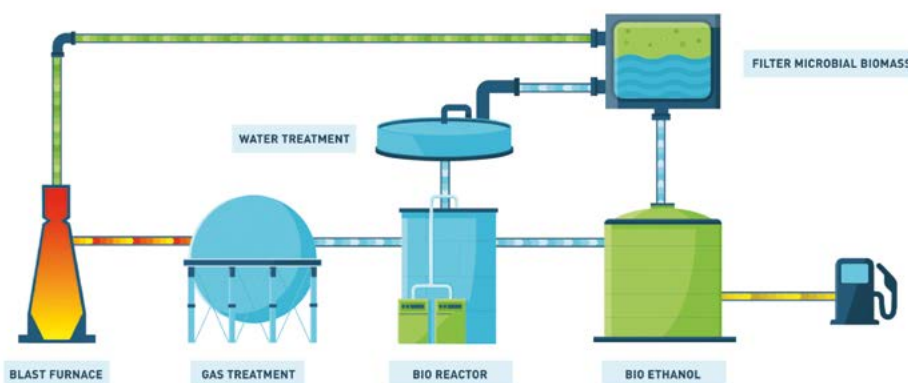
Minulý rok jsme měli možnost v rámci přeshraniční spolupráce s našimi rakouskými sousedy navštívit pilotní zařízení na výrobu vodíku H2FUTURE v Linci. Tento unikátní projekt zkoumá možnosti moderní výroby oceli s využitím tzv. zeleného vodíku. Jedná se o vodík, který vzniká elektrolýzou vody za pomoci elektřiny z obnovitelných zdrojů. Největší potenciál má v tomto ohledu přebytek z fotovoltaických systémům, kdy výroba zeleného vodíku je v podstatě ekvivalentní ukládání energie. A právě v ocelárnách Voestalpine vyvinuli a uvedli do provozu nové technologie, které zkoumají využití vodíku v různých fázích výroby oceli. Ve vysoké peci při se při vysokých teplotách ze železné rudy odstraňují oxidy železa (nejčastěji oxid železitý,  $Fe_2O_3$ ). Tento proces je z energetického pohledu nejvíce náročný a například zde může být vodík velice přínosný. Standardně se pro redukci oxidu železitého používá oxid uhelnatý za vzniku potřebného železa a odpadního oxidu uhličitého a uhelnatého. K redukci oxidu železitého je však možné použít právě vodík a jako odpadní meziproducty vznikají voda a část vodíku.



Samotný elektrolýzér pro výkon 6 MW používá elektřinu z obnovitelných zdrojů a je konstruován stavebnicovou technologií. Nejedná se tedy o jeden velký elektrolýzér, ale o soustavu menších, které umožňují kontinuálnější výrobu se snadnou regulací produkce. Za hodinu je toto zařízení schopné z vody vyrobit 1 200 m<sup>3</sup> čistého zeleného vodíku. Cílem projektu je vyvíjet nové inovativní procesy a technologie pro výrobu bezemisní oceli a již nyní při realizaci projektu učinili k naplnění tohoto cíle významný krok.



Obrázek 3: Bioreaktor na výrobu etanolu z oxidu uhelnatého (zdroj: CZ Biom)



Obrázek 4: Princip výroby bioetanolu z odpadních industriálních plynů (zdroj: @Steelanol)

-vp-





Obrázek 5: Zařízení na výrobu zeleného vodíku pomocí elektrolýzy vody (zdroj: ©VERBUND)



Obrázek 6: Šest PEM (Proton Exchange Membrane) elektrolýzérů s protonově výměnnou membránou separující z vody vodík a kyslík (zdroj: ©VERBUND)



## Dlouhodobé sledování a pěstování perspektivní energetické plodiny ozdobnice (*Miscanthus* sp.) v ČR

Podobně jako v mnoha rozvinutých zemích mírného pásu i v České republice probíhá zhruba tři desetiletí kontinuální sledování, zkoumání vlastností a výnosových parametrů ozdobnice jako perspektivní plodiny pro produkci kvalitní biomasy pro energetické a materiálové využití. Ve Výzkumném ústavu Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví (VÚKOZ) v Průhonicích poslední dvě desetiletí probíhá zkoumání tří druhů ozdobnice.

Jmenovitě se jedná o *Miscanthus sacchariflorus* (ozdobnice cukrová), *Miscanthus sinensis* Anderss. (ozdobnice čínská) a *Miscanthus xgiganteus* (ozdobnice obrovská). U výše jmenovaných druhů bylo cílem vyhodnotit jejich schopnost růst v klimatických podmínkách střední Evropy, a proto byla pravidelně měřena biometrická data jednotlivých rostlin (výška, počet a hmotnost stonků na rostlinu) a z nich byly počítány výnosové schopnosti a vytvořeny dlouhodobé výnosové křivky, a to od roku 2007. Navíc byl sledován potenciál rizika jejich invazivního šíření do krajiny, který by mohl limitovat jejich použití v praxi. Paralelně s průhonickým pokusným porostem ozdobnice byla založena srovnávací pokusná plocha na Českomoravské vysočině (Lukavec) v méně příznivých klimatických podmínkách zahrnující stejnou druhovou, odrůdo/klonovou skladbu ozdobnice jako v Průhonicích. Sortiment pro pokusy byl získán spoluprací s výzkumnými organizacemi

převážně ze zahraničí (Univ. Hohenheim SRN, DIAS Foulum Dánsko, VÚRV Praha) a sadba vypěstována ve VÚKOZ. Ozdobnice jsou rostliny z čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) zahrnující mnoho druhů, které současně představují vysokou společenskou a ekonomickou hodnotu včetně C4 rostlin jako jsou *Saccharum officinarum* L. (cukrová třtina), *Sorghum bicolor* (L.) Moench (čirok dvoubarevný) a *Zea mays* L. (kukuřice setá). *Miscanthus sinensis* Anderss., ozdobnice čínská patří do stejného podkmene *Saccharinae* jako cukrová třtina a díky své blízké příbuznosti se mohou dokonce i křížit. Ozdobnice má velký potenciál jako biomasová plodina, obnovitelný zdroj energie, pro produkci materiálu, zdroje celulózy a potažmo pro papírenský průmysl. V českých podmínkách se v posledních letech stala také žádaným nealergenním stelivem např. pro jezdecké koně. Většina druhů ozdobnice pochází ze subtropické až mírné oblasti východní a jihovýchodní Asie, Číny, Japonska a sousedících regionů. Dva

druhy jsou známé z oblastí Himaláji a čtyři z jižní Afriky.

Pokusné porosty ozdobnice v Průhonicích a Lukavci byly sklizeny každý rok ve dvou termínech, podzimním (listopad až prosinec) a jarním (duben až květen). Průměrné výnosy jarních sklizní mezi lety 2010–2022 u *M. sinensis* se v podmínkách středních Čech v závislosti na odrůdě/klonu pohybovaly v rozmezí 7,7–9,8 tun sušiny na hektar a rok ( $t_{\text{suš}} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ ), v případě *M. xgiganteus* pak 15,0–17,3  $t_{\text{suš}} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ . V méně příznivých klimatických podmínkách Českomoravské vysočiny mezi lety 2010–2019 dosahoval *M. sinensis* výnosů 8,0–12  $t_{\text{suš}} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ , *M. xgiganteus* pak 11,1–13  $t_{\text{suš}} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ . I přesto, že v podzimních termínech sklizně byly pravidelně vypočítávány vyšší objemy nadzemní sklizené hmoty v přepočtu na sušinu, byl též zjišťován nižší podíl sušiny, tedy vyšší vlhkost, nadzemní rostlinné hmoty a s tím související nižší okamžitá výhřevnost. V případě *M. xgiganteus* byl rozdíl v objemu sklizené nadzemní rostlinné hmoty na podzim v roce 2022 celých 22,0  $t_{\text{suš}} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$  s podílem sušiny 59 % proti 15,4  $t_{\text{suš}} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$  a podílem sušiny 86 % na jaře 2023. I přes nižší objemy výnosů biomasy lze spíše doporučit pro sklizeň ozdobnice jarní termín z důvodu absence potřeby dosoušení. Z hlediska očekávaných výskytů dlouhých suchých period vlivem klimatické změny bylo pozitivním zjištěním chování ozdobnice obou druhů v teplejší a sušší středočeské lokalitě v období let 2015–2019, jenž



Obrázek 1 a 2: Stav jednoletých výhonů průhonického porostu ozdobnice v průběhu jarní sklizně po rekordně suchém a teplém roce 2018; měření biometrických dat, maximální výšky výhonu jedince v průběhu jarní sklizně po vegetační sezóně 2021 s příznivým průběhem počasí ve vegetaci (autoři: Jan Weger, Jaroslav Bubeník, VÚKOZ)

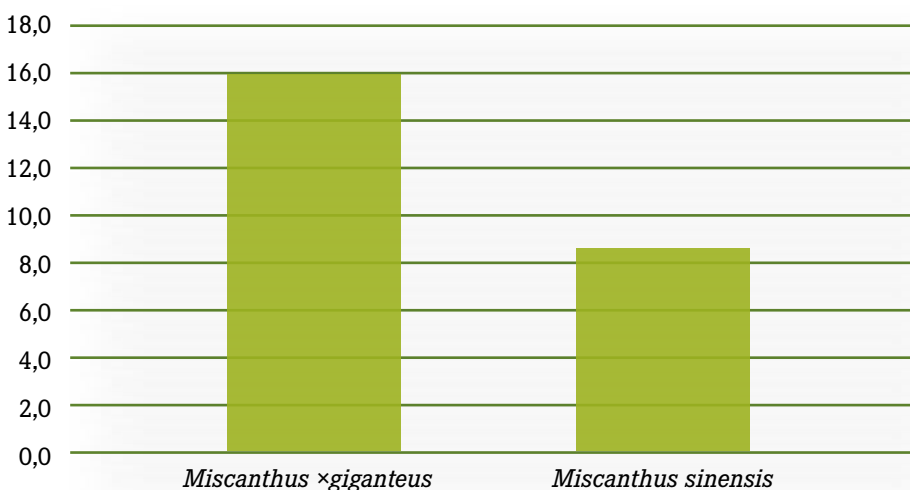


bylo charakteristické výrazně nadprůměrnými ročními teplotami (10,0–11,0 °C proti dlouhodobým průměrům 9–10 °C) a nízkými srážkovými úhrny (354–553 mm). Poklesy objemu sklizené nadzemní rostlinné hmoty nebyly zjištěny ani v roce 2018, kdy roční úhrn srážek dosáhl minima 354 mm při doposud nejvyšší naměřené průměrné roční teplotě 11,0 °C, přičemž objemy sklizené biomasy v jarním termínu u *M. ×giganteus* se pohybovaly v intervalu velmi vysokých 14,4–16,7 t<sub>suš</sub>.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>! Je potřeba upozornit, že pro sklizeně je v praxi potřeba výnosy z pokusných porostů snížit obvykle o 15–25 % z důvodu méně individuální agronomické péče a logistických ztrát.

Spalné teplo sušiny celých rostlin je kolem 19,0 MJ/kg, což je více než u běžně používaného hnědého uhlí pro topení v domácnostech, jehož výhřevnost činí od 12 do 14 MJ/kg. Energetický obsah stébel ozdobnice je závislý na obsahu vody v materiálu. Například výhřevnost byla publikována při 86% podílu sušiny cca 17,5 MJ/kg, zatímco při 59% podílu sušiny cca 13,5 MJ/kg, což může odpovídat rozdílu ve výhřevnosti jarní a podzimní sklizeně.

V pokusných porostech sklízíme nadzemní část porostu křovinořezem, jednotlivé rostliny vážíme na vahách a následně je ručně kupíme na hromady. Hromady jsou drceny štěpkovačem se zapojeným kardanem za traktor o výkonu cca 72 koní. Štěpku ozdobnice prodáváme pro zahradnické účely, případně poskytujeme jako nealergenní podestýlku pro koně. V aktuální odborné literatuře se uvádí, že pro sklizeně ozdobnice ve velkoprodukčních podmínkách je doporučena sekačka na siláž o výkonu

## Výnos v t<sub>suš</sub>.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>



Graf 1.: Rozdíl průměrného výnosu *Miscanthus ×giganteus* a *Miscanthus sinensis* v lokalitě Michovky Průhonice po 13 jarních sklizních ve vegetačních obdobích mezi lety 2010–2022.

cca 480 koní v tandemu s kontejnerovým dopravníkem o objemu 50 kubíků, který pak štěpku převáží na požadované místo.

Výsledkem monitoringu a zkušeností s pěstováním ozdobnice bylo vyřazení druhů *Miscanthus sinensis* Anderss. a *M. sacchariflorus* ze seznamu doporučených plodin pro produkci biomasy (VÚKOZ, 2022) z důvodu vysokého rizika invazního šíření do krajiny – semeny resp. podzemními oddenky. Naopak v případě křížence *M. ×giganteus* nebyla zjištěna tvorba životaschopných semen za celou dobu pěstování. Tuto vlastnost přisuzujeme faktu, že hybrid *M. ×giganteus* je triploid.

Vzhledem k tomu, že pokusné porosty ozdobnice nebyly za 17 let pěstování zavlažovány ani hnojeny a potřeba odplevelování přicházela v úvahu pouze první 2 roky od založení, druhy

*M. sinensis* a *M. ×giganteus* představují místnímu klimatu dobře přizpůsobené druhy.

Závěrem lze konstatovat, že ozdobnice je nenáročná, vytrvalá rostlina schopná poskytovat vysoké výnosy nadzemní rostlinné hmoty s širokou škálou uplatnění nejméně po dvě dekády pěstování, bez ohledu na krátkodobé nepříznivé výkyvy ročních srážkových úhrnů či průměrných teplot. Při volbě vhodných odrůd/klonů nepředstavuje ozdobnice riziko z hlediska invazního potenciálu.

Autoři: Jan Weger, Jaroslav Bubeník

Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i.; Květnové náměstí 391, 252 43, Průhonice

Použitá literatura na vyžádání v redakci časopisu.



Obrázek 3: Ozdobnice je nenáročná, vytrvalá rostlina schopná poskytovat vysoké výnosy nadzemní rostlinné hmoty s širokou škálou uplatnění (autoři: Jan Weger, Jaroslav Bubeník, VÚKOZ)



## Zápisky z rozhovoru o společnosti vyrábějící české kotle značky MultiBio

Oslovili jsme pana Jindřicha Sinkuleho ze společnosti Petrojet s.r.o. z Rakovníka, aby nám blíže představil technologii jejich biomasových kotlů značky MultiBio. Již dlouhá léta neplatí, že dřevní štěpka je palivem pouze pro velké teplárny nebo městské výtopny. Na českém trhu jsou kromě zahraničních technologií dostupné také štěpkové kotle vyvinuté jak pro nízké výkony vhodné pro vytápění rodinných či bytových domů, tak po kotle, které vytápí velké výrobní haly. V kotlích značky MultiBio lze topit jak štěpkou, tak peletami a v případě dřevní štěpky jsou kotle vyráběny v širokém rozpětí výkonů od 9 kW až po 1 MW. Zejména nízké výkony kotlů MB 30, 49 a 75 spalující dřevní štěpku, jsou ojedinělým českým výrobkem na trhu.

### VÝHODY VYUŽITÍ VLASTNÍ BIOMASY

Tento způsob vytápění má největší potenciál zejména pro výroby, u kterých vzniká velké množství dřevního odpadu, jako například výrobci nábytku, kteří tak mohou legálně spalovat zbytky z výroby v kotli s příkonem nad 300 kW dle Vyhl. 415/2012. Stejně tak všude tam, kde je lokální štěpka k dispozici.

Vzhledem k nízkým nákladům za palivo z vlastních zdrojů je tak vytápění velmi dostupné a investiční projekt má při srovnání s cenami fosilních paliv potenciál velmi krátkého zhodnocení. Náklady na pořízení kotle se odvíjí od druhu a výkonu realizace. V případě, že kotel pořizuje firma se zdrojem vlastního paliva, může očekávat návratnost investice v řádu nízkých jednotek let, v některých případech dokonce pouze měsíců. Spalování vlastního paliva přináší bezesporu i další výhodu, a to energetickou nezávislost na dodavateli elektřiny nebo plynu.

Pořizovací cena kotlů MultiBio je v porovnání se zahraničními výrobci kotlů na dřevní štěpku zpravidla o polovinu nižší. Samozřejmostí je Ekodesign jako emisní třída kotlů pro možnost zařazení v žádosti o dotaci, a to jak pro menší řešení v případě rodinných domů, tak i větších instalací jako je právě vytápění výrobních hal.

### TECHNICKÉ ŘEŠENÍ KOTLŮ

Kotle MultiBio jsou specifické svíse vedenou spalinovou cestou, která zaručuje stabilní účinnost bez narůstající vrstvy prachu, jako je tomu u kotlů s vodorovným uspořádáním spalinových cest. V konfiguraci je možné také objednat automatický odvod popela

nebo čištění spalinových cest výměníků pružinami s automatickým pohybem. Spalovací komora kotle má vyzdívku ze žáruvzdorných šamotových prefabrikovaných destiček, kdy v případě poškození lze jednotlivé destičky jednoduše vyměnit. Výměna těchto destiček je tak záležitostí opravy v řádu stovek korun. Použití technologie otočného spalovací-

ho roštu ve vzduchovém polštáři přináší při spalování několik výhod. Zejména dochází k maximalizaci prohoření paliva při teplotách 1200–1300 °C a s tím souvisí i záruka splnění emisní normy vyhlášky o ochraně ovzduší. Často ani není nutné instalovat filtry tuhých znečišťujících látek (TZL), což významně šetří realizační náklady investora. Tyto otočné hořáky dokáží spalovat kromě dřevní biomasy rovněž zbytky z rostlinné výroby zemědělců.

Spalovací proces od výkonu 200 kW řídí lambda sonda. Kotle se automaticky zapalují horkým vzduchem, mají několik možností regulace výkonu, nebo zapojení do výrobní technologie zákazníka. Nemají režimový útlum a pokud není požadavek na teplo, kotel se vypne. Šetří tak náklady na palivo a údržbu spalinové cesty – komínu.

V případě přání zákazníka u kotlů do 75 kW lze sledovat provoz kotle přes mobilní aplikaci. U kotlů od 199 kW, které jsou řízené elektronikou Schneider PLCs se speciálním



Obrázek 1: Kotel MultiBio 49 ES na drobnou štěpku a pelety (zdroj: Jindřich Sinkule)



softwarem, lze ovládat kotel také přímo z mobilní aplikace. Obrazovka v aplikaci je totožná s obrazovkou na ovládacím panelu kotle. Tento způsob může i minimalizovat náklady na servis z důvodu například neznalosti obsluhy pro nastavení spalování hořáku, nebo detekování případné chyby provozu z důvodu cizího předmětu v palivu atp.

### **ZAJÍMAVÁ INSTALACE VE ŠVÉDSKU**

Kromě stovek instalací po celé ČR je velmi zajímavá instalace technologie MultiBio ve švédském výrobním závodě Volvo Penta. V tomto provozu využívali dva roky menší model MB 49 ES a později doplnili kotelnu i o kotel s hořákem MB 600, který vytápí nově postavenou halu. Švédové si velmi cenili možnosti kotle i několikrát za den zcela vypnout a opět nastartovat dle potřeby provozu. A to bez jakékoliv viditelné nebo pachové stopy. Ze strany zákazníka došlo také k měření emisí na vlastních peletkách a z výsledku byli nadšeni. Obvykle naměřili hodnotu oxidu uhelnatého (CO) okolo 10–20 ppm při výkonu 485 kW.

-vp-, -js-



Obrázek 2: Násypka NS MultiBio 1600 litrů s míchacím mechanismem na štěpku ve dnu (zdroj: Jindřich Sinkule)



Obrázek 3: Frakce paliva z drtiče (zdroj: Jindřich Sinkule)



Obrázek 4: Drtič biomasy (zdroj: Jindřich Sinkule)



## Topení ozdobnicí v kotlích Fröling

Pěstování rychle rostoucí traviny *Miscanthus sp.* (ozdobnice) je v současnosti na velkém vzestupu. Za zvýšení zájmu mohou především vysoké ceny energií a zájem lidí vypěstovat si své vlastní biomasové palivo. Hlavními přednostmi ozdobnice je vysoká tolerance vůči suchu, velmi rychlý růst biomasy a možnost každoroční sklizně. Zeptali jsme se pana Lukáše Sováka ze společnosti S WHG s.r.o. dodávající na český trh technologii kotlů značky Fröling, jaké jsou zkušenosti s vytápěním touto rychle rostoucí travinou.

Původní účel pěstování ozdobnice byl pouze pro okrasné účely, na trhu existuje nespočet kultivarů různých barev a vzrůstu. S postupem času se však začalo experimentovat s využitím ozdobnice pro energetiku a výsledky byly velmi slibné. Ukázalo se, že dokáže vyprodukovat obrovské množství biomasy, a přitom je na pěstování velmi nenáročná. Roste dobře na většině půd, a to i na méně na živiny bohatých typech, na kterých jiné plodiny již není možné efektivně pěstovat. Zároveň je vysoce odolná vůči mrazu a netrpí na specifické choroby a škůdce.

Sklizeň ozdobnice je možné provést nejdříve třetí rok po výsadbě. Provádí se před začátkem vegetačního období, zpravidla od února do března pomocí řezačky s adaptérem na kukuřici. Tato

řezačka rostlinu nařeže na frakci cca 20 mm a "nafouká" ji na vlečku. V tomto stavu se rovnou odváží do skladu paliva a je s ní nakládáno stejně jako s dřevní štěpkou. Podavačem se dopravuje do kotle, který ji spaluje a vyrábí tepelnou energii. Kotle Fröling se nemusí nijak upravovat. Řezankou z této rostliny se dá topit v kotlích na štěpku a vzhledem k velmi podobným vlastnostem lze tato paliva v případě potřeby střídat bez složitých přenastavování.

V České republice je na seznamu doporučených plodin pro produkci biomasy Výzkumného ústavu Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i. kříženec *M. x giganteus*, ozdobnice obrovská, která je neinvazivním hybridem.

## AREÁLY FIREM, KTERÉ VYTÁPÍ SVÉ PROVOZY OZDOBNICÍ

### Valašské Meziříčí – Vacara

V rozsáhlém areálu firmy, kde se nachází i společnost Vacara s.r.o., která nabízí prodej, půjčovnu a servis obytných vozů a karavanů, se touto energetickou plodinou vytápí okolo 70 % topné sezóny. Před 12 lety zde instalovali dva kotle Fröling Turbomatic, které si s touto biomasou dobře rozumí a jak sám správce areálu pan Miroslav Kus potvrzuje, je topení touto plodinou jednoduché a nenáročné na obsluhu. Nedochází k žádnému zasekávání řezanky v dopravníku do kotle a kotel spokojeně šlape.

Majitelé areálu vyzdvihují nízké náklady na vytápění a také nízkou spotřebu elektrické energie na provoz kotle. Společnost tak za roky provozu ušetřila díky vlastnímu zdroji tepla nemalé prostředky. K vytápění zde používají také dřevní štěpku. Jakmile ve skladu paliva dojde ozdobnice, tak se automaticky přejde na vytápění dřevní štěpkou bez nutnosti přenastavení kotlů. Pro tento objekt byly vybrány kotle Turbomatic s plně automatickým provozem, zapalováním a čištěním výměníků tepla. Využívají řízení spalovacího procesu, tzv. lambda sondou. V topné sezóně je zapotřebí vynést popel z popelníku přibližně jednou za měsíc, jak říká z vlastní zkušenosti pan Kus. Dnes je řada kotlů Turbomatic v sortimentu Fröling nahrazena typem T4e, který nabízí mnoho dalších modernějších prvků, a navíc umožňuje integrovat elektrostatický odlučovač prachu.

### Vlčnov – Klimont Global

Dalším spokojeným spotřebitelem této energetické plodiny jsou čeští výrobci revizních dvířek protipožární ochrany v obci Vlčnov, firma Klimont Global. Výrobní halu vytápí ze 100 % právě touto plodinou v kotli Fröling. Díky tomu, že majitelé firmy disponují zemědělskou plochou, byla výsadba této rostliny jasná volba. Zajistili si tak naprostou nezávislost na palivovém zdroji a v porovnání s fosilními palivy šetří jak své náklady, tak i životní prostředí.



Obrázek 1: Řezankou z ozdobnice se dá topit v kotlích na štěpku a tato paliva lze střídat bez složitých přenastavování (zdroj: Lukáš Sovák)

S WHG s.r.o. Vojtěch Pospíšil





Obrázek 2: Pole zelené (zdroj: Lukáš Sovák)



Obrázek 3: Sklizeň ozdobnice pomocí řezačky s adaptérem na kukuřici (zdroj: Lukáš Sovák)



Obrázek 4: Sklad paliva. Řezanku z ozdobnice není nutné nijak dále upravovat (zdroj: Lukáš Sovák)



## Nová směrnice o obnovitelných zdrojích energie

Směrnice RED (Renewable Energy Directive) představuje jeden z nejvýznamnějších právních rámců pro rozvoj obnovitelných zdrojů energie ve všech odvětvích hospodářství EU a podporuje spolupráci v oblasti čisté zelené energie mezi členskými státy EU. Poslední platné znění této směrnice RED II do značné míry ovlivnilo celý bioenergetický sektor. Z hlediska využívání biomasy tato direktiva přinesla mimo jiné i povinnost certifikace biomasových zdrojů v sektoru výroby bioplynu a spalování pevné biomasy. Návrh nové směrnice RED III byl předložen v červenci 2021 a zahrnul vyšší cíle, aby EU dosáhla klimatické neutrality do roku 2050. Následovalo velmi dlouhé vyjednávání a vznikly často bolestivé kompromisy. Předpokládá se, že aktuální návrh bude během letošního roku v současné podobě schválen.



Ilustrační foto (zdroj: Peggy\_Marco@Pixabay.com)

Celounijní cíl pro obnovitelné zdroje energie (OZE) do roku 2030 byl v nově připravované směrnici RED III navýšen na nejméně 42,5 %, přičemž nad tento rámec unijní státy budou usilovat ještě o 2,5 % vyšší, nezávazný cíl. Dle RED II byl tento cíl ke stejnému roku pouze 32 %. Znamená to tedy nárůst o 10,5 %, což bude mít za následek rozšíření trhu s obnovitelnými zdroji energie.

Cíl pro OZE v dopravě se dočkal také jistých změn. Členské státy si budou moci vybrat, z jakých cílů chtějí své úspory v oblasti obnovitelné dopravy prokázat. Členské státy buď stanoví povinnost u dodavatelů pohonných hmot cíl obnovitelné energie do roku 2030 ve výši alespoň 29 % (na místo 14 % jako je tomu nyní u RED II), nebo sníží intenzitu emisí skleníkových plynů do roku 2030 o nejméně 14,5 %. Zároveň pro dosažení těchto cílů mohou členské státy zahrnout biometan vtláčený do sítě zemního plynu. Dále je ve směrnici nový dílčí cíl pro pokročilý bioplyn a biopaliva, a to včetně těch nebiologického původu, na 5,5 % místo původních 3,5 %.

Další změny se týkají záruk původu, u kterých dojde ke zjednodušení registračního procesu a snížení registračních poplatků pro malá zařízení s výkonem nižším, než 50 kW a pro komunitní využívání OZE. Změnou bude také možnost členských států odmítnout vydání záruk původu pro producenta, který využívá režim podpory.

### ZMĚNY V KRITÉRIÍCH UDRŽITELNOSTI

Kritéria udržitelnosti byla v rámci nového návrhu znění RED III do jisté míry upravena. Plnění těchto kritérií dobrovolným, nebo národním systémem je klíčové pro prokázání úspor emisí skleníkových plynů a zároveň umožňuje započítávat energie z biomasy do cílů OZE, získat veřejnou podporu a nulovou sazbu v rámci EU ETS.

Pro využití dřevní biomasy se zavádí nový termín – **zásada kaskádového využití**. Jedná se o hierarchii konečného využití. Nebude tak možné pobírat finanční podporu na energii, která bude vyrobena z pilařské kulatiny, dýhové kulatiny, průmyslové kulatiny, pařezů a kořenů. Do jisté míry se jedná o nahrazení původní (a velmi obecné) definice primární dřevní biomasy.



Hranice plnění kritérií udržitelnosti **zůstává u bioplynu a biometanu stejná**. Bioplynové stanice s tepelným příkonem menším než 2 MW nemusí kritéria udržitelnosti plnit. Prahová hodnota u biometanových stanic je stanovena na 200 m<sup>3</sup> metanového ekvivalentu za hodinu. Došlo ovšem k výraznému snížení hranice u pevné biomasy, a to **z 20 MW na 7,5 MW**. Podle prvotních odhadů tak dojde o navýšení počtu zařízení spadajících do povinnosti certifikace o cca 11 % a další významnou část dodavatelského řetězce.

V článku 27 odstavci 10 se doplňují nové body požadavků na **úsporu emisí skleníkových plynů pro vytápění, chlazení a výrobu elektrické energie**, které znějí:

- e) pro výrobu elektřiny, vytápění a chlazení z paliv z biomasy používaných v zařízeních s celkovým jmenovitým tepelným příkonem 10 MW nebo vyšším, která byla uvedena do provozu od 1. ledna 2021 do vstupu této směrnice v platnost, nejméně 70 % do 31. prosince 2029 a nejméně 80 % od 1. ledna 2030;
- f) na výrobu elektřiny, vytápění a chlazení z plyných paliv z biomasy používaných v zařízeních s celkovým jmenovitým tepelným příkonem rovným nebo nižším než 10 MW, která zahájila provoz od 1. ledna 2021 do vstupu této směrnice v platnost, alespoň 70 % před dosažením 15 let provozu a alespoň 80 % po dosažení 15 let provozu;
- g) na výrobu elektřiny, vytápění a chlazení z paliv z biomasy používaných v zařízeních s celkovým jmenovitým tepelným příkonem 10 MW nebo vyšším, která zahájila provoz před 31. prosincem 2020, alespoň 80 % po dosažení 15 let provozu, nejdříve od 1. ledna 2026 a nejpozději od 31. prosince 2029;
- h) na výrobu elektřiny, vytápění a chlazení z plyných paliv z biomasy používaných v zařízeních s celkovým jmenovitým tepelným příkonem 10 MW nebo nižším, která zahájila provoz před 31. prosincem 2020, alespoň 80 % po dosažení 15 let provozu a nejdříve od 1. ledna 2026.

#### **SOUČASNÁ PRAXE CERTIFIKACE KRITÉRIÍ UDRŽITELNOSTI V ČR**

Podle aktuálních požadavků směrnice RED II jsou v České republice povinny se certifikovat bioplynové stanice

s instalovaným tepelným příkonem rovným nebo vyšším 2 MW, dále povinnost platí pro všechny biometanové stanice bez ohledu na výkon a také pro teplárny a elektrárny spalující nebo spoluspalující pevnou biomasu s tepelným příkonem rovným nebo vyšším 20 MW. Stejnou povinnost mají i všichni obchodníci, kteří do těchto zařízení biomasu prodávají, to znamená ty subjekty, které obchodují s biomasou. Jediným článkem dodavatelského řetězce biomasy, na který se povinnost certifikace nevztahuje jsou její primární producenti, to znamená farmáři a zemědělci, kteří biomasu sami vypěstují nebo vyprodukují jako odpad/zbytek ze zemědělské výroby, potom původci ostatních biomasových odpadů a zbytků ze sektorů, jako jsou cukrovary, lihovary a producenti potravinářského odpadu, a také původci zbytkové dřevní a lesní biomasy.

Ti, kterých se povinnost certifikace týká, musí mít zpracovanou potřebnou dokumentaci, být registrovaní u jednoho ze 3 schválených systémů certifikace v ČR ([ISCC](#), [SURE](#) nebo [KZR INiG](#)) a musí mít podepsanou smlouvu s jednou z certifikačních společností, která dle zvoleného systému provede audit (mezi největší patří [URS Czech](#), [Bureau Veritas](#) a [TÜV SÜD](#)). Ve většině případů si povinný subjekt najímá firmu, která ho celým procesem certifikace provází. O své členy se v této záležitosti stará CZ Biom, a to jak v případě přípravy potřebné dokumentace, tak kontinuální podporou v průběhu celého procesu certifikace a související osvětou.

Pokud se chcete na kritéria připravit, neváhejte nás kontaktovat na adrese: [dajcl@biom.cz](mailto:dajcl@biom.cz).

-vp, -jd-

## **Brüning členem CZ Biom!**

Skupina Brüning se specializuje na obchodování s pevnou biomasou určenou k energetickému využití jako je dřevní štěpka, odpadní dřevo, materiál z údržby veřejné zeleně a mnohé další. Společnost dodává také kvalitní půdní aditiva jako je kůrový mulč, štěpka nebo podestýlka. Disponuje hustou sítí poboček po celé Evropě, a tak dokáže rychle a efektivně reagovat na změny trhu, a to jak na národní, tak na mezinárodní úrovni. Garantuje svým obchodním partnerům zásobování i likvidaci energetických surovin bez starostí. Vnitropodniková logistika zajišťuje nepřetržitý a spolehlivý tok obchodovaných materiálů. Kromě toho společnost přikládá velký význam dodržování nejvyšších standardů kvality a dbá na podporu udržitelného lesního hospodářství. Vždy pracuje legálně, spravedlivě a v souladu se všemi požadavky.

Naším společným cílem je podporovat kontinuální obchod mezi Českou republikou a Německem. Mezinárodní trh s biomasou je pro zajištění bezpečnosti dodávek stále důležitější. Skupina je nadregionálním partnerem pro své zákazníky a dodavatele a v České republice má samostatnou společnost Brüning Group Česko s.r.o., která představuje velké plus pro všechny strany.

Společnost tak s radostí oznamuje členství v Českém sdružení pro biomasu CZ Biom, těší se na budoucí spolupráci a je připravena nabídnout svou síť.

#### **Kontakt:**

**Brüning Group Česko s.r.o.**  
Říční 456/10  
Malá Strana  
118 00 Praha 1  
**Josef Doležal**  
[Josef.Dolezal@bruening-group.de](mailto:Josef.Dolezal@bruening-group.de)  
[bruening-group.de](http://bruening-group.de)

**BRÜNING**  
**GROUP**



# Staňte se součástí energie, co roste...

**CZ Biom je profesní spolek, který podporuje udržitelnou bioenergetiku a chytré nakládání s bioodpady.**

## Členové získávají

- » hlas při přípravě zákonů, které ovlivňují stabilitu a další rozvoj bioenergetiky doma a v Evropě,
- » informační servis o legislativě, která má vliv na provoz bioplynových stanic, výtopen na biomasu nebo kompostáren,
- » prostor pro výměnu zkušeností a kontaktů,
- » možnost bezplatných konzultací před jednáním se státní správou,
- » exkluzivní „kontroly nanečisto“, vstup na konference a školení za zvýhodněných podmínek.

**Více informací o výhodách členství na webu [czbiom.cz](http://czbiom.cz).**

Odborný časopis a informační zpravodaj Českého sdružení pro biomasu CZ Biom

**Redakční rada:** Jan Habart, Roman Honzík, Jaroslav Kára, Adam Moravec, Vlasta Petříková, Antonín Slejška, Sergej Usták, Zdeněk Valečko, Jaroslav Váňa

**Šéfredaktor:** Julie Dajčl

**Články do časopisu připravili:**

Jaroslav Bubeník, Julie Dajčl (-jd-), Pavla Kubátová (-pk-), Vojtěch Pospíšil (-vp-), Jindřich Sinkule (-js-), Jan Weger

**Zdroje a autoři fotografií:**

Prouzová a kol. 2023, CZ Biom, @Steelano, @VERBUND, Jan Weger, Jaroslav Bubeník, VÚKOZ, Jindřich Sinkule, Lukáš Sovák, Peggy\_Marco@Pixabay.com, Kristine Cinate on Unsplash

**Fotografie na titulní stránce:**

Realizing Increased Photosynthetic Efficiency@Flickr.com

**Kontaktujte nás:**

tel.: 241 730 326  
e-mail: sekretariat@biom.cz  
Tento časopis najdete též na [www.CZBiom.cz](http://www.CZBiom.cz)

**Počet výtisků:** 900 ks

**Vydavatel:**

CZ Biom - České sdružení pro biomasu, z. s.  
IČO: 61383929

**Místo vydání:** Praha

**Periodicita:** 3x ročně  
ISSN 1801-4038 (Print)  
ISSN 1801-2655 (Online)

**Registrační číslo:** MK ČR E 16224

**Tisk:** UNIPRINT, s. r. o.  
Novodvorská 1010/14 B  
142 01 Praha 4

**Grafika:** |MANOFI, s.r.o.|  
[www.manofi.cz](http://www.manofi.cz)

Příprava a tisk časopisu byly spolufinancovány z prostředků státního rozpočtu ČR prostřednictvím Ministerstva zemědělství (Podpora nestátních neziskových organizací).



MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ