

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ –  
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA  
Hornicko-geologická fakulta  
Katedra environmentálního inženýrství

## CVIČENÍ Z INŽENÝRSKÉ EKOLOGIE

S využitím metody IBSE (inquiry-based science education)

MODUL I: EKOLOGIE INVAZÍ – VLIV MANAGEMENTU NA VYBRANÉ DRUHY  
INVAZNÍCH ROSTLIN

MODUL II: AGROEKOLOGIE – ODPADNÍ PRODUKTY Z BIOPLYNOVÝCH STANIC  
A JEJICH VYUŽITÍ V ZEMĚDĚLSKÉ PRAXI

Ing. Hana Švehláková, 2019

## Modul I

### EKOLOGIE INVAZÍ – VLIV MANAGEMENTU NA VYBRANÉ DRUHY INVAZNÍCH ROSTLIN

#### **Popis činnosti:**

V rámci modulu I budou studenti seznámeni s teoretickou a praktickouází studia invazních rostlin, na což navážou praktická cvičení v terénu a následné vyhodnocení výsledků a jejich diskuze.

Teoretická příprava proběhne v učebnách katedry 546 a zahrnuje celkem 2 vyučovací hodiny (tj. 1 cvičení).

Praktická cvičení budou provedena na trvalých monitorovacích plochách v k.ú. Proskovice, které byly vybrány v r. 2014 ve spolupráci s Agenturou ochrany přírody a krajiny ČR. Studenti provedou podzimní managementové práce na daných plochách – zejména kosení a vyrývání hlíz invazního druhu slunečnice topinambur (*Helianthus tuberosus*) v rámci blokového cvičení v trvání 8 - 9 hodin (4 – 5 cvičení). V roce 2018/2019 se management rozšíří o druh zlatobýl kanadský (*Solidago canadensis*) a do učebních materiálů budou zařazeny výsledky pro využití v příštím školním roce.

Pro vyhodnocení budou studentům poskytnuty výsledky jarních a letních managementových prací a rovněž data z minulých ročníků. Data v textech doplňují každoročně po dobu trvání managementu (2014 – cca 2025). Časová náročnost 4 hodiny (2 cvičení). Vyhodnocení a diskuze výsledků proběhne v učebnách katedry 546, relevantní data budou v případě zájmu poskytnuta odborné veřejnosti (AOPK ČR).

**Celková časová náročnost:** 8 – 9 cvičení.

## ÚVOD DO PROBLEMATIKY INVAZNÍCH ROSTLIN

Invazní druhy rostlin jsou ty, které jsou v daném území **nepůvodní**, byly zde zavlečeny člověkem a jejich šíření ohrožuje biodiverzitu, strukturu a funkce invadovaných ekosystémů a v neposlední řadě mohou mít vliv na lidské zdraví, případně i socioekonomický dopad (Shibu et al., 2013).

Pokud druhy změnily hranice svého rozšíření přirozenou cestou, nehovoříme již o invazi, nýbrž o **migraci** (Pyšek, Tichý, 2001).

Květena České republiky tvoří 3 557 taxonů (což není příliš), z toho je 1 454 nepůvodních a cca 60 invazních. Je nutné upozornit, že ne všechny nepůvodní druhy jsou problematické a ne všechny druhy původní jsou bez problémů. Mnohé nepůvodní rostliny jsou v naší přírodě plně etablované a tvoří významnou a často zákonem chráněnou součást našich ekosystémů, zejména zemědělských. Jsou to většinou známé polní plevele, které většina z nás považuje za původní prvek našich polí a luk. Dostaly se zde společně se zemědělskými plodinami již v době neolitu a ne později než v roce 1500. Tyto druhy označujeme jako **archeofyty**. Patří sem mnohé ovocné stromy, příkladem je i všeobecně známá chrpa modrá (*Centaurea cyunus*) nebo dnes již vzácný, dle Červeného seznamu kriticky ohrožený, koukol polní (*Agrostema githago*) (Grulich, 2017). Naproti tomu naše původní tráva třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*) se často k ostatním druhům chová poněkud neurvale a podobně jako invazní rostlina je schopna snížit druhovou pestrost daného biotopu. Takovéto druhy označujeme jako **expanzní**.

Rostlinné druhy, které k nám přišly po objevení Ameriky (tj. cca po r. 1500), jsou označovány jako **neofyty** a právě z nich se převážně „rekrutují“ **druhy invazní**.

Invazní druhy byly zařazeny do kategorií podle svého environmentálního a socioekonomického dopadu, dynamiky populace a její distribuce. Druhy s výrazným environmentálním a socioekonomickým dopadem, s velkými a početnými, snadno se šířícími populacemi jsou zařazeny do kategorie **Black List 1 (BL1)**. Druhy s mírnými až významnými dopady na životní prostředí, snadno se šířící v závislosti na lidské činnosti jsou zařazeny do kategorie **Black List 2 (BL2)**. Druhy s mírnými až významnými dopady na životní prostředí, jejichž současná distribuce vyplývá ze spontánního a neúmyslného šíření jsou zařazeny do kategorie **Black List 3 (BL3)**. Druhy s omezeným vlivem na životní prostředí s rozptýlenou distribucí jsou zařazeny do kategorie **Gray List (GL)**. Druhy, které mohou mít významný vliv na životní prostředí, známé z evropských zemí s podobnými přírodními podmínkami jako ČR, ale v ČR dosud bezproblémové, jsou zařazeny do kategorie **Watch List (WL)** (Pergl et al. 2016).

Jednotlivým kategoriím odpovídají rovněž odlišné způsoby managementu. Druhy z kategorie BL1 je nutné odstraňovat z krajiny i vzhledem k negativnímu působení na lidské zdraví (alergie, fotodermatitida). Druhy patřící k BL2 mají minimální socio-ekonomický dopad, přesto by měly být sledovány a odstraňovány zejména z ochránářsky významných ekosystémů (např. ZCHÚ). Vzhledem k tomu, že jsou šířeny lidskou činností (pěstování, prodej apod.), je třeba sledovat a řídit i tyto aktivity. Druhy zařazené do BL 3 jsou šířeny

spontánně bez lidského vlivu, lze je tolerovat v urbánním prostředí, z volné krajiny odstraňovat, pokud je to nutné (Pergl et al. 2016).

## PROČ JSOU INVAZNÍ DRUHY TAK ÚSPĚŠNÉ?

**Únik před nepřáteli:** V nově obsazeném území většinou scházejí predátoři, paraziti a býložravci, kteří populace zavlečených druhů regulují v oblasti jejich původního výskytu.

„**Neobvyklá výzbroj**“ v podobě adaptací, díky nimž snáze konkurují domácím druhům – např. alelopatie.

**Fenologické zvláštnosti** – např. brzké kvetení, díky kterému získají náskok před domácími druhy, odlákání opylovačů původním rostlinám, rychlá a intenzivní produkce semen, které nasytí půdní semennou banku, efektivní generativní i vegetativní rozmnožování.

**Využívání zdrojů**, které do té doby nebyly využívány domácími druhy (tzv. teorie volných ekologických nik).

## PRÁVNÍ ÚPRAVA TÝKAJÍCÍ SE INVAZNÍCH ROSTLIN

### Právní úprava EU

#### Prováděcí nařízení 2016/1141/EU

- Tvorba seznamu invazních nepůvodních druhů s významným dopadem na Unii podle nařízení č. 1143/2014.
- Zatím pouze 23 rostlinných druhů, aktualizace v současnosti.

### Právní úprava v ČR

#### Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny

§ 5 odst. 4: záměrné rozšíření geograficky nepůvodního druhu rostliny či živočicha do krajiny je uskutečnitelné pouze s povolením orgánu ochrany přírody. Výjimka platí jen pro ty nepůvodní druhy rostlin, se kterými se hospodaří dle schváleného lesního hospodářského plánu nebo vlastníkem lesa převzaté lesní hospodářské osnovy. Přísněji se pak v rámci zákona přistupuje k zvláště chráněným územím (NP, CHKO, NPR a PR).

#### Zákon č. 326/2004 Sb., o rostlinolékařské péči v platném znění

Tento zákon jako jediná právní norma v České republice charakterizuje pojem invazní druh: „Invazním škodlivým organismem se rozumí škodlivý organismus v určitém území nepůvodní, který je po zavlečení a usídlení schopen v tomto území nepříznivě ovlivňovat rostliny nebo životní prostředí včetně jeho biologické různorodosti“.

**Zákon č. 254/2001 Sb.**, vodní zákon (v § 35)

**Zákon č. 289/1995 Sb.**, o lesích a o změně některých zákonů ve znění pozdějších předpisů (§ 2 a § 32)

**Zákon č. 449/2001 Sb.**, o myslivosti ve znění pozdějších předpisů (§ 4 a §5)

**Zákon č. 99/2004 Sb.**, o rybníkářství, výkonu rybářského práva, rybářské strážní, ochraně mořských rybolovných zdrojů a o změně některých zákonů ve znění pozdějších předpisů

**Zákon č. 17/1992 Sb.**, o životním prostředí

**Zákon č. 128/2000 Sb.**, o obcích

**Zákon č. 123/1998 Sb.**, o právu na informace o životním prostředí

### **Dostupné databáze EU a ČR**

ALARM (Assessing large scale Risks for biodiversity with tested Methods)  
<http://www.alarmproject.net/>

BIP (Biodiversity Indicator Partnership) <https://www.bipindicators.net/>

BISE (Biodiversity information system for Europe) <https://biodiversity.europa.eu/>

CABI (The Invasive Species Compendium) <https://www.cabi.org/isc>

DAISIE (Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe)  
<http://www.europe-aliens.org/>

DIVERSITAS (International program of biodiversity science)  
<https://uia.org/s/or/en/1100046157>

EASIN (European Alien Species Information Network) <https://easin.jrc.ec.europa.eu/>

GBIF (Global Biodiversity Information Facility)  
<https://www.cbd.int/csp/survey/GBIF.pdf>

GIASIP (The Global Invasive Alien Species Information Partnership)  
<https://www.cbd.int/invasive/giasipartnership/>

GISD (Global invasive species database) <http://www.iucngisd.org/gisd/>

GISIN (Global Invasive Species Information Network) <http://www.gisin.org/>

GRIIS (Invasive Species Specialist Group) <http://www.griis.org/>

ISSG (Invasive Species Specialist Group) <http://www.issg.org/>

MOL (The Map of Life) <https://mol.org/>

NOBANIS (European Network on Invasive Alien Species) <https://www.nobanis.org/>

PRATIQUE (Enhancements of Pest Risk Analysis TechnIQUes)  
<https://cordis.europa.eu/project/rcn/87955/factsheet/fr>

REABIC (The Regional Euro) <http://www.reabic.net/>

SEBI 2010 (Streamlining European Biodiversity Indicators)  
<https://biodiversity.europa.eu/topics/sebi-indicators>

PLADIAS ([www.pladias.cz](http://www.pladias.cz))

**Invazní druhy ČR** (<http://invaznidruhy.nature.cz/caste-invazni-druhy-v-cr/>)

## Slovníček pojmů

**původní druh** – biologický druh, který se v území vyvinul v průběhu evoluce, nebo se do něj dostal přirozenou migrací bez přispění člověka

**nepůvodní (nebo zavlečený) druh** – biologický druh, který se do území dostal vlivem záměrné nebo neúmyslné činnosti člověka z původních oblastí, anebo přirozenou cestou z nepůvodních území

**archofyt** – biologický druh zavlečený do území v období mezi počátkem neolitického zemědělství a objevením Ameriky (zjednodušeně do roku 1500)

**neofyt** – biologický druh zavlečený do území, oblasti po roce 1500, tj. v novověku

**přechodně zavlečený druh** – biologický druh, jehož přežívání v území závisí na opakovaném přísunu semen nebo jiných rozmnožovacích částí, vlivem lidské činnosti; pokud se takový druh rozmnožuje mimo kulturní plochy, pak pouze přechodně

**zdomácnělý (naturalizovaný) druh** – zavlečený biologický druh, který se v území pravidelně rozmnožuje po dlouhou dobu a nezávisle na činnosti člověka

**expanzní druh** – původní biologický druh, který se vlivem změny životních podmínek intenzivně a často nekontrolovaně šíří i na stanoviště původně neosídlitelná

**invazní druh** – zdomácnělý biologický druh, který je schopný rychle se šířit na značné vzdálenosti od mateřské populace a nekontrolovaně až agresivně vytlačovat původní druhy na rozsáhlém území. V novém prostředí chybí jejich přirození predátoři, paraziti a konkurenti, kteří růst v jejich domovině účinně omezují

### *Literatura:*

Shibu, J., Singh, H. P., Batish, D. R., Kohli, R. K. Invasive plant ecology, CRC Press, Taylor & Francis Group, 384 s., ISBN 978-1-4398-8126-2.

Pyšek, P., Tichý, L. (2001) Rostlinné invaze. Brno: Rezekvítek. 40 s., ISBN 80-902954-4-4.

Grulich V. (2017) Červený seznam cévnatých rostlin ČR. – Příroda 35: 75–132.

Pergl J., Sádlo J., Petrussek A., Laštůvka Z., Musil J., Perglová I., Šanda R., Šefrová H., Šíma J., Vohralík V., Pyšek P. (2016) Black, Grey and Watch Lists of alien species in the Czech Republic based on environmental impacts and management strategy. NeoBiota 28: 1-37. <https://doi.org/10.3897/neobiota.28.4824>

## METODIKA K MANAGEMENTU SLUNEČNICE TOPINAMBUR

V předložené metodice jsou uvedeny výsledky managementových prací od r. 2014. Vaším úkolem bude vyhodnocení různých managementových zásahů a provedení vlastních podzimních prací (kosení vybraných ploch v terénu ručně - kosa, křovinořez, vyrývání hlíz a

jejich zpracování, počítání a odběr zralých plodenství a jejich zpracování, spočítání prýtů na vybraných plochách) a jejich vyhodnocení. Monitorovaným invazním druhem je slunečnice topinambur (*Helianthus tuberosus*).

## **Charakteristika druhu slunečnice topinambur (*Helianthus tuberosus* L.)**

### **Popis**

Mohutné vytrvalé rostliny, lodyha je vysoká 1,2 – 3 m, v horní čtvrtině větvená, hustě bělavě chlupatá. Listy kopinaté až srdčité, až 20 cm dlouhé a cca 10 cm široké, na líci drsně chlupaté. V dolní polovině rostliny listy vstřícné, v horní střídavé. Květy žluté, v úborech až 10 cm v průměru, v soukvětí 5 – 10 úborů. Rostlina kvete v pozdním létě a na podzim. Plodem jsou nažky, ale v podmínkách ČR nedozrávají, generativní rozmnožování je tedy podružné. Hlavní kořen je mohutný, vertikální, postranní kořeny jsou na koncích přeměněny v kuželovité až kulovité hlízy, které slouží k vegetativnímu rozmnožování (Slavík, Štěpánková, Štěpánek, 2004, botany.cz).

### **Historie**

Domovem slunečnice topinambur je centrální část severní Ameriky, v roce 1605 byla přivezena do Francie, odkud se poměrně rychle rozšířila po celé Evropě. Byla využívána jako potrava pro lidi i krmivo pro hospodářská zvířata, časem byla vytlačena bramborami. V českých zemích je druh doložen ze 17. století, první zmínky o zplaňování pochází z 80. let 19. století. Ve 20. století byla využívána jako okrasná rostlina, jako zdroj potravy pro černou zvěř a v omezené míře jako potravina (Slavík, Štěpánková, Štěpánek, 2004, Cosgrove, 1991).

### **Výskyt v území, vazba na stanoviště**

Ve své domovině dává tato slunečnice přednost zamokřeným stanovištím, v rámci ČR ji najdeme nejčastěji v okolí vodních toků, na náspech, v okolí zahrad, podél silnic a lesních biotopů. Preferuje čerstvé půdy s dostatečnou zásobou živin. Hlízy topinamburu zodpovědné za vegetativní rozmnožování jsou šířeny vodou. Porosty vzniklé zejména v aluviích řek jsou plošně rozsáhlé, husté a téměř monodominantní (Slavík, Štěpánková, Štěpánek, 2004, Mlíkovský, Stýblo, 2006).

Slunečnice topinambur byla nalezena v liniovém výskytu na území obce Orlové podél cesty na Adošov. Na území obce Mszana jsme ji nenalezli.

### **Likvidace**

V praxi je nejpoužívanější mechanické odstraňování topinamburu, zejména kosení. Fehér, Končková (2009) uvádí, že pravidelné kosení sníží v průběhu 3 let populaci o cca 44 %. Hartmann (1995) došel k podobným závěrům, doporučuje kosit 2 krát za sezónu (červen a srpen). Švehlák et al. (2017) sledovala vliv různých způsobů mechanického a chemického způsobu managementu a jejich kombinací na populaci topinamburu a jako neefektivnější doporučuje kombinaci: ruční kosení (červen – červenec) – postřik vhodným herbicidem na

zkosené plochy (červenec, srpen) – kosení mechanizací (srpen, září). Z použitých herbicidů se jako nejúčinnější jevil Roundup Biactiv, u něhož se však předpokládá ukončení výroby z důvodu toxicity účinné látky glyfosátu. Vhodnou náhradou mohou být herbicidy na bázi clopyralidu, fluroxypyru a MCPA (v ČR komerční název BOFIX), případně na bázi v přírodě snadno rozložitelné kyseliny pelargonové (komerční název HERBISTOP).

Velmi účinné je i vyrývání hlíz a jejich následné odstranění z půdy, avšak tento způsob je použitelný pouze v případě bodového výskytu topinamburů, u plošného rozšíření je v podstatě neproveditelný. V případě použití mechanizace (rotavátory) jsou často hlízy rozsekány a jejich fragmenty ponechané na stanovišti mohou být základem pro novou invazi.

### **Využití**

Slunečnice topinambur je poměrně hodnotnou potravinou, lze ji upravovat podobně jako brambory, sušit ji a mlít na mouku. Na rozdíl od brambor neobsahuje škrob, ale inulin a je proto vhodnější pro diabetiky. Je rovněž zdrojem vitamínů A, B1, B2, C a D a dále železa, draslíku a křemíku. Ve Francii se používají k výrobě piva, lze z ní vyrábět i průmyslově využitelný alkohol, případně fruktózu (Cosgrove, 1991, Kays, 2008). Topinambur lze použít i jako doplňkové krmivo pro hospodářská zvířata. Biomasu lze kompostovat, případně použít jako substrát (většinou smíchaný s jinou rostlinnou nebo živočišnou biomasou) pro výrobu bioplynu v bioplynových stanicích (Moudrý, Stražil, 1996). V zahradách ji lze pěstovat i jako okrasnou rostlinu.

### **Fotodokumentace**



Kvetoucí slunečnice topinambur (*Helianthus tuberosus*)





Typický biotop slunečnice topinambur (*Helianthus tuberosus*)

*Literatura:*

Slavík B., Štěpánková J., Štěpánek J. (eds). 2004. Květena České republiky 7, p. 125–140, Academia, Praha.

Mlíkovský, J., Stýblo, P. 2006. Nepůvodní druhy fauny a flóry ČR - vyšší rostliny [online]. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.[cit. 2018-11-11]. Dostupné online. ISBN 80–86770–17–6.

Cosgrove, D., R., Oelke, E., A., Doll, J., D., Davis, D., W., Undersander, D., J., Oplinger, E., S. 1991. Jerusalem artichoke. [online]. Alternative Crops Manual. [cit. 2018-11-11]. Dostupné z : <https://hort.purdue.edu/newcrop/afcm/jerusart.html>

Kays, J., S., Nottingham, S., F. 2007. Biology and Chemistry of Jerusalem Artichoke: *Helianthus tuberosus* L. CRC Press/Taylor and Francis Group. 478 pp. ISBN-13: 978-1-4200-4495-9.

Fehér, A., Končerková, L. 2009. Evaluation of mechanical regulation of invasive *Helianthus tuberosus* populations in agricultural landscape J. Centr. Europ. Agr. 3 245-250.

Hartmann, E., Schuldes, H., Kubler, D., Konold, W. 1995. Neophyten. Biologie, Verbreitung und Kontrolle ausgewählter Arten (Landsberg: Ecomed).

Švehláková, H., Janíková, A., Kupka, J., Šotková, N., Rajdus, T. 2017. Possibilities of the management of *Helianthus tuberosus* species in Poodri PLA (Czech Republic). [online]. IOP





Modelové plochy

Na jednotlivých monitorovacích plochách byly prováděny následující zásahy:

Kosení – mechanické kosení v rámci pravidelného obhospodařování luk 2x za sezónu doplněné o kosení křovinořezem či kosou na místech, kde pravidelné kosení neprobíhalo.



Kosená plocha podél vodního toku

Vyrývání – odstraňování hlíz rýčem u druhu *Helianthus tuberosus* na konci vegetační sezóny.



Vyrývání hlíz

Aplikace herbicidů – postřik herbicidy ROUNDAP, GARLON NEW, BOFIX, HERBISTOP. ROUNDAP a GARLON NEW byly používány do konce roku 2015.



Aplikace herbicidu

3.1 ROUNDAP - systémový neselektivní herbicid patří mezi tzv. [totální herbicidy](#), které hubí plevely přes listy přímo od kořenů. Účinnou látkou herbicidu je glyfosát. Přípravek byl připraven v množství 40 – 60 ml/2 - 4 l vody na 100 m<sup>2</sup> porostu ([www.roundap.cz](http://www.roundap.cz)). Aplikován byl na vzrostlé jedince *Helianthus tuberosus* za teplého, vlhkého, slunečného dne.

3.2 GARLON NEW - Jde o selektivní arboricidní a herbicidní přípravek ve formě mikroemulze. Je určen k hubení nežádoucích dřevin a dvouděložných rostlin na loukách, pastvinách, dočasně neobdělávaných půdách nebo k potlačení výmladnosti. Účinnými látkami jsou fluroxypyr a triclopyr, které procházejí do rostlin přes listy, lodyhu do cévních svazků a jsou dále rozváděny rostlinou. Postřik je prováděn pomocí ručního postřikovače v množství 20 - 30ml/l . Na 100 m<sup>2</sup> je potřeba cca 10 l roztoku. Postřik je optimální provádět za slunného dne s teplotou 8 - 25 °C s nízkou pravděpodobností deště. (<https://www.agromanualshop.cz/garlon-new-1l-2/>, <http://www.inpest.cz/>).

3.3 HERBISTOP - totální přírodní herbicid ve formě emulze (typu olej ve vodě), založen na bázi kyseliny pelargonové, určen k likvidaci jednoděložných i dvouděložných plevelů. Kyselina pelargonová je mastná kyselina běžně se vyskytující v přírodě, která nezanechává rezidua a je tak šetrná k životnímu prostředí. Kyselina pelargonová narušuje látkovou výměnu mezi buňkami rostliny, která tak není schopna přijímat živiny. Postřik je prováděn pomocí ručního postřikovače v mísitelném roztoku v poměru 1,3 l koncentrátu a 8,7 l vody na 100 m<sup>2</sup>. Postřik byl na populaci *Helianthus tuberosus* aplikován za slunného dne, teplotě 24 °C, v bezvětří. Lze jej však použít i při nižších teplotách, optimálně s nízkou pravděpodobností deště. Děšť jednu hodinu po aplikaci může snižovat účinnost (<http://www.herbistop.cz>).

<http://prima-receptar.cz/prirodni-kyselina-pelargonova-proti-mechum-a-rasam/>

3.4 BOFIX - postřikový selektivní herbicid ve formě emulze typu olej ve vodě pro ředění vodou k hubení odolných dvouděložných plevelů v trávnicích. Účinnými látkami jsou clopyralid, fluroxypyr a MCPA. Herbicid proniká do rostlin přes listy, účinné látky jsou tak rychle translokovány do vzrostlých vrcholů a kořenů. Postřik je prováděn pomocí ručního postřikovače v mísitelném roztoku v poměru 40 ml koncentrátu a 2,5 – 4 l vody na 100 m<sup>2</sup>. Postřik lze provádět jen za bezvětří nebo mírného vánku při teplotě max. 25 °C. Dešťové srážky 2 hodiny po aplikaci neovlivní negativně účinek herbicidu.

<https://www.agromanual.cz/cz/pripravky/herbicidy/herbicid/bofix>

Kombinace managementu – kosení + vyrývání, kosení + postřik, postřik a vyrývání, kosení postřik a vyrývání

## Dosavadní výsledky

Managementové zásahy na *Helianthus tuberosus* v letech 2014 – 2016 byly omezeny na 5 monitorovacích ploch (A1 - A4), jedna plocha byla zvolena jako kontrolní (A5). Management probíhal od června 2014 do října 2015, v sezóně 2016 bylo provedeno terénní šetření ke zjištění stavu populací po aplikaci zásahů. Louky byly koseny vždy 2x v červnu a srpnu 2014 a 2015, aplikace herbicidů (ROUNDUP, GARLON NEW) proběhla na přelomu srpna a září 2014 (ROUNDUP a 2015 (GARLON NEW), vyrývání hlíz v říjnu 2015.

V podzimních měsících 2016 byla síť monitorovacích ploch doplněna o plochy A6 - A14 a kontrolní plochu A15 a rozšířen byl rovněž sortiment managementových zásahů. Na přelomu června a července 2017 a v srpnu 2017 proběhlo kosení ploch, aplikace herbicidů (BOFIX, HERBISTOP) počátkem srpna 2017. Vyrývání hlíz bylo provedeno v říjnu 2017 a 2018.

**Kosení.** Plochy A2, A6. Bezprostředně po kosení rostlina kompenzuje odnětí terminálu jeho dvojením a obráží z kořenových pupenů obnažených kosením, čímž opticky i reálně dochází k zmnožení populace. Toto zmnožení je patrné i v jarním aspektu následující sezóny a jen lehce klesá na podzim. Kosení však rostlinu vysiluje, což je patrné i na velikosti hlíz, které jsou v porovnání s plochou bez managementu velmi drobné. Výhradní kosení tedy u *Helianthus tuberosus* nezpůsobí úbytek jedinců, nicméně negativně působí na výšku rostliny, která nepřesáhla 30 - 40 cm na ploše A2 a A6.

**Vyrývání.** Plocha A8. Plocha byla ponechána bez zásahu, na podzim 2017 a 2018 byly vyryty hlízy. Květy obsahovaly nedozrálá semena.

**Kosení a vyrývání.** Plochy A1, A14. Předpoklad - kosení rostlinu vysílí a vyrývání odstraní zdroj vegetativního rozmnožování. Pokryvnost rostliny na ploše A1 se snížila o cca 40 %. Je důležité upozornit, že kosení probíhalo 2x v roce 2014 a 2x v roce 2015 mechanizací a v září 2016 bylo doplněno ručním dokosením. Plocha A14 byla v letních měsících 2017 pokosena, došlo však k masivnímu zmlazení, rostliny po kosení dosahovaly výšky 0,6 m. Rostliny na ploše nekvetly.

**Aplikace herbicidu.** Plocha A4 (GARLON NEW), A11 (HERBISTOP), A9, A12 (BOFIX).

Aplikace GARLON NEW je ideální v době květu. Kvetení topinamburu na A4 začalo až v silně zapojeném porostu, kdy došlo k odlistění lodyh rostlin do výše až 1,4 m v důsledku konkurence o světlo. Vzhledem k tomu, že tento herbicid působí přes list a podmínkou je olistění do 1 m, nebyl účinný. Lze konstatovat, že jeho aplikace není vhodná pro silně zapojená společenstva, případně je nutné jej aplikovat brzy na jaře ještě před kvetením.

Aplikace HERBISTOP na A11 nebyla vlivem vysokého vzrůstu topinamburů snadná, nepodařilo se zasáhnout všechny jedince v horní části prýtu. Po aplikaci herbicidu došlo u rostlin k poškození asimilačních orgánů (hnědnutí, usychání, vadnutí). Nižší jedinci byli zničeni zcela, bez nasazení květu. Vyšší jedinci nad 2,5 m vykazují poškození listů do 2/3

výšky, vrcholy zůstaly nepoškozené, některé nasadily květ. Aplikace herbicidu je tedy doporučeno provádět dříve, nejlépe na přelomu jara a léta.

Aplikace BOFIX na A9. U většiny rostlin došlo k silnému poškození asimilačních orgánů (hnědnutí, vadnutí, uschnutí), růstové vrcholy byly deformované a bez květů i u jedinců nad 2,5 m.

#### **Aplikace herbicidu a vyrývání. Plocha A3 (ROUNDUP)**

Postřik byl proveden v podzimních měsících a po jeho aplikaci se invazní populace téměř neobnovila. Z původní pokryvnosti 90 % došlo k eliminaci topinamburu na bodový výskyt - v následující sezóně jsme na dané monitorovací ploše našli pouze 6 vzrostlých jedinců topinamburu. Rostliny, které přežily postřik, však dosáhly výšky 2,8 m a obvodu lodyhy až 7 cm a působily v porostu velmi dominantně. V srpnu nasadily až desítky květů na jednu rostlinu. V říjnu 2015 jsme tyto jedince vyryli a zjistili, že rovněž kořenový systém daných rostlin byl mohutnější než na jiných plochách a hlízy byly 5x větší než v případě dalších ploch.

#### **Kosení a aplikace herbicidu. Plochy A7 (BOFIX), A10 (HERBISTOP), A13 (HERBISTOP)**

Plocha A7 byla pokosena a ošetřena herbicidem BOFIX (srpen) způsobem manuální kosení - aplikace BOFIX – strojní kosení v rámci obhospodařování okolní louky. Kontrola plochy v září 2017 ukázala, že plocha je zcela bez zmlazujících se topinamburů. Okrajoví jedinci, kteří nebyli zasaženi kosením, jsou po aplikaci postřiku povadlí, uschlí, fotosyntetické orgány mají zabarvené do hněda.

Plocha A10 byla pokosena jednou a na zmlazení byl aplikován HERBISTOP. Po aplikaci herbicidu došlo k odumření rostlin, nicméně v září rostliny obrazily. V důsledku prosvětlení stanoviště došlo ke kvetení *Colchicum autumnale*, které bylo dosud v porostu zastoupeno pouze asimilačními orgány.

Plocha A13 byla v červenci manuálně pokosena, v srpnu na zkosené stonky a zmlazující se jedince byl aplikován herbicid HERBISTOP. Herbicidem zasažení jedinci jsou zcela zničeni, avšak dochází opět ke zmlazování jedinců nových. Na podzim 2017 bylo provedeno bodové vyrývání hlíz.

Použití herbicidů ROUNDAP a GARLON NEW bylo ukončeno v roce 2015. ROUNDAP jsme vyřadili z důvodů vysoké toxicity glyfosátu a GARLON NEW se ukázal jako nevhodný na silně zapojené jedince s lodyhami odlistěnými do 1 m.

plocha	biotop	management	fyt. svaz	pokryvnost % před zásahem	pokryvnost % po zásahu	počet prýtů (m <sup>2</sup> ) před zásahem/po zásahu	výška prýtů (m) před zásahem/po zásahu	kvetení (měsíc/rok)	velikost hlíz (počet/hmotnost) (kg)	poznámka
A1	Osluněná říční naplavenina	K2014 K+V2015	Arrhenatherion	85	45	185/78	2/0,4	nekvetlo	102 ks/0,873	
A2	Osluněná říční naplavenina	K2014 K2015	Arrhenatherion	77	80	60/nezjištěno	2/0,3-0,4	nekvetlo	65 ks/0,62	Intenzivní zmlazení – zdvojení terminálů po kosení
A3	hranice koryta, stín	Rou 2014 V2015	Arrhenatherion	90	1	194/6	2/2,8	9/2015 – intenzivní kvetení přeživších jedinců	50 ks/0,923	Přežilo 6 velmi statných, vitálních jedinců, velké hlízy, počet semen na plochu: 258
A4	meandr, stín	GA2015	Bidention tripartitae	50	50	114/114	2,8/2,8	9/2015	115/1,1	Kvetla cca 1/3 rostlin, kvetly všechny rostliny, jejichž lodyhy byly odlistěné nad 1,4m, počet semen na plochu: 190
A5	Kontrolní, břeh, stín	-	Bidention tripartitae	55	50	88/88	2,8/2,8	8-9/2017	97/0,812	Počet semen na plochu: 218
A6	Osluněná louka	K2017	Arrhenatherion	60	80	208/nezjištěno	2,5/0,3-0,4	nekvetlo	(58 ks/0,60)	Intenzivní zmlazení – zdvojení terminálů pokosen
A7	Břehový porost	K+Bof 2017	Alnion	65	3	61/6	1,5/0,3	Nekvetlo	25/0,275	
A8	Hranice koryta, stín	V2016	Arrhenatherion	60	0	119/0	1,5/0	9/2017	12ks/0,15	Prýty odstraněny před dozráním semen, počet semen: 54
A9	osluněná	Bof+V2017	Arrhenatherion	55	0	128/0	1,4/0	nekvetlo	11 ks/0,12	
A10	stín	K+Her2017	Alnion	50	30	136/nezjištěno	1,4/0,3	nekvetlo	53 ks/0,390	



A11	Olšina, stín	Her2017	Alnion	70	50	56/31	3 m/2,5	8/2017	89 ks/0,92	Rostliny vyšší než 2,5 nakvetly Počet semen na plochu: 205
A12	Olšina, stín	Bof2017	Alnion	65	15	71/15	2,5 m/0,6	nekvetlo	82 ks/0,715	
A13	stín	Kos+Her+v2 017	Alnion	40	25	24/10	1,0/0,6	nekvetlo	75 ks/0,563	
A14	Břehový, porost	K+V2016	Alnion	65	5	376/0	1,8/0,6	nekvetlo	14 ks/0,12	
A15	Kontrolní, meandr, stín	-	Bidention tripartitae	60	60	186/186	0,8/2,0	8-9/2017	120 ks/0,99	Počet semen na plochu: 415



Zdravý nepoškozený topinambur



Topinambur po aplikaci herbicidu

Prostudujte si výsledky výzkumu managementu na druh *Helianthus tuberosus*, na kterém jste se sami podíleli a odborně ho vyhodnoťte.

Otázky k diskusi:

Jak se jednotlivé způsoby managementu odrážejí na vegetativním a generativním rozmnožování topinamburu?

V CHKO je vhodné používat spíše mechanické než chemické způsoby managementu. Jaký mechanický způsob managementu byste zvolili jako nejúčinnější?

Považujete aplikaci herbicidu za nezbytnou? Zdůvodněte proč ano či ne. Agentura ochrany přírody a krajiny jako správce území je přístupna relevantním argumentům.

Jaký herbicid z uvedených byste na základě dat zvolili jako nevhodnější z hlediska jeho účinnosti a vlivu na ŽP?

Navrhněte optimální kombinaci managementových zásahů (chem. i mech.) vhodných z hlediska účinnosti, vlivu na ŽP, pracnosti a ceně zásahu.

## MODUL II

### AGROEKOLOGIE – ODPADNÍ PRODUKTY Z BIOPLYNOVÝCH STANIC A JEJICH VYUŽITÍ V ZEMĚDĚLSKÉ PRAXI

#### **Popis činnosti:**

V rámci modulu II budou studenti teoreticky i prakticky seznámeni s problematikou bioplynových stanic a s využitím jejich odpadu – digestátu.

Teoretická příprava proběhne v učebnách katedry 546 a zahrnuje celkem 2 vyučovací hodiny (tj. 1 cvičení).

Praktické seznámení s fungováním bioplynové stanice proběhne na vybrané bioplynové stanici (doposud BP farmy Stonava) formou exkurze. Na dané farmě proběhne rovněž odběr vzorků k analýze v laboratoři katedry 546, na kterém se studenti budou aktivně podílet. Časová náročnost exkurze cca 4 vyučovací hodiny (2 cvičení).

V laboratořích katedry 546 provedou studenti separaci digestátu na fugát a separát a test klíčivosti na semenech vybraných kulturních plodin. Chemické analýzy digestátu a jeho složek budou studentům poskytnuty. Test klíčivosti studenti vyhodnotí. Časová náročnost: cca 4 vyučovací hodiny (2 cvičení).

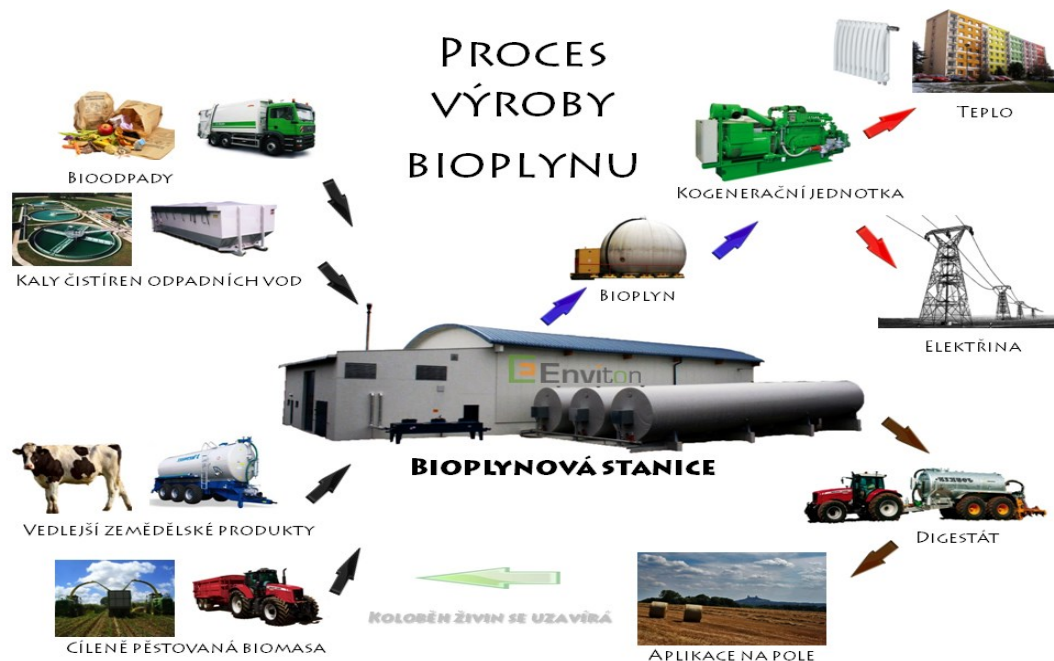
**Celková časová náročnost:** 5 cvičení

## ÚVOD DO PROBLEMATIKY BIOPLYNOVÝCH STANIC A JEJICH ODPADNÍCH PRODUKTŮ

V předchozích dvaceti letech došlo k velkému rozvoji bioplynových stanic v rámci ČR. Podle údajů české bioplynové asociace je v současné době registrováno přes 550 bioplynových stanic. Tento rozvoj je podporován jednak fixními tarify pro výkup energie z neobnovitelných zdrojů (směrnice 2009/28/EC, 2009), a zároveň i směrnicí 1999/31, která je zaměřena na snížení biologicky rozložitelných odpadů na skládkách o 35 % do roku 2020.

**Kategorie BPS.** Z hlediska zpracovávaných surovin lze bioplynové stanice dělit následovně:

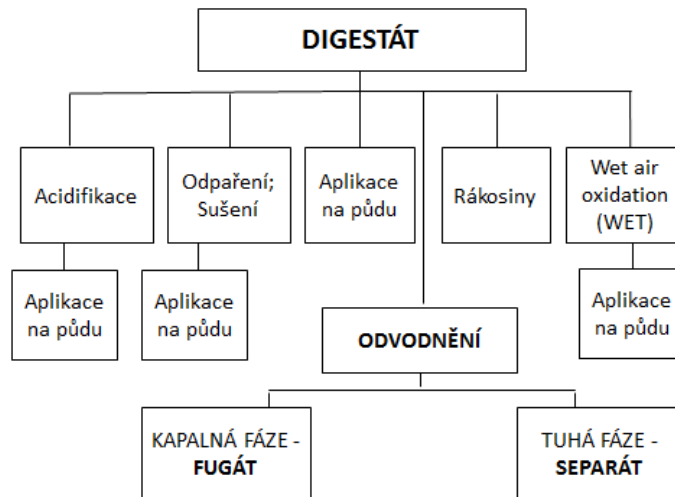
zemědělské bioplynové stanice jsou takové bioplynové stanice, které zpracovávají materiály rostlinného charakteru a statkových hnojiv, resp. podestýlky, čistírenské BPS zpracovávají pouze kaly z biologických čistíren odpadních vod a jsou organickou součástí čistírny odpadních vod, ostatní BPS zpracovávají ostatní vstupy.



Finálním produktem bioplynové stanice je vyrobená energie (v podobě elektrické energie a tepla) a zároveň i odpadní produkt, který se nazývá digestát. Podle Frosta a Gilinson (2011), produkuje průměrná bioplynová stanice o výkonu 1 320 kWh/den (při výkonu 460 kWh ve formě elektrické energie a 860 kWh ve formě tepelné energie) průměrně 19,8 t digestátu/den (což znamená 7 227 t digestátu/rok) (Kodymová et al., 2017).

**Digestát** lze považovat za stabilizovaný materiál obsahující nestrávené složky biomasy a odumřelé mikroorganismy, které vstoupily do procesu anaerobní digesce. Vlastnosti digestátu jsou většinou ovlivněny druhem zpracované biomasy a samotnými

procesy probíhající v BPS. Stále častěji je využíván digestát, pro hnojení zemědělských plodin, zejména pokud se jedná o digestát pocházející ze zemědělských bioplynových stanic. Digestát (a rovněž fugát) je dle vyhlášky č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění pozdějších předpisů považován za hnojivo organické.



Možné využití digestátu (Kodymová et al. 2017)

Pro digestát je typický poměrně vysoký obsah celkového dusíku, který se průměrně pohybuje od 0,2 až po 1 % ve hmotě. Hodnota pH se u digestátu pohybuje nejčastěji v rozmezí 7 - 8, obsah sušiny od 2 – 13 %. Obsah snadno rozložitelných organických látek závisí především na technickém řešení bioplynové stanice. Obecně platí, že čím je doba zdržení substrátu v BPS delší, tím méně snadno rozložitelných látek se bude nacházet ve výsledném fermentačním zbytku (Vítěz, 2013, Marada 2015).

Digestát se na jedné straně jeví jako perspektivní organominerální hnojivo, na druhé straně je používání digestátu jako hnojiva limitováno hygienickými požadavky, přítomností rizikových prvků a salinitou (Albuquerque et al, 2012).

**Separát** je pevná frakce digestátu získaná po jeho odstředění. Jedná se o nerozloženou část organických látek, které mají původ ze vstupních surovin anaerobní digesce. Jsou vláknité povahy a v půdním substrátu podléhají intenzivnímu rozkladu (Dubský, Kaplan, 2012). Separát svou strukturou přispívá ke zlepšení fyzikálních a chemických vlastností půd a také je významným zdrojem živin, které se uvolní do půdy při mineralizaci. Z hlediska obsahu živin je separát významným zdrojem dusíku, především amonného, ale také fosforu a draslíku (Kaplan, Tlustoš, 2013, Kodymová et al., 2016), pH separátu se pohybuje v rozmezí 8,8 – 9,2 (Tlustoš, 2013).

**Fugát** je tekutá frakce digestátu s typicky nižším obsahem sušiny, který se průměrně pohybuje v rozmezí 2 – 4 %. Tento malý podíl sušiny je problematický v souvislosti s rizikem vyplavování živin z půd. Obsah organické hmoty a organického uhlíku je snížen o podíl snadno odbouratelných sloučenin uhlíku, které jsou v průběhu anaerobní digesce transformovány na bioplyn. Hodnota pH fugátu bývá obvykle uváděna v rozpětí 7 – 9. Poměr C:N je v případě fugátu menší než 10, proto je řazen mezi hnojiva s rychle uvolnitelným

dusíkem. Tekutý fugát je považován za hnojivo, které může být použito podobným způsobem jako kejda, a to k pěstování všech druhů polních plodin, před výsadbou i během vegetace (Vítěz, 2013, Marada 2015, Kodymová et al., 2017).

Názory na využití digestátu a jeho frakcí jako hnojiva pro zemědělské plodiny jsou nejednotné. Například studie z roku 2006 považuje digestát za výborné hnojivo použitelné bez omezení v zemědělství (FITA, 2006). Naopak rozdílného názoru je Kolář et al. (2010), který tvrdí, že digestát je slabým minerálním hnojivem, z důvodu nízkého obsahu minerálních živin (dusíku a draslíku), a to v přebytku vody.

Nejvyužívanější možností je přímá aplikace přímo na půdu, což je postup, který je standardně využíván (Herrmann 2013, Svoboda et al. 2013, Lijó et al. 2015). Užití digestátu na zemědělskou půdu v rámci zemědělského podniku nepodléhá ohlášení ani registraci. Na základě doposud zjištěných informací a zkušeností s tímto materiálem lze konstatovat, že složení digestátu jej předurčuje k využití k hnojivým účelům, protože ve fermentoru se až 50 % organického dusíku uvolní ve formě minerální, rostlinám přístupné jako amonný iont. Jde-li o živiny, je to hnojivo převážně minerální a dusíkaté (v absolutních hodnotách by se mohlo zdát, že obsahuje vysoké množství fosforu a draslíku, ale z hlediska agrochemie se jedná o relativně nízká množství (Kolář et al., 2010). Na straně druhé obsahuje velké množství organických látek, ale z principu jeho vzniku, kdy veškeré rozložitelné organické látky byly přeměněny v průběhu dlouhého procesu anaerobní fermentace za vzniku bioplynu, nelze předpokládat, že organické látky přítomné v digestátu budou dobře využitelné půdními mikroorganismy. Podle Šimona et al. (2015) a jeho pokusech na ozimné pšenici, ale lze zvýšit obsah organického C o 2 % ve srovnání s nehnojenou kontrolou. Digestát se slámou zvýšil významně obsah dostupného C v půdě (o 8 %). Zároveň je časté, že v praxi však často nejsou nezohledňovány všechny zásady, které vedou k jeho efektivnímu užívání. Při nesprávném nakládání (přehnojování) má digestát nepříznivé dopady na kvalitu půdy a vody, které vyvolávají negativní hodnocení účinků digestátu.

Právní předpisy k nakládání s digestátem

**Evropská směrnice 91/676/EEC** o ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů

**Nařízení vlády č. 262/2012 Sb.**, o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu

**Vyhláška č. 131/2014 Sb.**, kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění pozdějších předpisů, a vyhláška č. 377/2013 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv

**Zákon č. 156/1998 Sb.**, o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd ve znění pozdějších předpisů

**Standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy DZES (GAEC)** (hospodaření v souladu se standardy DZES je jednou z podmínek poskytnutí plné výše přímých podpor, některých podpor Programu rozvoje venkova a některých podpor společné organizace trhu s vínem)

## **Složení digestátu a jeho frakcí**

Složení digestátu je závislé na vstupních surovinách a jeho konečné složení se tedy může měnit. V rámci jeho hnojivých vlastností jsou průběžně prováděny jeho analýzy s ohledem na obsah makroživin, mikroživin a případně rizikových prvků.

### **Makroživiny**

#### **Dusík N**

N-NH<sub>4</sub> je přijímán kořeny a v této formě přechází do nadzemní biomasy jen velmi vzácně, obvykle je již v kořeni přeměněn na aminokyseliny a takto transportován. N-NO<sub>3</sub> je naopak velmi mobilní a z kořenů je xylémem transportován do nadzemní biomasy poměrně intenzivně (Brady and Weil 2002, Šimek 2003).

#### **Fosfor P**

Rostliny přijímají fosfor ve formě aniontů H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> nebo HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, fosfát plní v rostlině stavební a energetické funkce. Fosfát je přítomný v kořenech, stéblech a listech v anorganické formě. Rozdíly mezi anorg. P a celkovým P jsou největší v mladých listech, které obsahují relativně větší kvanta org. P ve formě nukleových kyselin (Brady and Weil 2002).

#### **Draslík K**

Příjem draslíku je výrazně ovlivňován interakcemi antagonistického charakteru. Zvyšující se koncentrace K snižuje příjem Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup> a stimuluje příjem NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.

V rostlině je draslík velmi pohyblivý. Zasahuje do celé řady metabolických procesů. Významná je jeho účast v procesu fotosyntézy a dýchání, kde má dominantní postavení ve světelné fázi (Brady and Weil 2002).

#### **Vápník (Ca)**

Tůma (2002) uvádí, že hlavní část vápníku v půdě je v nerozpustných nebo špatně rozpustných sloučeninách (uhličitany, křemičitany, hlinitokřemičitany atd.). Dostupný vápník pro rostliny tvoří pouze 1 – 2 %.. Obsah dostupného vápníku (zejména Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) úzce souvisí s obsahem oxidu uhličitého (tj. s biologickou aktivitou půdy).

#### **Hořčík (Mg)**

Hořčík lze nalézt v podobných sloučeninách jako vápník. Tůma (2002) konstatuje, že dostupná forma hořčíku (rozpuštěného ve vodě) je v půdním roztoku a jeho přijatelnost ovlivňuje obsah antagonistických iontů (zejména K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> a Ca<sup>2+</sup>). Pro optimální výživu rostlin (vzhledem ke kapacitě výměny kationtů) je žádoucí, aby bylo množství hořčíku 3x vyšší než množství draslíku.

Z hlediska obsahu mikroživin se sleduje obsah železa (vliv na fotosyntézu, syntézu nukleotidů a vliv na dýchací řetězec), zinku (kofaktor fotosyntetických enzymů, metabolismu uhlíku),

vliv na produkci auxinu a giberelinu, mědi (součást mnoha enzymů, funkce při syntéze chlorofylu, metabolismu bílkovin a dalších sloučenin). Dále se sleduje obsah rizikových prvků jako je olovo, hliník, případně rezidua pesticidů.

#### *Literatura:*

Brady, N.C. and R.R. Weil, 2002. The nature and properties of soils, 13th Ed. Prentice- Hall Inc., New Jersey, USA. 960p. Albuquerque, J.A., et al. Assessment of the fertiliser potential of digestates from farm and agroindustrial residues. *Biomass and Bioenergy*, 2012, 40: 181-189.

Dubský, M., Kaplan, L. Substráty a zeminy s komposty a separovaným digestátem. *Zahradnictví*, 2012, roč. 8, č. 11, s. 62-65. ISSN: 1213-7596.

Herrmann, A. 2013. Biogas production from maize: Current state, challenges and Prospects. 2. Agronomic and Environmental Aspects. *Bionerg. Res.*, 6:372 – 387.

Kaplan, L., Tlustoš, P. Vliv přítomnosti hliníku v pěstební směsi se separátem na změnu barvy kvetení hortenzie velkolisté. *Zahradnictví*, 2013, roč. 9, č. 8, s. 44-46. ISSN: 1213-7596.

Kodymová, J., Bártková, M., Švehláková, H. Poloprovozní ověření možností udržitelnějšího využití digestátu ve standardní zemědělské praxi při pěstování kukuřice seté (*Zea mays*). 2016.

Kodymová, J., Heviánková S., Kyncl, M., Vavrečka, M., Bártková, M., Švehláková, H. Komplexní úprava odpadních produktů z bioplynových stanic. Certifikovaná metodika č. 011/30-11-2017\_UM. Praktická část modulu odpadní produkty z BPS a jejich využití. VŠB – TU Ostrava, 2017.

Kolář, L., et al. Agrochemical value of the liquid phase of wastes from fermenters during biogas production. *Plant, Soil and Environment*, 2010, 56:1, pp. 23-27.

Lijó, L., González-García, S., Bacenetti, J., Negri, M., Fiala, M., Feijoo, G., Teresa Moreira, M. 2015. Environmental assessment of farm-scaled anaerobic co-digestion for bioenergy production. *Waste Management*, 41: 50– 59.

Marada, P., Večeřová, V., Kamarád, L., Dundalová, P., Mareček, J. Příručka pro nakládání s digestátem a fugátem. [online] MZLU 2008. [cit.2015-02-03]. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/file/32326/ETAPA\\_IV\\_Metodika\\_digestt\\_FV.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/32326/ETAPA_IV_Metodika_digestt_FV.pdf).

Svoboda, N., Taube, F., Kluß, Ch., Wienforth, B., Sieling, K., Hasler, M., Kage, H., Ohl, S., Hartung, E., Herrmann, A. 2015. Ecological Efficiency of MaizeBased Cropping Systems for Biogas Production. *Bionerg. Res.* 8:1621– 1635. DOI 10.1007/s12155-015-9614-1.



Šimek, M. (2003). Fundamentals of soil, 3. Biological processes and cycles of elements. BF JČU, České Budějovice.

Šimon, T., Kunzová, E., Friedlová, M. 2015. The effect of digestate, cattle slurry and mineral fertilization on the winter wheat yield and soil quality parameters. Plant Soil environ 61 (11): 522-527.

Tlustoš, P. a kol. Využití pevné složky digestátu. Certifikovaná metodika pro přípravu pěstebních substrátů. Dostupná na: <http://metodiky.agrobiologie.cz/PDF/KAVR/Vyuziti-pevne-slozky-digestatu-pro-pripravu-pestebnich-substratu.pdf>.

Tůma, J. (2002) Long-term changes agrochemical soil properties in Kostelec nad Orlicí. Work and Study 10, pp. 17-25.

Vítěz, T., Geršl, M., Mareček, J., Kudělka, J., Krčálová, E. Mineralogicko-chemická charakteristika fermentačních zbytků při výrobě bioplynu a možnosti jejich využití pro zlepšení vlastností půd [online]. Brno. 2013 [cit.2015-02-03]. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/file/325087/MZE\\_fermentacni\\_zbytek\\_final\\_2013.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/325087/MZE_fermentacni_zbytek_final_2013.pdf).

## PRAKTICKÁ ČÁST MODULU II ODPADNÍ PRODUKTY Z BPS A JEJICH VYUŽITÍ

Exkurze do BPS Stonava, odběr digestátu.



BPS Stonava

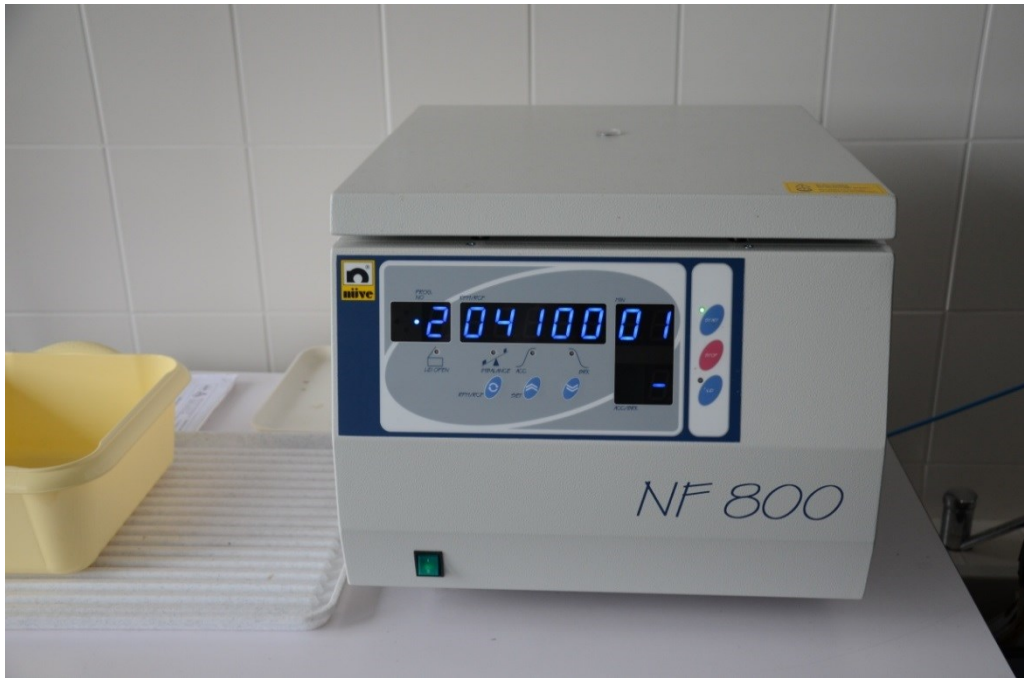


Odběr digestátu z BPS Stonava

Separace digestátu v laboratoři – digestát odebraný v BPS Stonava je v laboratořích katedry 546 separován - podle množství a potřeby na laboratorní odstředivce, případně na odstředivce pro větší objemy (průmyslová centrifuga BEHO o kapacitě 50 kg, 2000 otáček za minutu).



Příprava digestátu na separaci v laboratorních podmínkách (malá množství).



Separace malých množství digestátu na odstředivce NF 800



Separace většího množství separátu na centrifuze BEHO

Separaci se digestát rozdělí na 2 frakce -

tekutý fugát



pevný separát



Laboratorní stanovení obsahu dusíku

Studenti stanoví obsah celkového dusíku pomocí analytických setů HACH - LANGE.



Filtrace vzorků digestátu



Laboratorní set HACH - LANGE ke stanovení celkového dusíku

## Stanovení klíčivosti, NOAEL, LOAEL

Studenti vyhodnotí klíčivost semen zvolených druhů kulturních plodin. Následně určí hodnoty NOAEL a LOAEL pro všechny druhy a vyhodnotí. K dispozici budou mít data z hodnocení klíčivosti z minulých let a rovněž podrobné chemické a fyzikální analýzy digestátu, separátu a fugátu.

Teoretický základ:

Klíčení – začíná v momentě, kdy radícula prorazí osemení.

Podmínky klíčení – teplota, vlhkost, obsah kyslíku, světlo nebo tma, skarifikace, chemické vlivy.

Životnost semen – týdny (např. vrby) až desítky let (např. některé trávy).

Dormance – klidové stadium semen.

Nevyvinuté semeno

Specifické fyziologické potřeby: jarovizace, dokonalé vysušení (kukuřice), skarifikace (některé dřeviny, vojtěška).

Přítomnost inhibitorů – HCN, ABA

Nevhodné podmínky prostředí



Klíčovost semen salátu ve fugátu (lze vidět bílé klíčky u některých semen)

## **Laboratorní práce - klíčivost**

### **Cíl práce:**

Zjistit jaká je klíčivost semen daného druhu v destilované vodě, digestátu a fugátu.  
Výpočet NOAEL a LOAEL.

### **Pomůcky:**

Semena řechy seté, salátu, pšenice a kukuřice, Petriho misky, filtrační papír, destilovaná voda, vzorky fugátu a digestátu, pinzeta, pravítko.

### **Teorie:**

Klíčivost semen je ukazatel jakosti určený počtem vyklíčených semen ve vzorku za předpokladu, že za optimálních podmínek se vyvinou v normální rostliny.

Destilovaná voda je voda, která prošla procesem jedné či více destilací, aby byla zbavena rozpuštěných minerálních látek.

Fugát je tekutý produkt vyhnívacího procesu, který má charakter odpadní vody.

Digestát je organické hnojivo vzniklé anaerobní fermentací při výrobě bioplynů.

### **Postup:**

Do Petriho misek dáme čistý filtrační papír a zvlhčíme jej destilovanou vodou.

Do 1 Petriho misky přidáme asi 5 mm fugátu, do 2. asi 5 mm digestátu a 3. Petriho misku ponecháme jen s destilovanou vodou. Digestát a fugát naředíme dle pokynů cvičícího.

Do připravených Petriho misek vložíme čistý filtrační papír a na něj rovnoměrně rozmístíme semena (50 kusů semen do každé misky). Všechny misky přikryjeme filtračním papírem, aby semena byla krytá a necháme v laboratoři na místě s minimem osvětlení.

Po 3 - 4 dnech semena zkontrolujeme a zalijeme a po 7 dnech změříme délky klíčků semen ve všech sledovaných médiích. S ohledem na ředění vypočteme NOAEL (no observed adverse effect level) nebo LOAEL (low observed adverse effect level).

Identifikujte nebezpečí. Je daná škodlivina (digestát, fugát) nebezpečná? Využijte výsledky vaší studie klíčivosti a studií z minulých let. Vyřadte studie, které podle vás nejsou hodnověrné. Statisticky jsou studie v pořádku, hodnotte jejich provedení. Využijte informace o složení digestátu a fugátu, obsahu živin, poměru C/N atd. Určete rušivé vlivy, které mohly ovlivnit výsledky použitelných studií. Stanovte, zda je území potenciálního použití (Stonava, Karvinsko) vhodné z hlediska legislativy (zejména vzhledem k nitrátové směrnici).

Určete vztah dávka – účinek ze studií, které jste vyhodnotili jako použitelné. Pro modelové druhy rostlin určete NOAEL (no observed adverse effect level), případně

LOAEL (low observed adverse effect level) ve formě poměrové koncentrace. Definujte látky, které vzhledem ke složení digestátu a fugátu mohly inhibovat klíčení semen a vyžadovaly by podrobnější zkoumání. Pokud použijete LOAEL bude to mít vliv na další hodnocení rizika?

Hodnocení expozice. Popište způsob expozice semen daných druhů a případné rušivé vlivy.

Charakterizujte riziko. Popište riziko použití fugátu a digestátu jako hnojiva v raných stádiích vývoje plodin. Kvantifikujte riziko jako poměr mezi počtem individuí, která za určitých expozičních podmínek utrpí újmu k celkovému počtu jedinců, vystavených identickému činitele za stejných expozičních podmínek – vycházejte z NOAEL nebo LOAEL.

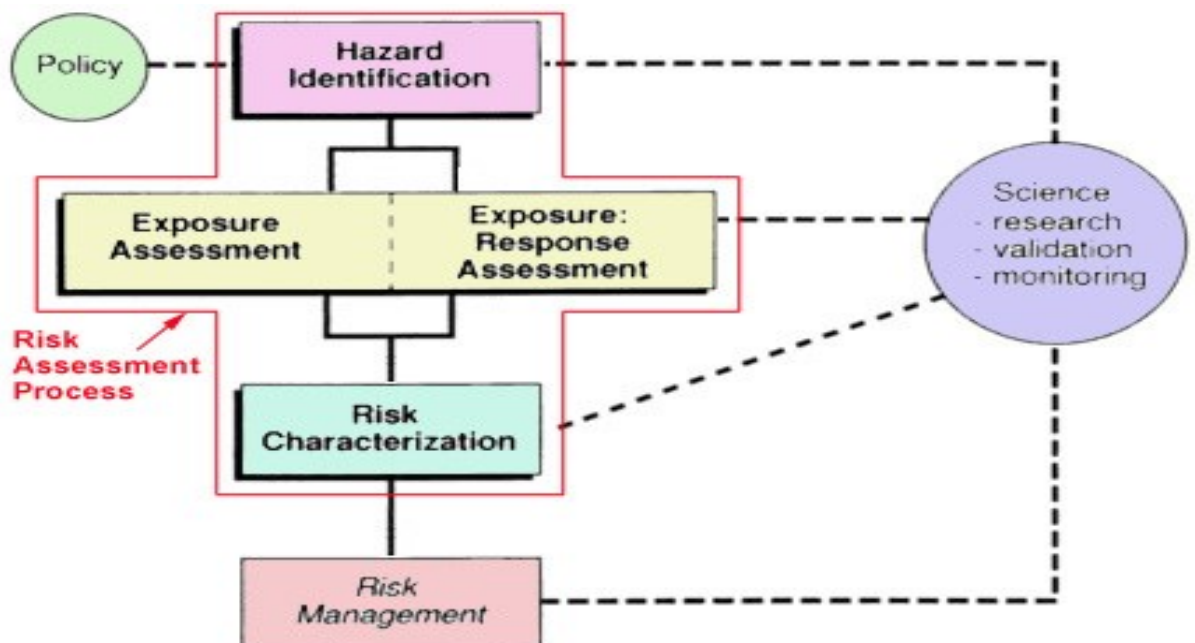
Základní pojmy:

- Riziko: Součin velikosti následků určité události a pravděpodobnosti, že k takovéto události dojde v určitém čase.
- Nebezpečnost: Možnost, že určitý fyzikální (záření), chemický (toxická látka) nebo biologický činitel (patogeny) způsobí újmu.

Expozice: proces, při němž organismus přichází do styku s činitelem a při němž lze předpokládat přestoupení hranice organismu.

Expoziční podmínky: cílová populace, přírodní podmínky oblasti, případná další zatížení oblasti.

Kroky hodnocení rizik dle US EPA



○

Hodnocení dat

Každý experimentální výsledek je zatížen chybami!!

Pokud hodnotíme jeden vzorek paralelními stanoveními, dostaneme lehce jiné výsledky.



Náhodné chyby – nelze je odstranit, jsou malé a mají tendence vzájemně se kompenzovat, drobné odchylky analýzy.

Soustavné chyby – zkreslení (např. nedokonalý průběh reakce), lze odstranit stanovením standardního vzorku).

Hrubé chyby – závažné, např. nevhodná metoda.

**Zpravidla nutnost kontrolního vzorku a znalost meze detekce a stanovitelnosti.**

NOAEL = nejvyšší hladina expozice, při které nejsou pozorovány negativní následky.

LOAEL = nejnižší hladina expozice, při které jsou již pozorovány negativní následky.