

KOMPOSTOVÁNÍ JAKO *EX SITU* BIOREMEDIÁČNÍ TECHNOLOGIE

COMPOSTING AS *EX SITU* BIOREMEDIATION TECHNOLOGY

Jitka Hrdinová, Vanda Jagošová, Martina Siglová, Jiří Mikeš, Miroslav Minařík, Vlastimil Pištěk

EPS, s.r.o., V Pastouškách 205, 686 04 Kunovice

eps@epssro.cz, www.epssro.cz

Abstrakt:

Na základě pilotního testu byla prokázána účinnost kompostovacího procesu při bioremediaci zemin kontaminovaných ropnými látkami. V průběhu testu byly sledovány jednak základní parametry, pomocí kterých se kontroluje správný průběh kompostování, jednak množství ropného polutantu. Na základě teplotního profilu, poklesu organické sušiny a výsledků testů fytotoxicity lze usoudit, že kompostovací proces proběhl úspěšně v kontrolním i inokulovaném kompostu. Vlhkost zralého kompostu byla 45,4-51,5 %, obsah spalitelných látek 41,4-52,5 % a pH výluhu 6,2. V průběhu bioremediačního kompostování poklesla koncentrace ropných polutantů v obou kompostérech (kontrolní i s inokulem). Aplikace celulolytického inokula měla pozitivní vliv na biodegradaci ropných látek, jejich koncentrace klesla v průběhu kompostovacího procesu na 15,2 % původní koncentrace (u kontrolního kompostu na 28,7 %).

Abstract:

The pilot test of bioremediation composting was performed and it proved the efficiency of oil contamination removal. Basic parameters that were used to control the correct course of composting and oil hydrocarbons concentration were monitored during the composting process. The monitoring of temperature profile, decrease of organic dry matter and phytotoxicity value showed that the composting process carried out successfully. The humidity of mature compost was 45.4-51.5 %, the amount of organic matter 41.4-52.5 % and the pH value of leachate 6.2. During the test, the concentration of oil hydrocarbons decreased in the control system (blank) as well as in the system with cellulolytic inoculum. The application of cellulolytic inoculum improved the oil s hydrocarbons removal, the pollutant concentration decreased to 15.2 % of the initial concentration (in blank to 28.7 %).

Klíčová slova: kompostování, *ex situ* bioremediace, ropné znečištění, biologicky rozložitelné odpady

Key words: composting, *ex situ* bioremediation, oil hydrocarbons pollution, biodegradable waste

Úvod:

Kompostování je velmi starý biologický proces, při kterém jsou biologicky rozložitelné složky přeměněny činností mikroorganismů na neškodné (stabilizované) produkty. Kompostování probíhá za zvýšené teploty (50-70 °C), kdy teplo vzniká činností mikroorganismů během rozkladu organických látek obsažených v půdách. Při kompostování hraje důležitou roli surovinová skladba, přesněji poměr uhlíku a dusíku (C:N), dostatečné množství strukturního materiálu, které umožní přístup kyslíku, přítomnost mikroorganismů a vhodná vlhkost kompostu.

Kompostovací proces má kromě redukce množství biologicky rozložitelných odpadů (např. piliny, odpady z rostlinné a živočišné výroby, z úpravy zeleně) také druhotné využití, např. při tzv. *ex situ* bioremediacích. U metod *ex situ* se vytěžená kontaminovaná zemina dá upravit kompostováním nebo vytvořením bioskládek (biopiling), na které se přivádí mikrobiální kultury a živiny. Účinnost procesu dekontaminace závisí na intenzitě provzdušňování. Další technologické možnosti poskytují bioreaktory.

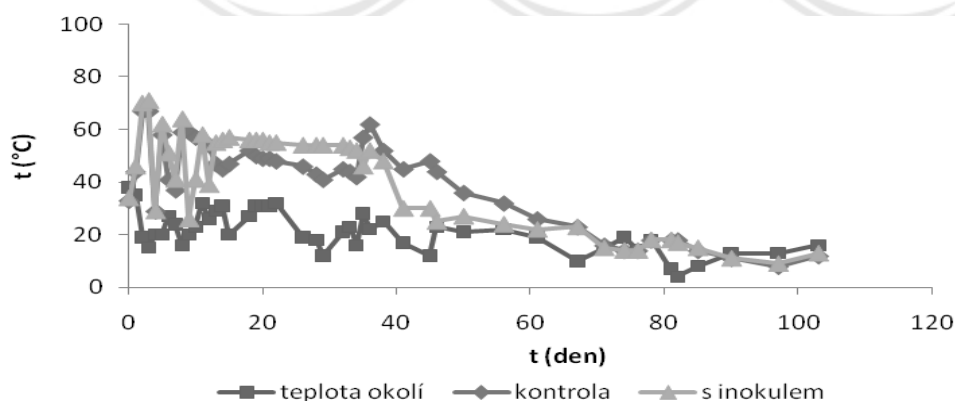
Ve většině případů probíhá biologický rozklad vlastními mikroorganismy, které jsou primárně obsaženy v kontaminovaných půdách. Odtěžené půdy jsou smíchány s vylehčovacími maticemi - organickými látkami, které zlepšují půdní skladbu (dřevní hmota, sláma apod.) a zvyšují porozitu směsi. Jde většinou o zeminy, které mají charakter málo propustných jílovitých hlín či kalů nebo sedimentů. V našem případě byl kompostovací proces intenzifikován použitím inokula s celulolytickými schopnostmi, které jednak napomáhá rozkladu lignocelulosových složek v kompostu, ale zároveň na principu kometabolismu pomáhá degradovat ropné kontaminanty.

Byly provedeny pilotní studie, jejichž cílem bylo ověřit účinnost použitého celulolytického inokula při bioremediačním kompostování. Pilotní testy probíhaly po dobu cca 100 dní. V průběhu testu byly sledovány následující parametry: teplota kompostu, okolní teplota, respirační aktivita, spalitelné látky, vlhkost, fytotoxicita, O_2 , CO_2 , poměr C:N, koncentrace NH_4^+ a PO_4^{3-} ve výluhu a pH výluhu, případně koncentrace NEL. Jako inokulum byla použita směs celulolytických mikroorganismů *Trichoderma reesei*, *Trichosporon cutaneum* a *Fusarium proliferatum* v poměru 1:1:1.

Metodika:

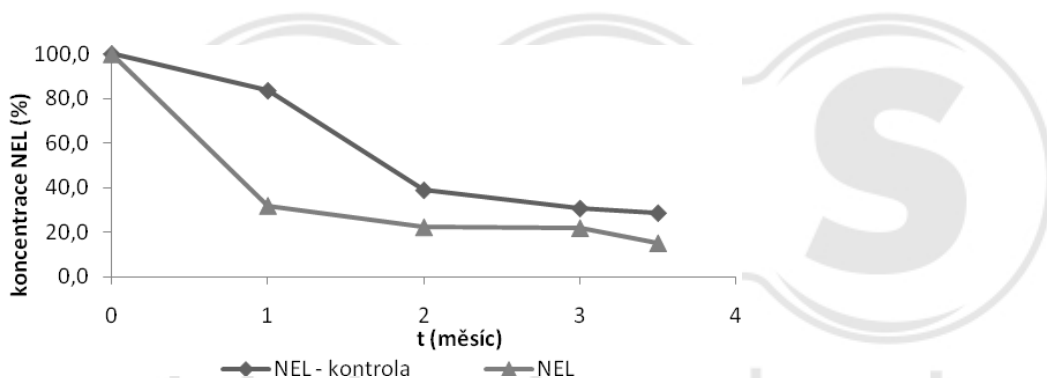
Před aplikací inokula byly připraveny jednotlivé vsádky kompostovatelných matic se zeminou uměle kontaminovanou ropnými látkami. Celková vsádka činila 275 kg rozložitelného organického materiálu/kompostér: 62,5 kg pilin, 62,5 kg dřevní štěpky, 75 kg kalu z ČOV a 75 kg travní hmoty. Tyto suroviny byly doplněny 25 kg kontaminované zeminy, která obsahovala 10 l ropného znečištění (5 l nafta, 5 l vyjetý motorový olej). Při návrhu experimentu byly dodrženy další základní parametry doporučované literaturou např. vlhkost, pH, C:N atd. Paralelně byly nasazeny dvě vsádky, z nichž jedna byla neinokulovaná kontrolou. Do druhého boxu bylo přidáno inokulum tvořené populacemi *Fusarium proliferatum*, *Trichosporon cutaneum* a *Trichoderma reesei*. V průběhu experimentu probíhalo periodické překopávání kompostovaného materiálu, čímž byly vsádky ochlazovány a náležitě provzdušněny. V pravidelných intervalech byly prováděny kontroly, analýzy a odběry vzorků dle předem stanoveného harmonogramu.

Výsledky:



Obr. 1: Teplotní profil v průběhu procesu bioremediačního kompostování.

Na obrázku 1 jsou vyneseny průměrné teploty okolí a teploty uvnitř kompostérů. V případě teplot se jedná o jeden z nejdůležitějších parametrů popisu kompostovacího procesu. Teplotní profily obou typů bioremediačních kompostů (inokulovaného i kontrolního) si byly navzájem velmi podobné a lze vysledovat následující trendy platné pro obě vsádky. V prvních 2 týdnech po založení kompostu došlo několikrát k vysokému vzrůstu teplot. V prvním měsíci kompostování byly teploty kompostu s inokulem o něco vyšší než v kontrolním kompostěru, a proto zde byly překopávky častější. Následující 3 týdny se teploty uvnitř kompostérů udržovaly cca mezi 50-55 °C, u kontrolního kompostu došlo k opětovnému vzrůstu teploty nad 60 °C.



Obr. 2: Úbytek NEL v průběhu procesu bioremediačního kompostování.

V průběhu bioremediačního kompostování byl sledován pokles ropných látek vyjádřených jako koncentrace NEL ($\text{mg}/\text{kg}_{\text{suš.}}$). V kontrolním kompostu klesla koncentrace NEL na cca 30 % původní koncentrace, v systému s inokulem na 15 % výchozí koncentrace. Z těchto výsledků lze usoudit, že aplikace celulolytických mikroorganismů zrychlila i zvýšila degradaci ropných látek.

Závěr:

Na základě teplotního profilu, poklesu organické sušiny a výsledků testů fytotoxicity lze usoudit, že kompostovací proces proběhl úspěšně v kontrolním i inokulovaném kompostu. Vlhkost zralého kompostu byla 45,4-51,5 %, obsah spalitelných látek 41,4-52,5 % a pH výluhu 6,2.

V průběhu bioremediačního kompostování poklesla koncentrace ropných polutantů v obou kompostérech (kontrolní i s inokulem). Aplikace celulolytického inokula měla pozitivní vliv na biodegradaci ropných látek, jejich koncentrace klesla v průběhu kompostovacího procesu na 15,2 % původní koncentrace (u kontrolního kompostu na 28,7 %).

Poděkování:

Tato práce vznikla za finanční podpory poskytnuté v rámci řešení projektu „Trvalá prosperita“ 2A-2TP1/088.