

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV PROCESNÍHO A EKOLOGICKÉHO  
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF PROCESS AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING

## POTENCIÁL SOLÁRNÍHO SUŠENÍ ČISTÍRENSKÝCH KALŮ V ČR

POTENTIAL OF SOLAR DRYING OF SEWAGE SLUDGE IN CZECH REPUBLIC

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

DALIBOR PRÁŠEK

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

DIPL. ING. THOMAS ELSÄßER

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav procesního a ekologického inženýrství

Akademický rok: 2008/2009

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Dalibor Prášek

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Potenciál solárního sušení čistírenských kalů v ČR**

v anglickém jazyce:

#### **Potential of Solar Drying of Sewage Sludge in Czech Republic**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rozbor problematiky současných způsobů nakládání s kaly z komunálních čistíren odpadních vod. Popis základních principů sušení, metody sušení. Rešerše možností využití slunce k sušení čistírenských kalů v ČR, dostupnost v průběhu roku, legislativní aspekty.

Cíle bakalářské práce:

Výpočet výkonu sušárny. Srovnání bilance CO<sub>2</sub> při solárním a konvenčním způsobu sušení. Porovnání finančních nákladů konvenčního sušení se solárním sušením.

## Seznam odborné literatury:

- [1] Šnita D.: Chemické inženýrství I. 1st ed. Prague: VŠCHT, 2005. 318 p. ISBN 80-7080-589-7
- [2] Vachláb J.: Základy sušení. 1st ed. Prague: SNTL, 1987. 396 p.
- [3] Christen, Daniel S.: Praxiswissen der chemischen Verfahrenstechnik, Kapitel 16, VDI-Springer Verlag, 2005. 690 p. ISBN: 978-3-540-40322-7
- [4] Abwassertechnische Vereinigung: Klärschlamm, ATV Handbuch - Berlin: Ernst. 4. Auflage 1996. 729 S. ISBN 3-433-00909-0

Vedoucí bakalářské práce: Thomas Elsäßer

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

V Brně, dne 3.11.2008

L.S.

---

prof. Ing. Petr Stehlík, CSc.  
Ředitel ústavu

---

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

## **ANOTACE**

Bakalářská práce se zabývá problematikou současných způsobů nakládání s kaly z čistíren odpadních vod. Cílem této práce je popsat procesy a zařízení v čistírně odpadních vod, především zařízení na zpracování kalu a vytvořit investiční propočet přidání solární sušárny kalu do kalové koncovky čistírny odpadních vod.

Klíčová slova:

Kal - obsah sušiny - čistírna odpadních vod - solární sušení kalu

## **ANNOTATION**

This Bachelor Thesis deals with a question of the current methods of treatment of sewage sludge. The aim of this Thesis is to describe processes and equipment in the wastewater treatment plant, particularly facilities for processing sludge and create investment calculation adding solar drying of sludge in the sludge ending of wastewater treatment plants.

Key words:

Sludge - volume of dry matter content - waste water treatment plant - solar drying of sewage sludge

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE PRÁCE**

PRÁŠEK, D. *Potenciál solárního sušení čistírenských kalů v ČR*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 29 s. Vedoucí bakalářské práce  
Dipl. Ing. Thomas Elsaßer.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem ve své práci neporušil autorská práva (ve smyslu Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Brně dne 29. května 2009

-----  
Podpis

## PODĚKOVÁNÍ

Mé poděkování patří vedoucímu bakalářské práce Dipl. Ing. Thomasu Elsäßerovi a Ing. Jaroslavu Boráňovi, Ph. D. za cenné informace a připomínky při zpracování této práce.

**OBSAH**

ÚVOD.....	8
1 POPIS KALU .....	9
1.1 VZNIK.....	9
1.2 VLASTNOSTI .....	9
1.3 ZPRACOVÁNÍ .....	9
1.3.1 Zahušťování kalu .....	10
1.3.2 Stabilizace kalu.....	11
1.3.3 Odvodnění kalu .....	11
1.3.4 Hygienizace kalu .....	12
1.4 LIKVIDACE KALU .....	13
1.4.1 Kompostování.....	13
1.4.2 Aplikace na zemědělskou půdu .....	13
1.4.3 Spalování kalů v teplárnách a elektrárnách .....	13
1.4.4 Spalování v cementárenské peci.....	13
1.4.5 Ostatní způsoby likvidace.....	13
2 LEGISLATIVNÍ PROSTŘEDÍ.....	14
2.1 POVOLENÍ PRO ZPRACOVÁNÍ ODPADU .....	14
2.2 SUBVENCE KRAJSKÁ .....	14
2.3 SUBVENCE EVROPSKÁ .....	15
3 PRINCIPY SUŠENÍ KALU .....	17
3.1 KONVEKČNÍ SUŠENÍ .....	17
3.1.1 Nízkoteplotní fluidní sušárna.....	17
3.1.2 Pásová sušárna .....	18
3.1.3 Rotační bubnová sušárna .....	18
3.2 KONTAKTNÍ SUŠENÍ.....	19
3.2.1 Diskové sušárny.....	19
3.2.2 Tenkovrstvé sušárny .....	19
3.3 SOLÁRNÍ.....	20
4 ENERGETICKÉ NÁROKY SOLÁRNÍHO SUŠENÍ KALU .....	22
5 PODNIKOVĚ HOSPODÁŘSKÝ PROPOČET.....	23
5.1 POPIS KONKRÉTNÍHO PŘÍKLADU .....	23
5.2 VÝPOČET.....	23
5.2.1 Finanční příspěvek krajský.....	23
5.2.2 Finanční příspěvek evropský .....	23
5.2.3 Cena pozemku .....	24
5.2.4 Investiční náklady.....	24
5.2.5 Provozní náklady .....	24
5.2.6 Náklady na likvidaci kalu .....	25
5.2.7 Investiční propočet .....	26
ZÁVĚR.....	27
ZDROJE .....	28
PŘÍLOHA.....	29



## ÚVOD

Problematika nakládání s kalem je důležitým tématem k diskuzím nejen podniků spravujících čistírny odpadních vod, ale také vědců, politiků a ekologů. V souvislosti se zavedením nové směrnice Rady 91/271/EHS o čištění odpadních vod, by měly být vybudovány čistírny odpadních vod ve všech aglomeracích nad 2000 ekvivalentních obyvatel do 31. 12. 2010. Vlivem této směrnice se zvýší množství vyprodukovaného kalu. A bude tedy nutné kal z čistíren odpadních vod efektivněji zpracovávat.

Kalové linky se ve většině evropských států moc neliší, rozdíl je ovšem ve využití solárního sušení kalu, které v České republice zatím není uplatňováno. Solární sušárny kalu jsou využívány v mnoha evropských státech, nejvíce ve Francii, Německu a Rakousku.

Záměr přidání solární sušárny kalu do kalové koncovky čistírny odpadních vod a jeho investiční propočet je tedy hlavním cílem této práce. Finanční plán je jednou z nejdůležitějších částí každého podnikatelského plánu, který určí realizace schopnost z hlediska náročnosti na finanční prostředky.

V první kapitole bude popsán kal, jak vzniká a jaké jsou jeho nejdůležitější vlastnosti, dále jakým způsobem se kal zpracovává a jaké jsou náklady na zpracování kalu. V této kapitole bude také stručně řečeno, jak funguje čistírna odpadních vod a jaké v ní probíhají procesy. Některé procesy budou více rozvedeny a to zejména ty, které ovlivňují kvalitu výstupního kalu, která je pro realizaci cíle, teda stavby solární sušárny kalu důležitá. Detailněji bude popsáno zahušťování, stabilizace, odvodňování a hygienizace kalu. Dále bude uvedena deskripce jednotlivých možností likvidace kalu.

Následující kapitola se bude zabývat legislativním prostředím. Budou popsány směrnice, které musí být dodrženy. Dále zde bude rozebrán zákon o odpadech a jeho nově přijatá směrnice. V této kapitole bude také uvedeno, jaké jsou možnosti dotací a to jak krajských, tak evropských.

Třetí kapitola se bude věnovat principům sušení kalu a jednotlivým druhům sušáren kalu. Bude probráno sušení konvekční, u něhož je možnost využít nízkoteplotní fluidní sušárnu, pásovou sušárnu a rotační bubnovou sušárnu. Dále bude zmíněno sušení kontaktní, kde se využívá diskové sušárny a tenkovrstvé sušárny kalu. Na závěr této kapitoly bude popsána technologie solárního sušení.

V předposlední kapitole bude vyvozena energetická náročnost solárního sušení kalu a poslední kapitola se bude věnovat konkrétnímu příkladu, tedy pěti čistírnám odpadních vod v okolí Plzně a bude zde vypočtena vhodnost investice do solární sušárny. Začátek kapitoly bude věnován možným dotacím, dále bude nalezen vhodný pozemek na stavbu sušárny. Na základě nabídky německé firmy zabývající se stavbou solárních sušáren kalu po celé Evropě, budou určeny investiční náklady na tuto stavbu. Dále budou vypočteny provozní náklady solární sušárny kalu. Ze známých současných nákladům likvidaci kalu a vypočítaných úspor zavedením solární sušárny kalu do kalové koncovky bude určena výše zbylých finančních prostředků na splácení sušárny. V závěru bude zhodnoceno, zda je solární sušárna kalu bez dotací na její stavbu vůbec reálnou investicí.

# 1 POPIS KALU

## 1.1 VZNIK

Pojmem odpadní kal se označují směsi dvou nebo více odpadních látek. Nejméně jedna z těchto látek musí být přítomna v kapalném skupenství a vytvářet souvislou kapalnou fázi [1]. Alespoň jedna látka musí být v tuhém skupenství a rozptýlena v souvislé kapalně fázi. Kal vzniká při čištění odpadních vod. Tyto vody jsou zpracovávány tak, že se odstraňují nežádoucí složky a koncentrují se do objemově mnohem menšího proudu tzv. kalu. Produkci kalu bohužel nelze zabránit, pouze vhodnou technologií zmenšit jeho množství, naopak zvyšování produkce způsobují požadavky na vyšší kvalitu vypouštěné vody.

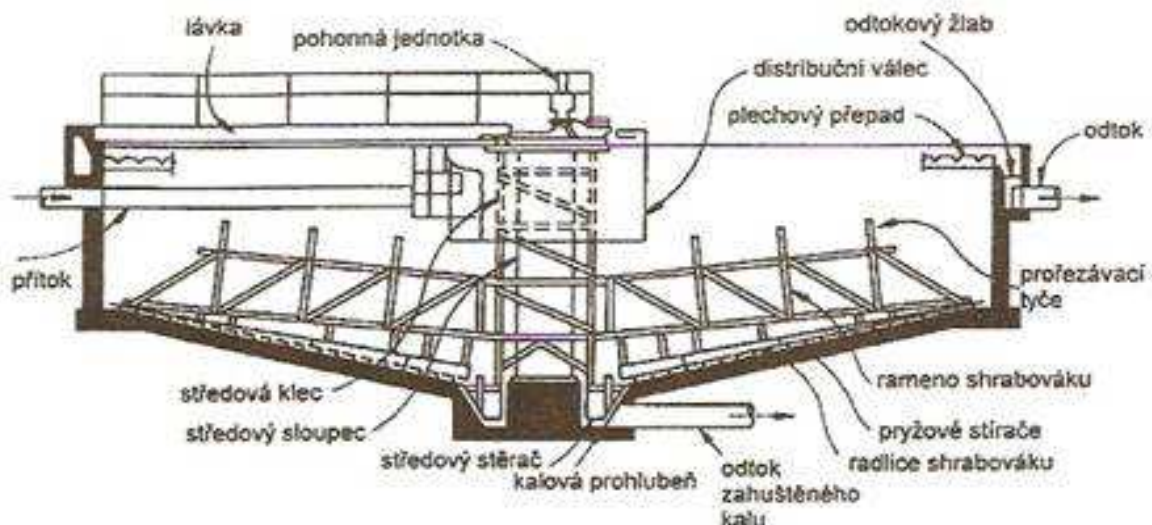
## 1.2 VLASTNOSTI

Kaly tvoří asi 1 – 2 % objemu znečištěných vod, je v nich ovšem koncentrováno 50 až 80 % původního znečištění. Obsahují zejména patogenní mikroorganismy, toxické chemické látky a těžké kovy. Složení je ovlivněno místními geografickými, klimatickými a demografickými faktory. Zdrojem patogenů jsou především exkrementy infikovaných lidí a zvířat. Patogeny vyskytující se v odpadních vodách jsou jednak viry (hepatitida A), bakterie (*Salmonella*, *Escherichia coli*), protozoa (prvoci) a parazitičtí červi. Kaly jsou zdrojem organické hmoty, stopových prvků i základních živin. Dusík a fosfor jsou nejvýznamnější živiny v kalu. Reakce kalu je neutrální až alkalická. Konzistence je důležitou vlastností kalu, která souvisí s koncentrací tuhých složek v kapalině, nazývanou jako obsah sušiny v kalu. Vodu z kalu lze oddělit sedimentací, tu pevněji vázanou pomocí odstředivek nebo přívodem tepelné energie. Konzistence značně závisí na charakteru kalových částic, proto dva kaly se stejnou sušinou mohou mít odlišnou konzistenci. Organická hmota sušiny má obvykle kapilární tvar povrchu, proto se v ni zadržuje velké množství vody a nesnadně se kal odvodňuje prostou sedimentací. Z městských ČOV mají kaly průměrně 0,5 až 7 % sušiny, která je složena z 60-70 % organických látek a 30-40 % anorganických látek.

## 1.3 ZPRACOVÁNÍ

Provoz kalového hospodářství tvoří až 50 % celkových nákladů čistírny odpadních vod. Ze surové vody se v usazovacích nádržích odděluje primární kal, má většinou zrnitou strukturu a je tvořen z nerozpuštěných látek, které prošly lapákem písku a česlemi. Dále je zde sekundární (aktivovaný) kal, který vzniká v biologickém stupni čištění a je oddělován v dosazovacích nádržích, má vločkovitou strukturu. Oba tyto druhy kalů se slučují a společně nebo odděleně se zahušťují před dalším zpracováním, tento kal je nazýváme surový kal.





Obrázek 2: Schéma sedimentační zahušťovací nádrže[1]

### 1.3.2 Stabilizace kalu

Stabilizovaný kal je takový, který nezpůsobuje škody na životním prostředí a nevyvolává obtíže při manipulaci s ním. Termín stabilizace není přesně definován, univerzální kritérium pro posouzení stability kalu neexistuje [3]. Účelem stabilizace kalu je tedy redukce organické hmoty a tím omezení zápachu, destrukce patogenních organismů, zlepšení odvodnitelnosti a snížení množství kalu. Použitelné technologie jsou anaerobní a aerobní stabilizace kalu. Výhodami anaerobní stabilizace oproti aerobní stabilizaci kalu je nízká energetická náročnost. Při anaerobní stabilizaci vzniká bioplyn, jeho energie se pak dále využívá k ohřevu reaktoru a dále pak k vytápění budov čistírny odpadních vod, ohřevu teplé vody a výrobě elektrické energie. Při aerobní stabilizaci se využívá teplo, jenž vzniká při provzdušňování nádrže. Výhodou aerobní stabilizace kalu jsou nižší investiční náklady, doba zdržení se pohybuje od 6 do 9 dní při teplotě 50 °C, nevýhodami jsou vyšší energetická náročnost a nižší účinnost likvidace patogenů.

### 1.3.3 Odvodnění kalu

Odvodňování je další způsob, který snižuje množství kalu a tím i náklady na dopravu, díky odvodnění dochází také ke zlepšení podmínek pro spalování. Nejrozšířenějšími způsoby odvodňování kalu jsou dekantační odstředivka a kaliolis, dále se využívá pásových lisů kalových polí. Nutno podotknout, že odstraňování vody mechanickým způsobem je energeticky řádově výhodnější než odstraňování termické.

Hlavní částí odstředivky je kónický válcový buben a šnek, uložený na ložiskách. Buben i šnek mají stejný smysl otáčení, ale vzájemnou diferenci otáček. Buben tvořící rotor odstředivky je uložen v ložiskách. Buben je umístěn na svařovaném rámu. Pohon je proveden elektromotorem [4]. Suspenze je vháněna v ose bubnu, odstředivou silou se těžší částice usazují na vnitřní straně vnějšího bubnu a jsou odváděny šnekem ke konci kónického kužele, kde vypadávají z odstředivky. Fugát odtéká směrem k nezúžené části odstředivky, kde je vyveden ven ze systému. Koncentrace sušiny je až 35 %. Odstředivka oproti kalovým polím nepotřebuje velkou plochu.



Obrázek 3: Dekantační odstředivka [4]

Kalová pole jsou nejstarším způsobem odvodňování kalu, jedná se o mělkou otevřenou nádrž vybavenou drenážním systémem, který se skládá z drenážních trubek zasypaných vrstvou štěrku a vrstvou písku. Do nádrže se vypouští stabilizovaný kal ve vrstvě 30 cm. Kal je odvodňován jednak vsakováním vody do drenážního systému a také výparem. V závislosti na klimatických a povětrnostních podmínkách se dosahuje obsahu sušiny až 65 %, je to však investičně i časově náročný proces.



Obrázek 4: Kalová pole [1]

#### 1.3.4 Hygienizace kalu

K hygienizaci kalu lze použít všechny metody, při jejichž průběhu jsou usmrcovány mikroorganismy. Hygienizace může být prováděna před stabilizací, v průběhu stabilizace anebo po jejím skončení. Využít můžeme metod chemických, při kterých se přidávají různá chemická činidla jako např. vápno (nejčastější způsob), minerální kyseliny,  $O_3$ ,  $H_2O_2$ . Dále využíváme metod fyzikálních, mezi které patří působení teploty, ultrazvuku, radiace a mechanická destrukce mikroorganismů.

## **1.4 LIKVIDACE KALU**

### **1.4.1 Kompostování**

Jedná se o aerobní biologickou stabilizaci materiálu, kde se využívá jeho hnojivých vlastností. Nízké náklady v porovnání se spalováním kalu a možnost prodeje, ale ani tak se nevyrovná z hlediska ekonomičnosti přímé aplikaci kalu na pole, jelikož musí být odvodněný na 18 – 30 % sušiny a je k tomu nutný přídatný materiál a velké plochy. Takto upravený kal se používá jako hnojivo vodohospodářsky neexponovaných ploch např. městské zeleně.

### **1.4.2 Aplikace na zemědělskou půdu**

Používání kalů na zemědělskou půdu upravuje vyhláška Ministerstva životního prostředí 382/2001 Sb. o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě. Využívají se kaly aerobně a anaerobně stabilizované a to ve stavu tekutém až mírně zahuštěném nebo odvodněném nebo odvodněném a vysušeném. Většinou je nutná hygienizace. Jedná se o neekonomičtější řešení likvidace kalu. V sušině obsahuje kal 30 až 50 % cenný organických látek, z hnojivých složek je to 2 až 4 % dusíku, 1 až 2 % fosforu a 2 až 10 % vápníku. V případě příznivého biologického a chemického složení je kal použitelný rekultivaci neplodných, narušených a devastovaných půd a lesních dřevin.

### **1.4.3 Spalování kalů v teplárnách a elektrárnách**

Odvodněný kal z ČOV se spaluje společně s uhlím. Množství přidaného odvodněného kalu se pohybuje kolem 1,5 % k černému uhlí, 4 % nehnědému uhlí, jelikož takto malý přírůstek nemá vliv na teplotu hoření. Není nutné instalovat do dalších filtrů spalin, protože stávající jsou dimenzovány tak, že emise vzniklé spalováním kalu bez problému zachytí a odstraní. Tohoto spoluspalování se využívá hlavně v teplárnách, dále v elektrárnách a spalovnách komunálního odpadu.

### **1.4.4 Spalování v cementářské peci**

Jedná se o ekologickou bezodpadovou metodu likvidace kalu. Dále dochází k úplnému odstranění toxických organických látek v důsledku vysokých teplot (nad 1000 °C), těžké kovy z kalu jsou navázány do cementářského slinku, a nemohou být vyluhovány. Aby byly zachovány dobré vlastnosti cementu, lze přidat pouze 5 % vysušeného kalu, i to nám samozřejmě sníží spotřebu uhlí, ovšem kal musí být vysušen na vysoký podíl sušiny, alespoň 92 %, což jsou spolu s dopravou hlavní náklady při spalování kalu.

### **1.4.5 Ostatní způsoby likvidace**

- termické zpracování
- skládkování (nejméně ekologicky vhodná metoda)
- mokré spalování a spalování v nadkritické oblasti

## 2 LEGISLATIVNÍ PROSTŘEDÍ

Jakostí povrchových i podpovrchových vod na území České republiky se zabývá směrnice Rady 80/68/EHS. Jakostní limity v této směrnici se daří dlouhodobě dodržovat. Problémem na našem území je především s obsahem dusíku a fosforu. Působením sloučenin těchto prvků vznikají sinice a řasy, které znečišťují vodu hlavně v letním období. Působí problém zejména při úpravě povrchové vody na vodu pitnou.

Na základě rámcové směrnice (2000/60/ES) je v České republice provozován monitoring vod, jehož účelem je analyzovat příčinu znečištění vod a navrhnout optimální řešení. Tento nástroj je důležitý pro posouzení investice i její zpětnou kontrolu v rámci poskytování dotací prioritní osy OP Životního prostředí.

Česká republika vyhlásila svoje území jako citlivou oblast v souladu se směrnicí 91/271/EHS z toho důvodu jsou na zneškodňování odpadních vod kladeny vyšší nároky a s tím souvisí i zvýšené náklady na čištění odpadních vod. V souladu s touto směrnicí se hlavně zvyšují výdaje na odstraňování sloučenin dusíku a fosforu.

V přechodném období do 31. 12. 2010 by v rámci již zmíněné směrnice Rady 91/271/EHS o čištění odpadních vod měly být vybudovány čistírny odpadních vod ve všech aglomeracích od 2 000 do 10 000 ekvivalentních obyvatel. Dále v aglomeracích nad 10 000 ekvivalentních obyvatel by mělo docházet k intenzifikaci čistíren odpadních vod k dosažení vyššího stupně čištění. Tyto opatření s sebou nesou zvýšení produkci kalu a nutnost řešení jeho dalšího zpracování.

### 2.1 POVOLENÍ PRO ZPRACOVÁNÍ ODPADU

Kaly z čistíren komunálních odpadních vod jsou odpady a nakládání s nimi se musí řídit příslušnou legislativou – zákonem O odpadech č. 185/2001 sb. v platném znění.

Nová směrnice Evropského parlamentu a Rady ES č. 98/2008 o odpadech propaguje odpad jako doplňkový energetický zdroj, čímž by měla přispět ke snížení jeho množství a omezení rizika úniku skleníkových plynů ze skládek, uvádí se ve výstupu z Rady ministrů životního prostředí [5]. Podle této směrnice by se členské státy i místní samosprávy měly snažit snížit objem nového odpadu. A pokud už byl odpad vyprodukován, musí být recyklován nebo spálen a díky tomu byla vytvořena elektřina nebo teplo. Ukládání na skládky se považuje za nejméně vhodnou možnost a měla by být použita jen v krajních případech.

Od definice energetického spalování odpadu jako jeho opětovného využití si ministři životního prostředí slibují snížení těžby fosilních paliv a jeho využívání. Tímto opatřením se však může i zničit naše příroda a zamořit ovzduší. Snížení kvality životního prostředí se obávají zejména zdravotnické organizace. V souladu s touto směrnicí byly určeny závazné cíle a to, že do roku 2020 bude 50 % odpadu z domácností a 70 % ze stavebnictví recyklováno.

### 2.2 SUBVENCE KRAJSKÁ

Jelikož plánovaná stavba solární sušárny kalu bude realizována v Plzeňském kraji, bude se tato kapitola zabývat možnostmi dotací konkrétně od tohoto kraje.

V souvislosti se stavbou sušárny, jako ekologického projektu můžeme dostat od Plzeňského kraje dotaci dle specifikace programu na podporu projektové přípravy záměru

(investiční záměr, dokumentace k územnímu řízení, dokumentace ke stavebnímu řízení apod.) související s ochranou a zlepšováním životního prostředí.

Příjemce dotace může být obec, nevládní neziskové organizace a jiné fyzické a právnické osoby působící na území kraje v oblasti životního prostředí dle zákona 129/2000 Sb. o krajích.

Žádosti o dotaci budou vyhodnoceny komisí pro poskytování finančních prostředků a následně bude žádost předložena Radě Plzeňského kraje nebo Zastupitelstvu Plzeňského kraje ke schválení. Na základě tohoto schválení a smlouvy o poskytnutí účelové dotace z rozpočtu Plzeňského kraje na podporu ekologických projektů budou žadateli o dotaci poskytnuty finanční prostředky. Plzeňský kraj má samozřejmě právo na průběžné a následné kontroly využití poskytnutých dotací.

Žádosti se předkládají na předepsaných formulářích prostřednictvím Oboru životního prostředí Krajského úřadu Plzeňského kraje. Přílohu žádosti bude tvořit stručný popis projektu, předpokládaný rozpočet, kopii dokladu, ze kterého je patrná právní subjektivita, prohlášení, zda je žadatel plátcem DPH či není, kopie smlouvy o zřízení bankovního účtu a údaje o předchozích dotacích. Žádost posoudí Obor životního prostředí Krajského úřadu Plzeňského kraje, zda je kompletní a pokud je žádost kompletní, je zaregistrována a předložena komisi k hodnocení.

Čerpání dotace bude provedeno bezhotovostním převodem finančních prostředků na účet, který je uveden v příloze žádosti o dotaci.

## 2.3 SUBVENCE EVROPSKÁ

Dle směrnice MŽP č. 5/2008 mohou být předkládány žádosti o poskytování finančních prostředků na projekty z Operačního programu Životního prostředí financované ze Státního fondu životního prostředí a státního rozpočtu České republiky. Do státního rozpočtu byly finanční prostředky poskytnuty z Evropského fondu pro regionální rozvoj a Fondu soudružnosti.

V rámci projektu stavby sušárny kalu z čistírny odpadních vod bychom mohli čerpat peníze z Prioritní osy 1, která se zabývá zlepšováním vodohospodářské infrastruktury a snižováním rizika povodní. Konkrétně jsou tyto dotace poskytovány na projekty řešící rekonstrukci oddílné splaškové nebo jednotné kanalizace, tyto projekty jsou přijatelné pouze tehdy, je-li prokazatelně zdůvodněna nezbytnost této rekonstrukce. Projekty řešící rekonstrukci ČOV jsou přijatelné pouze v souvislosti s intenzifikací nebo změnou kapacity ČOV při současném zvýšení účinnosti ČOV, případně se zkvalitněním zpracování kalů.

O poskytnutí dotace rozhoduje ministerstvo, žadatel nesmí být podle této směrnice současně příjemcem podpory z ostatních operačních fondů. Je-li tomu tak musí odstoupit od dalších žádostí.

Žádost je předkládána v elektronické podobě a v tištěné podobě na příslušné krajské pracoviště Státního fondu životního prostředí České republiky. Elektronický formulář nalezneme na internetových stránkách <http://zadosti-opzp.sfzp.cz/>, dále musíme vyhotovit dvě žádosti v tištěné podobě, které budou vytvořeny pomocí uvedených internetových stránek, formulář žádosti musí být podepsán statutárním orgánem a parafován na každé straně. K žádosti se přikládá čestné prohlášení o bezdlužnosti žadatele vůči orgánům veřejné správy. Kontrolu a rozhodnutí o akceptaci provádí Státní fond životního prostředí České republiky, ten společně s rozhodnutím a s doporučením o výši a formě podpory předloží žádost k projednání Řídícímu výboru. Řídící výbor doporučí Řídícímu orgánu projekty ke schválení, Řídící orgán na základě doporučení Řídícího výboru rozhodne o poskytnutí a výši podpory.



Na projekty schválené Řídícím orgánem je vydán registrační list, který obsahuje výchozí částku dotace a rámcové podmínky jejího poskytnutí.

Příjemce podpory musí dodržovat č. 137/2006 Sb., o veřejných zakázkách v platném znění a Závazné pokyny pro žadatele a příjemce podpory z OPŽP. Dokumentaci k zadávacímu řízení předkládá žadatel ke schválení Státnímu fondu životního prostředí České republiky a jeho zástupci mají právo se zúčastnit jednání hodnotících komisí.

Ve Smlouvě o dotaci je stanovena zejména forma a výše podpory a účel jejího použití. Rovněž zde jsou stanoveny lhůty a způsob čerpání prostředků, dále sankce za neplnění povinností.

Čerpání podpory probíhá bezhotovostním převodem na účet příjemce v korunách českých a je uskutečňována průběžně podle postupu realizace projektu.

### 3 PRINCIPY SUŠENÍ KALU

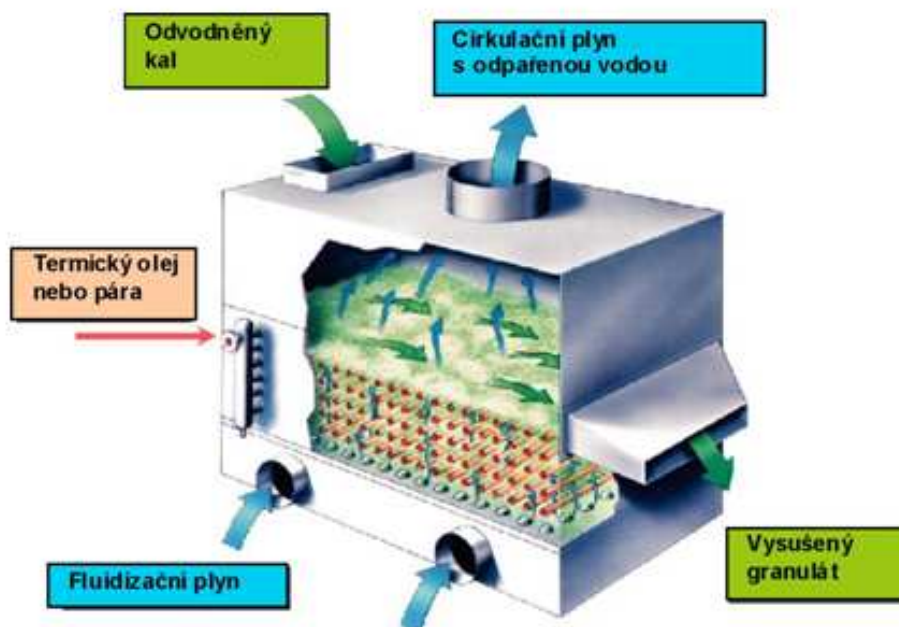
Proces sušení kalu lze v čistírnách odpadních vod provádět několika typy sušáren kalu. Sušárny lze rozdělit na konvekční, kontaktní a solární.

#### 3.1 KONVEKČNÍ SUŠENÍ

V konvenční sušárně je kal vysoušen přímo a to horkým plynem. Mezi nejpoužívanější typy přímých sušáren patří nízkoteplotní fluidní, pásová a rotační bubnová sušárna.

##### 3.1.1 Nízkoteplotní fluidní sušárna

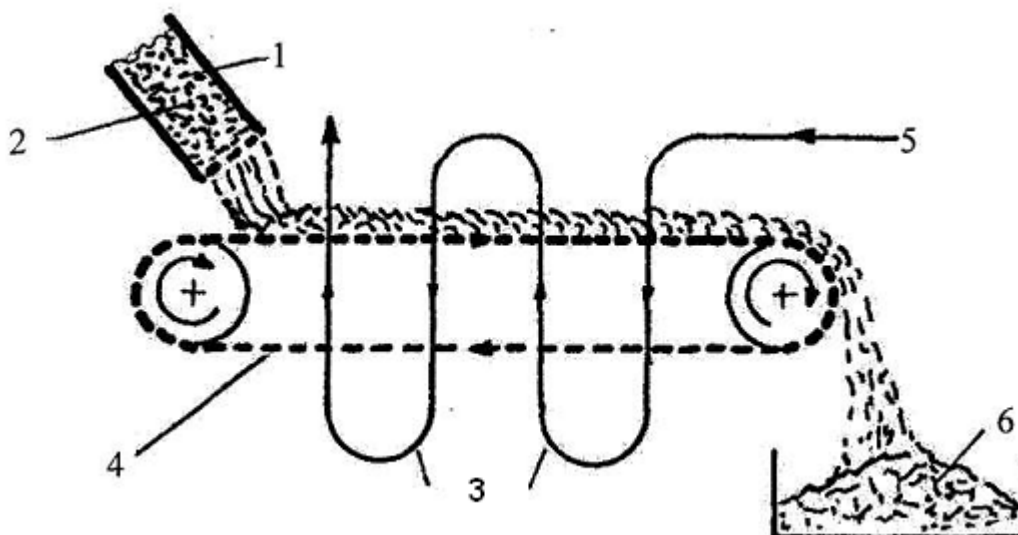
Sušárna pracuje s teplotou 85°C (voda se odpařuje v podtlaku, což brání úniku škodlivin z cirkulačního plynu) a tato teplota je rovněž vzdálená od teploty, která je u sušení nebezpečná pro samovznícení, tj. 130 až 150°C. Tato teplota pak nevyžaduje mnoho chladicí energie pro zchlazení kalu a kondenzaci brýd [6]. Do sušárny je dodáván mechanicky odvodněný kal na sušinu kolem 30 % a pomocí tohoto zařízení je zpracován až na obsah sušiny 92 % ve formě granulí. Energetickou spotřebu je vhodné pokrýt energií vzniklou spalováním bioplynu, který jsme získali při anaerobní stabilizaci kalu.



Obrázek 5: Fluidní sušárna [6]

### 3.1.2 Pásová sušárna

V pásové sušárně je kal posouván pomocí prodyšného pásu, na který působí teplotná médium, nejčastěji horký vzduch nebo spaliny, horký vzduch odebírá z kalu vlhkost. Vracení vysušeného kalu zpět na začátek linky se u pásových sušáren nevyžaduje, jelikož se kal při lepivé fázi nepohybuje, jen volně leží na pásu, nehrozí tady spečení. Můžeme využít pásy z kovu, plastu nebo z textilu. Podle přívodu vzduchu se sušárny dělí na ty s přívodem sušícího vzduchu pod pás a nad pás. Můžeme mít i více pásové sušárny, přičemž pásy se umísťují nad sebe.



Obrázek 6: Schéma pásové sušárny [1]

1. Odvodněný kal, 2. Dávkování kalu na pás, 3. Uspořádání proudu plynu, 4. Perforovaný sušící pás, 5. Vysoušecí plyn, 6. Vysušený granulát

### 3.1.3 Rotační bubnová sušárna

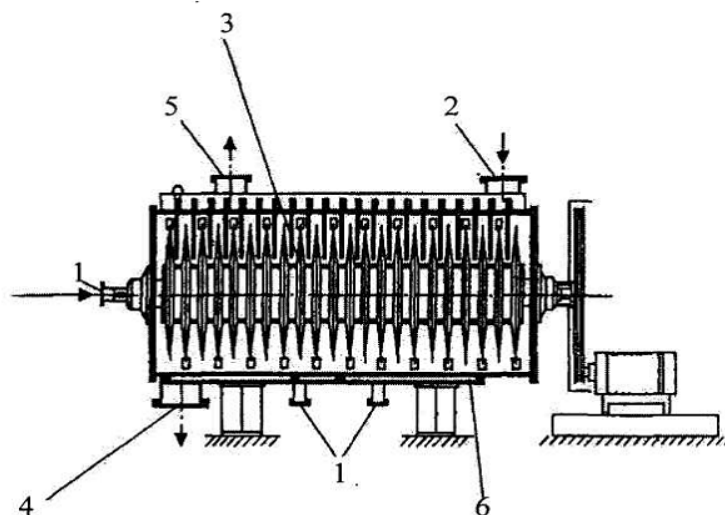
V rotační bubnové sušárně můžeme dosáhnout obsahu sušiny nad 90 %. Zde je kal posouván pomocí rotace bubnu a pohybu vnitřku bubnu, nosným elementem tepla je horký plyn, který proudí bubnem ve směru pohybu kalu. Jako prevenci připékání kalu na stěny bubnu v jeho lepivé fázi se doporučuje mísit vkládaný kal s již usušeným kalem.

## 3.2 KONTAKTNÍ SUŠENÍ

V tomto případě je teplotním médiem horký olej nebo pára, která je přiváděna ke kalu nepřímo, prostřednictvím kontaktních ploch. Na tomto principu pracují diskové sušárny a solární sušárny s přídavným topením.

### 3.2.1 Diskové sušárny

Disková sušárny jsou málo náročné na prostor, pro přivedení tepla potřebného k sušení kalu se využívá disků, které se točí a tím posouvají a provzdušňují sušený kal. Díky systému lopatek a stěrek se zabraňuje tvorbě nápeků na kontaktních plochách. Zamezení lepivé fáze, ke které dochází při obsahu sušiny mezi 50 a 60 % se doporučuje přidávat již usušený materiál.



Obrázek 7: Disková sušárna [1]

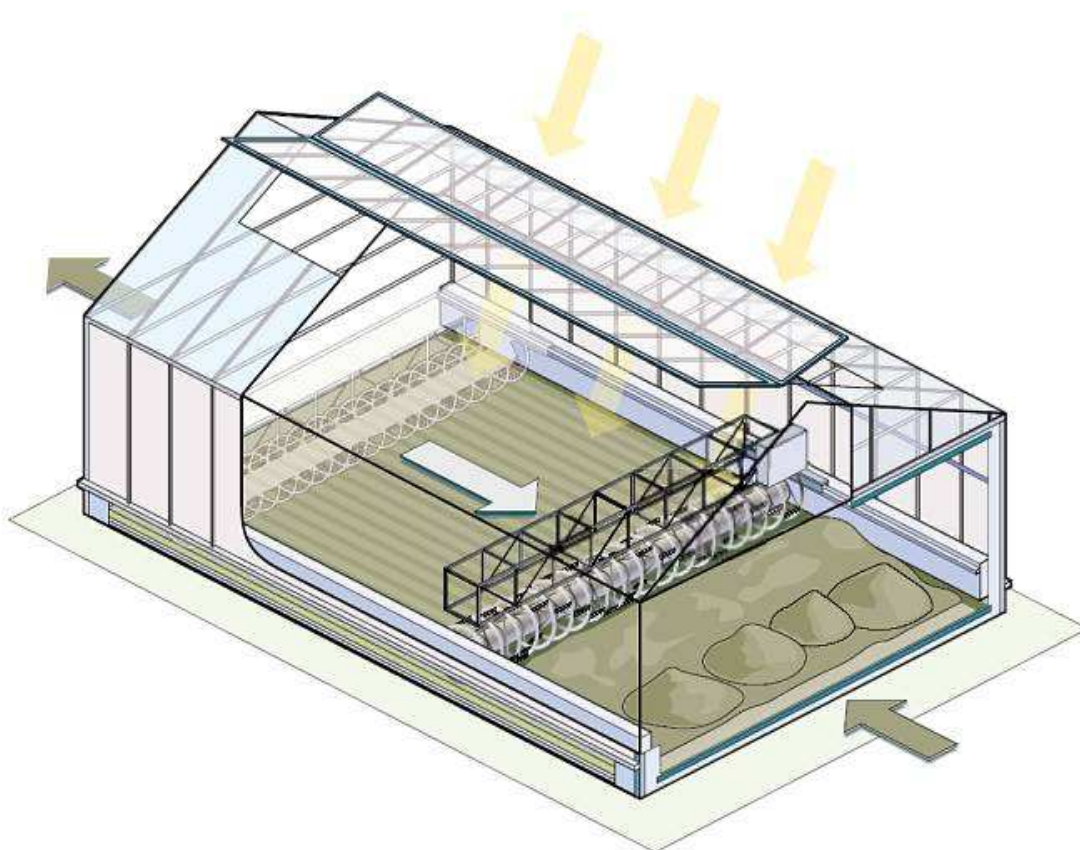
1. Přívod páry; 2. Přívod odvodněného kalu;  
3. Disky vyhříváné párou; 4. Výstup usušeného kalu; 5. Odtah brýd; 6. Plášť sušárny

### 3.2.2 Tenkovrstvé sušárny

V tenkovrstvé sušičce kal rotuje ve vyhříváném válci poháněn lopatkami upevněnými na hřídeli. Odvodněný kal je vkládán do sušičky dávkovacím šnekem při obvodu vyhříváného válce a lopatky jej na něj v tenké vrstvě roztírají. Když dosáhne kal obsahu sušiny 65 %, vytvořený granulát opouští přístroj.

### 3.3 SOLÁRNÍ

Nespornou výhodou solárního sušení je využití energie ze slunce. Při konvenčním sušení se musí dodat elektrické energie v řádech stovek kilowatthodin na tunu sušeného kalu, kdežto při využití sluneční energie je dodáváno elektrické energie pouze v řádech desítek kilowatthodin na tunu kalu. Nevýhodou je pak, že oproti konvenčním nebo kontaktním sušárnám má veliké nároky na zastavěnou plochu a investiční náklady na stavbu jsou také vysoké.



Obrázek 8: Struktura solární sušárny [7]

Solární sušárna je složena z betonové nebo asfaltové základny, na kterou jsou uloženy betonové prefabrikáty, jenž tvoří boční hranice sušárny a zároveň podklad pro uchycení skleníkové konstrukce. Skleníková konstrukce je pokryta průhlednými plastovými nebo skleněnými pláty. Dále je v hale instalován větrací systém pro řízenou cirkulaci vzduchu, jehož součástí jsou větrací klapky a ventilátory. Součástí vnitřního vybavení je také systém pro převrácení a převoz kalu. Vše je ovládáno automatickým ovládacím systémem.

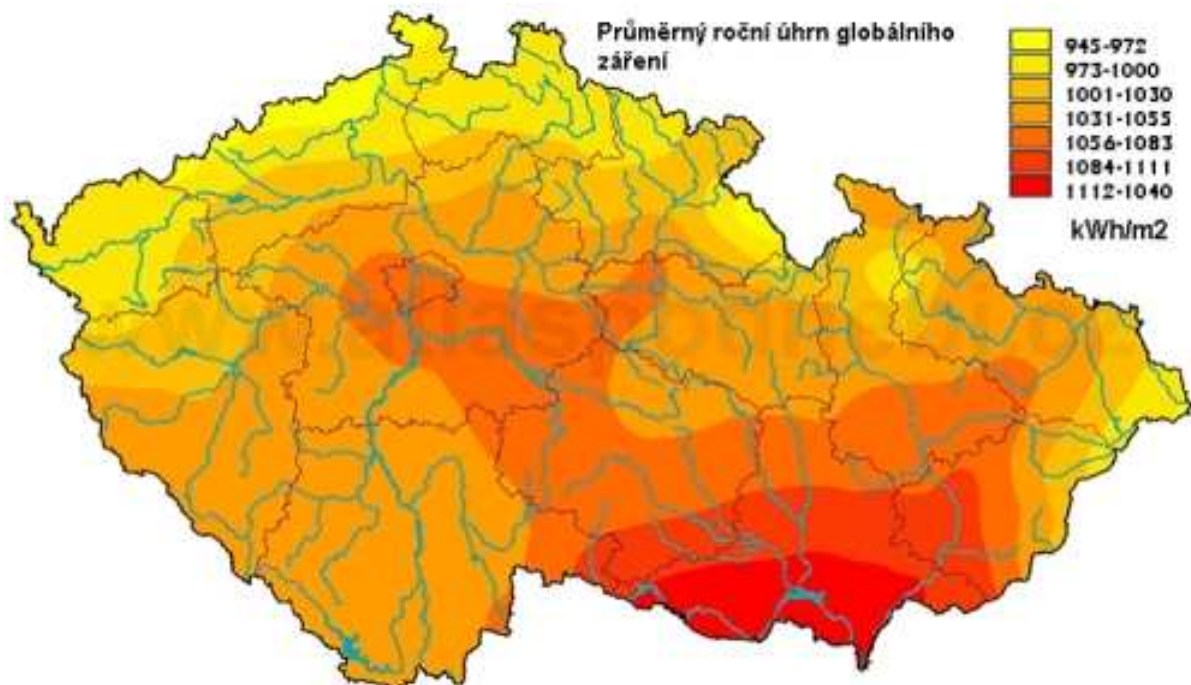


Obrázek 9: Technologie pro přehrabování kalu u solární sušárny [7]

## 4 ENERGETICKÉ NÁROKY SOLÁRNÍHO SUŠENÍ KALU

V rámci studie, vypracované Ústavem procesního a ekologického inženýrství pro firmu Plzeňská teplárenská, a.s. byly prověřeny možnosti solárního sušení kalu z menších ČOV v okolí města Plzně. Z tohoto důvodu je další část práce věnována ekonomice provozu solárního sušení kalů v této lokalitě s přímou návazností na energetické využití sušeného kalu v Plzeňské teplárenské, a.s.

Dle následujícího obrázku se sušárna bude nacházet v pásmu s průměrným ročním úhrnem globálního záření 1 001 až 1 030 kWh/m<sup>2</sup>. Solární sušárna využívá k sušení kalu slunečního záření a je proto mnohem úspornější než konvekční sušárna kalu. Dle nabídky firmy IST Anlagenbau je spotřeba elektrické energie 41 kWh na tunu odpařené vody z kalu. U solární sušárny se elektrická energie využívá pouze k obracení kalu a k ventilaci.



Obrázek 10: Průměrný roční úhrn globálního záření [kWh/m<sup>2</sup>][8]

## 5 PODNIKOVĚ HOSPODÁŘSKÝ PROPOČET

### 5.1 POPIS KONKRÉTNÍHO PŘÍKLADU

V tomto propočtu bude počítáno se skutečnými hodnotami z čistíren odpadních vod v okolí Plzně. V těchto čistírnách je vyprodukováno 2 342 tun kalu za rok s obsahem sušiny průměrně 21 %. Současné náklady na likvidaci tuny kalu jsou 450 Kč.

### 5.2 VÝPOČET

#### 5.2.1 Finanční příspěvek krajský

Jak už bylo zmíněno v kapitole o krajských subvencích, Plzeňský kraj podporuje projekty kanalizací a čistíren odpadních vod. Dotace může být poskytnuta na zpracování projektové dokumentace k záměru, který bude v souladu s Programem rozvoje vodovodů a kanalizací Plzeňského kraje. Předmětem dotace je tedy projektová dokumentace pro výstavbu, nových nebo rekonstrukci stávajících kanalizačních systémů pro veřejnou potřebu a výstavbu, dostavbu, rekonstrukci nebo intenzifikaci čistírny odpadních vod.

***Výše dotace: do 50% ceny projektové dokumentace, max. 200 tis.Kč***

Výsledkem bude projednaná projektová dokumentace a pravomocné územní nebo stavební povolení případně veřejnoprávní smlouva či územní souhlas (pokud ho akce dle stavebního zákona vyžaduje).

#### 5.2.2 Finanční příspěvek evropský

Na stavbu nebo rekonstrukci čistírny odpadních vod, kanalizaci nebo úpravu vod poskytuje dotace Operační program Životního prostředí. Na tyto účely jsou připraveny prostředky ve výši téměř 2 miliardy eur. Cílem podpory je zlepšit stav povrchových a podzemních vod, zlepšit jakost a dodávky pitné vody pro obyvatelstvo, snížit obsah nebezpečných látek ve vodách a snížit riziko povodní.

***Výše podpory***

- ***Dotace z Fondu soudržnosti do výše 85 % z celkových způsobilých veřejných výdajů projektu.***
- ***Dotace ze Státního fondu životního prostředí ČR do výše 5 % z celkových způsobilých veřejných výdajů projektu.***



### 5.2.3 Cena pozemku

Ke stavbě solární sušárny kalu, bude využit pozemek, který je majetkem čistírny odpadních vod v obci Tlučná, což sníží náklady na realizaci tohoto projektu. Na stavbu solární sušárny kalu a příjezdových komunikací je potřeba pozemek o ploše 3 948 m<sup>2</sup>.

### 5.2.4 Investiční náklady

Náklady na sušárnu kalu dodanou na klíč německou firmou IST Anlagenbau jsou v přepočtu dle kurzovního lístku (25. 5. 2009) České národní banky 32 216 280 Kč bez DPH. Což činí **38 337 373 Kč včetně DPH**. Kompletní cenová nabídka je k dispozici v přílohách.

### 5.2.5 Provozní náklady

#### Mzdové náklady:

V investičním propočtu se uvažuje s využitím stávajícího pracovníka čistírny odpadních vod Tlučná, který se bude starat o provoz solární sušárny kalu.

#### Náklady na elektřinu:

V následující tabulce je výpočet nákladů na elektřinu, vychází se z hodnot dodaných firmou IST Anlagenbau a společností ČEZ, a.s.

Spotřeba elektrické energie na odpaření tuny vody z kalu	41 kWh
Celkové množství odpařené vody z kalu	1 774 t/rok
Cena za kWh elektrické energie	2,10 Kč
Celkové náklady na elektřinu	152 741 Kč/rok
<b>NÁKLADY NA ELEKTRĚINU</b>	<b>12 728 KČ/MĚSÍC</b>

Tabulka 1: Náklady na elektřinu

Náklady na dopravu:

Doprava bude počítána do obce Tlučná, kterou jsem zvolil jako nejlepší místo pro stavbu sušárny kalu, jelikož se zde vyprodukuje nejvíce kalu a je odtud nedaleko do Plzně, kde by se mohl kal spalovat v místní teplárně. Transport bude realizován místním dopravcem vozidlem TATRA 815 s užitečnou hmotností 19,5 t. Kal se bude převážet v kontejnerech o objemu 25 m<sup>3</sup> a jeho hmotnost je 1 500 kg. Smluvní cena je 35 Kč/km a 50 Kč za každou nakládku + vykládku. Vozidlo je tedy schopno při jedné jízdě odvést 18 t kalu. V prvním sloupci je uvedena vzdálenost mezi jednotlivými čistírnami a sušárnou. V druhém sloupci máme objem vyprodukovaného kalu v konkrétní čistírně. A ve třetím sloupci jsou náklady na dopravu mezi konkrétní čistírnou a sušárnou.

Trasa	Vzdálenost	Množství	Náklady
Z města Touškov na sušárnu	10 km	202 t/rok	9 000 Kč/rok
Z obce Stod na sušárnu	14 km	142 t/rok	8 240 Kč/rok
Z obce Horní Bříza na sušárnu	26 km	265 t/rok	28 050 Kč/rok
Z obce Kralovice na sušárnu	49 km	386 t/rok	76 560 Kč/rok
Ze sušárny do teplárny	15 km	568 t/rok	35 200 Kč/rok
Cena bez DPH			157 050 Kč/rok
Cena vč. DPH			186 890 Kč/rok
<b>NÁKLADY NA DOPRAVU</b>			<b>15 575 KČ/MĚSÍC</b>

Tabulka 2: Náklady na dopravu kalu na solární sušárnu kalu

**5.2.6 Náklady na likvidaci kalu**

Současné náklady na likvidaci tuny kalu	450 Kč
Současné množství vyprodukovaného kalu	2 342 t/rok
Náklady na likvidaci před realizací solární sušárny	1 053 900 Kč/rok
Vyprodukované množství kalu po realizaci solární sušárny	568 t/rok
Náklady na likvidaci kalu po realizaci solární sušárny	255 600 Kč/rok
Úspory přidáním solární sušárny do kalové koncovky	798 300 Kč/rok
<b>ÚSPORY SOLÁRNÍM SUŠENÍM KALU ZA MĚSÍC</b>	<b>66 525 KČ/MĚSÍC</b>

Tabulka 3: Výpočet úspor použitím solární sušárny kalu

V Tabulce 3 je znázorněn výpočet úspor použitím solární sušárny kalu, vstupními hodnotami jsou současné náklady na likvidaci tuny kalu a celkové vyprodukované množství kalu. Tím jsou vypočteny celkové náklady na likvidaci kalu, od kterých je odečtena položka nákladů na likvidaci kalu po připojení solární sušárny kalu do kalové koncovky. Výsledkem jsou úspory použitím solární sušárny kalu.

### Odpisy

Odpisy objektů čistíren odpadních vod je zařazeno do 5. odpisové skupiny, z toho plyne, že minimální délka odpisování je 30 let.

### **5.2.7 Investiční propočet**

Naším cílem je nastavit odpisy takovým způsobem, aby nás provoz solární sušárny kalu nestál víc, než kalová koncovka bez sušárny.

Úspory použitím solární sušárny	66 525 Kč/měsíc
-	-
Náklady na dopravu	15 575 Kč/měsíc
-	-
Náklady na elektřinu	12 728 Kč/měsíc
=	=
<b>FINANČNÍ PROSTŘEDKY NA SPLÁCENÍ SOL. SUŠ.</b>	<b>38 222 KČ/MĚSÍC</b>

Tabulka 4: Investiční propočet

## ZÁVĚR

Cíle této bakalářské práce, tedy popsaní procesů a zařízení v čistírně odpadních vod, především v kalové koncovce a vytvoření investičního propočtu přidání solární sušárny kalu do kalové koncovky čistírny odpadních vod bylo dosaženo.

Dle cenové nabídky německé firmy IST Anlagenbau na náš konkrétní případ, to znamená vyprodukované množství kalu 2 342 tun za rok při průměrném obsahu sušiny 21 % je nutná plocha na stavbu solární sušárny kalu a příjezdových komunikací 3 948 m<sup>2</sup>. Tento pozemek je součástí čistírny odpadních vod v obci Tlučná, kde bude realizována stavba sušárny kalu, jelikož je zde největší množství vyprodukovaného kalu ze všech pěti čistíren odpadních vod zapojených do projektu. Z cenové nabídky je dále zjištěno, že celkové investiční náklady na stavbu solární sušárny kalu, činí 38 337 373 Kč včetně DPH.

V dalším kroku byly stanoveny nulové mzdové náklady využitím stávajícího pracovníka čistírny odpadních vod. Po té jsou určeny celkové náklady na elektřinu, které vycházejí na 12 728 Kč za měsíc. Posledním z výpočtů provozních nákladů je stanovení nákladů za svoz kalu z jednotlivých čistíren odpadních vod do solární sušárny kalu, které činí 15 575 Kč měsíčně.

Na konec jsou stanoveny úspory zavedením solární sušárny kalu, kde se vychází ze současné ceny za likvidaci tuny kalu, která je 450 Kč za tunu. Úspory vzniknou snížením množství kalu určeného k likvidaci z 2 342 tun za rok na 568 tun za rok, čímž je ušetřeno za likvidaci kalu 66 525 Kč/měsíc.

Po odečtení nákladům na provoz solární sušárny kalu od úspor jejím zavedením do kalové koncovky, získáme částku 38 222 Kč za měsíc, což jsou finanční prostředky na splacení solární sušárny kalu. Doba splacení 38 337 373 Kč při výši splátek 38 222 Kč je 83 let, což převyšuje životnost zařízení. Z čehož plyne, že bude snaha o získání finanční podpory z Operačního programu Životního prostředí a od Plzeňského kraje.

Závěrem lze konstatovat, že solární sušárna je reálnou investicí pouze při dotaci alespoň 50 %, kdy se doba splacení sníží také na polovinu. Nutno podotknout, že tato dotace není nedosažitelná. Další možnosti zvýšení realizace schopnosti stavby solární sušárny kalu je nechat si dodat firmou IST Anlagenbau pouze vnitřní vybavení solární sušárny kalu a ostatní náležitosti nechat postavit stavební firmou z České republiky.

## ZDROJE

- [1] LYČKOVÁ, B. a kolektiv. *Zpracování kalu* [online]. Multimediální učební text. [cit. 2009-05-02] Technická univerzita Ostrava. Dostupné z: <http://homen.vsb.cz/hgf/546/Materialy2005/Bara/postupy.html>
- [2] Stránky Brněnských vodáren a kanalizací [online]. [cit. 2009-05-08]. Dostupné z: <http://www.bvk.cz/o-spolecnosti/odvadeni-a-cisteni-odpadnich-vod/cov-brno-modrice/>
- [3] PYTL, V. a kol. *Příručka provozovatele čistírny odpadních vod*. Příbram: PB Tisk, 2004. 209 s. ISBN 80-239-2528-8
- [4] Katalog firmy Hubert [online]. [cit. 2009-05-08]. Dostupné z: <http://www.huberco.cz/>
- [5] *Unie dala zelenou spalování odpadů v elektrárnách* [online]. Vydáno: 22. 10. 2008. [cit. 2009-05-13] Dostupné z: <http://www.euractiv.cz/energetika/clanek/unie-dala-zelenou-spalovani-odpadu-v-elektrarnach>
- [6] Voda – elektronicky odborný časopis [online]. Ročník 3, č. 2. Vydáno v Měsci: 2006. [cit. 2009-05-16] Dostupné z: <http://www.e-voda.cz/uploads/assets/casopisy/voda-2007-10.pdf>
- [7] Stránky firmy IST Anlagenbau [online]. [cit. 2009-05-17]. Dostupné z: <http://www.ist-anlagenbau.de/bild.php?lang=de&name=img/diaggr.gif>
- [8] DROTA, W. A kol. Časopis Korrespondenz Abwasser. Vydáno: listopad 1998. Zpracoval: BENEŠ, J. [online]. Dostupné z: <http://www.env.cz/ris/ais-ris-info-copy.nsf/6d13b004071d0140c12569e700154acb/592c4de0d1325830c1256a360038365b?OpenDocument>
- [9] Stránky firmy SolarHit [online]. [cit. 2009-05-18]. Dostupné z: <http://www.solarhit.cz/index.asp?menu=775>
- [10] *Kalové hospodářství čistíren odpadních vod* [online]. Praha: VŠCHT Praha. Zveřejněno dne: 2. 10. 2007. Dostupné z: [http://web.vscht.cz/starad/COV\\_Skripta\\_Kal\\_hosp.doc](http://web.vscht.cz/starad/COV_Skripta_Kal_hosp.doc)

**PŘÍLOHA**

**Solare Klärschlamm-trocknung  
mit dem Wendewolf**  
Rein solare Trocknung



Datum: 20.03.2009

Richtkostenangebot-Nr.:  
Auftraggeber:  
Standort:

I-09-20  
Brno University of Technology  
Pilsen/Tschechien

	Menge	Einheit	Gesamtpreis in EURO	
<b>Trocknungshallenfläche</b>	2.880	m <sup>2</sup>		
<b>Ausgangssituation:</b>				
Schlammmenge, nach Entwässerung, Feuchtmasse:	2.342	t/a		
Trockensubstanzgehalt nach Entwässerung:	21	%TS		
Trockenmasse:	482	t/a		
<b>vorgeschlagene/mögliche Größe:</b>				
Trocknungshallenbreite:	12	m		
Gewählte Länge:	120	m		
Gewählte Stehwandhöhe:	3,5	m		
Aktive Fläche pro Trocknungshalle:	1.288	m <sup>2</sup>		
Anzahl der Trocknungshallen:	2	Stck.		
<b>Zu erwartendes Ergebnis:</b>				
Verdunstende Wassermenge, solar:	1.774	t/a		
Verdunstende Wassermenge, Zusatzheizung:	0	t/a		
Verdunstende Wassermenge, gesamt:	1.774	t/a		
Restmenge getrockneter Schlamm:	568	t/a		
Mittlerer erreichter Trockensubstanzgehalt:	85	%TS		
<b><u>Kostenzusammenstellung :</u></b>				
<i>Leistungen, bauseitig nach Planungsvorgaben durch IST</i>				
<i>Erdarbeiten bezogen auf Grünfläche, Kiesunterbau 60 cm, keine Spezialtiefundung Bodentragfähigkeit &gt; 250 kN/m<sup>2</sup></i>	3.120	m <sup>2</sup>	280.800 €	
<i>Bituminierte Zufahrt incl. Unterbau Annahme: Weg 4,5 m breit längs der Halle, vorne und hinten 6 m Ladeplatz</i>	828	m <sup>2</sup>	74.520 €	
<i>Zwischensumme Tiefbau geschätzt</i>			355.400 €	
<b>Betonfertigteile</b>	480	m	191.400 €	
<i>Standard Folienhaus mit Belüftung</i>	2	Stck.	259.300 €	<b>Option</b>
<i>Elektroinstallation</i>	2	Stck.	111.800 €	<b>Option</b>
<b>Lieferumfang IST</b>				
Planung der Elektrotechnik	2	Stck.	1.500 €	
Maschinelle Ausrüstung	2	Stck.	254.600 €	
Ventilatoren	28	Stck.	28.100 €	
<b>Richtkostenangebot Lieferumfang IST netto</b>				284.200 €
<b>Richtkostenangebot mit Optionen</b>			655.300 €	
<b>Richtkosten Gesamtprojekt netto</b>				1.202.100 €