

Bezodpadová technologie na Úpravně uhlí Komořany - rekonstrukce kalového hospodářství

Ing. David Paus¹, Ing. Petr Kolman¹, Ing. Pavel Kounovský¹, Ing. Tomáš Růžička²

¹Severní energetická a.s., Most; D.Paus@sev-en.cz, P.Kolman@sev-en.cz, P.Kounovsky@sev-en.cz

²VŠB - TU Ostrava; tomas.ruzicka@vsb.cz

Přijato: 17. 2. 2014, recenzováno: 12. a 19. 8. 2014

Abstrakt

Autoři pojednávají o investiční akci, která proběhla na Úpravně uhlí Komořany (dále jen ÚUK) v roce 2012 (únor-září). Účelem této akce bylo vyřešit změnu likvidace kalových vod, které vznikají při technologické úpravě uhlí, a to pomocí kalolisů v technologii Prádlo. Součástí této investice bylo také vyřešení vytápění této technologie. Je zde popisována úprava technologie od počátku, tj. problematika přípravy, realizace úpravárenských opatření, až po samotný rozjezd. Bezproblémový chod této technologie potvrdil navržený a realizovaný způsob řešení technických opatření, který byl založen především na širokém objemu znalostí a zkušenostech všech zúčastněných. Návržnost investice je počítána do doby čtyř let. Je nutné podotknout, že stávající kalolisy byly projektovány pouze na provoz technologií Drtírna a Nakládací zásobník, ostatní provoz měl být postupně ukončen na základě sníženého odbytu hnědého uhlí. V současné době se situace v provozu výrazně změnila dle požadavků zákazníků, a tím se zvýšila výroba a z toho plynoucí zvýšení kalových vod v provozu. Stávající linky kalolisů je potřeba doplnit o jeden kalolis, což bude součástí investiční akce, která by měla proběhnout ještě v tomto roce. I o tom pojednává tento článek.

Zero-waste technology at the Finishing Department Komořany – sludge management reconstruction

The authors describe the investment implemented at the Finishing Department Komořany within February to September 2012. The aim of the investment was to change the process of sludge water treatment. The sludge waters originate during the process of technological treatment of coal using filter presses in the coal washing technology. One part of the investment was also the heating in the space of the above-mentioned technology. The article describes the conversion of the technology from the very beginning: preparation, implementation of the practical measures and up to the technology start-up. The smooth operation of the technology confirmed the proposed and implemented way of selected technical measures, based on wide range of knowledge and experience of all participating subjects. The expected return of the investment would not exceed four years. It has to be mentioned that the installed filter presses were designed for running the technologies of coal grinding and coal loading; the rest of the plant should have been gradually closed down as a result of a decreased sale of brown coal. Recently the situation has changed significantly in the reaction to the customers' demands: the unexpected production increase resulted in an increase of the amount of sludge waters. One filter press has to be added to the existing ones as a part of the 2014 investment. This is also mentioned in the article.

Abfallfreie Technologie im Werk „Kohleaufbereitungsanlage Komořany“ – Rekonstruktion der Klärschlammbehandlung

Die Autoren beschreiben eine Investition, die im Werk „Kohleaufbereitungsanlage Komořany“ von Februar bis September 2012 durchgeführt wurde. Ziel der Investition ist, eine Verfahrensverbesserung bei der Reinigung, der bei der Sortierung anfallenden verunreinigten Abwässer, durch den Einsatz von Trübstofffiltern, zu erreichen. Dabei war es auch notwendig, die Beheizung der Anlage zu ändern. Das neue Verfahren, die Planung des Projekts, der Aufbau und die Inbetriebnahme, sind hier detailliert beschrieben. Der weitere reibungslose und störungsfreie Betrieb hat die eingesetzte Technologie, die durchgeführten technischen Maßnahmen, sowie die hohen Fachkenntnisse und Erfahrungen der beteiligten Mitarbeiter, bestätigt. Die Amortisationszeit der Investition war mit 4 Jahren geplant. Es ist noch zu erwähnen, dass die Anzahl der Trübstofffilter nur für den Betrieb der Brechanlage und des Verladebehälters, projektiert war. Der geringe Absatz der Braunkohle war ein Anlass für eine geplante Stilllegung der weiteren Anlagen. Die Situation hat sich wesentlich verändert. Die Nachfrage, die Produktion und somit die Menge der verunreinigten Abwässer, sind gestiegen. Deswegen muss die Zahl der Trübstofffilter heute, um einen Filter erweitert werden. Auch diese Investition, die noch in diesem Jahr durchgeführt wird, haben die Autoren in dem Artikel beschrieben.

Klíčová slova: investiční akce, Úpravna uhlí Komořany, kalové vody, linka kalolisů, úprava technologie.

Keywords: investment, Finishing Department Komořany, sludge water, filter presses line, technology modification.

1 Úvod

V souvislosti s ukončením čerpání kalových vod na odkaliště Saxonia ve druhé polovině roku 2012 byl provozní úsek ÚUK nucen vyřešit situaci, která se bezprostředně týkala kalů vznikajících při technologické výrobě uhlí. Na odkaliště Saxonia byly čerpány kalové vody z celého provozu ÚUK a provozu Homogenizační drtírna (dále jen HMGD). Po sériích jednání,

porad úseku a kontrolních dnů bylo rozhodnuto o výstavbě linky kalolisů, která bude zpracovávat kaly z celého provozního úseku. V rámci stavby „Rekonstrukce kalového hospodářství ÚUK – bezodpadová technologie“ byla pomocí uzavřené bezodpadové technologie Kalolisy řešena likvidace kalových vod, které vznikají při technologické úpravě uhlí. Tato technologie se nachází přímo v objektu ÚUK v budově Prádla.

Tento způsob likvidace kalů byl projektován pouze na provoz technologie Drtírna a Nakládací zásobník v období: pondělí až pátek nepřetržitě, víkendy mimo provoz. Množství kalů mělo postupně klesat z původních 5 300 m³ na 1 720 m³/den, a to na základě postupného omezování provozu, tzn. odstavením technologií Třídírna a Mezistavba, a také snížením množství kalů z areálu HMGD vlivem snižující se těžby na lomu Česko-slovenské armády.

Nedílnou součástí této investiční akce bylo také samostatně oddělit prostor nové technologie, včetně vytápění a řešení samotných stavebních úprav pro zamezení úniku tepla do netemperovaných prostor budovy Prádlu. [1]

2 Technologické řešení

Nová technologie počítala s osazením dvou samostatných sestav na zpracování kalových vod, které se produkují na ÚUK. Bylo dohodnuto, že navržená technologie úpravy kalových vod bude pracovat v tzv. „uzavřeném okruhu“, tj. finální výrobek z kalolisu bude přimícháván do topných směsí a vyčištěné vody budou vráceny zpět do akumulace užitkové (technologické) vody pro opětovné využití v technologii celého provozního úseku ÚUK. Navržená technologie k odvodnění kalových vod předpokládala osazení dvou samostatně pracujících odvodňovacích sestav, kdy každá bude pracovat nezávisle na sobě. Provozní režim obou sestav je závislý na produkovaném množství kalových vod. Předpokládá se, že jedna sestava zpracuje požadovanou produkci kalových vod v množství 1 720 m³ za dobu 16 hodin, tzn. že 2 580 m³ připadá výkonově na jednu linku, resp. sestavu.

Tab. 1: Kvalitativní složení kalové vody (průměrný vzorek).

Měrná hmotnost [g/l]	969
Měrná hmotnost [%]	100
Z toho	
Pevné látky [g/l]	6,78
Pevné látky [%]	0,70
Voda [g/l]	962,22
Voda [%]	99,30
Spalitelné látky [g/l]	4,84
Spalitelné látky [%]	0,50
Ostatní látky [g/l]	1,94
Ostatní látky [%]	0,20
Měrná hmotnost [g/cm ³]	1,53
Ztráta žíháním [%]	71,43
pH	7,12

Na požadované množství 5 300 m³ denně a již zmíněný provoz byla tedy navržená technologie odsouhlasena.

2.1 Vstupní parametry a požadavky pro technologické řešení

- řešení likvidace kalových vod vznikajících při technologické úpravě pomocí uzavřené, bezodpadové technologie Kalolisy,



Obr. 1: Flokulační komory, lamelové usazovací nádrže.



Obr. 2: Celoplastová zásobní nádrž, dávkovací čerpadla, zásobník na polymer.



Obr. 3: Přepad čisté vody z lamelové usazovací nádrže.

- maximální využití stávajícího zařízení, prostor a technologie,
- maximální množství kalových vod bude postupně klesat z původních 5 300 m³ na 1 720 m³.

2.2 Omezující podmínky provozu

- provoz technologie Prádlo, metoda těžkosuspendního rozdrůžování bude ukončena ke dni 31. 12. 2011,
- čerpání kalů na odkaliště Saxonia bude ukončeno ve 2. polovině roku 2012. [1]

3 Popis technologie, kvalitativní složení kalové vody a filtračních koláčů

V technologii Prádlo se v místě bývalých pracích systémů s označením č. 5 a č. 6 nachází nová bezodpadová technologie firmy Envites, tzv. „Kalolisy.“

Zařízení pro čištění mourových vod a odvodňování kalů se skládá ze dvou na sobě nezávislých linek, a technologie funguje následujícím způsobem:

Kalová voda (viz tabulka č. 1) je čerpána ze směšovací jímky (objem 120 m³) pomocí čerpadel U29 d, e kalovým potrubím do flokulační komory (viz obrázek č. 1), vybavené pomaluběžným míchadlem. V celoplastové šnekové zásobní nádrži se rozmíchá prášková směs Sokoflok S68. Flokulace, resp. její koncentrace (poměr vody vůči polymeru), je volena podle toho, jak dochází k sedimentaci v lamelovém usazováku kalů a čistotě přepadu technologické vody. Z takto rozmíchané směsi vznikne tekutý polymerní flokulant, který je dávkován do

flokulační komory elektro-membránovým čerpadlem (viz obrázek č. 2). Ve flokulační komoře je takto připravená kapalina rozmíchávána, přičemž po jejím dostatečném rozmíchání je dopravena do lamelové usazovací nádrže. V této nádrži dochází k sedimentaci pevných tuhých částic, jež jsou odděleny jako kal k dalšímu zpracování (viz obrázek č. 3). K usazování kalů v lamelové usazovací nádrži dochází v její spodní jehlanovité části (viz obrázek č. 4). Odsazená čistá voda je potrubním přepadem vrácena zpátky do provozních jímek jako voda technologická. Z lamelové usazovací nádrže je kal dopravován horizontálním odstředivým čerpadlem a potrubním rozvodem kalů do zahušťovací nádrže kalů (viz obrázek č. 5), kde je zahuštěný kal promícháván. Přepadem je odváděna zbytková voda do jímky, která má označení „J“, a odtud do kanálu ve strojovně Prádlu přes stávající čerpadla U 32 a, b a čerpadla U 29 a, b zpět do směšovací jímky.

Zahuštěný kal je dopravován plnicím (hadicovým) čerpadlem přímo do samotného kalolisu, a to v periodických intervalech (viz obrázek č. 6). Zde dochází k odfiltrování zbytku vody a výsledný filtrační koláč (viz obrázek č. 7) ve formě kalových desek je skluzem dopraven přímo na pasový dopravník U 28. Odtud putuje pomocí PD U20 do objektu Mezistavby a je přimícháván do topných směsí na PD N30. Zbytková voda z kalolisu je potrubím dopravována opět do „J“ jímky, odtud do kanálu ve strojovně přes již zmíněná čerpadla U 32 a, b a čerpadla U 29 a, b zpět do směšovací jímky.

Součástí technologie je mj. vzdušník, který se nachází vedle zahušťovací nádrže kalů. Vzdušník vytváří vzduchový polštář a tlumí rázy vznikající provozem hadicového čerpadla. [3,4]



Obr. 4: Usazování kalů ve spodní jehlanovité části lamelové usazovací nádrže.



Obr. 5: Zahušťovací nádrže kalů.

3.1 Specifikace strojů a zařízení

3.1.1 Flokulační komora (U 101.1 a U 102.1)

Jedná se o ocelovou otevřenou nádrž určenou pro flokulaci, která je opatřena míchadlem.

Průměr	2 500 mm
Výška	5 150 mm
Objem	13,7 m ³
Materiál	ocel třídy 11
Hmotnost prázdná	2 500 kg
Hmotnost provozní	17 500 kg

3.1.2 Kalolis (U 101.2 a U 102.2)

Jedná se o uzavřený komorový kalolis s hydraulickým uzavíráním, s mechanickým odtahem desek.

Filtrační plocha	52 m ²
Filtrační objem	588 dm ³
Rozměr a materiál filtračních desek	800x800 mm, polypropylen
Materiál rámu kalolisu	ocel uhlíková, opatřená nátěrem
Maximální plnicí tlak	1,5 MPa při teplotě 21°C
Hmotnost zařízení	5 450 kg
Hmotnost provozní	6 400 kg

3.1.3 Vzdušník (U101.3 a U102.3)

Jedná se o tlakovou nádobu, sloužící na vyrovnání rázů v potrubí.

Průměr	500 mm
Výška	900 mm
Objem	150 dm ³
Materiál	ocel třídy 11
Maximální tlak	1,6 MPa
Hmotnost zařízení	65 kg
Hmotnost provozní	215 kg

3.1.4 Čerpadlo kalu (U101.4 a U102.4)

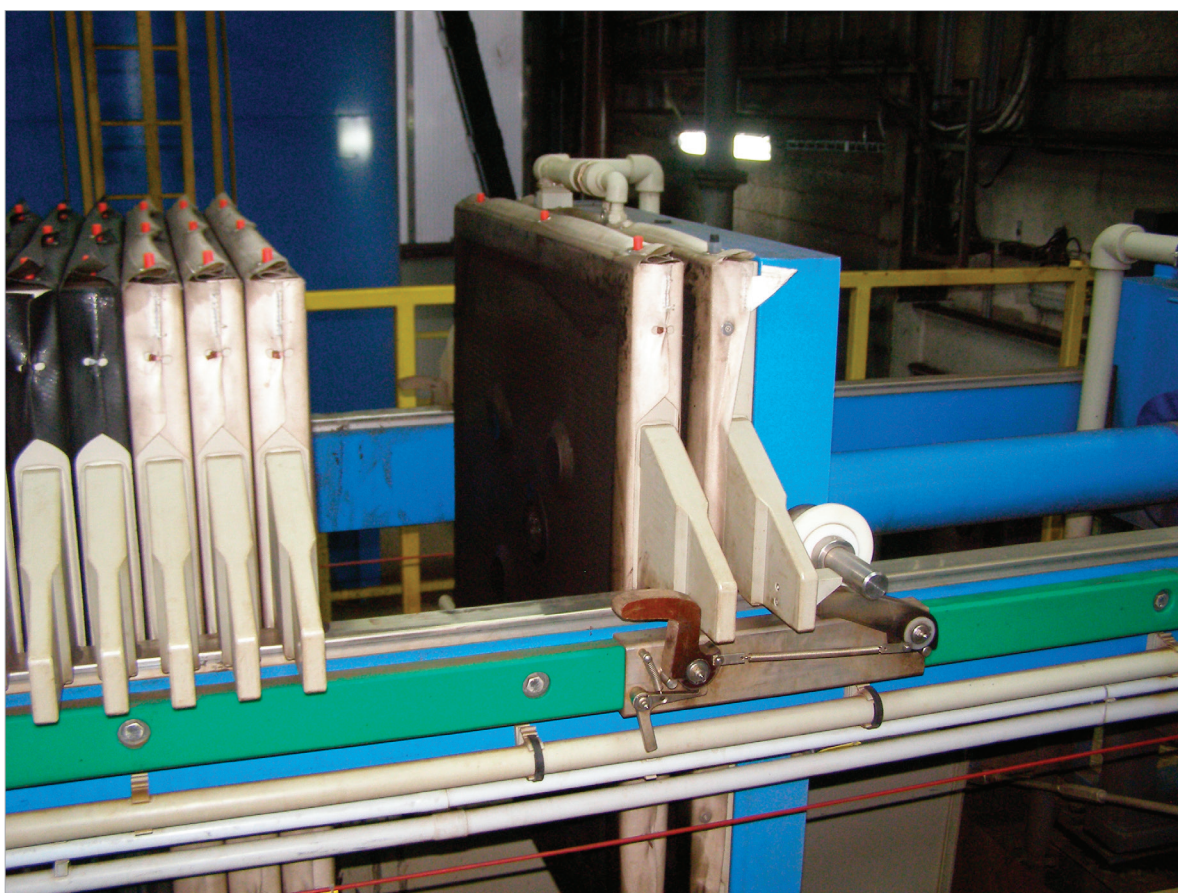
Výtlační síla	15 m
Objemový průtok	9 m ³ /h
Výkon elektromotoru	1,1 kW
Hmotnost zařízení	75 kg

3.1.5 Plnicí čerpadlo – hadicové (U101.5 a U102.5)

Maximální tlak	0,16 MPa
Objemový průtok - maximální	5 m ³ /h
Výkon elektromotoru	7,5 kW
Hmotnost zařízení	850 kg



Obr. 6: Samotná linka kalolisu.



Obr. 7: Samotný odtah desky a výsledný filtrační koláč.

3.1.6 Lamelová usazovací nádrž (U101.6 a U102.6)

Jedná se o otevřenou nádrž s lamelovou vestavbou.

Délka	6 710 mm
Výška	3 970 mm
Šířka	3 300 mm
Objem	42 m ³
Hmotnost zařízení	6 720 kg
Hmotnost provozní	49 000 kg

3.1.7 Zahušťovací nádrž kalu (U101.7 a U102.7)

Jedná se o otevřenou válcovou nádrž s míchadlem.

Délka	3 000 mm
Výška	5 230 mm
Objem	21 m ³
Materiál	ocel třídy 11
Hmotnost zařízení	4 800 kg
Hmotnost provozní	27 500 kg

3.1.8 Rozmíchávací nádrž se šnekovým podavačem (U103.1 a U103.4)

Jedná se o celoplastovou nádrž s míchadly a dávkovačem.

Materiál	polypropylen
Objem	2 x 2 m ³
Hmotnost zařízení	350 kg
Hmotnost provozní	4 350 kg

3.1.9 Dávkovací čerpadlo (U103.2 a U103.3)

Jedná se o elektro-membránové čerpadlo.

Maximální tlak	4 bar
Objemový průtok	150 l/h
Výkon	60 W

3.1.10 Dopravník

Jedná se o stávající pasový dopravník se stávajícím označením PD U28. [4]

3.2 Popis jednotlivých fází filtračního cyklu kalosisu

Je popsáno v grafu č. 1 a obrázku č. 8.

3.2.1 Počátek cyklu

Vyprázdněný kalosis je připraven k zahájení nového filtračního cyklu.

3.2.2 Uzavření kalosisu

Celý svazek filtračních desek (celkový počet je 50 ks) je sevřen pomocí hydraulického systému. Mezi jednotlivými deskami jsou vytvořeny filtrační komory.

3.2.3 Plnění kalosisu, filtrace a tvorba filtračního koláče

Kal (suspenze) ze zahušťovací nádrže kalů je čerpán do kalosisu hadicovým čerpadlem. Suspenze, resp. její průtok, je v tu chvíli největší a tlak v kalosisu je minimální. Pevné částice jsou zachycovány filtrační plachetkou, tekutá fáze prochází tkaninou do drenážního systému desky. Na samotné plachetce narůstá vrstva pevných částic, s tím je spojeno narůstání filtračního odporu.

Je potřeba, aby kapalina i nadále procházela skrz filtrační koláč a plachetku, je proto nutné zvyšovat plnicí tlak. Narůstající filtrační odpor má za důsledek rovněž snižování průtoku suspenze kalosisem. Po dosažení maximálního filtračního tlaku (obvykle 7-16 bar) je množství vytékajícího filtrátu minimální a s časem se již prakticky nemění. Maximální tlak je udržován po určitou dobu, přičemž je dosaženo požadované úrovně odvodnění filtračního koláče. Plnicí čerpadla přestanou čerpat suspenzi do komor kalosisu a tím je filtrace ukončena.

3.2.4 Uvolnění tlaku

Tlak uvnitř komor je otevřením ventilu na větvi uvolnění tlaku snížen na hodnotu před zahájením filtrace.

3.2.5 Otevření kalosisu, odtah filtračních desek a vypadávání filtračního koláče

Hydraulický systém uvolní sevření. Ocelová deska, která tlačí při filtraci svazek filtračních desek, je odsunuta a jednotlivé filtrační desky jsou rozřazeny. Při samotném odtahu mezi jednotlivými deskami dochází k vypadnutí filtračního koláče na samotný pásový dopravník U28.

Samotná produkce a kvalita filtračních koláčů je patrná z tabulky č. 2, 3.

Pásový dopravník je automaticky spuštěn v průběhu odtahu filtračních desek.

4 Změny v technologii Prádla v oblasti stavební a elektro

4.1 Stavební úpravy

Pro umístění technologického zařízení na likvidaci kalů ve stávající budově Prádla bylo nutné počítat se značnou hmotností tohoto zařízení. Proto byl zvolen systém ocelového roštu, který celé nové zatížení přenesl do míst stávajících sloupů železobetonového skeletu tak, že podlahové průvlaky, trámy ani deska nebudou nijak přetíženy. Mezi ocelovým roštem a povrchem stávající podlahy byla vytvořena mezera pro případný úklid pod tímto prostorem. [5]

Ocelový rošt je navržen z válcových profilů, rozmístěných a naddimenzovaných podle nového technologického zařízení. Pochozí plochy okolo technologických zařízení jsou navrženy z žebrovaného plechu ve výšce 600 mm nad úrovní stávající podlahy. Vstup na tyto zvýšené plochy je řešen krátkými schodišti šířky 800 mm. Vstup z podlahy na plošinu kalosisu je zajištěn pomocí žebříku.

Tvary konstrukcí i rozmístění technologie byly přizpůsobeny k tomu, aby se tato technologie uzavřela a prostor mohl být samostatně temperován. [1]

4.2 Temperování objektu

Z důvodu vysoké finanční náročnosti vytápění objektu Prádlo se přistoupilo k oddělení samotné technologie Kalolisy od ostatní části budovy Prádla.

Byla vytvořena (zkonstruována) vlastní vestavba kalolisů uvnitř této budovy. Kalolisy jsou samostatně vytápěny teplovzdušnými jednotkami (Sahara) v celkovém počtu 6 ks.

Dále bylo v rámci úspor za vytápění přikročeno také k samostatnému vytápění mokrých odlučovačů, které jsou umístěny v posledním patře této budovy. Zde budou instalovány celkem 2 ks Sahar.

Samotná budova Prádla je vytápěna do druhého patra, ostatní prostory mimo kalolisy, odlučovačů a provozních místností nejsou vytápěny. Vytápění celého objektu je napojeno na stávající teplovodnou soustavu v rámci ÚUK.

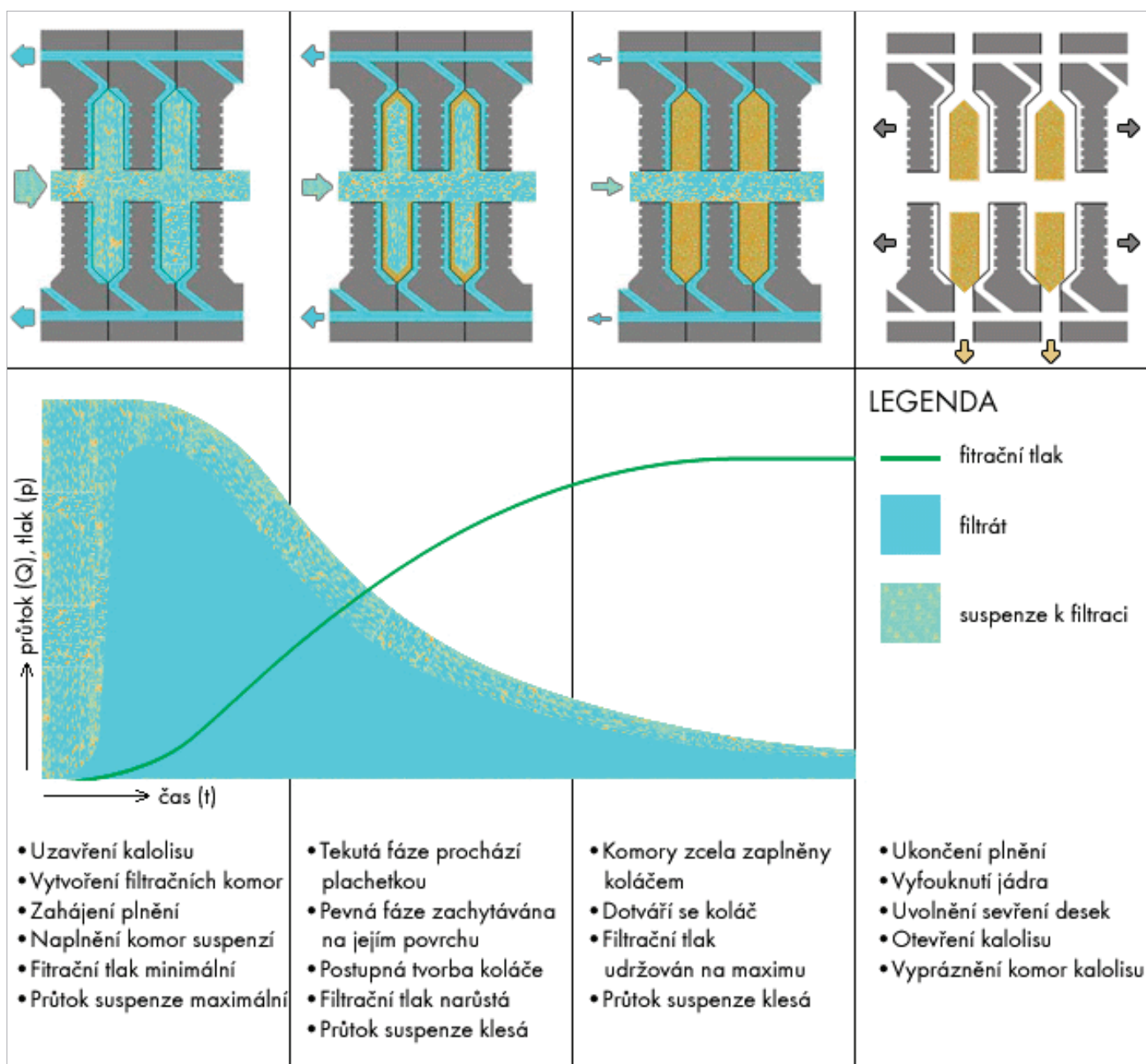
4.3 Elektroúpravy objektu

Stávající řídicí systém Regula byl rozšířen o komunikační modul, aby bylo možné spojení tohoto systému s novým řídicím systémem technologie Kalolisy.

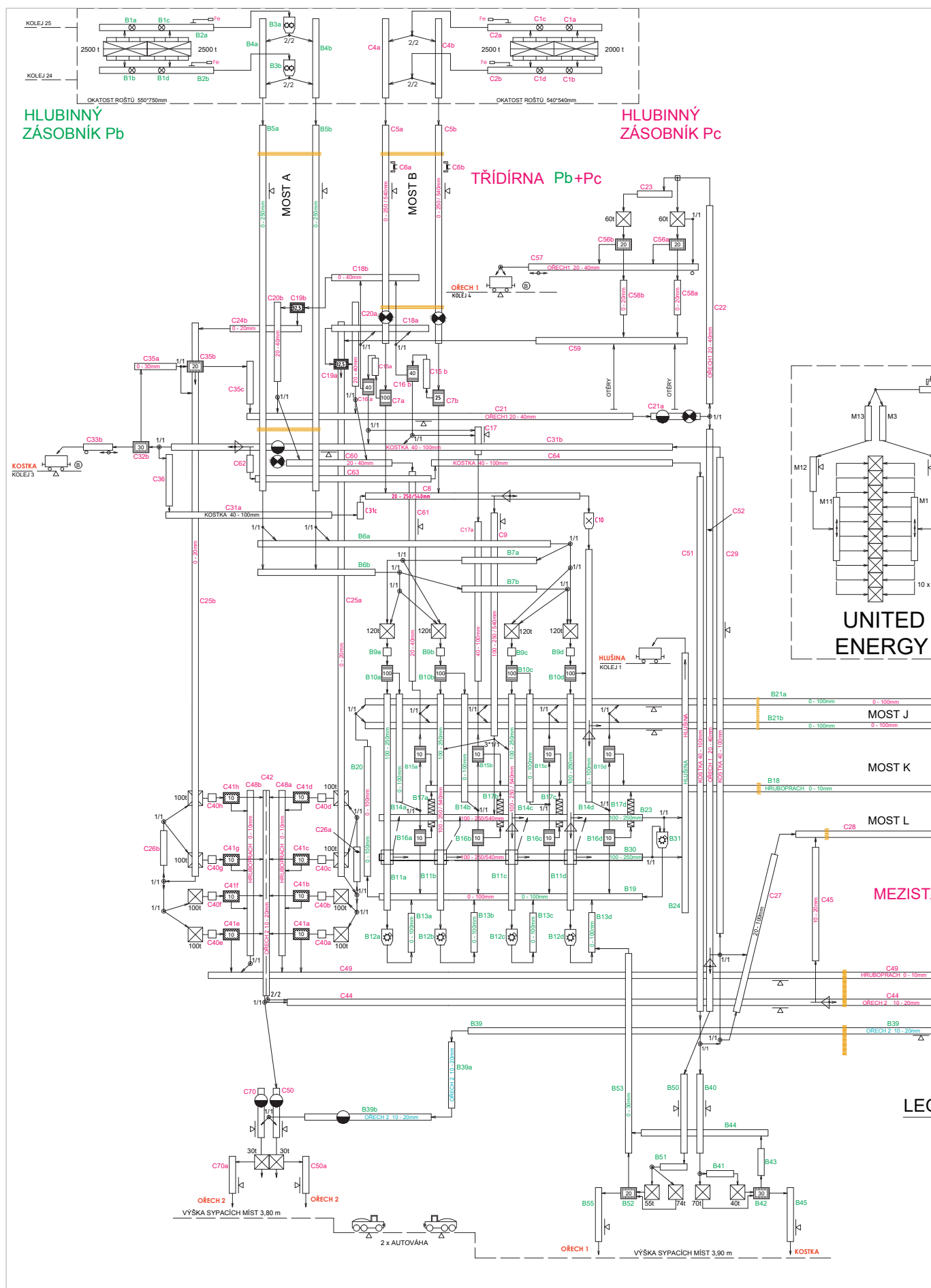
Řídicí systém Regula ovládá chod čerpadel U29 d, e. Řídicí systém kalolisů je tvořen příkazovým automatem, který obsahuje dotykovou obrazovku – vizualizační program, dále výkonový automat provádějící samotnou kontrolu a chod kalolisů a dva frekvenční měniče pro ovládání chodu hadicových tlakových čerpadel. [3]

5 Závěr

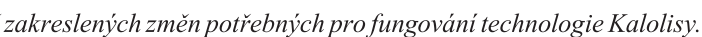
V současné době se produkce uhlí zvýšila a tím došlo i ke zvýšení produkce kalových vod. Uvažuje se o tom, že by se rozšířila stávající technologie o jeden kalolis.



Graf 1: Průběh filtračního cyklu na komorovém kalolisu. [4]



Obr. 8: Technologické schéma Úpravny uhlí v Komořanech, včetně



Tab. 2: Množství kalové vody a filtračních koláčů za sledované období 9/2012 – 6/2014.

Rok	Měsíc	Množství kalové vody [m ³]	Hmotnost filtračních koláčů [t]
2012	září	105 761	575,9
	říjen	127 696	778,7
	listopad	116 648	762,45
	prosinec	106 576	679,25
2013	leden	89 433	1464,1
	únor	93 878	416,65
	březen	89 612	559,65
	duben	99 852	573,95
	květen	81 572	399,75
	červen	91 647	468,65
	červenec	76 547	582,4
	srpen	93 879	627,25
	září	119 824	970,45
	říjen	146 414	800,15
	listopad	130 483	991,9
	prosinec	126 245	948,35
	celkem v roce	1 239 566	7 803,25
2014	leden	133 197	936,0
	únor	120 530	927,55
	březen	125 487	880,75
	duben	106 631	828,1
	květen	107 236	678,6
	červen	109 447	912,6

Tab. 3: Kvalitativní složení filtračních koláčů.

Kalolis	Voda veškerá původní W_r^r [%]	Popel původní A^r [%]	Výhřevnost původní Q_i^r [MJ/kg]	Síra původní S^r [%]	Popel bezvodý A^d [%]	Spalné teplo v hořlavině $Q_{s,daf}$ [MJ/kg]	Síra bezvodá S^d [%]	Prchavá hořlavina V^{daf} [%]
U 101.2	52,01	9,94	10,17	0,60	20,70	31,37	1,26	49,85
U 102.2	56,72	8,27	9,31	0,42	19,11	31,91	0,98	51,09

Ukládání kalových vod do odkaliště Saxonia bylo ekonomicky i provozně velmi náročné (dlouhá trasa potrubí – výkonná čerpadla, velký objem dopravované vody, v zimním období zamrzání potrubí atd.). V současné době pracují kalolisy v uzavřeném okruhu, přičemž výsledný produkt – filtrační koláč – je přimícháván do topných směsí.

S rekultivací odkaliště se započalo v roce 2012. Plocha odkaliště bude rekultivována jednak jako ostatní plocha – zatravněním se skupinovou výsadbou, s důrazem na funkci půdoochrannou a ekostabilizující, a jednak jako ostatní plocha – usměrňovanou sukcesí, zahrnující již existující vzrostlé porosty dřevin a ostatní bezzásahové plochy. Technická část rekultivace území bude zahájena odčerpáním vody z prostoru. Dále bude provedeno odtěžení bočního valu odkaliště a návoz vrstvy krycí zeminy na plochu určenou k rekultivaci. Na vrstvě krycí zeminy budou provedeny celoplošné terénní úpravy spočívající v zarovnání terénních nerovností. Zpřístupnění ploch bude ze zpevněné komunikace

v navazujícím území. Předpoklad ukončení rekultivace je kolem roku 2025.

Výstavbou linky kalolisů se mj. snížil objem technologické vody a s tím spojené náklady na její dopravu. V okruhu je používán víceméně stejný objem technologické vody s minimálními ztrátami. Technologickou vodu používáme při splachování provozních objektů a při zkrápění pasových dopravníků, přesypů atd., v rámci protiprašného opatření provozního úseku. Ztráta vody v okruhu je řešena jejím doplněním z Hutního potoka, případně ze zdroje 3A – PVN2.

V současné době probíhá výstavba výtlačného potrubí kalové vody z technologie kalolisů směrem do PČS2 na lomu ČSA a odtud následně do ÚDV ČSA – JŠ. Toto řešení se provádí pro případ mimořádné situace provozu linky kalolisů (porucha řídicího systému, výpadek elektrického proudu, porucha technologie kalolisů, rekonstrukce a opravy čistícího zařízení apod.), kdy

nebude možné kalolisy využít a bude touto situací omezen, případně úplně odstaven, provoz na celé ÚUK.

Bezproblémové najetí provozu u této investiční akce potvrdil navržený a realizovaný způsob technických opatření, který byl založen především na širokém objemu znalostí a zkušeností všech zúčastněných.

Literatura

- [1] BPO, spol. s r.o.: *Souhrnná technická zpráva - Rekonstrukce kalového hospodářství ÚUK Bezodpadová technologie*, 6/2012.
- [2] ZL Severní energetická a.s.: *Provozní řád úseku Úprava uhlí - ÚUK*, Severní energetická a.s., 3/2014.
- [3] PAS, spol. s r.o.: *Rozšíření řídicího systému ÚUK Prádlo - Kalolisy*, 6/2012.
- [4] Pokyny pro obsluhu a údržbu kalolisů: *Technická dokumentace zařízení 05/A, B*, 6/2012.
- [5] MIKOLÁŠ, M., DANDOŠ, R., SUBIKOVÁ, M.: *Measuring shifts base to calibrate test equipment GNSS*. Geodesy and Cartography, roč. 39, č. 1, str. 1-6. ISSN 2029-6991.