



**INNOWACYJNA
GOSPODARKA**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



PROJEKT

„STRATEGIE I SCENARIUSZE TECHNOLOGICZNE ZAGOSPODAROWANIA
I WYKORZYSTANIA ZŁÓŻ SUROWCÓW SKALNYCH”

EKSPLOATACJA KRAJOWYCH ZŁÓŻ PIASKÓW I ŻWIRÓW SPOD LUSTRA WODY Z UWZGLĘDNIENIEM WPROWADZANIA NOWYCH ROZWIĄZAŃ TECHNOLOGICZNYCH



Wrocław 2013

POLTEGOR-INSTYTUT
INSTYTUT GÓRNICCTWA ODKRYWKOWEGO

Pod redakcją dr inż. Andrzeja Witta

EKSPLOATACJA KRAJOWYCH ZŁÓŻ
PIASKÓW I ŻWIRÓW
SPOD LUSTRA WODY Z UWZGLĘDNIENIEM
WPROWADZANIA NOWYCH ROZWIĄZAŃ
TECHNOLOGICZNYCH

Andrzej Witt
Zbigniew Schmidt
Andrzej Pomorski

Wrocław 2014

Recenzenci

dr hab. Alicja Krzemińska

dr hab. inż. Jerzy Malewski, prof. PW

Pracę wykonano w ramach projektu p.t. *”Strategie i Scenariusze Technologiczne Zagospodarowania i Wykorzystania Złóż Surowców Skalnych”* realizowanego na podstawie umowy nr *UDA-POIG.01.03.01-00-001/09-00* z dnia 17.09.2009 r.,
ZADANIE 4. Innowacyjne technologie wydobycia i przeróbki surowców skalnych dla głównych grup surowcowych

Autorzy

Andrzej Witt - rozdz. 2-10

Zbigniew Schmidt - rozdz. 11

Andrzej Pomorski - rozdz. 12

WYDAWCA

POLTEGOR – INSTYTUT

Instytut Górnictwa Odkrywkowego

Redaktor mgr Renata Skąlecka-Klimkiewicz

51-616 Wrocław, ul. Parkowa 25

tel. 71 348 82 27, 71 348 82 15

fax 71 348 43 20

e-mail: poltegor@igo.wroc.pl

SKŁAD I DRUK

Zubek Poligrafia, www.zubek.pl

ISBN 978-83-60905-77-7

Spis treści

1. Wstęp.....	5
2. Krajowe zasoby piasków i żwirów.....	6
2.1. Wielkość zasobów.....	6
2.2. Wielkość wydobycia.....	8
3. Typy złóż eksploatowanych spod lustra wody.....	11
4. Podstawowe kierunki wykorzystania piasków i żwirów.....	14
5. Dobór ciągów technologicznych do eksploatacji złóż piasków i żwirów spod lustra wody.....	15
5.1. Wpływ składu granulometrycznego złóż na dobór ciągów technologicznych do ich eksploatacji.....	18
5.2. Dobór urządzeń w ciągach technologicznych eksploatujących złoża piasków i żwirów na podbudowę obiektów budowlanych.....	18
6. Maszyny prowadzące wydobycie piasków i żwirów spod lustra wody w krajowych kopalniach.....	28
6.1. Pływające koparki łańcuchowe.....	28
6.2. Pływające koparki chwytakowe.....	33
6.3. Urabianie koparkami ssącymi.....	41
6.3.1 Wyposażenie organów urabiających w koparkach ssących... ..	48
6.4. Koparki hydropneumatyczne.....	52
6.5. Sterowanie pracą koparek eksploatujących surowce skalne spod lustra wody.....	53
7. Koparki urabiające złoża zawodnione z ładu.....	59
7.1. Urabianie koparkami łyżkowymi podsiębiernymi.....	59
7.2. Urabianie koparkami z osprzętem zgarniakowym.....	62
7.3. Urabianie zgarniarkami linowymi.....	66
7.4. Urabianie koparkami łańcuchowymi.....	69
8. Technologie stosowane przy wydobyciu piasków i żwirów spod lustra wody.....	71
8.1. Urabianie jednostkami pływającymi.....	71
8.2. Urabianie złóż spod wody urządzeniami usytuowanymi na łądzie.....	79
9. Technologia przeróbki urobku (piasków i żwirów).....	80
9.1. Układy przeróbcze.....	80
9.2. Odwadnianie urobku.....	82
9.3. Oczyszczanie piasków i żwirów.....	97
9.4. Kruszenie ziaren nadgabarytowych.....	117
9.5. Kosze zasypowe.....	122
9.6. Zasobniki i zbiorniki międzyoperacyjne.....	123
9.7. Przesiewacze wibracyjne.....	124

10.	Transport, składowanie i dystrybucja.....	127
10.1.	Rodzaje transportu stosowane w kopalniach piasków i żwirów	127
10.2.	Składowanie i dystrybucja produktów gotowych	134
10.3.	Produkty uzyskiwane z eksploatacji złóż piasków i żwirów	141
11.	Innowacyjne rozwiązania stosowane w kopalniach eksploatujących piaski i żwiry spod lustra wody	142
11.1.	Innowacyjne metody wspomaganie rozpoznania złóż piasków i żwirów, lokalizowanie w nich miejsc występowania utworów towarzyszących	142
11.2.	Innowacyjne metody wspomaganie rozliczeń zasobów eksploatowanych przez pływające koparki łańcuchowe	150
11.3.	Innowacyjne metody, projekty i rozwiązania praktyczne	153
12.	Energochłonność	164
12.1.	Metodyka zastosowanych badań.....	164
12.2.	Energochłonność a koszty jednostkowe produkcji	165
12.3.	Energochłonność ciągu eksploatacyjnego złoża żwirowo – piaskowego.....	167
12.4.	Energochłonność ciągu eksploatującego złoża zaglinione...	170
13.	Podsumowanie	172
14.	Literatura	174
	Spis tabel	178
	Spis rysunków	180
	Spis fotografii.....	183

1. Wstęp

Jednymi z głównych kopalin eksploatowanych w Polsce są piaski i żwiry. Utwory te dzielą się na dwie podstawowe grupy: żwiry i pospółki oraz kruszywa drobne piaszczyste. Pochodzenie tych złóż w większości jest czwartorzędowe. Genetycznie występują trzy typy złóż: lodowcowe, wodnolodowcowe i rzeczne. Złóża kruszyw drobno piaszczystych rozmieszczone są równomiernie na terenie Polski z wyjątkiem rejonów górskich na południu. Kruszywa żwirowo – piaszczyste występują w części południowej Polski w dolinach rzecznych natomiast w części północno-środkowej głównie w złóżach pochodzenia wodno-lodowcowego zbudowanego ze skał skandynawskich.

Eksploatacja złóż prowadzona jest w zależności od warunków hydrogeologicznych, w jakich zalegają, z powierzchni terenu lub spod lustra wody. W przedstawionych w pracy rozwiązaniach szczególnie nacisk postawiono na układy wydobywcze i przeróbcze. Zaprezentowano główne grupy maszyn służących do eksploatacji piasków i żwirów spod lustra oraz zakres ich stosowania. Oprócz maszyn powszechnie stosowanych w Polsce przedstawiono również urządzenia rzadko stosowane oraz te, których nie wprowadzono jeszcze do eksploatacji. Niniejsza praca obejmuje tematykę eksploatacji piasków i żwirów wydobywanych wyłącznie spod lustra wody. W publikacji zawarto między innymi problematykę:

- stanu zasobów złóż piasków i żwirów, jakie są aktualnie udokumentowane w Polsce oraz zakres ich eksploatacji
- maszyn stosowanych do eksploatacji złóż
- urządzeń stosowane do transportu wewnętrznego w kopalniach
- układów przeróbczych
- sposobów składowania produktów gotowych i dystrybucji
- technologii urabiania złóż
- energochłonności ciągów technologicznych
- innowacyjnych metod wprowadzane do ciągów technologicznych.

W pracy pokazano rozwiązania stosowane w krajowych i zagranicznych kopalniach. Opisane zagadnienia obejmują główne elementy technologiczne

decydujące o prawidłowym funkcjonowaniu kopalń prowadzących wydobywanie ze złóż piasków i żwirów eksploatowanych spod lustra wody. Maszyny i urządzenia wchodzące w skład ciągów technologicznych wydobywających i przerabiających piaski i żwiry przedstawiono na przykładach produktów wytwarzanych w Polsce oraz przez głównych producentów w świecie. Podstawowe parametry wybranych urządzeń zestawiono w tabelach oraz na rysunkach.

Szeroko omówiono również urządzenia układów przeróbczych, w których jest największa ilość nowych rozwiązań mających na celu wprowadzanie na rynek coraz lepszych produktów końcowych oraz pozyskiwanie z gorszych jakościowo kopalin wartościowych produktów, mogących znaleźć zastosowanie w różnych sektorach gospodarki, gdzie duże znaczenie ma skład ziarnowy produktów końcowych oraz usuwanie zanieczyszczeń z kopalin. Ważną częścią pracy było przedstawienie rozwiązań innowacyjnych, które wprowadzane są w kopalniach piasków i żwirów.

Pierwszą grupę rozwiązań stanowią urządzenia i metody wprowadzane dla celów monitorowania wydobywania i ograniczania strat wydobywczych. Kolejne rozwiązania związane są z ograniczeniem ilości ziaren odprowadzanych z odpadami do zwałowania. W pracy przedstawiono również rozwiązania proekologiczne ograniczające ujemne oddziaływanie prowadzonych procesów wydobywczych na środowisko.

Opracowanie zostało wykonane w ramach projektu współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka pn: „**Strategie i scenariusze technologiczne zagospodarowania i wykorzystania złóż surowców skalnych**”

2. Krajowe zasoby piasków i żwirów

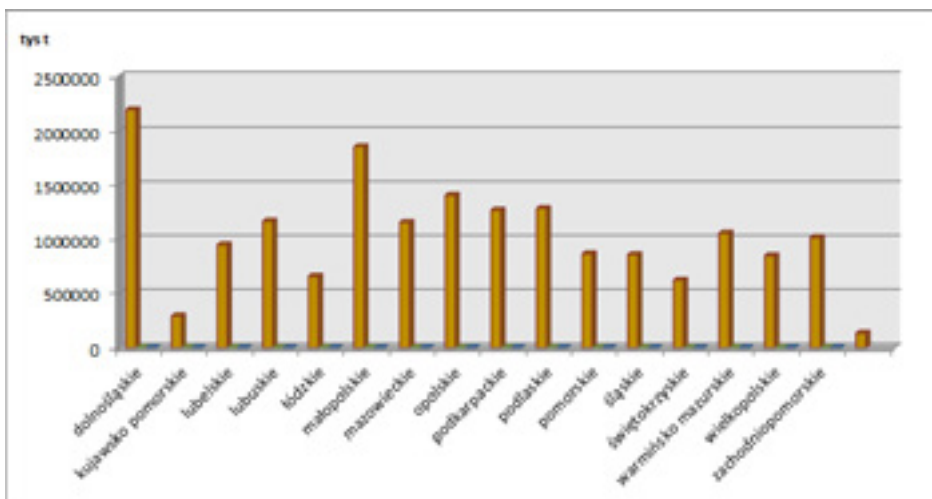
2.1. Wielkość zasobów

Bilansowe geologiczne zasoby piasków i żwirów według stanu na 31.12.2012 r. zostały udokumentowane dla 9054 złóż i wynoszą 17711,2 mln ton. Zasoby przemysłowe zatwierdzone na 31.12. 2012 r wynoszą 3496,2 mln ton (tab.1). Udokumentowane geologicznie zasoby bilansowe zlokalizowane są w 51,8 % na terenie Polski południowej, pozostałe zasoby rozmieszczone są w pozostałych częściach kraju ich wielkość w poszczególnych województwach wg. stanu na 31.12.2012 przedstawia rysunek 1. Zasoby udokumentowane w południowej części kraju są pochodzenia głównie aluwialnego. Kopalina z tych złóż zaliczana jest do żwirowo – piaskowych lub żwirowych [6].

W ostatnich latach obserwowany jest również przyrost eksploatowanych zasobów geologicznych o 478604 ton oraz zasobów przemysłowych o 429277 ton w stosunku do roku 2011 roku. Zwiększyła się również ilość złóż udokumentowanych o 426 [6].

Tabela 1 Wielkość geologicznych zasobów bilansowych i przemysłowych, stan na 2012 r. (źródło: Bilans zasobów złóż kopalin w Polsce wg stanu na 31.12.2012) [6]

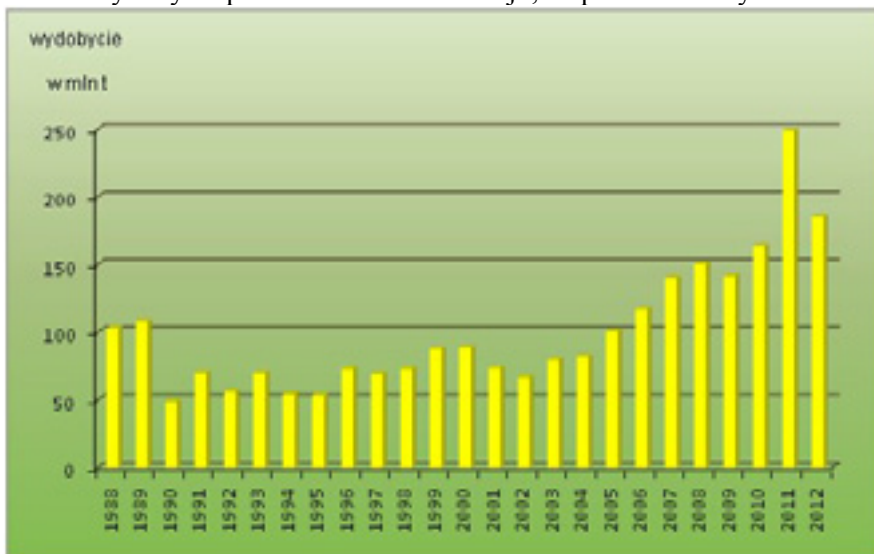
	Województwo	Ilość złóż	Geologiczne zasoby bilansowe	Zasoby przemysłowe
1	2	3	4	5
1	dolnośląskie	439	2 195 444	450 157
2	kujawsko pomorskie	652	303 090	108 017
3	lubelskie	840	952 984	64 951
4	lubuskie	257	1 176 149	269 592
5	łódzkie	804	666 844	195 590
6	małopolskie	367	1 858 619	188 917
7	mazowieckie	1 198	1 164 969	255 978
8	opolskie	174	1 409 837	163 430
9	podkarpackie	744	1 267 740	149 653
10	podlaskie	616	1 284 604	421 726
11	pomorskie	553	867 067	175 378
12	śląskie	250	859 693	73 523
13	świętokrzyskie	199	629 852	24 206
14	warmińsko mazurskie	632	1 063 264	322 017
15	wielkopolskie	1 031	849 823	278 526
16	zachodniopomorskie	295	1 022 335	255 176
17	Bałtyk	3	138 848	99 370
Razem		9 054	17 711 162	3 496 205



Rys. 1 Wielkość zasobów bilansowych piasków i żwirów w poszczególnych województwach i Bałtyku na koniec 2012 roku [6]

2.2. Wielkość wydobycia

Wydobycie piasków i żwirów w Polsce w ostatnich 25 latach ulegało dużym zmianom (rys. 2). Po okresie znacznego spadku w latach 90-tych począwszy od 2003 roku nastąpił stały wzrost wydobycia, który trwał aż do roku 2011, przy czym warto zaznaczyć, że w roku 2009 zanotowano niewielki jego spadek. Natomiast w roku 2012 nastąpiło znaczne załamanie wzrostu wydobycia piasków i żwirów w kraju, co przedstawia rysunek 2.

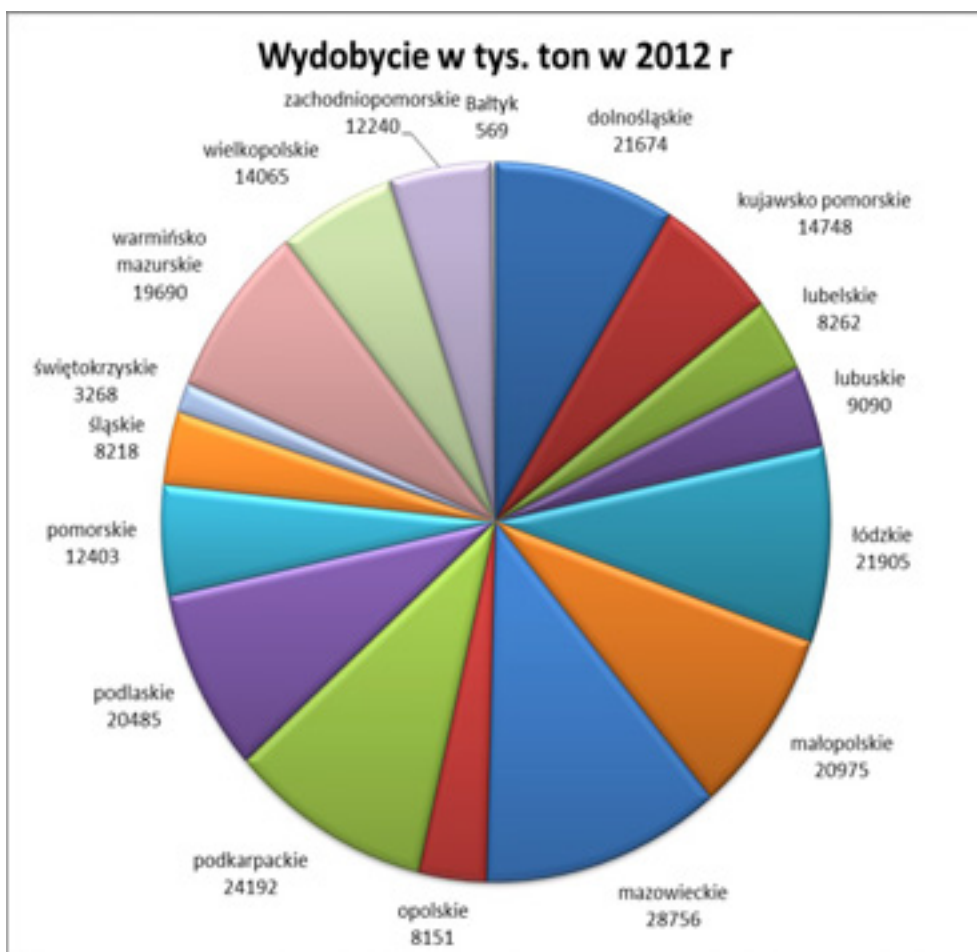


Rys. 2 Wielkość wydobycia piasków i żwirów w Polsce w latach 1989 – 2012 [6]

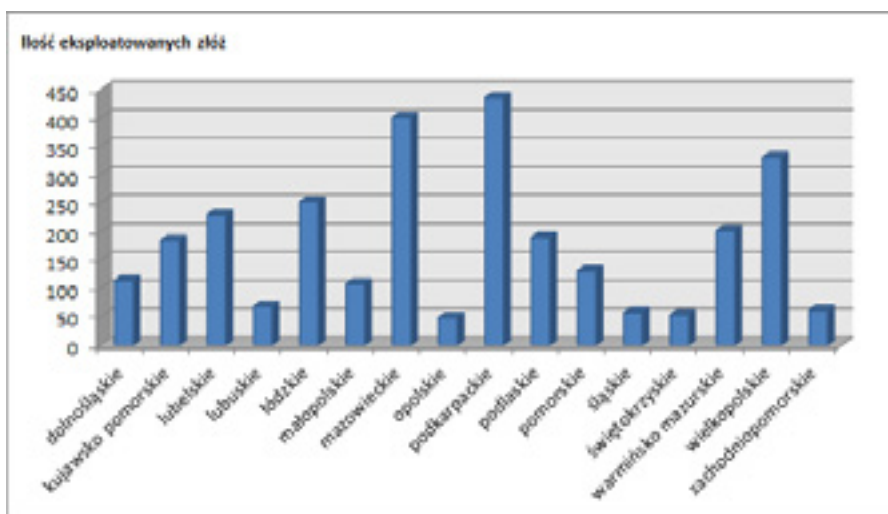
Wydobycie piasków i żwirów prowadzone jest równomiernie na terenie całego kraju, a ze złóż zlokalizowanych na terenach Polski południowej pochodzi 38,1% ich wydobycia. W pozostałej części kraju dominują złoża piaskowo - żwirowe i piaskowe. Wielkość wydobycia w poszczególnych województwach zestawiono w tabeli 2 oraz zilustrowano na wykresie (rys. 3). Natomiast ilość złóż eksploatowanych w województwach zestawiono w tabeli 2 oraz na rysunku 4. Z zestawień można wyciągnąć wniosek, że w województwach: dolnośląskim, zachodniopomorskim i małopolskim dominują duże kopalnie średnie wydobycie w tych województwach kopalni wynosi ok. 190 tys. ton. Natomiast w województwach lubelskim i wielkopolskim średnie wydobycie kopalni nieprzekracza 50 tys. ton. Można wnioskować na tej podstawie, że dominują w nich małe kopalnie wydobywające kopalinę głównie na cele lokalne [5].

Tabela 2 Wielkość wydobycia w 2011 r. (źródło: Bilans zasobów złóż kopalin w Polsce wg stanu na 31.12.2012) [5]

Lp	województwo	ilość złóż o wydobyciu				ilość złóż eksploatowanych	wydobycie
		>100	20-100	10-20	<10	razem	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	dolnośląskie	45	44	10	15	114	21 674
2	kujawsko pomorskie	38	64	27	56	185	14 748
3	lubelskie	17	73	52	88	230	8 262
4	lubuskie	26	15	5	22	68	9 090
5	łódzkie	43	94	44	71	252	21 905
6	małopolskie	46	26	12	24	108	20 975
7	mazowieckie	47	123	62	169	401	28 756
8	opolskie	14	23	5	6	48	8 151
9	podkarpackie	47	114	26	249	436	24 192
10	podlaskie	31	67	29	63	190	20 485
11	pomorskie	24	59	17	31	131	12 403
12	śląskie	21	20	4	12	57	8 218
13	świętokrzyskie	8	24	10	11	53	3 268
14	warmińsko mazurskie	54	80	28	40	202	19 690
15	wielkopolskie	34	120	59	118	331	14 065
16	zachodniopomorskie	24	17	7	13	61	12 240
17	Bałtyk	1	0	0	0	1	569
Razem		520	963	397	988	3436	248 691



Rys. 3 Wielkość wydobycia piasków i żwirów w 2012 r. w poszczególnych województwach [6]



Rys. 4 Ilość eksploatowanych złóż w 2012 r. na terenie Polski w poszczególnych województwach [6]

3. Typy złóż eksploatowanych spod lustra wody

Surowce okruchowe określane są również, jako kopaliny luźne. Ich geneza jest podstawą do podziału na:

- wietrzeniowo – mechaniczne (eluwialno, deluwialne i preluwialne),
- aluwialne osady rzeczne,
- przybrzeżne (osady morskie i jeziorne, deltowe i mierzejowe),
- polodowcowe (morenowe i fluwioglacjalne),
- eoliczne (wydmore i pustyne).

Złoża wietrzeniowo – mechaniczne powstają w obrębie wietrzącego masywu. W wyniku procesów wietrzenia usunięte zostają składniki rozpuszczalne, substancje koloidalne, a minerały o małych gęstościach są niekiedy wywiewane lub rozmywane i pozostają wtedy minerały odporne na wietrzenie. W zależności od miejsca tworzenia, wyróżnić można:

- złoża eluwialne,
- złoża deluwialne,
- złoża preluwialne.

Złoża eluwialne powstają w miejscu wietrzenia skał macierzystych a złoża deluwialne powstają na zboczach. Ważnym czynnikiem przy tworzeniu tych złóż jest sortowanie materiału okruchowego podczas jego spełzania po zboczu. Sortowanie jest nierównomierne w różnych częściach zbocza. Dlatego też wydziela się trzy strefy:

- strefę górną intensywnego wietrzenia skał, zasilającą rozsypiska materiałem okruchowym,
- strefę zasadniczego przemieszczania materiału po zboczu,

- strefę powolnego przemieszczania i gromadzenia materiału okruchowego.

Przemieszczanie materiału okruchowego po zboczu odbywa się pod wpływem siły ciężkości i zależy od kąta nachylenia zbocza, grubości osypiska, wilgotności, kształtu i gęstości okruchów, współczynnika tarcia oraz wahań temperatury powodujących zamarzanie i rozmarzanie zbocza, kurczenie się i rozszerzanie okruchów pod wpływem temperatury, wpływ przemieszczeń śniegu i lodu oraz wpływ soliflukcji.

Złóża preluwialne występują u podnóża zboczy. Gromadzony jest w nich materiał skalny okruchowy, który przemieszcza się z wyżej położonych rejonów wietrzenia skał.

Złóża te występują w formie: gniazd, kieszeni i form nieregularnych.

Aluwialne osady rzeczne powstają w wyniku mechanicznego osadzania się materiału okruchowego pochodzącego z erozji skał w środowisku rzeczonym. Materiały okruchowe transportowane są przez wodę. Złóża te powstają w miejscach, w których następuje spadek siły nośnej wody. Występują one na terenach podgórskich, w wewnętrznych częściach meandrów i dnach koryt rzecznych w stadium erozyjnym oraz deltach. Skład i rodzaj aluwów zależą od budowy geologicznej dorzecza, klimatu oraz zdolności transportowej rzeki. W dolinach górskich strumieni osady aluwialne występują tylko w ich korytach i brzeżnych strefach. W dolinach rzek osady aluwialne budują rozległe płaskie dna z terasami. W miejscach, gdzie rzeki wypływają na nizinę następuje spadek prędkości płynącej w nich wody wynikający z malejącego nachylenia koryta, dochodzi do gwałtownej depozycji niesionego materiału i powstają tam stożki napływowe. Aluwia mogą składać się z różnorodnego materiału, jaki transportowany jest przez wodę, począwszy od najdrobniejszych części ilastych i pylastych, poprzez piaski i żwiry aż po głazy. Rozmiary materiału aluwialnego transportowanego rzeką, zależą od energii płynącej nią wody tj. m.in. od nachylenia koryta, ilości wody. Transport odbywa się w postaci zawiesiny lub poprzez wleczenia materiału po dnie. W miarę spadku energii przepływu, który może nastąpić wyniku np. zmniejszenia nachylenia koryta rzeki lub jego poszerzenia następuje osadzanie się najcięższych elementów niesionego materiału. W konsekwencji najgrubsze frakcje (żwiry i głazy) występują najczęściej tylko w górskich odcinkach rzek i strumieni, gdzie silne wezbrania oraz duże spadki hydrauliczne dostarczają energii do transportu grubszego materiału. W dolnych odcinkach rzek, o niewielkich nachyleniach koryta w osadach aluwialnych, dominują piaski jedynie z domieszką grubszego materiału, który transportowany jest podczas okresowych powodzi. W rzekach, których dolny odcinek jest długi, do ujścia transportowany jest jedynie najdrobniejszy materiał. Piaski aluwialne są średnio obtoczone, błyszczące, warstwowe, a w obrębie warstwy dość dobrze wysortowane. Piaski aluwialne posiadają jasną lub białą barwę pochodzącą od dobrze przemytych

ziaren kwarcu. Są one ubogie w tlenki i wodorotlenki żelaza, skalenie, minerały ilaste i inne składniki.

Złóża przybrzeżne powstają pod wpływem przepływów i odpływów fal i prądów przybrzeżnych. Ich działanie polega na abrazji strefy przybrzeżnej dążącej do osiągnięcia równowagi nachyleń wybrzeża. Wymywane, wrywane odłamki skał budujących brzegi morza w wyniku działania fal morskich są rozkruszane a ich ostre krawędzie wygładzane. Piaski morskie są dobrze obtoczone i równomiernie uziarnione. Właściwości te w dużym stopniu zależą jednak od typu wybrzeży. Częstym składnikiem piasków pochodzenia morskiego jest glaukonit.

Złóża polodowcowe powstały w wyniku działania lodowca, który utworzył wzniesienia zbudowane ze żwirów i piasków. W zależności od kształtu oraz sposobu tworzenia są to:

- wzgórza morenowe - wzniesienia o niewielkich wysokościach i łagodnych zboczach utworzone z materiału skalnego osadzanego przez lodowiec lub przemieszczanego pod jego naciskiem,
- sandry – rozległe bardzo płaskie stożki napływowe zbudowane ze żwirów i piasków osadzanych i wypłukiwanych przez wody wypływające z topniejących lodowców,
- kemy – pagórki o stożkowym lub płaskim wierzchołku oraz stromych zboczach. Wysokość ich wynosi od kilku do kilkunastu metrów, a średnica kilkaset metrów. Powstają z utworów przemieszczanych przez wody płynące w lodowcu i na jego powierzchni. Zbudowane są warstwowo z piasków mułków i żwirów, które osadzone są w szczelinach i zagłębieniach.
- ozy - powstałe na obszarze moreny dennej z niesionych przez wodę piasków i żwirów gdy wody płynęły w lodowcu i po jego powierzchni. Woda osadzała piaski i żwiry w szczelinach lodowca. Po jego stopnieniu zostały osadzone przez wiele kilometrów w formie długich ciągów ozów. Osady fluwioglacjalne (rzczołodowcowe) składają się z ziaren obtoczonych słabiej niż ziarna piasków rzecznych. Charakteryzują się słabą selekcją i urozmaiconym składem mineralnym.

Złóża eoliczne powstają w wyniku wrywania przez wiatr, pojedynczych ziaren ze skał, przenoszenia ich w nowe miejsca i osadzaniu. Działalność wiatru jest szczególnie silna w rejonach pozbawionych szaty roślinnej, głównie z powodu niedoborów wody, w rezultacie, czego grunt jest suchy, piasek, żwir i pył łatwo są unoszone, a nie natrafiając na większe przeszkody mogą się przemieszczać na duże odległości.

Kolejne procesy tworzenia złóż eolicznych polegają na:

- niszczeniu (wietrzeniu) skał,
- transporcie materiału skalnego,
- osadzaniu przeniesionego materiału.

Złoża te powstają w wyniku działalności akumulacyjnej, która polega na zostawianiu (depozycji) materiału skalnego, niesionego przez wiatr. Dzieje się tak wtedy, gdy prędkość wiatru spada lub napotyka on na swojej drodze jakąś przeszkodę (np. kępy trawy).

Do form powstających na skutek tego procesu zaliczamy:

- wydmy – formy w kształcie łuku zbudowane z piasków,
- ripple marki – zmarszczki na powierzchniach piaszczystych, które są formami krótkotrwałymi, ulegającymi transformacji, gdy zmienia się kierunek wiatru,
- pokrywy lessowe - uformowane z pyłu na przedpolach pustyń oraz na przedpolach dawnych lądolodów oraz pył wywiany z przedpola lodowca,
- pustynie piaszczyste,
- pustynie żwirowe,
- pustynie kamieniste (skaliste),
- pustynie ilaste,
- lodowe – obszary zlodowacone,
- wydmy nadmorskie.

Piaski eoliczne (wydmowe) są dobrze obtoczone i przesortowane. Składają się prawie wyłącznie z okruców drobnoziarnistych, co uwarunkowane jest ograniczoną zdolnością transportową wiatru. Powierzchnia ziaren piasków eolicznych jest matowa i porysowana na skutek wzajemnego ich ocierania się w trakcie transportu. Skład mineralny tych piasków jest na ogół zróżnicowany, dlatego ich zabarwienie jest najczęściej żółtawe.

W Polsce eksploatowane są głównie złoża pochodzenia:

- aluwialnego (osady rzeczne),
- polodowcowego (morenowe i fluwioglacjalne).

Osady pochodzenia aluwialnego eksploatowane są w rejonach rzek oraz zbiorników wodnych. Główne zasoby piasków i żwirów koncentrują się w dorzeczu Odry oraz na Przedgórzu Karpackim.

Złoża pochodzenia polodowcowego zlokalizowane są głównie na nizinie polskiej i terenach przybrzeżnych.

W rozporządzeniu Ministra Środowiska z 18.12.2001 Dz.U.2001.153.1774 określone zostały kryteria bilansowości określające graniczne wartości parametrów złoża i jego granic. Miąższość złoża powinna być nie mniejsza niż 2,0 m, stosunek grubości nadkładu do złoża powinien być nie większy niż 1,0 oraz zawartość pyłów nie większa niż 15%.

4. Podstawowe kierunki wykorzystania piasków i żwirów

Złoża piasków i żwirów dzieli się pod względem ich przydatności użytkowej. Piaski i żwiry wykorzystuje się w dwóch podstawowych kierunkach:

- do produkcji kruszywa na cele budowlane i drogowe (produkcja grysów i mieszanek). Złóża te charakteryzują się niskim punktem piaskowym,
- do bezpośredniego zastosowania bez procesów przeróbczych np. do budowy nasypów i wymiany gruntów.

O zakresie zastosowania piasków i żwirów decyduje ich uziarnienie. W składzie ziarnowym złóż piasków i żwirów wyróżniane jest pięć frakcji:

- kamienista o ziarnach $d > 25 \text{ mm}$
- żwirowa o ziarnach $d = 25 - 2 \text{ mm}$
- piaskowa o ziarnach $d = 2 - 0,05 \text{ mm}$
- pyłowa o cząstkach $d = 0,05 - 0,002 \text{ mm}$
- iłowa o cząstkach $d < 0,002 \text{ mm}$

Uziarnienie kopaliny (skład granulometryczny) określa się procentową zawartością poszczególnych frakcji w stosunku do ciężaru całej próbki badanego gruntu.

Należy przyjąć rozdział pełny tzn. na:

- złożę piasku – punkt piaskowy powyżej 75 %,
- złożę piasku i żwiru – punkt piaskowy powyżej 50 %,
- złożę żwiru i piasku – punkt piaskowy powyżej 25 %,
- złożę żwiru – punkt piaskowy poniżej 25 % .

Przydatność piasków i żwirów ze złóż o bardzo wysokim punkcie piaskowym określana jest na podstawie dwóch wskaźników: wskaźnika krzywizny uziarnienia

$$C = \frac{(d_{30})^2}{(d_{10} \cdot d_{60})}$$

wskaźnika różnoziarnistości

$$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

Wskaźnik różnoziarnistości gruntów decyduje o ich podziale na:

- równoziarniste gdy $1 \leq U \leq 5$,
- różnoziarniste gdy $5 \leq U \leq 15$,
- bardzo różnoziarniste gdy $U > 15$.

Piaski i żwiry są dobrze uziarnione, gdy:

$C = 1 \div 3$, a $U > 4$ dla żwirów lub $U > 6$ dla piasków.

5. Dobór ciągów technologicznych do eksploatacji złóż piasków i żwirów spod lustra wody

Dobór ciągów technologicznych do eksploatacji złóż piasków i żwirów prowadzony jest z uwzględnieniem ich składu ziarnowego oraz kierunków

wykorzystania. Piaski i żwiry stosowane są w zależności od ich jakości jako materiał:

- na podbudowę dróg, wałów, nasypów, wymianę podłoża,
- do produkcji kruszyw dla budownictwa oraz drogownictwa, głównie do betonów,
- do produkcji piasków na cele specjalne (szklarskie, odlewnicze, podsadzkowe).

Złóża, które tworzą głównie piaski z niewielką ilością drobnych żwirów, zanieczyszczone frakcjami ilastymi i pylastymi wykorzystywane są głównie do przygotowania podłoża pod budowę dróg. Złóża tego typu posiadają wysoki punkt piaskowy i nawet, jeżeli ich zasoby są niewielkie tj. poniżej 1 mln ton i są zlokalizowane w pobliżu arterii komunikacyjnych, wykorzystuje się bezpośrednio do ich budowy lub przebudowy bez konieczności przeróbki.

Ciągi technologiczne stosowane do ich eksploatacji są proste i składają się najczęściej z następujących układów:

- wydobywczego – załadowniczego. (koparka z osprzętem podsiębiernym zapewnia wydobywanie kopaliny i jej załadunek na środki transportowe).
- wydobywczego i załadowniczego, (koparka z osprzętem zgarniakowym wydobywa kopalinę i podaje na tymczasowe składowisko, załadunek prowadzony jest ładowarką kołową)
- wydobywczego, transportowego i załadowniczego, (np. pływająca koparka chwytakowa, przenośniki taśmowe i ładowarka).

Złóża piasków i żwirów, z których kopalina wykorzystywana jest głównie w budownictwie i drogownictwie eksploatowane są ciągami technologicznymi składającymi się z następujących podstawowych układów: wydobywczego, transportowego, przerobczego, składowania i dystrybucji produktów gotowych.

Produkcję kruszyw prowadzi się ze złóż o niskim punkcie piaskowym, zawierających dużą ilość frakcji żwirowej. Złóża te powinny również posiadać zasoby przekraczające 5,0 mln ton. Eksploatacja ze złóż o mniejszych zasobach prowadzona jest najczęściej na cele lokalne. Wielkość zasobów złóż związana jest z koniecznością zastosowania złożonych ciągów technologicznych, których instalacja wymaga poniesienia znacznych kosztów. Małe zasoby nie gwarantują opłacalności prowadzonej inwestycji.

Złóża piasków posiadające zasoby o dużej wartości jakościowej nadające się do produkcji piasków na cele specjalne (szklarskie, kwarcowe, podsadzkowe) eksploatowane spod lustra wody wyposażone są w ciągi technologiczne z rozbudowanym układem przerobczym oraz składowania i dystrybucji produktów gotowych. Przy doborze urządzeń do ciągów wydobywczego przerobczych decydujące znaczenie ma:

- uziarnienie złoża
- projektowana wydajność ciągu.

- zakładane produkty końcowe.

W tabeli 3 przedstawiono zestawienie typowych ciągów wydobywczo-przeróbczych stosowanych w kopalniach piasków i żwirów.

Tabela 3 Typowe ciągi wydobywczo-przeróbcze stosowane w kopalniach piasków i żwirów (źródło: opracowanie własne)

Urabianie kopaliny	Transport urobku	Zakres przeróbki
z poziomu lądowego		
Koparki łańcuchowe	przenośniki taśmowe	<ul style="list-style-type: none"> • tylko klasyfikacja na przesiewaczach • rozdrabnianie i klasyfikacja na przesiewaczach
Zgarniarki linowe	przenośniki, samochody	<ul style="list-style-type: none"> • tylko klasyfikacja na przesiewaczach • rozdrabnianie i klasyfikacja na przesiewaczach
Koparki jednonaczyniowe podsiębierne <ul style="list-style-type: none"> • zgarniakowe, • łyżkowe, • chwytakowe, 	samochody, ładowarki	<ul style="list-style-type: none"> • bez przeróbki • tylko klasyfikacja na przesiewaczach • rozdrabnianie i klasyfikacja na przesiewaczach
z poziomu lustra wody		
Pływające koparki łańcuchowe	przenośniki pływające, barki, szalandy	<ul style="list-style-type: none"> • tylko klasyfikacja na przesiewaczach • rozdrabnianie i klasyfikacja na przesiewaczach
Koparki ssące	rurociągi tłoczne	<ul style="list-style-type: none"> • tylko klasyfikacja na przesiewaczach • rozdrabnianie i klasyfikacja na przesiewaczach
Głowica urabiająco- ssąca	rurociągi tłoczne	<ul style="list-style-type: none"> • tylko klasyfikacja na przesiewaczach • rozdrabnianie i klasyfikacja na przesiewaczach

Urabianie kopaliny	Transport urobku	Zakres przeróbki
Koparki pneumatyczne	rurociągi tłoczne	<ul style="list-style-type: none"> • tylko klasyfikacja na przesiewaczach • rozdrabnianie i klasyfikacja na przesiewaczach
Pływające koparki chwytałkowe	przenośnikami pływające, barki, szalandy	<ul style="list-style-type: none"> • tylko klasyfikacja na przesiewaczach • rozdrabnianie i klasyfikacja na przesiewaczach

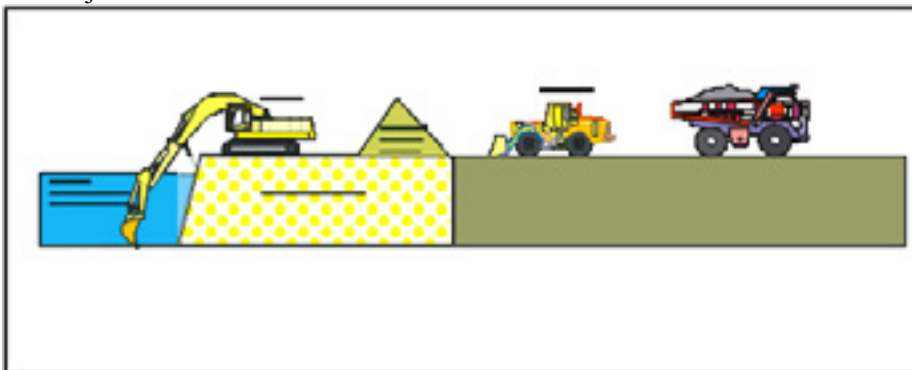
5.1. Wpływ składu granulometrycznego złóż na dobór ciągów technologicznych do ich eksploatacji

Złóża piasków i żwirów posiadają bardzo zróżnicowane parametry uziarnienia, występują w nich frakcje użyteczne od piaskowej po kamienistą (patrz rozdz. 4.). W zależności od wielkości maksymalnych ziaren, z jakich zbudowana jest kopalina dobiera się urządzenia wydobywcze. Urządzenia urabiające złoża z powierzchni terenu stosowane są do eksploatacji wszystkich rodzajów uziarnień kopaliny. Urządzenia pływające dzielą się na stosowane do urabiania złóż o dużych ziarnach przekraczających 150 mm (do grupy tej zaliczane są: pływające koparki chwytałkowe i łańcuchowe) oraz do urabiania złóż o przewadze frakcji piaskowej (np. koparki ssące, pneumatyczne i głowice ssące).

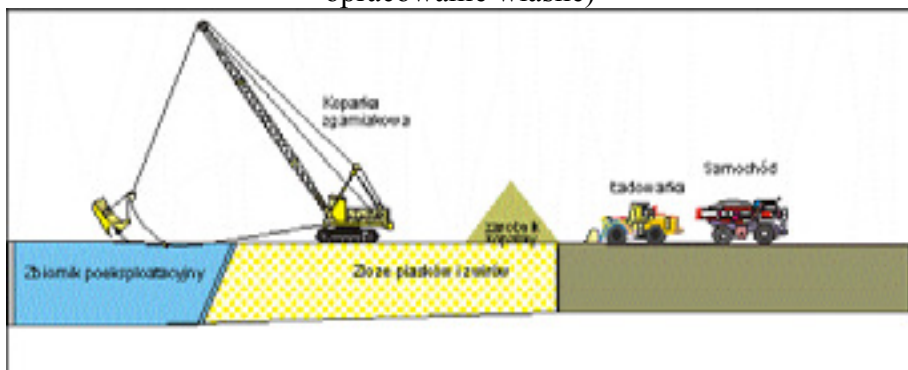
5.2. Dobór urządzeń w ciągach technologicznych eksploatujących złoża piasków i żwirów na podbudowę obiektów budowlanych

Złóża piasków i żwirów o wysokim punkcie piaskowym oraz dużej zawartości części ilastych i pyłowych eksploatowane są bez konieczności przeróbki. Kopalina wykorzystywana jest najczęściej na podbudowę obiektów budowlanych. Złóża te wykorzystywane są na cele zlokalizowane są w pobliżu obiektów budowlanych, na których kopalina jest wykorzystywana. Optymalna lokalizacja złóż w stosunku do obiektu budowlanego nie powinna przekraczać 10 km. Uziarnienie kopaliny powinno spełniać przedstawione w rozdziale 4 kryteria. Eksploatacja tych złóż prowadzona jest najczęściej koparkami łyżkowymi z osprzętem podsiębiernym. W mniejszym zakresie stosowane są tu koparki z osprzętem zgarniakowym i pływające koparki z osprzętem chwytałkowym. Cykl pracy takich ciągów technologicznych (jak w tym przypadku prostych układów) jest nieskomplikowany. Złóża najczęściej są niewielkie o zasobach nieprzekraczających kilku mln m³. Eksploatacja złoża musi być prowadzona bardzo intensywnie. Po zakończeniu budowy drogi najczęściej zasoby są w całości wydobyte, a teren poeksploatacyjny jest rekultywowany. Kierunek

rekultywacji narzuca forma powstałego w wyniku eksploatacji wyrobiska, które jest wypełnione wodą. Po wykonaniu zabiegów rekultywacyjnych obiekt przekształcany jest w staw rybny lub wykorzystywany do celów rekreacji.

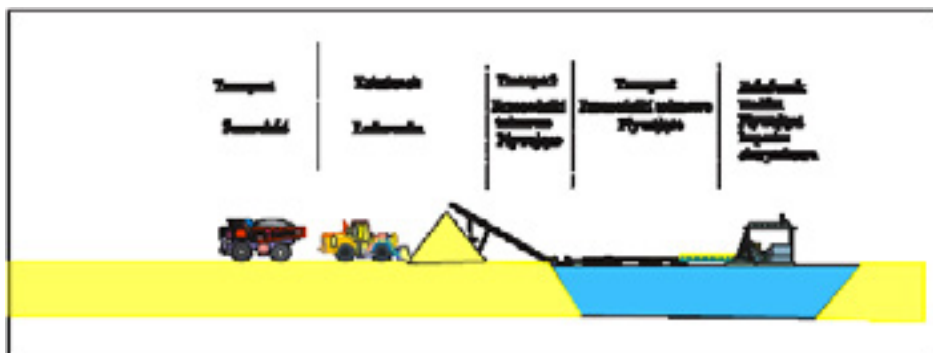


Rys. 5 Układ eksploatacyjny – koparka z ładowarką (źródło: opracowanie własne)

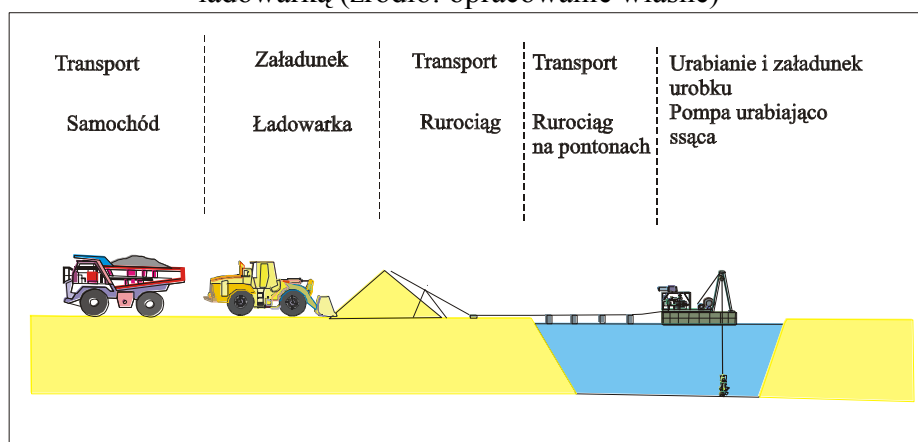


Rys. 6 Układ eksploatacyjny – koparka zgarniakowa z ładowarką (źródło: opracowanie własne)

Układ złożony z koparki podsiębiernej i ładowarki (rys. 5) jest często upraszczany, wówczas urabianie i załadunek jest prowadzony tą samą koparką (rys. 6). Wydajność takich rozwiązań jest jednak niewielka, a piaski i żwiry z tych kopalń stosowane są wówczas na lokalne cele budowlane. Złóża tak eksploatowane mają najczęściej koncesje wydawane przez starostów tj. wydobywanie prowadzone jest ze złóż o powierzchni nieprzekraczającej 2 ha, a wielkość wydobycia nie jest większa niż 20 000 m³ rocznie.

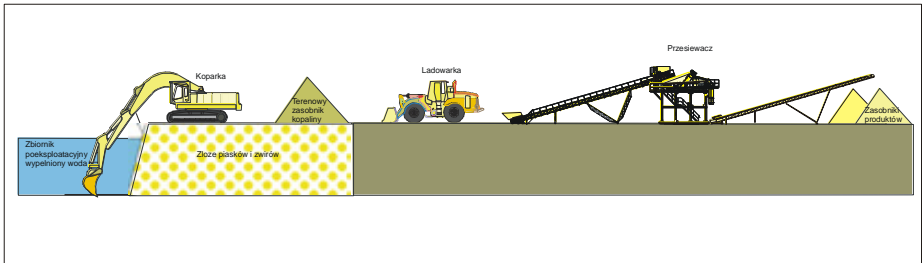


Rys. 7 Układ eksploatacyjny – koparka pływająca chwytakowa z ładowarką (źródło: opracowanie własne)

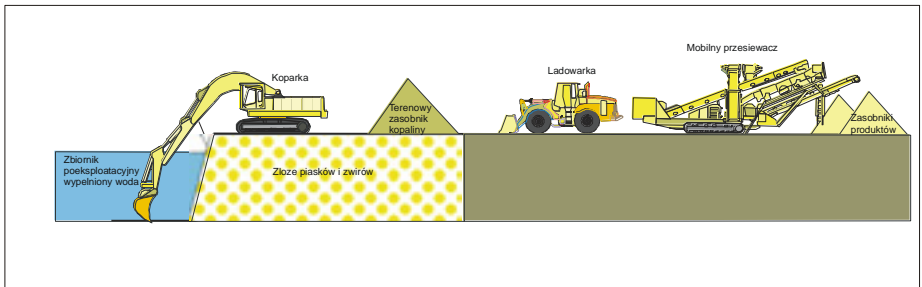


Rys. 8 Układ eksploatacyjny głowica urabiająco - ssąca z ładowarką (źródło: opracowanie własne).

Eksploatacja złóż tego typu nie wymaga prowadzenia przeróbki kopaliny. Większość złóż piasków i żwirów posiadających koncesję wydaną przez starostę eksploatowana jest na potrzeby lokalne. Wydobyte w nich prowadzone jest najczęściej nieregularnie. Kopalina eksploatowana jest tylko w okresach, kiedy jest na nią zapotrzebowanie. Część kopalń wyposażona jest w prosty układ przeróbczy składający się najczęściej z jednego przesiewacza przestawnego. Na tym urządzeniu prowadzony jest rozdział piasków i żwirów na frakcje handlowe, tj najczęściej: 2 – 8 mm; 8 – 16 mm oraz podziarno 0 – 2 mm.

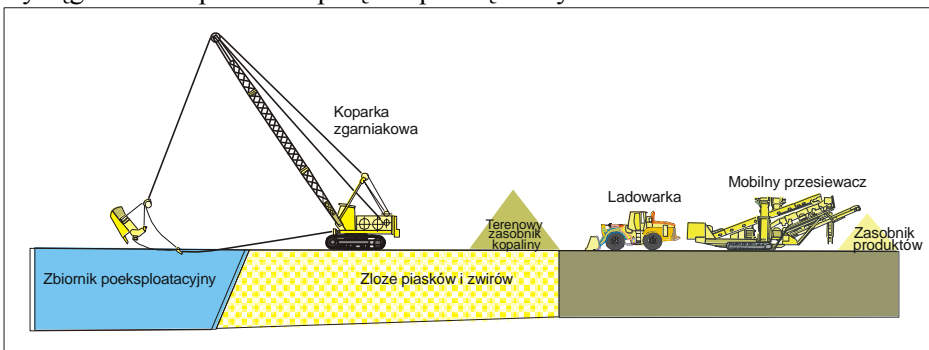


Rys. 9 Koparka łyżkowa z osprzętem podsiębiernym i przestawny układ klasyfikacji kruszywa (źródło: opracowanie własne)



Rys. 10 Koparka łyżkowa z osprzętem podsiębiernym z mobilnym przesiewaczem (źródło: opracowanie własne)

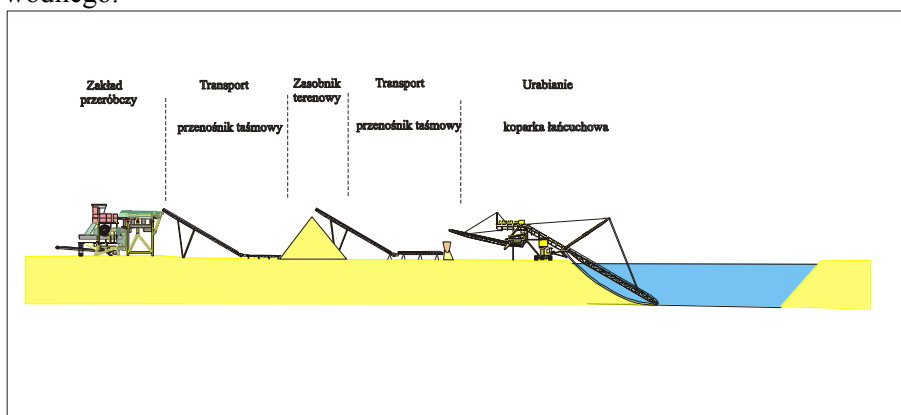
W kopalniach tych do wydobycia kopaliny najczęściej jest używana łyżkowa koparka z osprzętem podsiębiernym (rys. 10), koparka z osprzętem zgarniakowym (rys. 11), mała koparka pływająca z osprzętem chwytakowym lub głowice urabiająco ssące umocowane na pontonach lub wysięgnikach koparek z osprzętem podsiębiernym.



Rys. 11 Koparka zgarniakowa z osprzętem podsiębiernym z mobilnym przesiewaczem (źródło: opracowanie własne)

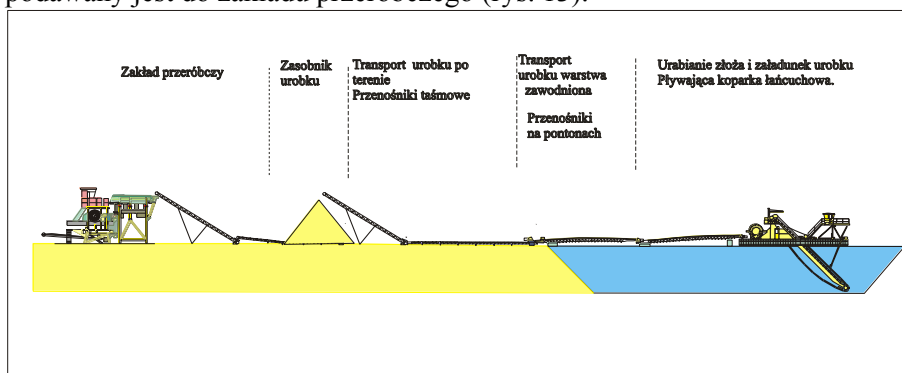
Układy wydobywcze

W kopalniach o miąższości złoża nieprzekraczającej 10 m niekiedy stosowane są do urabiania koparki łańcuchowe na podwoziu gąsienicowym (rys. 9). Koparki urabiają złożę podsiębiernie ze stropu usytuowanego powyżej lustra wody. Urobek podawany jest przenośnikami taśmowymi na przesiewacz odwadniający, z którego przenośnikami taśmowymi podawany jest na zasobnik międzyoperacyjny. Następnie, przez zasypy i podajniki wibracyjne urobek podawany jest na przenośnik taśmowy, który transportuje piasek i żwir do zakładu przeróbczego. Umaszynowanie zakładu przeróbczego uzależnione jest od uziarnienia kopaliny. W przypadku złóż piasków lub piasków i żwirów, gdzie maksymalne ziarna nie przekraczają średnicy 31,5 mm, zakład przeróbczy wyposażony jest w przesiewacze i przenośniki. Często w celu uzyskania lepszych jakościowo produktów pozbawionych cząstek ilastych i pylastych stosowane są na przesiewaczach dysze wodne do natrysku i przemywania ziaren frakcji handlowych. Produkty takich zakładów pozbawione są cząstek pylastych i ilastych. W celu pozbycia się z frakcji handlowych wody, którą były splukiwane, stosowane są odwadniacze. W urządzeniach tych oddzielana jest od produktów gotowych woda. Woda z przesiewaczy z cząstkami pylastymi i ilastymi odprowadzana jest do osadników lub kompaktowych oczyszczalni wody. W urządzeniach tych woda technologiczna oczyszczana jest z cząstek pylastych i ilastych, a następnie odprowadzana do instalacji płuczącej kruszywa. Koparki urabiają złożę systemem ścianowym przemieszczając się równoległe do krawędzi, tworzonego w wyniku urabiania złoża, zbiornika wodnego. Urabianie złóż koparkami łańcuchowymi z powierzchni terenu wymaga odpowiedniego kształtowania skarp złoża zlokalizowanych poniżej powierzchni lustra wody. Kąt nachylenia tych skarp powinien być łagodny do 25° w celu zabezpieczenia koparki przed osunięciem do zbiornika wodnego.



Rys. 12 Koparka łańcuchowa z podwoziem gąsienicowym i stacjonarny zakład przeróbczy (źródło: opracowanie własne)

Analogiczne rozwiązania ciągów technologicznych stosowane są przy zastosowaniu do urabiania złóż pogłębiarek łańcuchowych wieloczerpakowych. Koparki te wyposażone są w przesiewacze odwadniające lub odwadniacze podobnie jak na rysunku 13. Piaski i żwiry po wydobywaniu podawane są na urządzenia odwadniające. Następnie, wstępnie pozbawiony wody urobek podawany jest na przenośniki taśmowe pływające (umieszczone na pontonach). Przenośniki te transportują urobek na brzeg zbiornika eksploatacyjnego, gdzie następuje przekazanie urobku przy pomocy przesypu na układ przenośników lądowych. Urobek transportowany jest tymi przenośnikami na zasobnik międzyoperacyjny. Z tego zasobnika podobnie jak w powyżej przedstawionym ciągu urobek podawany jest do zakładu przerobczego (rys. 13).



Rys. 13 Koparka łańcuchowa i stacyjny zakład przerobczy (źródło: opracowanie własne)

Złóża piasków i żwirów, które powstały w wyniku przemieszczania się lodowca, zlokalizowane poza dolinami rzek zbudowane są z dwóch podstawowych warstw tj. warstwy piasków i żwirów zalegającej powyżej lustra wody oraz warstwy zalegającej pod wodą. Najczęściej obie te warstwy posiadają znaczną miąższość. W związku z powyższym urabiane są odmiennymi układami wydobywczymi. W kopalniach stosowane są dwa rodzaje ciągów technologicznych eksploatujących takie złoża, a mianowicie:

1. Kopalina po urobieniu transportowana jest samochodami lub przenośnikami taśmowymi do zakładu przerobczego. Piaski i żwiry urobione z piętra niezawodnionego przewożone są samochodami do zakładu przerobczego, natomiast kopalina wydobyta spod wody pływającą koparką ssącą składowana jest na poziomie eksploatacyjnym w celu odprowadzenia z niej wody do podłoża piaszczystego, a następnie ładowana jest na samochody i również przewożona do zakładu przerobczego. Na rysunku 13 przedstawiono schemat ciągu technologicznego bez wstępnej przeróbki w wyrobisku.

2. Kopalina po urobieniu, zarówno w warstwie niezawodnionej jak i spod lustra wody, jest wstępnie przerabiana na poziomie eksploatacyjnym. Kopalina w piętrze niezawodnionym urabiana jest ładowarkami, które przewożą ją do przesuwne go kosza zasypowego wyposażonego w ruszt, na którym oddzielane są frakcje powyżej 120 – 150 mm. Następnie urobek podawany jest na przenośnik taśmowy, który podaje go na przestawny przesiewacz.



Fot. 1 Układ przeróbczy w wyrobisku kopalni piasków i żwirów
(źródło: A. Witt 4.11.2007)



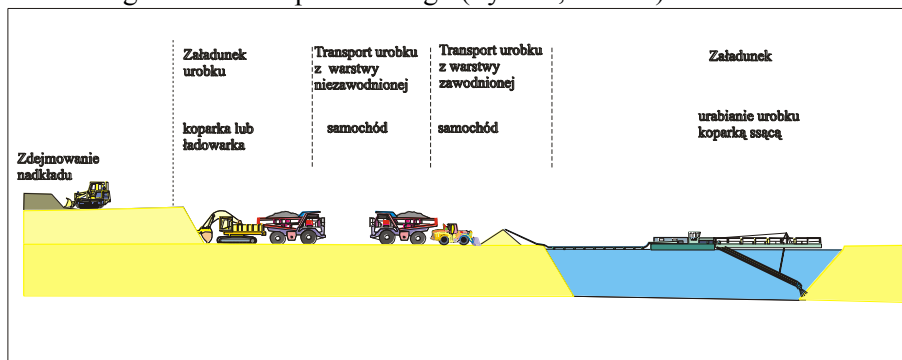
Fot. 2 Węzeł załadunku urobku z warstwy niezawodnionej na przesiewacze
(źródło: A. Witt 4.11.2007)



Fot. 3 Ruszt, na którym oddzielane są ziarna nadgabarytowe powyżej
150 mm (źródło: A. Witt 4.11.2007)

Na tym urządzeniu następuje oddzielenie frakcji poniżej 2 mm. Urobek o uziarnieniu od 2 do 120 (150) mm podawany jest na przenośnik, którym transportowany jest na zasobnik międzyoperacyjny. Frakcja od 0 do 2 mm podawana jest na przenośnik, który transportują ją na zwałowisko w pierwszej fazie eksploatacji zewnętrznej a następnie wewnętrzne zlokalizowane w zbiorniku poeksploatacyjnym. Kopalina urobiona przez koparkę ssącą podawana jest rurociągiem na poziom eksploatacyjny, na którym usytuowany jest odwadniacz. Urobek po oddzieleniu części frakcji pylastej i ilastej oraz wody podawany jest na przesiewacz przestawny w celu oddzielenia frakcji poniżej 2 mm. Rozdział urobku jest analogiczny jak w przypadku kopaliny niezawodnionej. Schemat takiego ciągu przerobczego przedstawiono na rysunku 11.

Do eksploatacji kopaliny spod lustra wody bardzo często stosowane są pływające koparki łańcuchowe lub pneumatyczne. Urobek tych koparek zawiera bardzo dużą ilość wody. Poddanie go przeróbce wymaga przede wszystkim oddzielenia nadmiaru wody, które w kopalniach prowadzone jest w odwadniaczach lub na przesiewaczach odwadniających. Rzadziej urobek jest odwadniany grawitacyjnie poprzez składowanie go na poziomie eksploatacyjnym. Po utracie wody pobierany jest ładowarkami, które dowożą go i podają na kosze zasypowe, z których układ przenośników dostarcza go do zakładu przerobczego (rys. 14, Fot. 44)



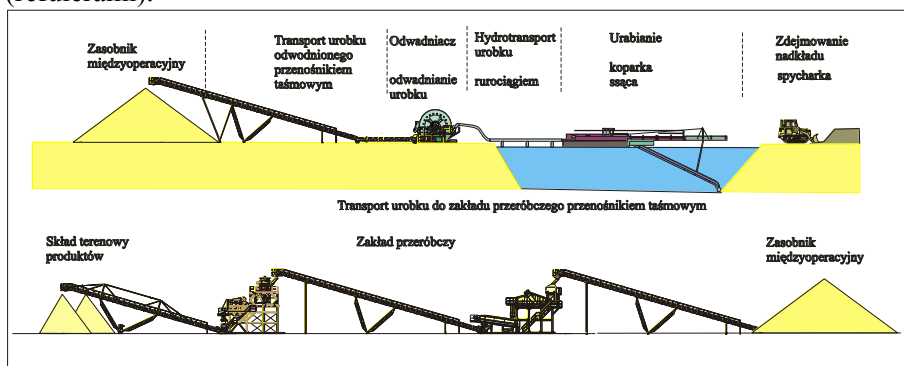
Rys. 14 Koparka ssąca oraz koparka łyżkowa urabiająca warstwę niezawodnioną oraz stacjonarny zakład przerobczy (źródło: opracowanie własne)

Układy przerobcze stosowane na poziomach eksploatacyjnych są dwóch rodzajów:

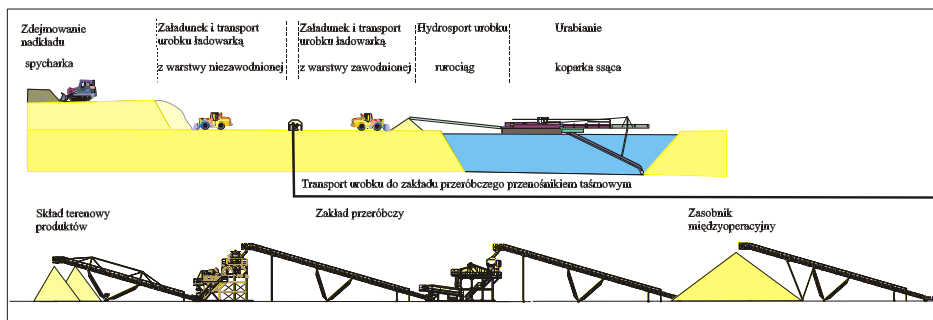
- układy częściowo stacjonarne,
- układy przestawne.

Przesiewacze stosowane na poziomach eksploatacyjnych w rozwiązaniu częściowo stacjonarnym montowane są na płytach betonowych. Kierunki eksploatacji oraz postęp frontów roboczych jest wtedy tak projektowany, żeby utrzymać zasilanie węzła przesiewania przez cały rok. Pod koniec roku

przygotowuje się nowe stanowisko, na którym posadowione zostaną przesiewacze po zmianie miejsca. Rozwiązanie to jest czasochłonne, ponieważ konstrukcja układu przesiewającego musi być rozmontowana, a następnie przewieziona na nowe stanowisko i ponownie zabudowana. Drugie rozwiązanie z urządzeniami przesuwnymi jest znacznie prostsze. Przesiewacze posadowione są na płozach i przemieszczane zgodnie z postępem frontów roboczych. Przemieszczanie układu przesiewającego jest w tym rozwiązaniu częściej spotykane, lecz nie wymaga demontażu urządzeń. Do przemieszczania urządzeń stosowane są spycharki i ładowarki będące na wyposażeniu kopalni. Na rysunkach 12 i 13 przedstawiono ciągi technologiczne stosowane w kopalniach piasków i żwirów, w których urabianie złoże prowadzone jest pływającymi koparkami ssącymi (refulerami).



Rys. 15 Koparka ssąca z odwadniaczem i stacjonarny zakład przeróbczy (źródło: opracowanie własne)



Rys. 16 Koparka ssąca oraz ładowarka urabiająca warstwę niezawodnioną i stacjonarny zakład przeróbczy (źródło: opracowanie własne)

6. Maszyny prowadzące wydobycie piasków i żwirów spod lustra wody w krajowych kopalniach

Złóża zawodnione urabiane są głównie koparkami pływającymi. Tylko niewielkie złoża (zasoby poniżej 1 mln Mg) oraz miąższości nieprzekraczającej ok. 6 m urabiane są z powierzchni terenu koparkami wielonaczyniowymi, łyżkowymi, zgarniakowymi lub zgarniarkami linowymi.

Urabianie złóż eksploatowanych poniżej zwierciadła wody prowadzone jest:

- mechanicznie,
- hydraulicznie,
- hydropneumatycznie,
- materiałami wybuchowymi.

Urabianie mechanicznie może być prowadzone za pomocą:

- koparek łyżkowych podsiębiernych,
- koparek chwytakowych,
- koparek zgarniakowych,
- koparek wielonaczyniowych,
- głowic rozluzowujących złoża,
- kół z ostrzami tnącymi,
- łańcuchów z ostrzami tnącymi.

Urabianie hydrauliczne:

- za pomocą wysokociśnieniowego strumienia wody.

Urabianie hydropneumatyczne:

- pod ciśnieniem w przewodzie podnoszącym.

6.1. Pływające koparki łańcuchowe

Pływające koparki łańcuchowe są powszechnie stosowane w kopalniach eksploatujących piaski i żwiry spod lustra wody. Umożliwiają one prowadzenie eksploatacji złóż o uziarnieniu przekraczającym 100 mm. Głębokość wydobycia tych urządzeń nie przekracza 25 m. Koparki wyposażone są w czerpaki o pojemności od 50 do 350 m³. Urabianie koparkami prowadzone jest w sposób ciągły. Pływające koparki łańcuchowe podają urobek na: przenośniki taśmowe, barki lub szalandy.

Rozwiązania z transportem taśmowym są stosowane do eksploatacji złóż aluwialnych, zlokalizowanych w dolinach rzek. Koparki pracują najczęściej systemem motylkowym urabiając złoża wzdłuż linii brzegowej. Urobek z koparki podawany jest zestawem przenośników taśmowych pływających na ciąg przenośników stacjonarnych, posadowionych na lądzie. Ten to umożliwi eksploatację złoża w maksymalnej odległości od linii brzegowej ok. 120 m.

Pływające koparki łańcuchowe prowadzące wydobycie ze zbiorników wodnych o dużej powierzchni pracują systemem bruzdowym. Transport urobku w tym rozwiązaniu realizowany jest przy pomocy barek lub szaland.

W tabeli 2 przedstawiono ważniejsze parametry technologiczne wybranych typów pływających koparek łańcuchowych stosowanych w Polsce.

Zaletami tych koparek są:

- ich duża wydajność wynikająca z ciągłego charakteru pracy,
- dokładne urabianie złoża, z małymi stratami eksploatacyjnymi (na spagu),
- oddzielenie na koparce frakcji ilastych i pylastych z urobku, powodujące zmniejszenie ilości przenoszonego przez układ transportowy urobku, co wiąże się również z ograniczeniem energii zużywanej podczas procesu eksploatacji złóż.

Wadami są:

- duże koszty naprawy i wymiany czerpaków, zabieraków, rolek podczerpakowych, lasz łączących oraz sworzni łańcucha,
- mała siła kopania,
- mała elastyczność ciągu technologicznego, w przypadku awarii jednego ogniwa w odstawie urobku, następuje wyłączenie wszystkich urządzeń.

Problemy z urabianiem pod lustrem wody związane są również z czynnikami, które stwarzają warunki złożowe takie jak: głębokość, zaleganie w złożach pni drzew, dużych gładów skalnych oraz przewarstwień gliniastych lub ilastych.

Ograniczenie maksymalnej głębokości kopania do 25 m w przypadku pływających koparek łańcuchowych nie stanowi w przypadku krajowych złóż dużych utrudnień ze względu na fakt, że większość złóż posiada miąższość nieprzekraczającą 25 m.

Problemy związane z eksploatacją rejonów złóż, w których występują pnie drzew, duże bryły skalne oraz przerosty gliniaste lub ilaste dotyczą wszystkich koparek eksploatujących piaski i żwiry spod lustra wody. W tych rejonach koparki muszą zmieniać technologię eksploatacji w sposób umożliwiający usunięcie niepożądanych elementów ze złoża. Od sprawności operatorów koparek uzależniona jest ich wydajność w tych rejonach. W przypadkach podjęcia przez operatora błędnej decyzji może dojść do uszkodzenia organów urabiających koparki.

Pływające koparki łańcuchowe zbudowane są z:

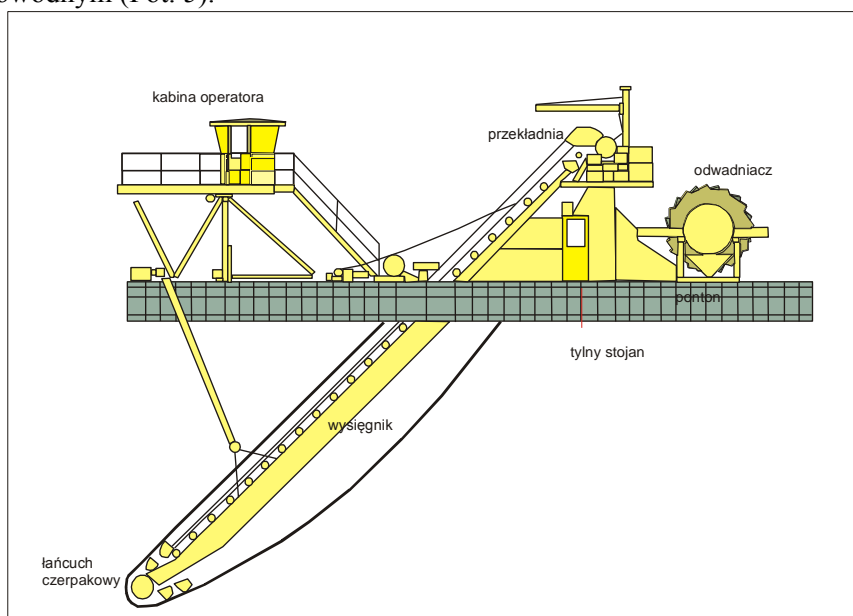
- pontonów,
- wysięgnika w postaci kratownicowy mocowanej w centralnej części urządzenia,
- łańcucha zamontowanego na kratownicy,
- czerpaków,
- kabiny sterowniczej,
- przesypu,
- rusztu,
- przesiewacza najczęściej dwupokładowego,

- przenośnika taśmowego odbierającego produkt między sitowy.

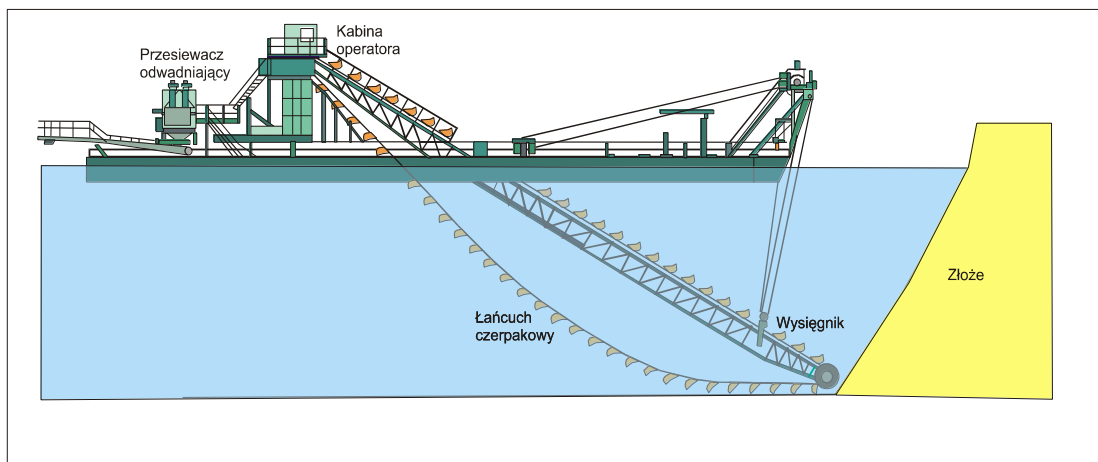
Pływająca koparka łańcuchowa prowadzi urabianie kopaliny przy pomocy czepaków, które są przymocowane do łańcucha. Czepaki przemieszczają się pod zwierciadło wody gdzie wypełniają się urobkiem. Następnie czepaki poruszają się za pomocą łańcucha do kosza zasypowego. W tym miejscu następuje wyładowanie ich zawartości do kosza zasypowego, a następnie z kosza zasypowego podawany jest na ruszt oraz najczęściej dwupokładowy przesiewacz. Stosowane są również rozwiązania z odwadniaczem, na który podawany jest urobek (rys.18). Rozwiązania z odwadniaczem stosowane są na koparkach, które urabiają złoża piaskowo żwirowe, o niewielkiej ilości ziaren powyżej 31,5 mm. Z odwadniacza urobek podawany jest na przenośnik taśmowy, którym przekazywany jest ciągiem przenośników do zakładu przerobczego. Na koparkach posiadających przesiewacz urobek rozdzielany jest na frakcje:

- nadgabarytów (powyżej 100 (120) mm,
- produkt między sitowy 2 do 100 (120) mm,
- frakcje poniżej 2 mm.

Nadgabaryty bezpośrednio z rusztu oraz z górnego sita przesiewacza zrzucane są do zbiornika wodnego pod koparkę. Frakcje 2 – 100 (120) mm podawane są na układ przenośników, którym następnie przenoszone są do zakładu przerobczego. Frakcja poniżej 2 mm zrzucana jest bezpośrednio pod koparkę (Fot. 4) lub przy pomocy pompy odprowadzana rurociągiem pływającym na odległość ok. 50 m poza koparkę i składowana w wyrobisku powodziowym (Fot. 5).



Rys. 17 Schemat pływającej koparki łańcuchowej z odwadniaczem (źródło: opracowanie własne)



Rys. 18 Schemat pływającej koparki łańcuchowej z przesiewaczem odwadniającym (źródło: opracowanie własne)

Tabela 4 Podstawowe parametry techniczne pływających koparek łańcuchowych (źródło: dane producentów)

Typ	Parametry			
	max. głębokość wydobywania	Objętość czerpaka	Teoretyczna wydajność	Moc koparki
	m	l	m ³ /h	kW
Röhr				
KS 110	25	110	50-150	75
KS 160	25	170	80-220	90
KS 220	25	220	100-300	160
KS 350	25	350	120-440	240
Beyer				
E 1s	25	125	250	45/55
E 2s	25	175	350	55/75
E 3s	25	250	550	75/90
E 4s	25	350	800	90/110
ALHOZ				
PKR 50	15	50	146	b.d.
PKR 80	15	80	184	b.d.

PKR 150	15	250	480	b.d.
ProSand				
KB 50	15	50	90	15 - 22
KB 80	15	80	150	22
PKE 150	15	250	300	2x22
PKR 150	15	250	300	2x30
Czechy				
KDB 100	10	150	150	180



Fot. 4 Pływająca koparka łańcuchowa Beyer 2 Es/2010
(źródło: A.Witt 02.12.2011)



Fot. 5 Pływająca koparka łańcuchowa firmy Röhr typ KS 160 (źródło: A.Witt 10.08.2011)

6.2. Pływające koparki chwytakowe

Pływające koparki chwytakowe montowane są na kadłubach pontonowych. Wśród stosowanych urządzeń można wyróżnić cztery podstawowe ich typy:

- koparki typu wieżowego,
- koparki z wysięgnikiem bocznym,
- koparki ramowe,
- koparki typu portalowego.

Wspólną cechą wszystkich typów pływających koparek chwytakowych są:

- kadłub pontonowy,
- konstrukcja układu wydobywczego,
- chwytak,
- nawijak linowy do podnoszenia i opuszczania chwytaka oraz jego zamykania i otwierania,
- ruszt,
- kosz zasypowy,
- przesiewacz odwadniający.

Koparki typu wieżowego używane są do eksploatacji małych i średnich złóż piasków i żwirów. Pływająca koparka zbudowana jest z pontonów, na których posadowiona jest konstrukcja układu wydobywczego z jego podstawowym elementem chwytakiem. Urabianie złoża wykonuje się

chwytakiem, który jest przemieszczany w pionie przy pomocy wyciągarek. Chwytaak opuszczany jest na spąg wyrobiska w ustawieniu otwartym. Po zagłębieniu się w złożu następuje jego zamknięcie i podniesienie i przesunięcie nad kosz zasypowy. W tym miejscu następuje otwarcie chwytaaka i opróżnienie go. Urobek podawany jest z kosza na ruszt, na którym oddzielane są bryły nadgabarytowe. Pozostała część urobku odwadniana jest na przesiewaczu, z którego górne frakcje podawane są na układ przenośników natomiast część drobnych frakcji z wodą odprowadzana do wyrobiska.

W kopalniach krajowych pracują jeszcze nieprodukowane już obecnie polskie koparki typu KG – 2,5. Podstawowe parametry tej koparki zestawiono w tabeli 5.

Tabela 5 Parametry pływających koparek chwytaakowych wieżowych (źródło: dane producenta)

Typ	Pojemność czepaka	Wydajność (przy głębokości 20m)	Głębokość urabiania	Moc
	m ³	m ³ /h	m	kW
Beyer				
T 240	6,8	360	80,0	300
Namarol Kraków				
KG 2,5	2,5	120	30,0	132,7



Fot. 6 Pływająca koparka chwytaakowa wieżowa produkcji firmy Beyer (źródło: www.beyer-viernheim.de/index.php/de/de-produkte/de-schwimmbagger/de-schwimmbagger-ausleger)

Pływające koparki chwytaakowe z wysięgnikiem bocznym stosowane są do prowadzenia wydobycia piasków i żwirów z małych i średnich złóż. Na pontonach zamontowany jest wysięgnik, z którego na linie opuszczany jest chwytaak na spąg wyrobiska, a następnie po wypełnieniu kopalnią zostaje

wyciągnięty z wody. Wsięgnik obraca się nad lej zasypowy i ruszt gdzie następuje otwarcie chwytaka i wysypanie urobku. Bryły nadgabarytowe zrzucane są do zbiornika poeksploatacyjnego natomiast podziarno z rusztu podawane jest na przesiewacz odwadniający gdzie następuje rozdział urobku na frakcje 2 –100 mm podawaną na ciąg przenośników, którym kierowane do zakładu przeróbczego, natomiast dolny produkt przesiewacza jest przemieszczany grawitacyjnie do zbiornika poeksploatacyjnego.

Tabela 6 Parametry pływających koparek chwytakowych z bocznym wsięgnikiem (źródło: dane producenta)

Typ	Pojemność czepaka	Wydajność (przy głębokości 20m)	Głębokość urabiania	Moc
	m ³	m ³ /h	m	kW
Röhr				
Af 3,0/110	3,0	110	10 - 45	150 - 200
Af 4,0/140	4,2	140	10 - 45	190 - 250
Af 6,0/200	6,0	200	10 - 45	260 - 320
Beyer				
A 100	3,0	140	40	130
A 130	4,2	180	45	170
A 200	6,0	320	45	300
FFA Fiebig				
S 2500	2,5	128	50	2x58
S 3 000	3,0	154	50	
S 3 500	3,5	154	50	

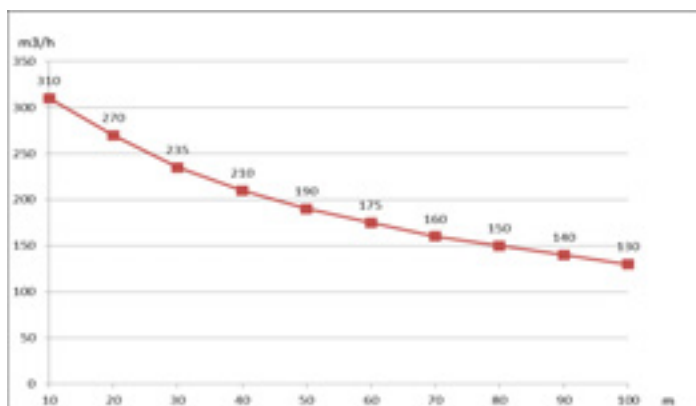


Fot. 7 Pływająca koparka chwytakowa z wsięgnikiem bocznym firmy Röhr (źródło: www.Röhrbagger.de)

Koparki ramowe używane są do eksploatacji złóż piasków i żwirów średniej i dużej wielkości. Na pontonach zamontowana jest konstrukcja ramowa, która stanowi zawieszenie dla układu wydobywczego chwytaka z wyciągarką linową i napędem. Podczas pracy chwytak jest cyklicznie opuszczany na złożę dla zaczerpnięcia kopaliny i windowany nad powierzchnię wody z przemieszczeniem nad kosz zasypowy. Rozładowywany urobek podawany jest na ruszt w celu odprowadzenia do wyrobiska poeksploatacyjnego brył nadgabarytowych. Podziarno z rusztu kierowane jest na przesiewacz odwadniający, na którym otrzymywane są dwie frakcje: nadziarno kierowane ciągiem przenośników pływających i lądowych do zakładu przerobczego oraz podziarno, które jest odprowadzane grawitacyjnie do wyrobiska poeksploatacyjnego razem z wodą z odwadniania.

Tabela 7 Zależność wydajności koparek ramowych firmy FF Fiebig od głębokości urabiania (źródło: dane producenta)

lp	Głębokość urabiania	Wydajność
	m	m ³ /h
1	2	3
1	10	310
2	20	270
3	30	235
4	40	210
5	50	190
6	60	175
7	70	160
8	80	150
9	90	140
10	100	130



Rys. 19 Wykres zależności wydajności koparek ramowych firmy FF Fiebig od głębokości urabiania (źródło: dane producenta)

Zmiana wydajności koparek w odniesieniu do głębokości urabiania wiąże się z cyklicznym charakterem pracy pływających koparek chwytakowych, a zwiększenie głębokości urabiania złoża wydłuża cykl roboczy danej koparki (rys. 19). Parametry pracy wybranych pływających koparek chwytakowych ramowych zestawiono w tabeli 8. Pływającą koparkę chwytakową ramową zilustrowano na fotografii 8.

Tabela 8 Parametry pływających koparek chwytakowych konstrukcji ramowej (źródło: dane producentów)

Typ	Pojemność czerpaka	Wydajność (przy głębokości 20m)	Głębokość urabiania	Moc
	m ³	m ³ /h	m	kW
Beyer				
B 140	4,2	180	45	170
B 160	5,0	210	70	240
B 220	6,0	320	80	300
B 240	6,8	360	80	300
B 300	8,0	410	80	400
B 340	10,0	480	80	520
B 400	12,0	530	100	625
B 550	15,0	600	100	780
FFA Fiebig				
S - 5000	5,0	227	10 - 50	
S - 6000	6,0	270	10 - 50	
S - 6800	6,8	130 - 310	10 - 100	2 x 200
S - 7000	7,0	315	10 - 50	
S - 8000	8,0	330	10 - 50	
S - 10000	10,0	318	10 - 50	
S - 1200	12,0	382	10 - 50	
S - 5000	5,0	159	10 - 50	
S - 8000	8,0	244	10 - 50	



Fot. 8 Pływająca koparka chwytakowa konstrukcji ramowej firmy Beyer
(źródło: www.beyer-viernheim.de/index.php/de/de-produkte/de-schwimmbagger/de-schwimmbagger-ausleger)

Pływające koparki chwytakowe typu portalowego stosowane są do eksploatacji średnich i dużych złóż piasków i żwirów (fot.8). Koparka zbudowana jest z dwóch równoległych ciągów pontonów połączonych za pomocą portalu ramy. Portal zbudowany jest z czterech kolumn połączonych w górnej części pomostami, po których przemieszcza się wciągarka, która na linie opuszcza chwytak na spąg wyrobiska gdzie pobiera ze złoża urobek. Następnie chwytak jest zamykany i wyciągany z wody. Transport urobku z koparki do zakładu przerobczego prowadzony jest przy pomocy barek lub szaland, które są ładowane bezpośrednio z chwytaka. Barki lub szalandy wpływają pomiędzy pontony koparki. Drugim rozwiązaniem stosowanym do transportu urobku z koparki jest rurociąg. Urobek z chwytaka podawany jest na kosz zasypowy, z którego jest przekazywany za pomocą rozdzielacza do rurociągu pływającego, a powstała hydromieszanka przemieszcza się rurociągiem przy pomocy pompy.

Tabela 9 Parametry pływających koparek chwytakowych konstrukcji portalowej (źródło: dane producenta)

Typ	Pojemność czerpaka	Wydajność (przy głębokości. 20m)	Głębokość urabiania	Moc
	m ³	m ³ /h	m	kW
Beyer				
P 140	4,2	180	45	170
P 160	5,0	210	70	240
P 220	6,0	320	80	300
P 240	6,8	360	80	300
P 300	8,0	410	80	400
P 340	10,0	480	80	520
P 400	12,0	530	100	625
P 550	15,0	600	100	780
Röhr				
RS 4,0/140Pf	4,2	140	10 - 180	150 - 200
RS 5,0/180Pf	5,0	180	10 - 180	220 - 250
RS 6,0/210Pf	6,0	210	10 - 180	260 - 290
RS 7,0/240Pf	7,0	240	10 - 180	360 - 400
RS 8,0/280Pf	8,0	280	10 - 180	400 - 500
RS 10/340Pf	10,0	340	10 - 180	440 - 500
RS 12/450Pf	12	450	10 - 180	520 - 630
RS 15/550Pf	15	550	10 - 180	720 - 800



Fot. 9 Pływająca koparka chwytakowa konstrukcji portalowej firmy Beyer (źródło www.beyer-viernheim.de/index.php/de/de-produkte/de-schwimmbagger/de-schwimmbagger-ausleger)

Pływające koparki chwytakowe wyposażane są często w dodatkowe urządzenia: wiertła pozycyjne do stabilizacji pozycji, wiertła manipulacyjne do posuwu przystawionych barek samowładowczych, kabinę i stacje transformatorową, kabinę warsztatu itp.

Koparki tego typu pracują cyklicznie, mają również możliwość zmiany położenia czerpaka w trakcie urabiania, rozwiązanie te są bardzo przydatne podczas urabiania złóż, w których występują pnie drzew lub duże bryły skalne.

Zalety te równoważone są przez negatywne efekty eksploatacji takie jak:

- duże straty eksploatacyjne powstające w trakcie urabiania złoża. Straty te są wynikiem braku możliwości identyfikacji przez operatora miejsca urabiania złoża. Koparki te urabiają złoża sposobem bruzdowym,
- uzależnienie wydajności koparki od głębokości urabiania,
- eksploatacja złóż o dużej miąższości wiąże się z koniecznością urabiania warstwami,
- urabianie złóż o dużej miąższości może spowodować urwanie chwytaka przy gwałtownym osunięciu się dużych mas kopaliny,
- przy eksploatacji złóż o dużej miąższości następuje wtórne urabianie kopaliny. Część odpadu odprowadzona do wyrobiska grawitacyjnie do podwodnego wyrobiska przemieszcza się w miejsce pracy chwytaka i jest ponownie urabiana.

Pływające koparki chwytakowe produkowane są w również w Czechach, typoszereg produkowanych tam maszyn przedstawiono w tab.10.

Tabela 10 Podstawowe parametry techniczne pływających koparek chwytakowych typoszeregu DB (źródło: dane producenta)

parametry	jednostka	model				
		DB 20	DB 30	DB 40	DB 60	DB 80
max. głębokość wydobywania	m	40	45	50	50	50
Objętość chwytaka	m ³	2	3	4	6	8
Teoretyczna wydajność	t/h	50-100	80-150	150-250	250-350	470-550
Moc koparki	kW	160-200	180-220	250-340	380-450	470-550



Fot. 10 Pływająca koparka chwytakowa z bocznym zrzutem ziaren nadgabarytowych (źródło: A. Witt 12.08.2010).

6.3. Urabianie koparkami ssącymi

Do eksploatacji złóż okruchowych o punkcie piaskowym powyżej 35% często są stosowane koparki ssące (Fot. 11). Urządzenia te pobierają urobek ze złoża przez zassanie, a następnie przewodem ssawnym wynoszą go powyżej lustra wody, skąd następuje odstawa. Kopalina pobierana jest z wodą w postaci hydromieszanki. Odstawa jej prowadzona jest rurociągiem pływającym na łód do odwodnienia. Zwiększenie głębokości urabiania pogłębiarek ssących uzyskuje się dzięki wyposażeniu ich w pompy zatapialne.

Koparki urabiają złożę zabierkami. Zasięg poziomy zabierek wyznaczany jest przez rurociąg tłoczny, łączący koparkę z brzegiem wyrobiska. Od długości rurociągu tłoczego uzależniony jest promień pracy koparki.

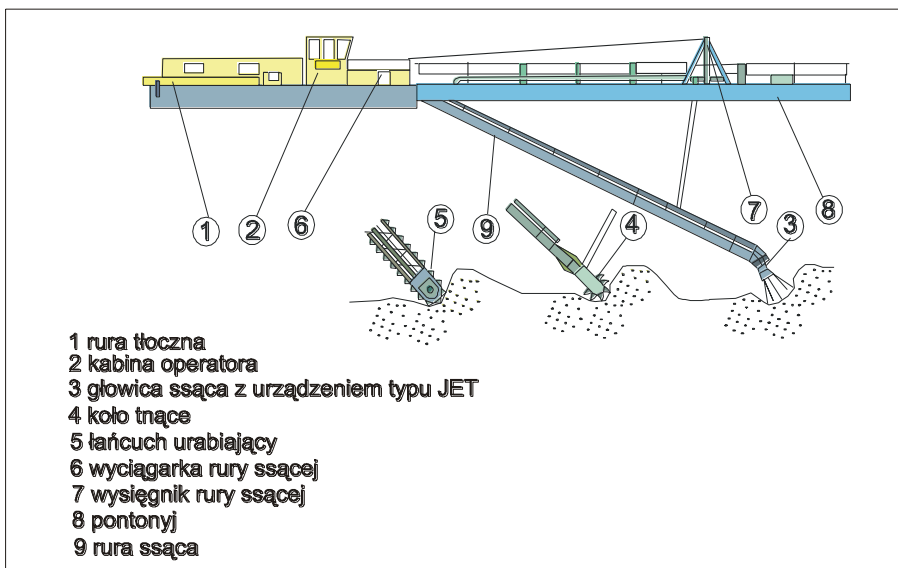


Fot. 11 Koparka ssąca (źródło: Z. Mykietiuik 12.03.2009)

Koparki ssące zbudowane są z:

- dwóch równoległych ciągów pontonów,
- pomostów i barierkami,
- kabiny operatora z pulpitem sterowniczym (w nowych koparkach kabiny są klimatyzowane, posiadają ogrzewanie oraz izolowane są od wpływu drgań),
- wysokociśnieniowej pompy gruntowej,
- silnika elektrycznego zasilającego koparkę,
- pompy zalewowej z silnikiem elektrycznym,
- elektrycznej wciągarki rury ssącej z automatyką rury ssącej,
- rury ssawnej.

Koparki wyposażone są w urządzenia typu JET tj. spalnicze, które rozluźniają złożę wysokociśnieniowym strumieniem wody. Składają się one z: pompy, silnika elektrycznego, głowicy z wymiennymi dyszami wytryskowymi. Na koparkach mogą być montowane stacje Trafo. Ponadto, koparki posiadają: kable zasilające oponowe, rurociągi tłoczne umieszczone na pływakach. Pontony często wyposażane są w chodnie, barierki i tunel na kabel, z rolkami umożliwiającymi obracanie rury oraz zakotwienie w miejscu przejścia rurociągu z wody na ląd. Obecnie nowe koparki ssące (rys. 20) wyposażone są również w system sonarów i GPS potrzebne do aparatury wizualizacji rejonu eksploatacji.



Rys. 20 Schemat koparki ssącej z głowicami różnego typu (źródło: opracowanie własne na podstawie rysunków z dokumentacji koparek)

Tabela 11 Pływające koparki ssące firmy SMOK Dredgers Stocznia Kędzierzyn Koźle Sp. z o.o. (źródło: dane producenta)

Pływająca koparka ssąca			
Seria 315			
Typ	200	250	300
Wydajność (m ³ /h urobku)	550	900	1100
Moc silnika pompy głównej (kW)	315	315	315
Głębokość urabiania (m)	20	20	20
Średnica max. brył urobku (mm)	120	170	210
Seria 450			
Typ	250	300	350
Wydajność (m ³ /h urobku)	900	1100	1900
Moc silnika pompy głównej (kW)	250	450	450
Głębokość urabiania (m)	20	20	20
Średnica max. brył urobku (mm)	170	210	240

Tabela 12 Parametry koparek ssących firmy Döpke
(źródło: dane producenta)

Typ	0	I	II	III	IV	V	VI	VII
Wydajność (m ³ /h urobku)	100	220	550	850	1200	1600	2000 - 2500	3000 - 4000
Średnica rury tłocznej (mm)	100	150	200	250	300	350	400/450	500
Średnica max. brył urobku	20	80	140	220	240	250	260/330	380

Tabela 13 Parametry koparek ssących firm Habermann i Elliot
(źródło: dane producentów)

Typ	Średnica przewodu urabiającego	Wydajność	Głębokość urabiania	Moc
	mm	m ³ /h	m	kW
Habermann				
KBPL 250	250	850	20,0	185
Ellicott				
360 SL 8"	203	100	4,6	216
460 SL 10"	245	190	6,1	238
670" Dragon	304 - 355	345	10 - 12,8	418
860 SL		345	9,0	466
1170 Dragon	356 - 406	460	10 - 15,2	638
1170 Dragon S	457	480	15,2	634
4170 Super Dragon	610 - 686	306 - 1375	18,0	1909

Na fotografii (10) przedstawiono rurociąg odstawy urobku z koparki ssącej na brzeg wyrobiska. Kolejna fotografia 11 ilustruje rurociąg przekazujący urobek z kopalni na ląd posadowiony na pływakach oraz na bliższym planie pływaków zapasowe. Fotografia 12 przedstawia rurociąg na pływakach z chodnią i barierkami. Natomiast rozwiązania transportu urobku oraz dwa sposoby połączenia koparek z zapleczem kopalni przedstawiają (fot 12 i fot 13). Rozwiązanie przedstawione na fotografii 13 pozwala obsłudze koparki dojście do stanowiska pracy po chodni z poręczami. Zaletą tego rozwiązania jest możliwość kontroli stanu rurociągu. W przypadku zastosowania rozwiązania, w którym rurociąg odstawy urobku mocowany jest tylko na pływakach wówczas obsługa koparki dostaje się na nią jedynie łodzią (Fot. 14).



Fot. 12 Rurociąg odstawy urobku do zakładu przeróbczego
(źródło: Z. Schmidt 02.10.2007).



Fot. 13 Rurociąg na pływakach z chodnią i barierkami
(źródło: Z. Schmidt 01.10.2012)



Fot. 14 Łódź do transportu obsługi koparki ssącej
(źródło: A. Witt 09.05.2012)

Eksploracja złóż piasków i żwirów pływającą koparką ssącą poprzedzana jest za każdym razem usunięciem z powierzchni złoża roślinności oraz warstwy humusu (Fot. 15). W złożach gdzie poziom wodonośny znajduje się znacznie poniżej stropu złoża eksploatacja prowadzona jest piętrami niezawodnionymi z powierzchni poziomów lądowych i poziomem zawodnionym z powierzchni lustra wody. W przypadkach, gdy miąższość części złoża niezawodnionej nie przekracza trzech metrów całość urabiana jest pływającą koparką ssącą. Koparki ssące urabiają złożę przy pomocy układu wydobywczego złożonego z rury ssawnej, pompy wydobywczej, napędzanej silnikiem elektrycznym, rury tłocznej. Głowica ssąca urabia złożę w jego części podwodnej. Koparka podcina od dołu część skarpy nadwodnej, która osuwa się do wyrobiska gdzie jest rozluźniwana i urabiana przez głowicę ssącą. Rura ssawna jest podnoszona i opuszczana przy pomocy nawijaka strzały umieszczonego w osi wzdłużnej koparki oraz przedniej wieży portalowej z wielokrążkiem linowym. Wieża portalowa umieszczona jest w przedniej części koparki wzdłuż rury ssawnej. Koparki wyposażone są w dodatkowe urządzenia w zależności od rejonu, w którym pracują oraz sposobu odbioru urobku. Pozycja koparki w trakcie urabiania złoża ustalana jest przy pomocy lin, które są kotwione na brzegach wyrobiska w przypadku prowadzenia wydobycia zabierkami lub kotwione

do dna, gdy eksploatacja prowadzona jest na dużych zbiornikach wodnych np. w Mietkowie. Sterowanie pracą koparki odbywa się z kabiny, w której znajduje się pulpit sterowniczy oraz monitory do obserwacji procesu wydobywczego.

Do eksploatacji małych złóż piasków i żwirów wprowadzane są pływające platformy o modułowej konstrukcji, wyposażone w głowice urabiające firmy Dragflow (Fot. 16). Konstrukcja urządzenia jest przystosowana do transportu samochodami. Wodowanie jest wykonywane z wykorzystaniem lekkiego dźwigu. Platformy wyposażone są we wciągarki oraz mechaniczne przeciągarki pozycjonujące.



Fot. 15 Skarpa nadkładowa (źródło: A. Witt 10.08.2011)



Fot. 16 Głowica urabiająca firmy Dragflow umieszczona na platformie firmy Wichary (źródło: www.Wichary.eu)



Fot. 17 Urobek z głowicy urabiającej firmy Dragflow składowany na brzegu wyrobiska do odwodnienia (źródło: www.Wichary.eu)

Złóża o bardziej zwartej budowie, w których poszczególne ziarna są mocniej zespolone nie mogą być urabiane głowicą ssącą. Do ich urabiania stosowane są na końcu głowicy dodatkowe urządzenia frezujące.

6.3.1 Wyposażenie organów urabiających w koparkach ssących

Koparki ssące posiadają odpowiednie zabezpieczenia na końcach rury zasysającej urobek. Na Fot. 18 przedstawiono najczęściej stosowane rozwiązanie zabezpieczające rurę ssącą przed przedostaniem się do niej nadgabarytowych ziaren.

Koparki ssące urabiające złoża okruczowe o znacznej zwięzłości wyposażone są w specjalne urządzenia:

- głowice ssące z urządzeniem typu JET,
- koła z ostrzami tnącymi,
- łańcuchy z ostrzami tnącymi.

Przykładowe dane koparki ssącej – SVE z pompą zatapialną zestawiono w tabeli 14.



Fot. 18 Głowica koparki ssącej (źródło: Z. Schmidt 01.10.2012)

Tabela 14 Podstawowe parametry koparki ssącej typu SVE (źródło: dane producenta)

Parametr	wartość
Koparka ssąca	
Głębokość robocza	25 m
Długość całkowita	41 000 mm
Szerokość całkowita	8 100 mm
Wysokość całkowita	5 500 mm ca
Ciężar całkowity	90.000 kg
Głębokość zanurzenia	ca.1300 mm
Pompa gruntowa	
Moc/wydajność	2200 m ³ /h mieszanki /750 t/h fazy stałej
Indukcyjny silnik trójfazowy	
Moc silnika	500 KW
Obroty	1500min-1
Zespół spalniczy	
Moc	132kW
Obroty	2900 min-1
Transformator	
Moc	1000kVA
Napięcie sieciowe	15000V/400 V

System JET

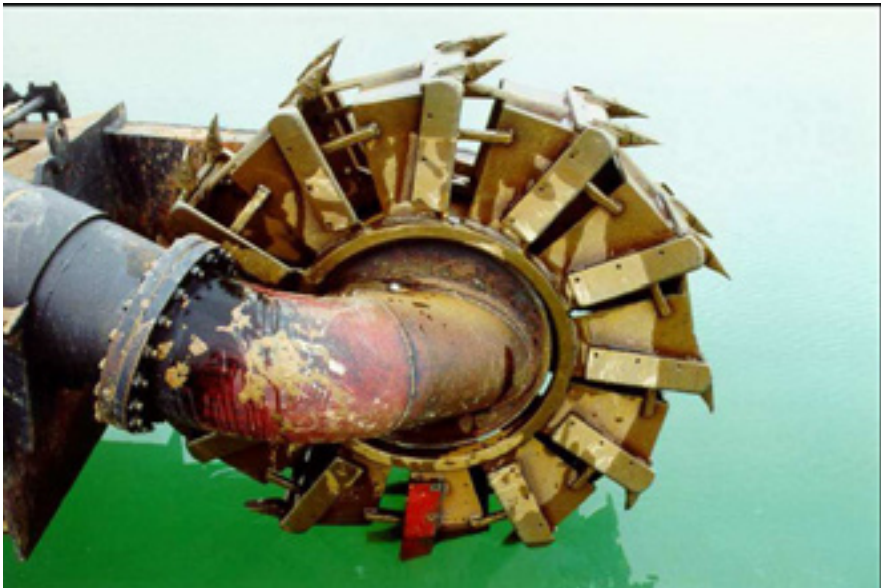
Urządzenie typu Jet (Fot. 19) stosowane jest do rozluźniania złoża, szczególnie do urabiania warstw trudno urabialnych, z przerostami gliniastymi. Warstwy te są spulchniane wysokociśnieniowymi strugami wody wydobywającymi się z dysz głowicy JET. Dysze rozłożone są promieniście u nasady rury ssawnej. Dzięki temu wydajność urobku fazy stałej wzrasta zależnie od materiału o 25-50%.



Fot. 19 Głowica z systemem JET (źródło: www.doepke-gmbh.de)

Koło tnące

Koła tnące (Fot. 20) stosowane są w koparkach ssących pracujących w kopalniach żwirów i piasków o zwięzłych warstwach, z przerostami gliniastymi. Korzystne wydajności osiągają przy wtórnej eksploatacji złóż w częściach spągowych. Eksploatacja z użyciem kół tnących poprawia stopień wykorzystania złóż do 97%.



Fot. 20 Koło tnące (źródło: www.doepke-gmbh.de)

Głowica urabiająca

Często rury ssawne koparek pracujących w złożach trudno urabialnych wyposażone są w głowice urabiające (Fot. 21). Urządzenia te są uzbrojone w noże skrawające osadzone na wieńcu. Wieniec wprawiany jest w ruch przez dodatkowy silnik. Ostrza te rozdrabniają kopalinę na drobne bryły, które zasysane są przez rurę ssawną.



Fot. 21 Głowica urabiająca (źródło: www.doepke-gmbh.de)

Łańcuchy urabiające

Do eksploatacji złóż trudno urabialnych stosowane są również łańcuchy urabiające (fot.22) Wysięgnik roboczy uzbrojony jest w łańcuch skrawający

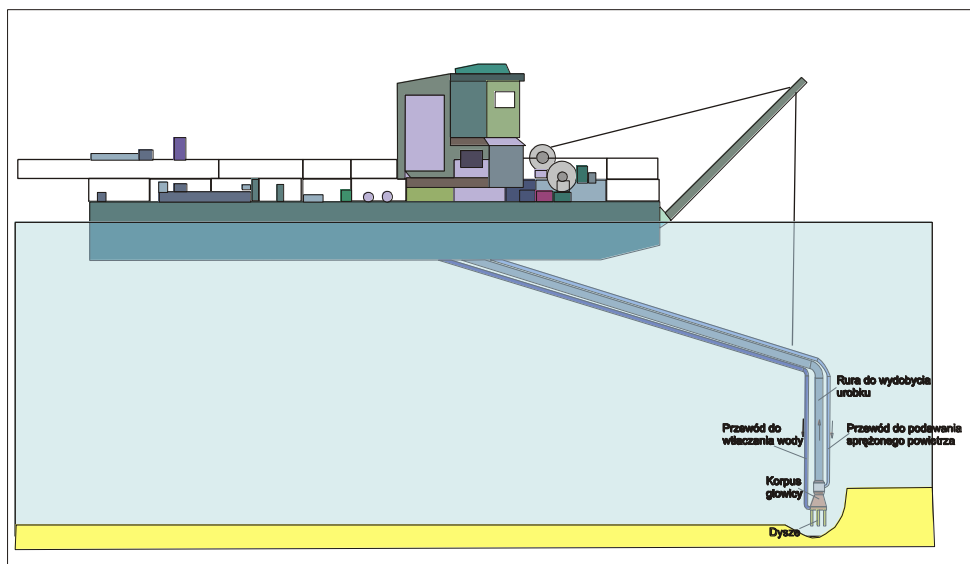
oraz rurę ssawną. Kopalina jest rozluźniana łańcuchem do wymaganego uziarnienia, do odstawy do zakładu przeróbczego.



Fot. 22 Łańcuch urabiający (źródło: www.doepke-gmbh.de)

6.4. Koparki hydropneumatyczne

Koparki hydropneumatyczne urabiają złoża w następujący sposób: woda włączana jest przewodem pod ciśnieniem do dysz. Kopalina zostanie spulchniona i wtłoczona do komory głowicy. W tym samym czasie przez przewód podawane jest sprężone powietrze. W wyniku tej operacji w głowicy powstaje mieszanina urobku i powietrza. Mieszanina ta wypychana jest rurą na powierzchnię wody na wysokość określoną przez jej energię kinetyczną. Podczas eksploatacji głowica znajduje się na stropie złoża pod powierzchnią wody i jest opuszczana aż do spągu urabianej warstwy. Głowica wraz z segmentem rur ssących i tłoczących usytuowana jest prostopadle do poziomu wody w zbiorniku. Zamocowana jest na wciągarnie spoczywającej na pomoście zamontowanym na pontonach. Do urabiania złóż o zwiększonej budowie koparki hydropneumatyczne wyposaża się w głowice frezujące, zaopatrzone w dolne i boczne noże skrawające. Rozwiązanie to zwiększa w znacznym stopniu wydajność tych pogłębiarek. Na rysunku 22 przedstawiono schemat pracy koparki z głowicą hydropneumatyczną.



Rys. 21 Schemat koparki hydropneumatycznej (źródło: opracowanie własne na podstawie dokumentacji producenta)

6.5. Sterowanie pracą koparek eksploatujących surowce skalne spod lustra wody

Kopalnie prowadzące eksploatację spod lustra wody pływającymi koparkami łańcuchowymi lub ssącymi najczęściej podają urobek do zakładów przerobczych ciągami przenośników taśmowych.

W kopalniach tych praca całego zakładu uzależniona jest od ciągłej dostawy urobku z wyrobiska. Awaria jednego z ogniw ciągu technologicznego powoduje wstrzymanie dostawy nadawy do zakładu przerobczego. W celu wyeliminowania tego mankamentu stosuje się terenowe zasobniki międzyoperacyjne. Zapas nadawy do zakładu przerobczego zmagazynowany w zasobniku międzyoperacyjnym powinien zapewnić ciągłą pracę zakładu przerobczego przez okres, co najmniej dwóch dni. Aktualnie produkowane koparki wyposażone są w system automatyki pozwalający monitorować i sterować procesem wydobycia. Koparki jako dodatkowe wyposażenie posiadają urządzenia sonary i DGPS. Urządzenia te pomagają prowadzić optymalnie eksploatację złoża, prawidłowo kształtować skarpy wyrobiska oraz minimalizować nieproduktywny czas pracy. Zainstalowanie na koparce tych urządzeń umożliwi operatorowi uzyskanie na monitorze ciągłej bezpośredniej informacji, o miejscu urabiania. Monitor wskazuje planowane granice eksploatacji, docelowe miejsca eksploatacji itp.

Na fotografiach od 23 do 27 przedstawiono wyposażenie kabiny operatora pływającej koparki łańcuchowej. Fotografia 23 przedstawia pulpit sterowniczy koparki, z którego operator kieruje pracą koparki. Kontrolę nad prawidłowym przepływem strumienia urobku w obrębie koparki zapewniają

zainstalowane kamery na koparce, które przekazują obraz na monitor znajdujący się w kabinie (Fot. 24).



Fot. 23 Pulpit sterowniczy pływającej koparki łańcuchowej
(źródło: A. Witt 02.12.2011)

Na monitorze (Fot. 24) operator ma podgląd na główne ogniwa koparki. W lewej górnej części ekranu widoczny jest przenośnik odbierający nadawę kierowaną do zakładu przerobczego. W prawej górnej części ekranu widoczne są czerpaki koparki z urobkiem. Operator koparki obserwuje prawidłowość ich wypełnienia oraz zawartość. W prawej dolnej części ekranu monitorowane są sita przesiewacza wstępnej klasyfikacji urobionego piasku i żwiru. W prawej dolnej części ekranu widoczny jest przesyp, do którego czerpaki zrzucają urobek. Operator obserwuje na bieżąco główne ogniwa koparki, w których może nastąpić zagrożenie, dla zachowania ciągłości pracy urządzenia.

W połączeniu z odczytami głównych parametrów pracy koparki, które są wyświetlane na ekranie urządzenia kontrolującego jej pracę (Fot. 25) operator podejmuje decyzje, jakie powinien wprowadzać ustawienia na pulpicie sterującym. Na ekranie urządzenia kontrolnego wyświetlane są cztery podstawowe parametry pracy koparki:

- masa przenoszona przez koparkę,
- chwilowa wydajność koparki,
- prędkość łańcucha przesuwającego czerpaki,
- obciążenie w %.

Analiza tych parametrów oraz obserwacja wizualna na ekranie pozwala operatorowi koparki podejmować decyzję o przyjmowanych nastawach na pulpicie sterowniczym. W przypadku przeciążenia koparki lub wystąpienia zagrożeń np. zbyt dużym wypełnieniem czerpaków, zablokowaniem przesypu itp. operator zmienia parametry jej pracy. Dodatkowo operator otrzymuje sygnały z pozostałych urządzeń ciągu technologicznego. W przypadku nieprawidłowej pracy jednego z urządzeń operator podejmuje decyzję o zatrzymaniu całego ciągu i usunięciu awarii. W skrajnych przypadkach wystąpienia awarii w konsekwencji, której następuje automatyczne wyłączenie całego ciągu operator koparki powinien doprowadzić do jej usunięcia i ponownego uruchomienia urządzeń.



Fot. 24 Monitor w kabinie sterowniczej pływającej koparki łańcuchowej
(źródło: A. Witt 02.12.2011)



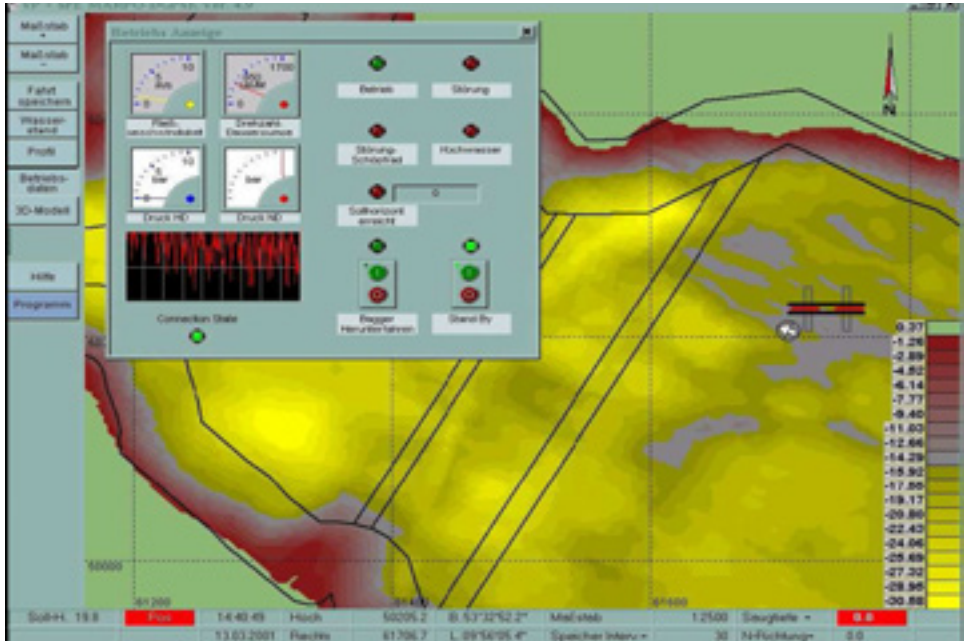
Fot. 25 Wyświetlacz podający aktualne parametry pracy koparki
(źródło: A. Witt 02.12.2011)

Pływające koparki łańcuchowe wyposażone są również w monitory (Fot. 26), na których przedstawiana jest lokalizacja koparki na złożu oraz stan wyeksploatowanego wyrobiska.



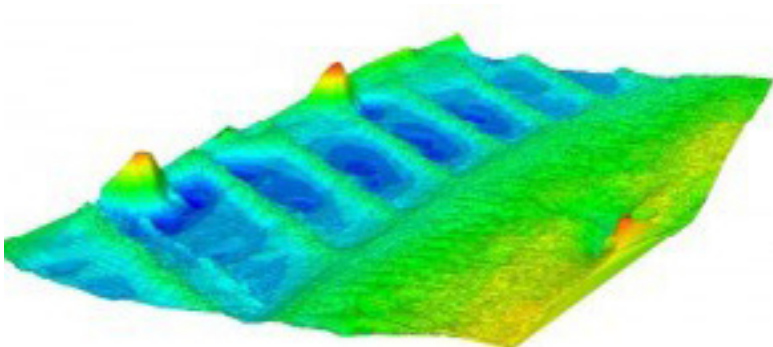
Fot. 26 Monitor przedstawiający lokalizację koparki w złożu
(źródło: A. Witt 04.06.2012)

Koparki ssące wyposażone są również w zestawy do prowadzenia i monitorowania wydobycia. Na fotografii 27 przedstawiono ekran oraz pulpit sterowniczy koparki ssącej produkowanej przez firmę Döpke. Na ekranie przedstawiona jest tablica ze wskaźnikami rejestrującymi pracę koparki oraz mapa wyrobiska z lokalizacją pozycji koparki i bieżącym stanem skarp eksploatacyjnych. Operator na podstawie danych, które otrzymuje z urządzeń monitorujących pracę koparki kieruje parametrami jej pracy w celu zapewnienia stałej optymalnej wydajności tłoczenia urobku przez rurę ssącą bez występowania przeciążeń.



Fot. 27 Pulpit ze wskaźnikami oraz obrazem eksploatowanego złoża w kabinie sterowniczej koparki (źródło: www.doepke-gmbh.de)

Aktualnie instalowany w koparkach system monitorowania pracy umożliwia operatorom obserwować na monitorze na bieżąco przebieg urabiania złoża. Operator koparki ma wgląd w obraz przestrzenny urabianego złoża, może również obserwować stan wyrobiska w rzucie z góry i na przekrojach (Fot. 27). Podgląd ten jest dostępny również dla osób dozoru górniczego znajdującego się poza koparką. Cyfrowy model spągu urabianego złoża jest aktualizowany w czasie rzeczywistym (rys. 22), a przebieg pracy koparki jest rejestrowany i zapisywany na nośnikach numerycznych.



Rys. 22 Widok spągu wyrobiska na monitorze w sterowni koparki (źródło: opracowanie własne)

7. Koparki urabiające złoża zawadnione z ładu

Złoża o niewielkich zasobach oraz małej miąższości najczęściej eksploatowane są przez koparki z powierzchni terenu.

7.1. Urabianie koparkami łyżkowymi podsiębiernymi

Złoża o niewielkiej miąższości często eksploatowane są koparkami łyżkowymi z osprzętem podsiębiernym (Fot. 28) i (tabele 15, 16). Koparki używane do takiej eksploatacji posiadają specjalny osprzęt z wydłużonym wysięgnikiem oraz łyżką ładowarkową. Koparka urobioną kopalinę najczęściej składa na brzegu wyrobiska. Kopalina po odwodnieniu grawitacyjnym ładowana jest na samochody samowyładowcze lub przyczepy ciągników ładowarkami.



Fot. 28 Eksploatacja piasków i żwirów koparką podsiębierną
(źródło: internet)

Tabela 15 Podstawowe parametry koparek łyżkowych firmy Volvo z osprzętem podsiębiernym (źródło: dane producenta)

Typ koparki	Moc	Pojemność łyżki	Max. głębokość kopania	Masa robocza
	kW	m ³	m	t
1	2	3	4	5
EC 140 D	84	0,21 – 0,73	5,53	13,0 – 16,5
ECR 145 D	84	0,4 – 0,88	6,12	14,4 – 16,8
EC 160 D	104	0,25 – 1,0	6,04	16,1 – 19,9
EC 180 D	104	0,25 – 1,0	6,0	17,5 – 19,9
ECR 235 D	128	0,85 – 1,48	6,71	23,7 – 27,6
EC 235 C	113	0,8 – 1,4	5,8	23,7 – 25,0
EC 220 D	128	0,52 – 2,1	6,73	20,9 – 24,6
EC 250 D	151	0,48 – 1,85	6,98	24,6 – 28,0
EC 300 D	169	0,52 – 2,02	7,35	30,0 – 33,0
EC 305 C	195	1,23 – 1,95	7,6	33,8 – 37,0
EC 360 C	205	1,35 – 2,78	8,2	38,0 – 39,7
EC 380 D	208	1,35 – 3,0	8,15	38,0 – 39,4
EC 460 C	245	1,78 – 3,63	9,2	47,9 – 50,5
EC 480 D	245	1,77 – 3,8	9,06	47,9 – 50,5
EC 700 C	336,5	2,48 – 6,6	8,4	69,3 – 71,7

Tabela 16 Podstawowe parametry koparek łyżkowych firmy Liebherr z osprzętem podsiębiernym (źródło: dane producenta)

Typ koparki	Moc	Pojemność łyżki	Masa robocza
	kW	m ³	t
1	2	3	4
R 313 Litronic	76	0,17 – 0,8	14,6 – 17,2
R 914 Compact Litronic	80	0,17 – 0,87	14,7 – 16,6
R 918	85	0,17 – 0,95	18,15 – 21,75
R 920	95	0,55 – 1,15	20,2 – 23,5
R 922	105	0,55 – 1,45	21,35 – 23,6
R 924	115	0,75 – 1,65	23,5 – 27,6
R 924 Compact	120	0,6 – 2,00	25,15 – 29,05
R 926	129	0,75 – 1,75	25,7 – 28,95
R 936	160	1,00 – 2,2	30,55 – 34,75
R 946	200	1,25 – 2,5	38,4 – 41,95
R 950 SME	220	2,0 – 2,75	42,95 – 44,8
R 956	240	1,25 – 3,3	49,6 – 57,1
R 960 SME	250	3,0 – 3,5	58,98 – 61,8
R 966	320	1,5 – 5,5	66,0 – 76,3
R 970 SME	330	4,0 – 5,0	76,6 – 78,6
R 976	400	2,0 – 6,6	85,3 – 95,5
R 980 SME	420	5,7 – 6,8	93,9 – 102,3

Eksploracja złóż okruchowych koparkami łyżkowymi z osprzętem podsiębiernym wiąże się z problemami geotechnicznymi oraz utrzymaniem stateczności urabiającej koparki. Występują między innymi zagrożenia obsunięciem się koparki do wyrobiska. Zagadnienie to rozwiązywane jest poprzez ustanawianie stref bezpieczeństwa pracy koparek lub wyposażanie ich w specjalistyczne zabezpieczenia, np. koparki wprowadzane są na pontony zabezpieczające je przed zagrożeniami osunięcia w wyrobisko. Kompleksowo problem ten rozwiązano w firmie fińskiej Bigfloat Ltd., w tej firmie opracowano pontonowe podwozia, które mogą być zastosowane do dwóch rozmiarów koparek o masie w zakresie od 10 do 16 ton oraz od 20 do 26 ton. System ten jest kompatybilny ze standardowymi koparkami wszystkich producentów.

Koparki o masie od 10 do 16 ton wyposażane są w rozwiązanie typu Big Float 12.24, które umożliwia pracę na obszarach zawodnionych o głębokości do 2 metrów. W trakcie hydraulicznego podnoszenia nadwozia koparki automatycznie poszerza się rozstaw podwozia. W przypadku, gdy koparka pracuje na płytkim akwenu, układ jezdny może być wykorzystywany do poruszania się jej po dnie. Koparka nie pływa na powierzchni wody, lecz dzięki innowacyjnemu układowi pontonów może pracować na terenach zawodnionych. Istnieje możliwość wyposażenia koparek w boczne pontony, które zapewniają utrzymanie koparki na powierzchni wody. Koparki mogą być stosowane ze standardowym układem urabiającym lub wyposażone w dwunastometrowy wysięgnik oraz łyżkę o pojemności 500 litrów. Koparki o masie od 20 do 26 ton typu Big Float 16.36 (Fot. 29) standardowo posiadają zasięg 16 metrów. W łyżce o pojemności 800 litrów znajdują się otwory do odpływu wody. Maszyna wyposażona jest w dwa pontony, wokół których biegną gąsienice. Dodatkowo mogą być zastosowane pontony kompensujące kołysania maszyny podczas pracy na otwartym akwenu, dzięki którym praca koparki staje się wydajniejsza



Fot. 29 Koparka na specjalnym podwoziu firmy Big Float.
(źródło: www.remu.fi)

Tabela 17 Koparki na specjalnym podwoziu firmy fińskiej Big Float
(źródło: dane producenta)

Parametry koparki	Jednostka	Typ koparki		
		10.22	12.34	16.36
1	2	3	4	5
Max. głębokość pracy (bez wsporników)	m	1,3	1,4	1,5
Wysięg do przodu	m	10,0	12,0	15,0
głębokość kopania	m	4,5	7,5	9,0
Nacisk na podłoże	g/cm ²	140	160	160
Waga podwozia	kg	15350	15900	18150
Waga całkowita	kg	2200	25 000	35000



Fot. 30 Koparka łyżkowa z osprzętem podsiębiernym wyposażona w pontony oraz urządzenia do stabilizacji pozycji w trakcie urabiania złoża
(źródło: www.remu.fi)

7.2. Urabianie koparkami z osprzętem zgarniakowym

Koparki wyposażone w osprzęt zgarniakowy (Fot. 31, 32 i rys. 23) mogą urabiać z ładu złoża zalegające poniżej lustra wody. Długi wysięgnik wyposażony w osprzęt linowy umożliwia urabianie kopaliny w znacznej odległości od linii brzegowej i na dużej głębokości. Proces ten polega na przeciąganiu zgarniaka w kierunku koparki liną, równocześnie zgarniak pod wpływem własnego ciężaru zagłębia się w kopalinę. Zgarniak po napełnieniu podnoszony jest do góry przy równoczesnym obrocie nadwozia koparki. Lina ciągnąca zapewnia pochylenie zgarniaka pod kątem ok. 15°, który zapobiega wysypywaniu się piasku i żwiru ze zgarniaka. Po przemieszczeniu zgarniaka nad międzyoperacyjny zasobnik terenowy, następuje jego rozładunek. Bezpośredni załadunek piasków i żwirów na środki transportowe jest trudny ze względu na boczne wahania zgarniaka, natomiast wahania zgarniaka są

korzystne przy rozładunku na terenowe zasobniki. Operator może wówczas wykonywać wyładunek przy maksymalnym wychyleniu zgarniaka, dzięki czemu zwiększa jego zasięg. Urabianie złóż piasków i żwirów koparką z osprzętem zgarniakovym może być prowadzone dwoma sposobami: poziomym i pochylonym. Urabianie złoża warstwami poziomymi jest mniej energochłonne, ponieważ napełnianie zgarniaka odbywa się bez konieczności jego podnoszenia. W tym wariacie piaski i żwiry urabiane są kolejnymi warstwami zgodnie z zaleganiem w złożu. Drugi wariant polega na urabianiu złoża warstwami pochylonymi. Piaski i żwiry urabiane są od spągu złoża do jego stropu. Urabianie złoża tym sposobem zapewnia pozyskanie kopaliny z różnych warstw jednocześnie, dzięki czemu urobek jest uśredniony.

Parametry koparek z osprzętem zgarniakovym są bardzo zróżnicowane, przedstawiono je przykładowo w dwóch tabelach 18 i 19. Parametry koparki z osprzętem zgarniakovym produkcji krajowej typu Brawal 1611 zawiera tabela 18. Pojemność zgarniaka montowanego w tych koparkach może mieć maksymalnie 1,5 m³, maksymalna długość wysięgnika 30 m. W tabeli 19 zestawiono typoszereg koparek z osprzętem zgarniakovym firmy Sennenbogen.

Tabela 18 Dane techniczne koparki Brawal 1611 z osprzętem zgarniakovym (źródło: dane producenta)

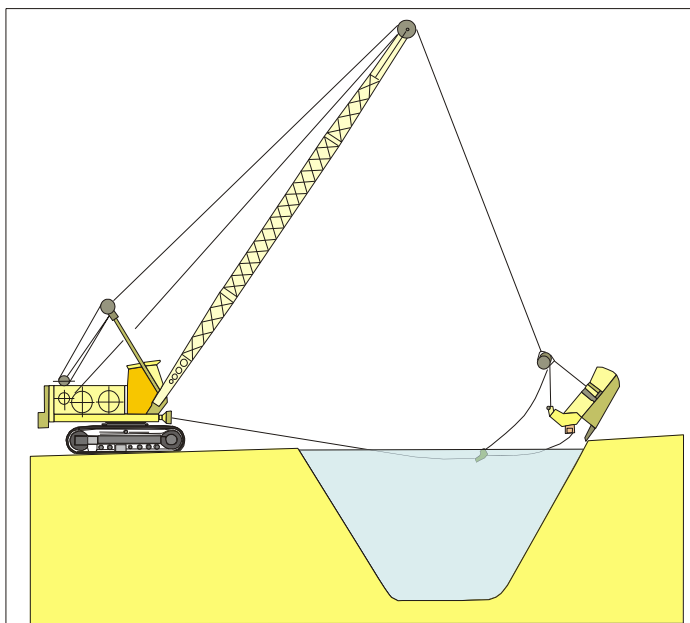
Parametry	Jednostka	
1	2	
Masa koparki	t	26,3
Długość wysięgnika	m	10 ÷ 30
Pojemność zgarniaka	m ³	0,6 ÷ 1,5
Moc silnika	kW	151
Nacisk na grunt	daN/m ²	0,4 ÷ 0,8
Siła uciągu	kN	225
Pokonywanie wzniesień	stopnie	37

Tabela 19 Podstawowe dane techniczne koparek firmy Sennbogen z osprzętem zgarniakowym (źródło: dane producenta)

Model	Pojemność zgarniaka	Maksymalny udźwig	Maksymalna wysokość podnoszenia	Moc znamionowa silnika
	m ³	t	m	kW
1	2	3	4	5
630 HD	2,1	30	33	148 kW
640 HD	2,3	40	46	168
655 HD	2,3	55	50	261
680 HD	2,5	80	60	261 / 354
690 HD	3,5	90	58	447
6100 HD	4,1	100	69	354 / 470
6130 HD	5,4	130	74	570 / 708
6180 HDSL	6,5	200	84	570 / 708



Fot. 31 Koparka firmy Sennebogen 655 Lizus HD z osprzętem zgarniakowym (źródło: www.sennbogen.com)



Rys. 23 Schemat koparki zgarniakowej (źródło: opracowanie własne)



Fot. 32 Koparka E 303 z osprzętem zgarniakowym (źródło: internet)

7.3. Urabianie zgarniarkami linowymi

Zgarniarki linowe (Fot. 33 i 34) stosowane są do urabiania złóż żwirów gruboziarnistych, zawierających duże głazy. Urządzenia te mogą pracować również w okresie zimowym.

Do podstawowych parametrów urabiania zgarniarek linowych należą:

- zakres urabiania do 220 m,
- głębokość urabiania do 25 m,
- pojemność zgarniaków 1.5 do 10.0 m³

Zgarniarki najczęściej poruszają się na podwoziach z napędem krocącym lub gąsienicowym. Maszyny te współpracują z przenośnikami taśmowymi, rzadziej natomiast z transportem samochodowym. Układy wydobywcze ze zgarniarkami linowymi działają cyklicznie wyposażone w napęd elektryczny lub spalinowy. Technologię urabiania złóż piasków i żwirów zgarniarkami ilustrują schematy zamieszczone na (rys. 24, 25). Na schematach przedstawione są dwa podstawowe typy zgarniarek. Zgarniarka (rys. 24) zbudowana jest z dwóch części: podstawowej, na której umieszczony jest napęd urządzenia z zespołem prowadzącym linę przemieszczającą zgarniak, kabiny sterowniczej, podwozia, układu odbierającego urobek i ładującego go na środki transportowe oraz urządzenia zwrotnego posadowionego po przeciwnej stronie urabianej części złoża. Lina ze zgarniakiem przemieszcza się między częścią podstawową a zwrotną. Zgarniarka pracuje urabiając złożę warstwami poziomymi. Zgarniak przemieszczając się od części zwrotnej w kierunku podstawowej napelniany jest kopalną. Rozładunek zgarniaka następuje w części podstawowej zgarniarki.

Zgarniarka przedstawiona na (rys. 25) zbudowana jest z długiego wysięgnika, który umożliwia prowadzenie liny ze zgarniakiem, układu napędowego, układu odbierającego urobek i podającego go na środki transportowe (najczęściej przenośniki taśmowe), kabiny sterowniczej oraz podwozia. Zgarniarka urabia złożę warstwami. Zgarniak napelniany jest w trakcie przemieszczania się po złożu w kierunku zgarniarki.

W trakcie urabiania zgarniak przemieszczany jest z prędkością od 1,2 do 1,8 m/s. Zaczerpywanie i przemieszczanie zgarniarką po korzystnym, równoległym do spągu torze ruchu powoduje bardzo małe straty spagowe występujące w trakcie urabiania.

Tabela 20 Dane techniczne zgarniarki linowej firmy Stichweh
(źródło: dane producenta)

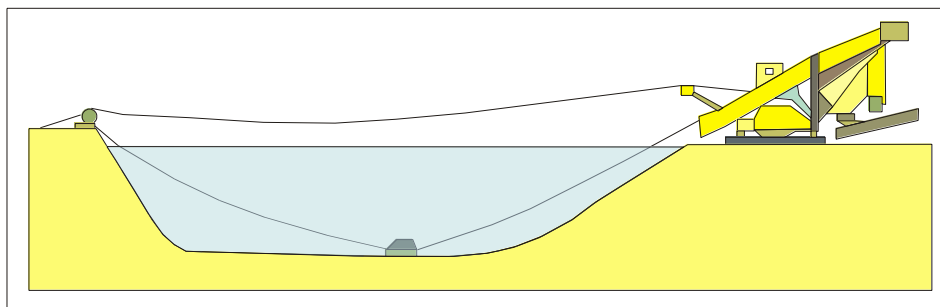
Typ	parametr	KS 400 SH	KS 600 SH	KS 1000 S
1	2	3	4	5
Moc silnika	kW	130	230	280
Pojemność czerpaka	m ³	4,0	6,0	10,0
Masa koparki	t	75	135	160
Zasięg	m	180	200	220
Średnica liny	mm	22/29	26/36	29/40
Prędkość liny	m/s	1,2/1,8	1,2/1,8	1,2/1,8
Pojemność zasobnika wyładowczego	m ³	6,0	10,0	15,0
Siła rozciągająca liny	t	10,0	18,0	24,0



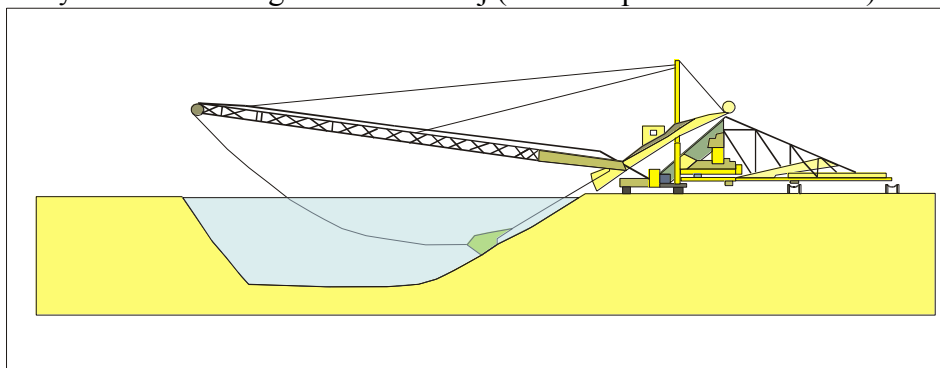
Fot. 33 Zgarniarka linowa firmy Stichweh typu KS 400 SH
(źródło: www.smt-stichweh.de/)



Fot. 34 Zgarniarka linowa firmy Stichweh typu KS 1000 S
(źródło: www.smt-stichweh.de/)



Rys. 24 Schemat zgarniarki linowej (źródło: opracowanie własne)

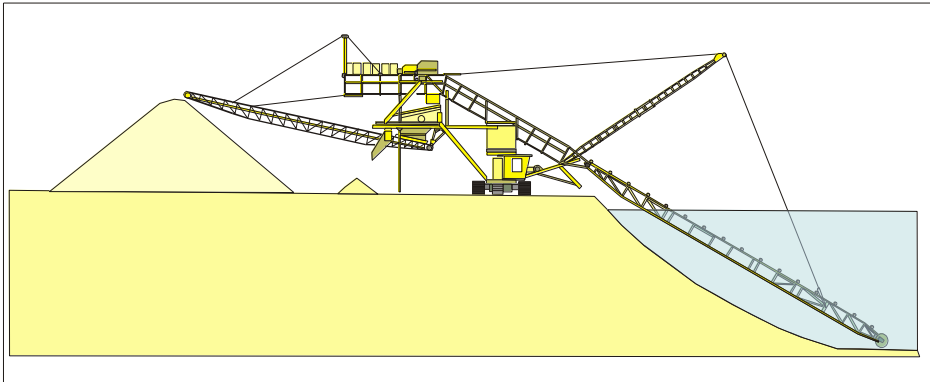


Rys. 25 Schemat zgarniarki linowej z wysięgnikiem
(źródło: opracowanie własne)

7.4. Urabianie koparkami łańcuchowymi

W kopalniach do eksploatacji spod lustra wody stosowane są również koparki łańcuchowe (Fot. 35) urabiające złoża z powierzchni ładu. Koparka urabia złożo systemem ścianowym poruszając się równoległe do krawędzi eksploatowanego wyrobiska. Głębokość urabiania limituje długość wysięgnika, na którym umocowane są czerpaki. Koparki prowadzą wydobywanie na skarpach o nachyleniu 1 : 3 tj. 18°. Czerpaki przesuwane są przy pomocy łańcucha. Proces urabiania prowadzony jest czerpakami przeciąganymi pod wysięgnikiem wzdłuż skarp złoża. W tej fazie procesu są one napełniane kopaliną. Po napełnieniu, czerpaki poruszają się wzdłuż górnej części wysięgnika na powierzchnię zbiornika wodnego a następnie wyładują kopalinę do zasobnika. Z zasobnika podawana jest ona przenośnikiem taśmowym na składowisko pośrednie lub na przenośnik. Następnie urobek przekazywany jest do zakładu przerobczego.

Kopalina wydobywana z wody jest w stanie dużego zawodnienia. Część wody odprowadzana jest już z czerpaków, które posiadają nacięcia umożliwiające prowadzenie tego procesu. Z wodą do wyrobiska poeksploatacyjnego odprowadzana jest również część drobnych frakcji głównie piaskowych. W tabeli 21 zestawiono typy i dane techniczne koparek łańcuchowych niemieckich firm Beyer i Röhr, stosowanych do eksploatacji złóż piasków i żwirów spod lustra wody. Na rysunku 26 przedstawiono schemat koparki łańcuchowej, która urabia złożo piasków i żwirów składując wydobytą kopalinę na składowisku terenowym w celu jej odwodnienia ociekowego.



Rys. 26 Koparka łańcuchowa (źródło: opracowanie własne na podstawie schematów koparek)

Tabela 21 Parametry koparek łańcuchowych
(źródło: dane producentów)

l.p.	Typ koparki	max głębokość urabiania	Pojemność czerpaka	Ilość wyspów	Wydajność	Moc
		m	l	min	m ³ /h	kW
1	2	3	4	5	6	7
Röhr						
1	K 75 R	12	75		100	30
2	K 110 R	12	110		150	45
3	K 160 R	12	160		220	55
Beyer						
4	E 2l	25	80	10 – 30	170	30
5	E 3l	25	125	10 – 30	250	45
6	E 4l	25	175	10 – 30	370	55



Fot. 35 Koparka łańcuchowa firmy Beyer urabiająca złożę piasku i żwiru spod lustra wody (źródło: www.beyer-viernheim.de/index.php/de/de-produkte/de-schwimmbagger/de-schwimmbagger-ausleger)

8. Technologie stosowane przy wydobyciu piasków i żwirów spod lustra wody

Eksploatacja spod lustra wody piasków i żwirów prowadzona jest za pomocą urządzeń wydobywczych z poziomów lądowych lub lustra wody.

Eksploatacja złóż prowadzona jest następującymi systemami:

- równoległym,
- wachlarzowym,
- równoległo-wachlarzowym.

Przemieszczanie się tych urządzeń w stosunku do kierunków eksploatacji może być prostopadłe lub równoległe. W górnictwie stosuje się dwa podstawowe systemy wybierania:

- ścianowy,
- zabierkowy.

System ścianowy polega na urabianiu złoża na całej długości poziomu eksploatacyjnego. W systemie zabierkowym wydobycie kopaliny ze złoża prowadzone jest równoległymi zabierkami (pasami). Kierunek postępu zabierek jest prostopadły do kierunku eksploatacji złoża. Dla potrzeb urabiania koparkami z poziomu wody opracowano systemy specjalne.

8.1. Urabianie jednostkami pływającymi

Eksploatacja złóż piasków i żwirów spod lustra wody prowadzona jest urządzeniami pływającymi:

- koparkami łańcuchowymi,
- koparkami ssącymi,
- koparkami chwytakowymi,
- koparkami hydro pneumatycznymi.

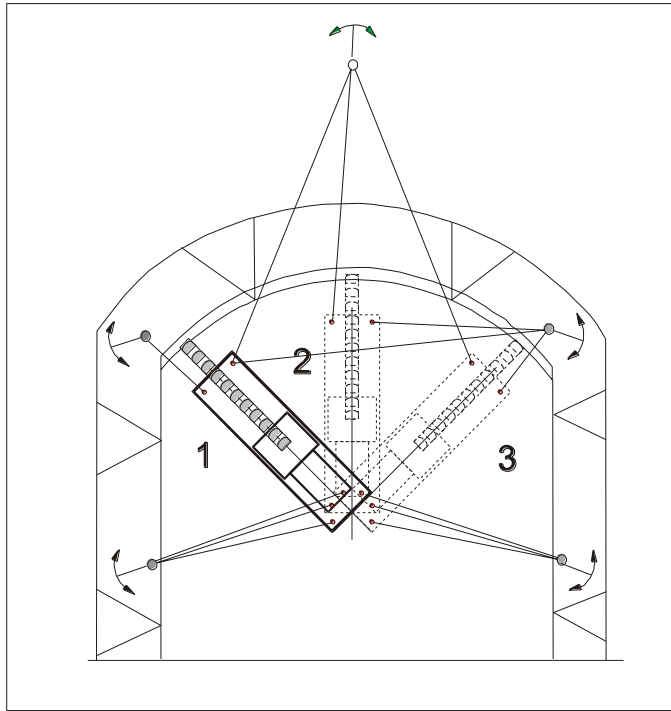
Eksploatacja spod lustra wody prowadzona jest systemami:

- bruzdowym,
- motylkowym.

System motylkowy może być realizowany sposobami;

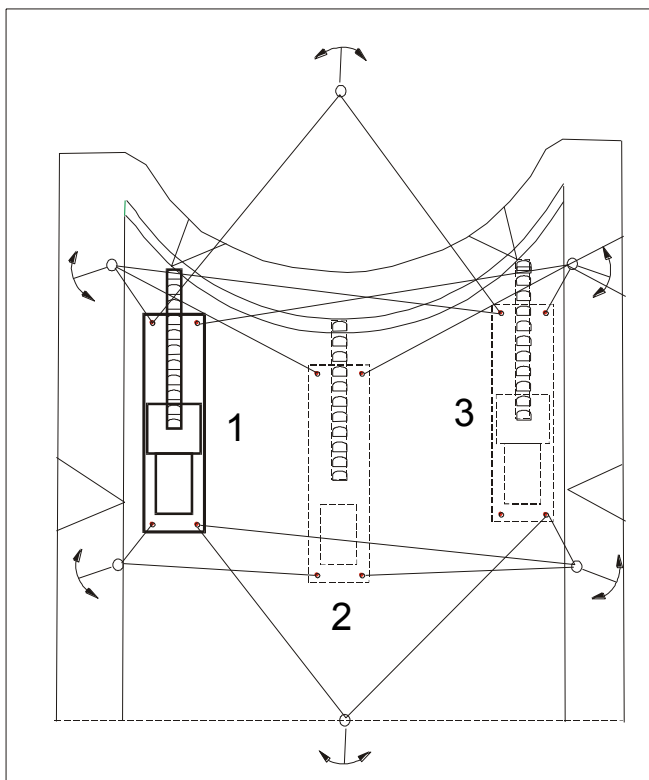
- wachlarzowym,
- równoległym,
- krzyżowym,
- bagermistrzowskim.

Motylkowy system eksploatacji złóż polega na wybieraniu złoża przez koparkę przemieszczającą się porzecznie do osi wyrobiska. Stosowane są cztery sposoby urabiania złóż systemem motylkowym, które zostały przedstawione na rysunkach 27 – 30.



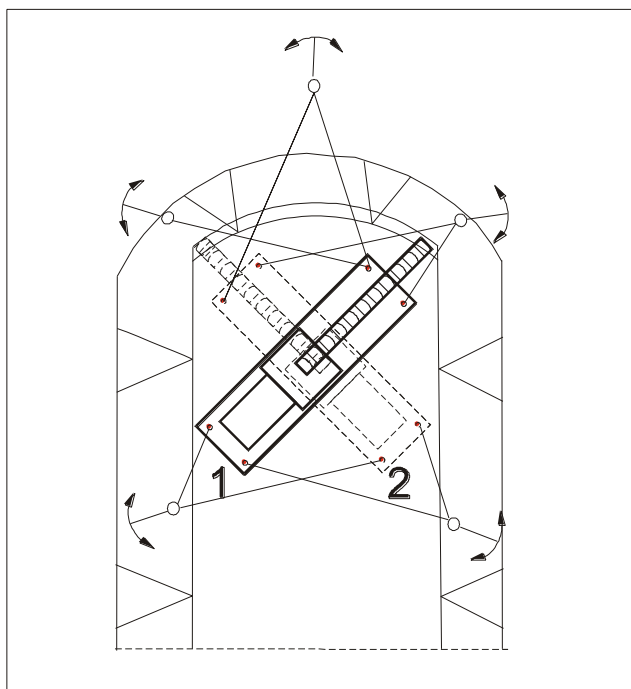
Rys. 27 Schemat eksploatacji systemem motylkowym, sposobem wachlarzowym (źródło: [37])

Sposób wachlarzowy przyjął nazwę od zmian położenia, jakie koparka przyjmuje w trakcie urabiania złoże. Koparka urabia złoże kolejnymi pasmami. Podczas urabiania pasma rufa zakotwiona jest w stałym punkcie, natomiast jej dziób podczas pracy wykonuje ruchy wachlarzowe. W sposobie wachlarzowym koparka przemieszcza się równolegle wzdłuż bocznych skarp wyrobiska. Jest ona ustawiana w pozycjach, z których urabia złoże po łuku. Po wyeksploatowaniu złoże z danego położenia koparka przepływa po łuku w nowe położenie do momentu urobienia całego pasma. Po jego urobieniu koparka przesuwa się o grubość pasma tj. od 3 do 5 m w nowe położenie. Przemieszczenia koparki realizowane są przy pomocy lin, które są przez wciągarki skracane, co powoduje zmianę jej położenia. Sposób wachlarzowy ogranicza częstość przemieszczeń układu transportowego, ponieważ punkt załadowniczy umieszczony na rufie koparki podczas urabiania jednego pasma utrzymywany jest w stałym miejscu. Schemat pracy w tym systemie przedstawia rysunek 27.



Rys. 28 Schemat eksploatacji systemem motylkowym sposobem równoległym (źródło: [37])

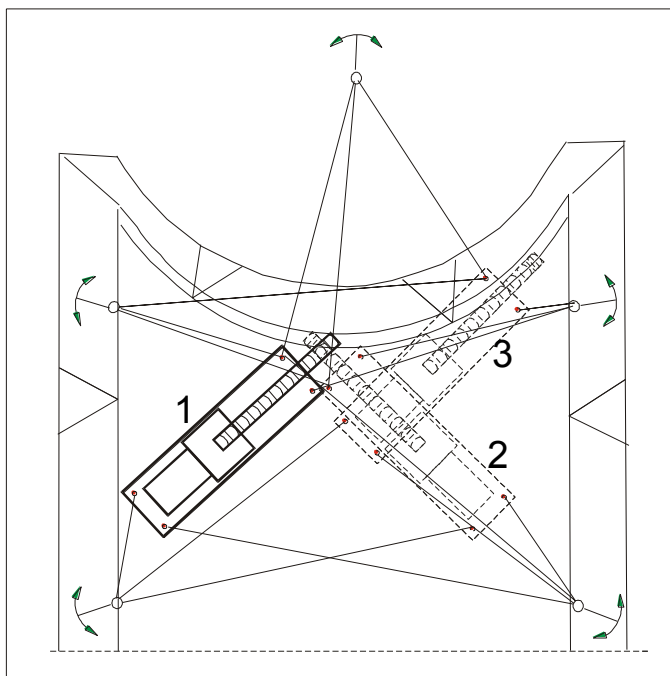
Urabianie złóż systemem motylkowym polega na przemieszczaniu koparki równolegle do kierunku eksploatacji. Eksploatację tym sposobem prowadzą pływające koparki łańcuchowe i ssące. Koparka przyjmuje pozycje jak na rysunku 28. Sposób ten wymaga przestawiania koparki przy każdej zmianie pozycji urabiania. Operacja przemieszczania koparki w nowe położenie jest złożona, wymaga, bowiem nie tylko zmiany jej położenia, ale również przestawienia części pływającej układu transportowego, którym koparka odstawia urobek na ład.



Rys. 29 Schemat eksploatacji systemem motylkowym sposobem krzyżowym
(źródło: [37])

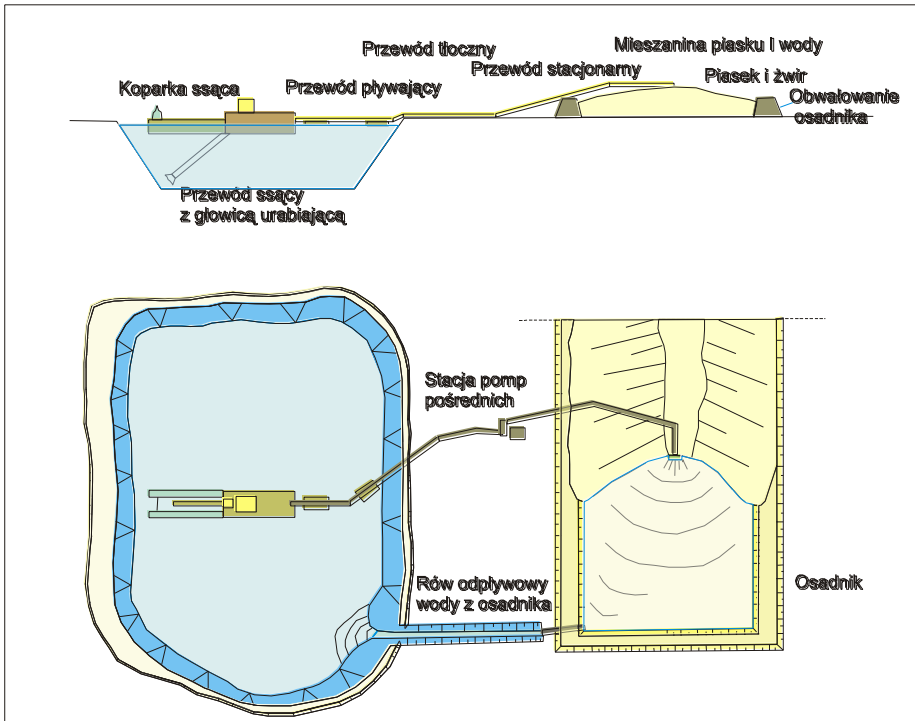
Pływające koparki łańcuchowe lub ssące prowadzą eksploatację złóż piasków i żwirów sposobem motylkowym krzyżowym najczęściej w fazach ich udostępniania. Złóża piasków i żwirów udostępniane są koparkami łyżkowymi z osprzętem podsiębiernym lub zgarniakowym z powierzchni ładu. Koparki te wykonują zbiornik wodny o parametrach pozwalających na zwodowanie koparek pływających. Urządzenia te prowadzą eksploatację całości złoża spod lustra wody. Koparka pracująca tym sposobem (rys. 29 z pkt 1) przemieszcza się po łuku urabiając złożę pasmem po łuku. W trakcie urabiania przesuwana jest część dziobowa oraz rufa w kierunku przeciwnym. Każda zmiana pozycji koparki wymaga przemieszczenia jej w nowe miejsce. Operacja ta jest złożona i czasochłonna.

Po rozszerzeniu przez koparkę wyrobiska przystępuje ona do dalszej eksploatacji prowadząc ją jednym z pozostałych sposobów.



Rys. 30 Schemat eksploatacji systemem motylkowym sposobem bagermistrzowskim (źródło: [37])

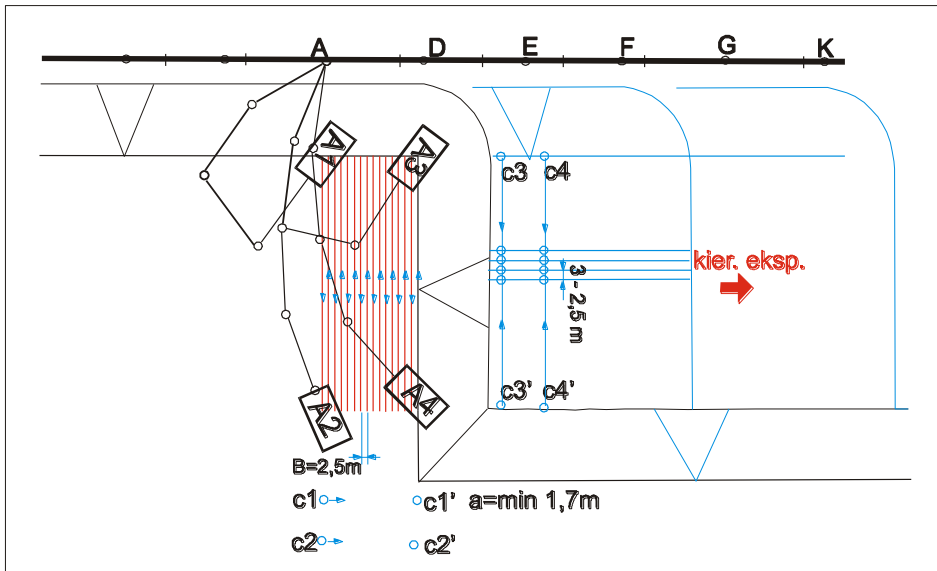
Często stosowanym systemem pracy pływających koparek łańcuchowych jest sposób bagermistrzowski. Polega on na przemieszczaniu dziobu koparki z położenia przy skarpie bocznej usytuowanej po lewej stronie koparki w kierunku środka urabianej części złoży. Następnie koparka przyjmuje położenie 2 i urabia drugą część tego rejonu złoży. Kończy eksploatację w punkcie 3.



Rys. 31 Schemat eksploatacji wyrobiska udostępnianego koparką ssącą z odstawą urobku do odwadniania grawitacyjnego (źródło: [38])

Prowadząc eksploatację złóż piasków i żwirów koparkami ssącymi stosowane są odciekowe sposoby odwodnienia urobku rys. 31. W pobliżu wyrobiska eksploatacyjnego formuje się obwałowanie, do którego wprowadzany jest urobek (w postaci hydromieszanki). W tak wykonanym składowisku tymczasowym następuje grawitacyjne odwodnienie urobku. Odwodniona kopalina przemieszczana jest ładowarkami na kosze zasypowe, z których podawana jest na przenośniki taśmowe. Woda znajdująca się w piasku i żwirze odprowadzana jest grawitacyjnie do podłoża a jej nadwyżka gromadzona w jednej części zbiornika, z której odprowadzana jest do wyrobiska poeksploatacyjnego. Schemat układu przedstawiono na rysunku 31.

Złóża zlokalizowane w dolinach rzek eksploatowane są najczęściej pływającymi koparkami łańcuchowymi w górnym ich biegu oraz koparkami ssącymi w dolnym biegu. Złóża eksploatowane są wzdłuż koryta rzek przy zachowaniu filarów ochronnych. Zbiornik wody tworzący się podczas eksploatacji w trakcie jej rozwoju znacznie się poszerza. Koparki pracują wówczas zabierkami. Na rysunku 32 przedstawiono schemat pracy pływającej koparki łańcuchowej.



Rys. 32 Schemat pracy pływającej koparki łańcuchowej [38]

Na schemacie przedstawionym na rysunku 32 koparka rozpoczyna prace w punkcie A_1 , urabia kopalinę do spągu złoża. Następnie koparka przesuwa się o 2,5 m w kierunku A_2 . Po osiągnięciu A_2 koparka przemieszcza się o długość $B=2,5$ m. w kierunku punktu A_4 . Powtarzane są te czynności, aż po wyeksploatowaniu sektora $A_1 - A_2 - A_3 - A_4$.



Fot. 36 Pływająca koparka łańcuchowa w trakcie urabiania złoża
(źródło: A. Witt 09.08.2011)



Fot. 37 Mocowanie liny do kierowania pozycją koparki ssącej
(źródło: A. Witt 09.05.2011)



Fot. 38 Połączenie linami ustalającymi położenie pływającej koparki
łańcuchowej (źródło: A. Witt 09.08.2011)

Eksploatacja piasków i żwirów spod wody prowadzona jest głównie systemem bruzdowym. System ten jest stosowany przy eksploatacji koparkami ssącymi oraz chwytakowymi. Złoże dzieli się na pola eksploatacyjne. Pola dzielone są na bruzdy. Pozycje pogłębiarek przy eksploatacji kolejnych bruzd ustalane są za pomocą systemu nawigacji GPS. Koparki pracujące sposobem bruzdowym w systemie wachlarzowym, urabiają złoże warstwami.

8.2. Urabianie złóż spod wody urządzeniami usytuowanymi na łądzie

Eksploatacja złóż piasków i żwirów spod wody urządzeniami usytuowanymi na łądzie prowadzona jest głównie systemem ścianowym według poniższego:

urabianie koparkami łyżkowymi z osprzętem podsiębiernym

Piaski i żwiry eksploatowane przez koparki łyżkowe z osprzętem podsiębiernym usytuowane są na powierzchni terenu. Koparki wyposażone są najczęściej w wydłużone wysięgniki umożliwiające prowadzenie eksploatacji na głębokość przekraczającą 5 m. Operator koparki urabiającej kopalinę spod lustra wody musi zachować bezpieczną odległość od krawędzi wyrobiska. Koparka w trakcie urabiania przemieszcza się wzdłuż krawędzi wyrobiska, pracuje na odkład lub ładuje kopalinę bezpośrednio na samochody. Urobek składowany tymczasowo wzdłuż wyrobiska odwadniany jest w sposób ociekowy. Analogicznie pracują koparki łyżkowe z osprzętem chwytakowym, składujące urobek wyłącznie na odkład. Urobek po odwodnieniu jest ładowany ładowarką lub koparką łyżkową na samochody lub kosz zasypowy, z którego podawany jest na przenośnik taśmowy i dalej kierowany do urządzeń przerobczych.

Urabianie koparkami z osprzętem zgarniakowym

Koparki mają znacznie większy zasięg pionowy urabiania złoża niż koparki łyżkowe. Pracują zazwyczaj na odkład. Urobek nie jest ładowany bezpośrednio na samochody ze względu na wahania liny, na której umocowany jest zgarniak.

Koparki łyżkowe z osprzętem podsiębiernym jak i koparki linowe z osprzętem chwytakowym lub zgarniakowym eksploatują złoża pozostawiając duże straty eksploatacyjne. Ich cykliczny system ich pracy oraz brak możliwości monitorowania spągu złoża powodują pozostawienie na spągu złoża powyżej 10 % kopaliny.

Urabianie zgarniarkami linowymi

Urządzenia te posiadają podwozia gąsienicowe, szynowe lub kroczące. Urabiają złoże systemem równoległym. Zgarniarka przesuwa się równolegle wzdłuż wyrobiska wybierając przy pomocy zgarniaka umocowanego na linie kopalinę.

Urabianie koparkami łańcuchowymi

Koparki te urabiają złożę systemem równoległym. Koparka przemieszcza się równolegle wzdłuż krawędzi wyrobiska. Urobek podawany jest na przenośnik taśmowy, którym dostarczany jest do zakładu przeróbczego.

9. Technologia przeróbki urobku (piasków i żwirów)

9.1. Układy przeróbcze

Kopalnie produkujące kruszywa dla budownictwa i drogownictwa posiadają układy przeróbcze o różnym stopniu złożoności. Układy rozbudowane składają się z dwóch głównych części. Na rysunku 33 przedstawiono przykładowy schemat takiego układu przeróbczego. W rozwiązaniu tym kopalina, po wstępnej przeróbce i odwodnieniu w wyrobisku, podawana jest do zbiornika międzyoperacyjnego przenośnikiem taśmowym, pod którym znajduje się tunel zbudowany z prefabrykatów żelbetowych. W stropowej części tunelu znajdują się otwory z zasuwami, przez które podawana jest kopalina na podajnik wibracyjny. Urządzenie to dozuje nadawę na przenośnik taśmowy. Nadawa podawana jest przenośnikiem taśmowym na przesiewacz, gdzie rozdzielana jest na frakcje. Przesiewacz posiada trzy pokłady sit. Nadziarno o uziarnieniu >16 mm z górnego sita podawane jest przenośnikiem taśmowym na zasobnik terenowy. Produkty rozdzielane między sitami kierowane są przenośnikami taśmowymi na zasobniki terenowe. Podziarno z dolnego sita kierowane jest na przesiewacz odwadniający, z którego po odprowadzeniu nadmiaru wody podawane jest przenośnikiem taśmowym na zasobnik terenowy. Na przesiewaczu kruszywo jest płukane wodą, która dozowana jest z natrysków zlokalizowanych nad górnym sitem. Z przesiewacza odprowadzane są cztery frakcje handlowe oraz nadziarno.

- 2 – 8 mm,
- 8 – 16 mm,
- 2 – 16 mm,
- 0 – 2 mm.

Frakcja 2 – 16 mm powstaje po połączeniu frakcji. Produkty handlowe z zasobników terenowych odbierane są dwoma sposobami:

- przenośnikiem taśmowym zlokalizowanym w tunelu znajdującym się pod zasobnikami,
- ładowarką, która ładuje produkty handlowe bezpośrednio na samochody.

Frakcje odbierane przenośnikiem taśmowym mogą być ładowane na środki transportowe z załadowni. Operacja ta może być realizowana na samochody lub wagony kolejowe.

Nadziarno składowane w zasobniku terenowym podawane jest dalszej przeróbce, najczęściej na kruszarkę stożkową. Nadziarno odbierane jest z

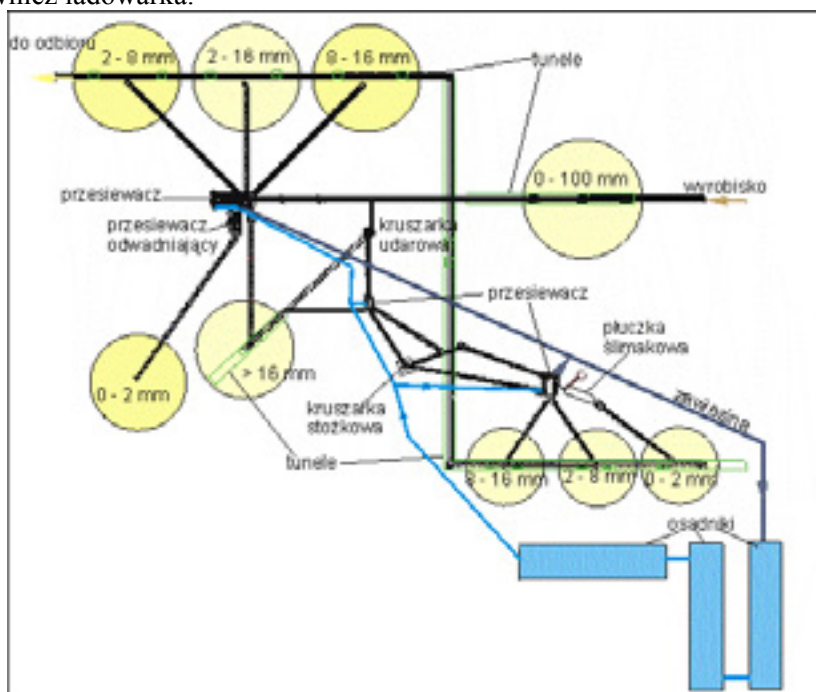
zasobnika przenośnikiem taśmowym, który zlokalizowany jest w tunelu znajdującym się pod nim. W układzie przedstawionym na rysunku 33 nadziarno podawane jest na kruszarkę stożkową lub udarową.

Produkty kruszarki stożkowej podawane są na przesiewacz trzypokładowy, na którym rozdzielane są na produkty handlowe:

- 2 – 8 mm,
- 8 – 16 mm,
- 0 – 2 mm,

oraz nadziarno >16 mm, które kierowane jest przenośnikiem na kruszarkę stożkową. Frakcja 0 – 2 mm podawana jest na płuczkę ślimakową gdzie oddzielona zostaje woda z drobnymi zanieczyszczeniami, a następnie kierowana na zasobnik terenowy przenośnikiem taśmowym.

Kruszarka stożkowa kruszy ziarna >16 mm, produkty jej podawane są na przesiewacz, który rozdziela je na frakcje handlowe. Składowanie ich odbywa się przenośnikami taśmowymi na składach terenowych. Odbiór produktów gotowych ze składów terenowych odbywa się z tunelu zlokalizowanego pod nimi. Przenośnik taśmowy tam zlokalizowany przenosi je na kolejne przenośniki aż do załadowni produktów handlowych. Frakcje te mogą być również odbierane bezpośrednio z zasobników terenowych transportem samochodowych. Do załadunku kruszyw stosowana jest tutaj również ładowarka.



Rys. 33 Przykładowy schemat układu przerobczego w kopalni piasków i żwirów (źródło: opracowanie własne)

Produkty kruszarki udarowej podawane są przenośnikami taśmowymi na przesiewacz, na którym rozdzielane są na poszczególne frakcje. Woda zużyta do płukania kruszyw, odprowadzana jest układem rurociągów do terenowych zbiorników sedymentacyjnych. Po oczyszczeniu, jako woda technologiczna zawracana jest z powrotem do układu przerobczego.

9.2 Odwadnianie urobku

Piaski i żwiry wydobywane spod lustra wody są zawodnione bez względu na sposób ich pozyskania. Podstawową operacją, jaką należy wykonać przed przekazaniem ich do odbiorców lub do zakładu przerobczego jest odprowadzenie z nich wody. Urządzenia wydobywcze prowadzące eksploatację przy pomocy czepaków, już w momencie wydobywania, odprowadzają część wody przez szczeliny, które się w nich znajdują. Nadawa z tych urządzeń jest już wstępnie odwodniona. Koparki ssące pobierają ze złoża hydromieszanki, które posiadają znacznie większą ilość wody niż kopalina wydobyta przez urządzenia czepakowe. Ogólnie, odwodnienie nadawy prowadzone jest dwiema podstawowymi metodami:

- odwadnianie ociekowe,
- odwadnianie w urządzeniach odwadniających.

Kopalina urobiona przez koparki ssące jest transportowana rurociągiem do specjalnie przygotowanych odstojników terenowych (Fot. 39), kwatery zabezpieczone z trzech stron przez wały uformowane z piasku. Po wypełnieniu zasobnika końcówka rurociągu jest przestawiana do następnego odstojnika. Urobek w poprzednim zasobniku odwadnia się ociekowo do podłoża. Z zasobnika odwodniony piasek i żwir podawany jest ładowarkami do kosza zasypowego (Fot. 40), z którego dalej jest transportowany przenośnikiem taśmowym do zakładu przerobczego.



Fot. 39 Odwodnienie kopaliny w sposób naturalny (ociekowy)
(źródło: A. Witt 07.10.2007)



Fot. 40 Ładowarka podaje odwodniony piasek i żwir do kosza zasypowego
(źródło: A. Witt 07.10.2007)

Kopalina wydobywana przez pływające koparki łańcuchowe i chwytakowe odwadniana jest wstępnie w czerpakach i dalej na przesiewaczach zainstalowanych na koparkach.



Fot. 41 Urobek wydobyty przez pływającą koparkę chwytakową składowany na brzegu wyrobiska przenośnikiem taśmowym (źródło: A. Witt 14.05.2009)

Urobek wydobywany spod lustra wody przez koparki usytuowane na lądzie, składowany jest na tymczasowych składowiskach terenowych (Fot. 41). Po ociekowym odwodnieniu przemieszczany jest zazwyczaj za pomocą ładowarki bezpośrednio na środki transportowe odbiorców lub do układu przeróbczego.

Odwodnienie urobku na etapie jego wydobywania nad poziom lustra wody nie zapewnia odprowadzenia całej wody z kopaliny. Kopalina kierowana do zakładu przeróbczego zawiera ok. 10% wody. W zakładzie przeróbczym piasek i żwir poddawany jest procesowi płukania. W wyniku tej operacji w nadawie pozostaje dodatkowa ilość wody. Odwodnienie produktów gotowych prowadzone jest głównie na przesiewaczach odwadniających i odwadniaczach oraz ociekowo w zasobnikach terenowych.

Przesiewacze odwadniające

Do odprowadzenia wody z urobku stosowane są często przesiewacze odwadniające. Urządzenia te są maszynami wibracyjnymi, wyposażonymi w odpowiedni system natrysków wodnych. Przesiewacze te wykonują dwa procesy: płukanie piasków i żwirów oraz ich sortowanie. Przesiewacze tego typu stosowane są najczęściej we wstępnych etapach przeróbki kopaliny, podczas, których następuje jej oczyszczanie z utworów gliniasto – ilastych

łatwo rozmywalnych oraz zanieczyszczeń organicznych. Nadawa poddawana jest natryskom wodnym na 1/3 długości pokładu sita od miejsca dozowania. Na pozostałej części sita odbywa się odwadnianie urobku. Przesiewacze są napędzane wibratorami bezwładnościowymi, jednomasowymi, które w zależności od usytuowania względem środka ciężkości dają kołową lub eliptyczną trajektorię drgań urządzenia. Pierwsza część pokładu sita ma otwory w kształcie korytek trapezowych, w których następuje wstępne wzajemne ocieranie się ziaren żwirów i piasków z usuwaniem otoczki gliniasto-iłowej. W przesiewaczach obroty wibratora są przeciwne do kierunku pochylenia pokładu, kiedy materiał transportowany jest w górę.

W przypadku odwadniania piasków ich wilgotność po tym procesie wynosi około 12 %. Do procesu odwadniania są stosowane różne typy przesiewaczy. W tabelach 22 - 24 przedstawiono podstawowe parametry przesiewaczy odwadniających.

Produkowane są również przesiewacze o sicie płaskim łamanym, zanurzonym w wannie z wodą o trajektorii drgań posuwisto zwrotnych. Drgania sita zanurzonego w wodzie powodują oscylację wody w obrębie ziaren nadawy, która rozmywa i jednocześnie usuwa zanieczyszczenia.

Tabela 22 Przesiewacze wibracyjne odwadniające (kąt pochylenia +3° do +5°) firmy Schauenburg Maschinen- und Anlagen-Bau GMBH

(źródło: dane producenta)

Typ	Wymiary	Masa sita	Wydajność maksymalna	Napęd stacjonarny		Segmenty sitowe	
				Moc silnika	Obroty silnika	Liczba	Szerokość
				kW	min-1	Szt.	mm
1	2	3	4	5	6	7	8
720	700 x 2000	870	15	3,0	1000	2	335
820	800 x 2000	1050	30	4,0	1000	2	385
826	800 x 2000	1850	50	5,5	1000	2	385
840	800 x 4000	2050	60	5,5	1000	2	385
1126	1100 x 2600	2050	70	5,5	1000	3	335
1140	1100 x 4000	2450	80	5,5	1000	3	335
1230	1200 x 3000	2800	100	7,5	1000	3	385
1240	1200 x 4000	3100	120	11,0	1000	3	385
1430	1400 x 3000	3300	130	7,5	1000	4	335
1440	1400 x 4000	3600	150	11,0	1000	4	335
1646	1600 x 4600	5750	250	15,0	1000	4	385
2050	2000 x 5000	6750	400	18,5	1000	5	385
2060	2000 x 6000	7850	500	22,0	1000	5	385
2560	2500 x 6000	11000	600	30,0	1000	6	385

Tabela 23 Parametry techniczne przesiewaczy wibracyjnych odwadniających (kąt pochylenia -5° do -15°) firmy Schauenburg Maschinen- und Anlagen-Bau GMBH (źródło: dane producenta)

Typ	Wymiary	Masa sita	Wydajność max.	Napęd stacjonarny		Liczba pokładów	
				Moc silnika	Obroty silnika		
				mm	kg	t/h	kW
1	2	3	4	5	6	7	8
1126	1100 x 2600	1050	zależna od sposobu zasilania materiałem	4	1500	x	
1230	1200 x 3000	1150 / 1350		5,5/ 7,5	1500	x	x
1240	1200 x 4000	1400 / 1650		5,5 / 7,5	1500	x	x
1430	1400 x 3000	1300 / 2000		7,5/ 11	1500	x	x
1440	1400 x 4000	1450 / 2800		7,5 /11	1500	x	x
1646	1600 x 4600	2450 / 3400		11 / 15	1500	x	x
2050	2000 x 5000	4650 / 5850		18,5 /22	1000	x	x
2060	2000 x 6000	5800 / 7050		18,5 / 22	1000	x	x
2560	2500 x 6000	7650 / 9350		22 /30	1000	x	x

Przesiewacze odwadniające produkowane przez firmę Ofama VIBRA Sp. z o.o. w Opolu dobierane są w zależności od rodzaju i cech fizycznych przesiewanego materiału, oczekiwanej wydajności i innych uwarunkowań. Podstawowe dane techniczne tych urządzeń zestawione zostały poniżej. Zestawienie przedstawia graniczne parametry przesiewaczy.

Dane techniczne (źródło: dane producenta):

- szerokość od 600 do 2.500 mm,
- długość od 2.500mm do 7.000 mm,
- ilość pokładów sitowych 1,
- pochylenie sita 0 +/- 10°
- rodzaj sita: poliuretanowe lub stalowe firmy STEINHAUS,
- napęd: mniejsze jednostki 1 lub 2 elektrowibratory, maksymalnie do 14 kW każdy,
- masa kompletnego przesiewacza do 15 ton,
- posadowienie zalecane nowoczesne łączniki oscylacyjne.

Tabela 24 Podstawowe parametry techniczne przesiewaczy wibracyjnych produkcji GOSTER Design Production (źródło: dane producenta)

Typ	Parametry				
	Wymiary sita	Ilość pokładów	Obroty	Moc	Waga
	m	szt	obr/min	kW	kg
1	2	3	4	5	6
DS 1837 HF	1,8x3,7	1	1500	2x5	3300
DS 2437 HF	2,4x2,7	1	1500	2x7,8	4000

Do odwadniania urobku wydobywanego przez koparki ssące stosowane są również odwadniacze kołowe podciśnieniowe. Urządzenia te używane są na kilku poziomach przeróbki w kopalniach eksploatujących spod lustra wody. Urobek koparek ssących w postaci hydromieszaniny podawany jest do odwadniaczy w celu redukcji nadmiaru wody, ziaren ilastych i pylastych. Odwadniacze różnych typów stosowane są w układach przerobczych do odwadniania półproduktów i produktów końcowych. Podstawowe typy odwadniaczy przykładowo wybranych firm zostały przedstawione na fotografiach od 42 do 47 a dane techniczne zestawiono w tabelach od 25 do 27.

Odwadniacze

Odwadniacze produkcji krajowej

Odwadniacze firmy ŁZG Łęczycza S. A.

ŁZG w Łęczycy produkuje odwadniacze kołowe do bezpośredniej współpracy z koparkami ssącymi jak również do odwadniania piasków w procesie ich klasyfikacji w układach przerobczych. Odwadniacze kołowe odbierające hydromieszaniny z koparek mają za zadanie rozdzielić ją na dwa strumienie. Frakcje o uziarnieniu powyżej 2 mm i zawartości wody w granicach 12% kierowane są do dalszej przeróbki, natomiast frakcje poniżej 2 mm razem z wodą znajdującą się w urobionej kopalinie odprowadzane są do wyrobiska poeksploatacyjnego. Odwadniacze dobierane są do koparek ssących głównie wydajnościowo. Strumień hydromieszaniny powinien być dostosowany do pojemności czerpaków odwadniacza. W przypadku, gdy jest większy następuje przelewanie hydromieszaniny z czerpaków na zewnątrz odwadniacza. Do odwadniania frakcji piaskowej mogą być stosowane odwadniacze kołowe wstępowe. Odwadniacze te pozwalają zmniejszyć ilość ziaren piasku, która odprowadzana jest z wodą i frakcjami ilastą i pylastą jako odpad do zbiornika poeksploatacyjnego (tab. 27).

Tabela 25 Parametry techniczne odwadniaczy kołowych firmy ŁZG Łęczycza S. A. (źródło: dane producenta)

Typ	Wydajność	Średnica koła czerpakowego	Ilość czerpaków	Szerokość czerpaka	Moc napędu
	t/h	mm	szt.	mm	kW
1	2	3	4	5	6
Kołowy do współpracy z koparkami ssącymi					
OKPŻ 65.11	300	6500	26	1100	22
Kołowy do odwadniania piasków					
OKPP 45.11	150	4500	20	1100	11
OKPP 35.11	100	3500	20	1100	5,5
Typ	Wydajność	Długość wstęgi	Ilość kulek	Szerokość czerpaka	Moc napędu
Kołowy wstęgowy do odwadniania piasków					
ETE 23.13	70	2x1500		1300	4

SKSM S.A. w Szczecinie produkuje odwadniacze do bezpośredniego odbioru hydromieszaniny z koparki ssącej. Parametry tego urządzenia zestawiono w (tab. 26)

Tabela 26 Parametry techniczne odwadniacza kołowego firmy SKSM S.A. w Szczecinie (źródło: dane producenta)

Parametr	Jednostka	Wartość
1	2	3
Średnica koła czerpakowego	mm	5400
Ilość czerpaków	szt.	24
Ciężar całkowity	kg	32 700
Moc napędowa	kW	11

Odwadniacze produkowane przez firmę BUDKRUSZ są stosowane przy przeróbce piasków i żwirów zarówno na poziomie odprowadzenia wody z hydromieszaniny otrzymanej z koparki jak również przy odprowadzenia wody z półproduktów jak i produktów gotowych. Odwadniacz kołowy podciśnieniowy OKP-350 przeznaczony jest do odwadniania urobku koparki ssącej o uziarnieniu 0-120 mm. Do odwadniania frakcji piaskowej stosowane są odwadniacze OKP – 90 i OKP 125

Tabela 27 Parametry techniczne odwadniaczy kołowych podciśnieniowych firmy BUDKRUSZ (źródło: dane producenta)

Parametry	jednostka	Typ		
		OKP 90	OKP 125	OKP 350
1	2	3	4	5
Wydajność	t/h	60 - 90	90 - 125	240 - 350
Rozcieńczenie pulpy objętościowo	-	1 : 4; 1 : 5	1 : 4; 1 : 5	1:4 do 1:10
Wielkość nadawy na odwadniacz	m ³ /h		600	1200
Średnica koła czerpakowego	mm	3600	3600	6400
Szerokość koła czerpakowego	mm		1000	1100
Ilość czerpaków	szt	14	14	26
Odwodnienie (wilgotność)	%	18 do 20	18 do 20	18 do 22
Ilość obrotów koła czerpakowego	obr/min	1,1	1,1	0,5 – 1,75
Powierzchnia klarowania	m ²		5,7	20,2
Moc napędu	kW	4,0	5,5	18,5
Łączna masa	t		8,3	30,2

Pełny zakres odwadniaczy produkowała firma NOWET Sp. z o. o., których dane techniczne zestawiono w tabeli 28. Odwadniacz OKN 700 może być stosowany do odbioru hydromieszaniny od koparek ssących. Pozostałe dwa typy OKN 370 i 200 znajdują zastosowanie przy odwadnianiu półproduktów i produktów końcowych.

Odwadniacze firmy NOWET

Tabela 28 Parametry techniczne odwadniaczy kołowych firmy NOWET Sp. z o. o. (źródło: dane producenta)

Typ	Średnica koła czerpakowego	Szerokość koła	Obciążenie nadawą	Wydajność w kruszywie	Moc napędu
	mm		m ³ /h	t/h	kW
1	2	3	4	5	6
OKN 300	3040	500 ÷ 800	220	90	4,0
OKN 370	3720	700 ÷ 1100	350	120	5,5
OKN 420	4210	900 ÷ 1200	500	180	7,5
OKN 570	5690	900 ÷ 1200	950	220	9,2 ÷ 11,0
OKN 600	6040	900 ÷ 1400	1250	270	11,0 ÷ 15,0
OKN 650	6530	1000 ÷ 1600	1600	350	15,0 – 18,5
OKN 700	7000	-	-	700	30,0

Odwadniacze firmy EKO BUD II Maszyny Górnicze Ireneusz Machania stosowane są głównie przy odbiorze hydromieszanki z pogłębiarek ssących.

Tabela 29 Parametry techniczne odwadniaczy kołowych firmy EKO BUD II Maszyny Górnicze Ireneusz Machania (źródło: dane producenta)

Typ	Wydajność	Średnica koła czepakowego	Ilość kubelków	Rozcieńczenie nadawy
	t/h	mm	szt.	
1	2	3	4	5
OKP – MEGA 1200	350	5000	26	1,4 – 1,5
OKP – MEGA 1300	460	6400	26	1,4 – 1,5

W krajowych kopalniach stosowane są również odwadniacze z importu. Urządzenia te instalowane są głównie w ciągach technologicznych do odwadniania półproduktów lub produktów końcowych.

Odwadniacze wstępne

Odwadniacze firmy TEREX/FINLEY

Urządzenia firmy TEREX/FINLEY stosowane do odwadniania frakcji piaskowych wraz z ich danymi technicznymi przedstawiono w tabeli 30. Typ 200E Hydrasander (Fot. 42) wyposażony jest w koło z czepakami oraz długą obracającą się wstęgę spiralną. Konstrukcja ta charakteryzuje się zwiększoną powierzchnią klarowania w stosunku do parametrów koła czepakowego. Wstęga ma zadanie nagarniać pod koło drobno ziarniste piaski sedymentujące na dnie wanny. Urządzenie jest przeznaczone do odwadniania i klasyfikacji piasku z ziarnem podziałowym 63µm. Odwadniacz TEREX/FINLEY 252E Classifier jest wyposażony w dwa bliźniacze koła oraz długą wstęgę spiralną. Odwadniacz ten jest przeznaczony do produkcji frakcji piaskowych np. 0,063 – 0,50 mm i 0,50 – 2,00 mm. Podstawowe parametry odwadniaczy firmy TEREX/FINLEY zestawiono w tabeli 30.



Fot. 42 Odwadniacz firmy TEREX/FINLEY typ 200E
(źródło: www.finlayhydrascreens.com/en)

Tabela 30 Parametry techniczne odwadniaczy kołowych firmy TEREX/FINLEY (źródło: dane producenta)

Parametry	Jednostka	Terex/ Finley NFLG 150E Hydrasander	Terex/ Finley 150 TP Hydrasander	Terex /Finley 200E Hydrasander	Terex/ Finley 252E Classifier
1	2	3	5	3	4
Długość	m		9,9	10,38	11,54
Szerokość	m		2,3	2,75	3,10
Wysokość	m		3,4	4,62	4,63
Napęd	kW	7,5	11	7,5	2x7,5
Średnica koła	m	3,353	3000 piasek grubszy 3350 piasek drobny	4572	4572 piasek grubszy 2074 piasek drobny
Ilość czerpaków	szt	24	18 piasek grubszy 24 piasek drobny	30	54 piasek grubszy 12 piasek drobny
Pojemność zbiornika	l	14074	15674	20430	22230
Zapotrzebowanie na wodę	l/min	15200	4540	2270 - 4540	2270 - 4540
Masa maszyny	t	7,5	9,0	11	12,5

poziomie nawet 150 μm . Podstawowe dane techniczne tych odwadniaczy zestawiono w tabeli 31.

Tabela 31 Parametry odwadniaczy wstęgowych firmy Metso
(źródło: dane: producenta)

Parametry	Jednostka	Typy odwadniaczy wstęgowych				
		SF 2360	SF 2850	2870	2960	2975
1	2	3	4	5	6	7
Powierzchnia sit	m^3	1,3	2	2	3,2	4,3
Napęd	kW	2x0,9	2x1,7	2x1,7	2x1,9	2x3
Wydajność - piasek	t/h	50-70	80-100	90-120	140-150	150-180
Wydajność piasek	m^3	35-40	50-60	60-65	70-80	80-120
Zapotrzebowanie na wodę	m^3/h	175	175	240	220	270
Moc	kW	4	7,5	7,5	9,2	11
Długość czynna	mm	6000	5000	7000	6000	7500
Długość całkowita	mm	8810	7870	9870	9520	11710
Szerokość	mm	2570	3000	3000	3150	3150
Wysokość	mm	2720	3000	3000	3000	3100
Pojemność koryta	m^3	10,7	10,7	14,4	13,2	16,5
Prędkość obrotowa	obr/min	2,8	2,8	2,8	2,8	2,6
Masa	kg	9000	10500	11700	12500	14000
Masa robocza	kg	27000	33000	35000	38000	42000



Fot. 44 Odwadniacz firmy Metso (źródło: www.metso.com)

Odwadniacze kołowe firmy Metso



Fot. 45 Odwadniacz kołowy firmy Metso (źródło: www.metso.com)

Firma Metso produkuje odwadniacze (Fot. 43) stosowane do usuwania wody z półproduktów lub produktów gotowych kopalń eksploatujących piaski i żwiry spod lustra wody. Podstawowe parametry odwadniaczy kołowych produkowanych przez firmę Metso zestawione są w tabeli 31.

Tabela 32 Parametry odwadniaczy kołowych firmy Metso
(źródło: dane producenta)

Parametry	Jednostka	Typ odwadniacza		
		DEA 1030	DEA143	DEA 1540
1	2	3	4	5
Nadawa	mm	0 – 6 mm		
Średnica koła	mm	3000	3000	4000
Szerokość koła	mm	1000	1400	1500
Powierzchnia	m ²	6,1	10,6	16,6
Objętość wanny	m ³	6,33	8,5	18,0
Moc	kW	2,2	3,0	4,0
Prędkość	obr./min	1,3	1,3	1,2
Wydajność (odwodniony materiał)	t/h	85	120	200
Wydajność (odwodniony materiał)	m ³ /h	50	70	110
Zużycie wody	m ³ /h	120	200	330
Masa	kg	4000	4500	6500
Masa robocza	kg	12000	13500	19500

Odwadniacze kołowe firmy ProSand

Odwadniacze kołowe z zabudowaną wstęgą produkcji firmy ProSand stosowane do oddzielania z piasków i żwirów wody wraz z frakcjami ilastymi, pylastymi oraz zanieczyszczeniami organicznymi. W zależności od zawartości drobnych frakcji w kopalinie stosuje się odpowiednie typy tych urządzeń. Podstawowe parametry odwadniaczy firmy ProSand zestawiono w tabeli 32. Na fotografii 44 przedstawiono odwadniacz firmy ProSand zabudowany w układzie technologicznym.



Fot. 46 Odwaniacz kołowy firmy ProSand (źródło: www.refulery.eu/)

Tabela 33 Parametry techniczne odwadniaczy firmy ProSand
(źródło: dane producenta)

Typ	długość	Długość ślimaka	Liczba czerpaków	Pojemność czerpaka	Wydajność	Moc
	mm	mm	Szt.	l	t/h	kW
1	2	3	5	6	7	8
KDS - 4000	7300	4000	32	44	140 - 200	11
KDS - 3000	6100	3000	32	44	140 - 200	11
KDS - 1500	4600	1500	32	44	140 - 200	9,2

W krajowych kopalniach pracują również odwadniacze firmy Powerscreen. Odwadniacz Fines Master 120 zabudowany w ciągu technologicznym w kopalni piasków i żwirów w Ognicy przedstawiono na fotografii 45.



Fot. 47 Odwadniacz Fines Master 120 (źródło: Z. Schmidt 19.10. 2010)

Odwadniacze Fines Master 120 (Fot. 45) stosowane są do odzyskiwania piasku i drobnych frakcji żwirowych. W tym urządzeniu nadawa z kół czerpakowych kierowana jest bezpośrednio na własne sito odwadniające, natomiast drobne frakcje pompowane są do hydrocyklonów. W tych urządzeniach następuje oddzielenie pyłów, natomiast frakcje drobnoziarniste zrzucane są na sito odwadniające.

Odwadniacz zbudowany jest z: bliźniaczych kół czerpakowych, sita odwadniającego, 2 hydrocyklonów, pompy tłoczącej pulpę z odwodnienia na sicie do hydrocyklonów, dla wydzielenia piasków drobnoziarnistych.

Podstawowe parametry urządzenia:

- szerokość robocza 2,95 m,
- długość robocza 9,6 m,
- wysokość robocza 4,9 m,
- waga ok. 15 ton.

9.3. Oczyszczanie piasków i żwirów

Piaski i żwiry, które są eksploatowane ze złóż zawodnionych posiadają w swoim składzie granulometrycznym pewne ilości frakcji pyłowej o ziarnach 0,05 – 0,002 mm oraz ilowej o ziarnach $d < 0,002$ mm. Kopalina ta również jest oblepiona cząstkami organicznymi. W celu uzyskania frakcji handlowych dobrej jakości konieczne jest usunięcie z urobku nadmiaru drobnych ziaren oraz zanieczyszczeń organicznych. Realizacja tego zadania prowadzona jest na urządzeniach płuczających, najczęściej wieloetapowo. Kolejne stadia oczyszczania realizowane są:

- na koparkach pływających,
- na urządzeniach przeróbki wtórnej,
- na urządzeniach przygotowujących gotowe (końcowe produkty).

Płukanie ma za zadanie uwolnienie nadawy od drobnych i bardzo drobnych ziaren, które ze względu na swój skład mineralogiczny stanowią jej zanieczyszczenie i których nie można usunąć w inny sposób, na przykład przez odmulanie. W procesie płukania piasków i żwirów wykorzystuje się właściwości rozpuszczania glin i ilów w środowisku wodnym. Ziarna piasku i żwirów oblepione cząstkami gliny i łu po zanurzeniu w wodzie poddawane są oczyszczaniu. Gлина i il oblepiające ziarna kopaliny pochłaniają wilgoć. Ich zewnętrzna warstwa pęcznieje i rozpada się przechodząc do mieszaniny wody z cząstkami piasku i żwiru, następnie kolejne głębiej położone warstwy są poddawane temu oddziaływaniu. Dodatkowo zawarte w hydromieszaninie ziarna ocierają się o siebie w konsekwencji usprawniając proces oczyszczania.

O skuteczności przebiegu tego procesu decyduje odpowiednia ilość wody doprowadzana do urządzenia. W przypadku zbyt małej ilości wody następuje spowolnienie procesu płukania nawet do jego całkowitego przerwania. Zwiększenie stężenia hydromieszaniny w urządzeniu może spowodować wytworzenie się mieszaniny koloidalnej. Urządzenia stosowane do płukania piasków i żwirów muszą zapewniać ciągle wymywanie zanieczyszczeń z urządzenia. Zapewnienie takiego warunku osiąga się w praktyce głównie przez natrysk kruszyw silnym strumieniem wody. W kopalniach piasków i żwirów do oczyszczania ziaren kopaliny z zanieczyszczeń najczęściej stosowane są płuczki. W urządzeniach tych oddzielanie zanieczyszczeń od kruszywa odbywa się przez stosowanie mechanicznego mieszania ziaren surowca w środowisku wodnym. Efektywność procesu płukania zależy od:

- ilości zanieczyszczeń gliniastych i ilastych w kopalinie,
- ilości wody zużywanej do płukania,
- struktury i składu mineralnego płukanych ziaren,
- stopnia nasączenia wodą ziaren przed procesem płukania.

Głównym czynnikiem decydującym o efektywności procesu płukania jest stopień rozpuszczalności gliny i łu, jakim są zanieczyszczone ziarna. Utwory zanieczyszczające ziarna piasków i żwirów można podzielić na:

- lekko rozmywalne,
- średnio rozmywalne,
- trudno rozmywalne.



Fot. 48 Skarpa złoża piasków i żwirów z dużą zawartością gliny
(źródło: Z. Schmidt 02.12.2011)



Fot 49 Skarpa złoża piasków i żwirów z dużą ilością części organicznych
(źródło: A. Witt 25.08.2010)



Fot. 50 Czerpak koparki wypełnionej zaglinionym piaskiem i żwirem
(źródło: Z. Schmidt 02.12.2011)



Fot. 51 Czerpak koparki wypełnionej piaskiem i żwirem z małą zawartością cząstek gliniastych
(źródło: A. Witt 25.08.2010)



Fot. 52 Przesiewanie na pogłębiarce piasku i żwiru zaglinionego (źródło: Z. Schmidt 02.12.2011)



Fot. 53 Przesiewanie na pogłębiarce piasku i żwiru z małą zawartością gliny (źródło: A. Witt 25.08.2010)

Na fotografiach 52, 53 i 54 przedstawiono oczyszczanie piasków i żwirów z zanieczyszczeń gliniastych. Nadawca wstępnie oczyszczona podawana jest do dalszej przeróbki. Natomiast na fotografiach 49, 51 i 53 przedstawiono proces wstępnego oczyszczania piasku i żwiru z kopaliny zanieczyszczonej głównie cząstkami ilastymi i pylastymi. Powszechnie stosowanymi urządzeniami do usuwania z piasków i żwirów zanieczyszczeń gliniastych, ilastych, pylastych i organicznych są płuczki. Oczyszczanie w tych urządzeniach odbywa się na mokro wodą pobieraną ze zbiorników poeksploatacyjnych. Urządzenia płuczące dzieli się ze względu na charakter ich pracy i budowę na:

- przesiewacze płuczące,
- płuczki bębnowe obrotowe,
- płuczki bębnowe wibracyjne,
- płuczki korytowe,
- płuczki ciśnieniowe,
- urządzenia przesiewająco - płuczące.

Przykład oddzielonych od produktów glin zanieczyszczających je przedstawiono na fotografiach 54 i 55.



Fot. 54 Zanieczyszczenia gliniaste oddzielone od produktów gotowych w zakładzie przeróbczym (źródło: A. Witt 02.12.2011)



Fot. 55 Zanieczyszczenia gliniaste z widocznymi dużymi ziarnami żwirów (źródło: A. Witt 02.12.2011)

Przesiewacze płuczące

W urządzeniach tych nadawa oczyszczana jest na wibrujących pokładach sitowych. Ziarna piasku i żwiru poddawane są natryskowi wodnemu. Podczas wibracji pokładów sitowych ziarna ocierają się również o siebie. Urządzenia wyposażane są najczęściej w pokłady sitowe szczelinowe. Urządzenia produkowane są o różnych gabarytach zewnętrznych, które ustalane są indywidualnie w zależności od potrzeb. Urządzenia te mogą pracować w otwartym lub zamkniętym systemie obiegu wody. Dzięki zastosowaniu pokładów kaskadowych można uzyskać pełne oczyszczenie piasków i żwirów. Pod wpływem ruchu wibracyjnego materiał przy wylocie jest wstępnie odwodniony.

Płuczki bębnowe obrotowe

W płuczkiach bębnowych nadawa o uziarnieniu 0 – 200 mm podawana jest przez otwór wlotowy. Bęben płuczki obraca się w trakcie pracy. Z nadawą podawana jest do urządzenia równocześnie woda. W celu zapewnienia lepszych efektów oczyszczania piasków i żwirów bębny są wyposażone w łopatki. Zawartość grubych ziaren poprawia skuteczność płukania. Produkowane są dwa rodzaje płuczek bębnowych: przeciwprądowe i współprądowe. W płuczkiach przeciwprądowych podczas obrotu bębna materiał znajdujący się w niej przesuwają się od jednego do drugiego końca urządzenia. Podczas tego ruchu woda przepływa w przeciwnym kierunku do ruchu materiału i w ten sposób zostaje on przepłukany. Płuczki bębnowe przeciwprądowe można podzielić na:

- jednokomorowe,
- dwukomorowe.

Płuczki bębnowe dwukomorowe mechaniczne działają dwustopniowo. W pierwszej komorze następuje oddzielanie oblepień i zanieczyszczeń od ziaren piasku i żwiru z zanieczyszczeń, a w drugiej ich wyplukiwanie. Płuczki tego typu stosowane są do usuwania z ziaren kruszyw zanieczyszczeń gliniastych i ilastych łatwo rozmywalnych. W przypadku, gdy ziarna są zanieczyszczone średnio lub trudno rozmywanymi glinami czy iłami a nawet są w nim ich wtrącenia wówczas stosuje się płuczki o różnym ukształtowaniu wnętrza bębnow. Bębny te wyposażone są wewnątrz w łopatki służące do mieszania oczyszczanego piasku i żwiru. W płuczkiach współprądowych woda przepływa zgodnie z ruchem nadawy. (tab.34, Fot. 56).

Płuczki bębnowe wibracyjne

Bębnowe płuczki wibracyjne wyposażone są w urządzenia wprowadzające wysokoczęstotliwościowe oddziaływanie roboczych elementów płuczki na ziarna płukanej nadawy. W wyniku tego, przy jednoczesnym wpływie wody, zachodzi proces ciągłej recyrkulacji urobku i wzajemnego ścierania się ziaren, co doprowadza do oddzielenia zanieczyszczeń od ziaren nadawy. Ze

względu na możliwość grudkowania się zanieczyszczeń ilastych w płuczkach wibracyjnych oraz szybkie zużywanie się bębnow płuczających, nie znalazły one szerszego zastosowania.

Zalety płuczek bębnowych:

- prosta budowa, pozwalająca na bezawaryjną pracę
- możliwość zastosowania do piasków i żwirów naturalnych jak i łamanych (rozkuszonych),
- duża elastyczność płuczek przy nagłych i dużych przeciążeniach,
- duża skuteczność procesów płukania.

Wady płuczek bębnowych:

- szybkie zużywanie się układu napędowego;
- szybkie zużywanie się wykładzin bębna, łopatek i układu nośnego wewnątrz bębna
- mała skuteczność płukania w przypadku materiałów trudno rozmywanymi glinami.



Fot. 56 Płuczka bębnowa firmy Metso (źródło: www.metso.com/)

Tabela 34 Podstawowe parametry płuczek bębnowych firmy Metso
(źródło: dane producenta)

Parametry	jednostka	Typ urządzenia			
		LD 20x65	LD 24x80	LD 30x90	LD 30x120
1	2	3	4	5	6
Wydajność (5 – 3 min)	t/h	80 – 140	150 - 250	260 -430	350 -550
Nadawa (max)	mm	240	290	360	360
Moc	kW	4x11	3x30	3x45	4x45
Prędkość obrotowa	obr./min	9,3	10	8,8	8,8
Średnica bębna	mm	2000	2400	3000	3000
Długość bębna	mm	6500	8000	9000	12000
Średnica otworu wlotowego	mm	800	950	1200	1200
Średnica otworu wylotowego	mm	1250	1500	1850	1850
Zapotrzebowanie na wodę	m ³ /h	100– 150	200– 250	300- 400	400- 550
Masa urządzenia bez wykładzin	kg	11000	22000	31000	45000
Masa urządzenia z wykładzinami	kg	15500	28000	39000	56000

Płuczki mieczowe (korytowe)

Do oczyszczania kruszywo silnie zanieczyszczonych często stosowane są płuczki mieczowe. Urządzenia te mają za zadanie oddzielić od ziaren żwiru i piasku zanieczyszczenia:

- mineralne - gliny, ility i pyły,
- organiczne - głównie drewno, korzenie itp.

W płuczkach tego typu skuteczność płukania uzyskuje się w wyniku przeciwbieżnych i zsynchronizowanych obrotów wałów urządzenia, wyposażonych w łopaty mieczowe, usytuowane w liniach śrubowych. Łopaty wykonane są ze stali trudno ścieralnej. Napęd wałów płuczek stanowią jeden lub dwa silniki z przekładniami (motoreduktory) oraz przekładnie zębate odboczkowe z kołami synchronizującymi.

Głównymi elementami konstrukcyjnymi płuczek korytowych są: stalowe koryta oraz wał zaopatrzony w łopatki. Koryta płuczek nachylone są względem poziomu o kąt od 5° do 10°. Koryta wypełnione są wodą w taki sposób, że 25% - 34% dna znajduje się nad poziomem wody. Koryta płuczek posiadają długość od 5 m do 10 m i szerokość od 1 m do 2,5 m. Na wale wzdłuż linii śrubowej rozmieszczone są łopatki. Wał obracając się przenosi nadawę, która podawana jest w dolnej części koryta do góry. Woda do płuczki podawana jest od góry. Oczyszczanie ziaren nadawy z zanieczyszczeń odbywa się pod wpływem:

- mieszania przez łopatki nadawy,
- zmywania przez prąd wody zanieczyszczeń z powierzchni ziaren.

Płuczki korytowe używane są do oczyszczania z gliny i ilu nadawy o uziarnieniu od 30 do 120 mm. Urządzenia te budowane są również w wariantcie dwukorytowym w celu poprawienia skuteczności oczyszczania ziaren żwirów. W rozwiązaniu tym w pierwszym korycie następuje zamoczenie nadawy przez jej mieszanie w poziomej płaszczyźnie koryta. Drugie koryto służy do oczyszczania zasadniczego. Płuczki tego typu posiadają na przesiewaczu natrysk w celu zapewnienia rozdziału nadawy na dwie frakcje. Wydajność tego typu płuczek dla piasków i żwirów o granulacji 0 – 30 mm wynosi 50 Mg/h. Podstawowe parametry urządzeń tego typu zestawiono w tabeli 41.

Płuczki korytowe posiadają wady, które uniemożliwiają ich stosowanie na większą skalę. Do wad tych urządzeń można zaliczyć:

- ograniczenie związane ze stosowaniem do drobnych klas,
- ścieranie się łopatek, wpływa to na zmniejszenie wydajności płuczek.
- klinowanie się wału materiałem wpadającym między łopatki a koryto.

Płuczki mieczowe produkowane w SKSM S.A. w Szczecinie

Podstawowe parametry tych urządzeń zestawiono w tabeli 35.

Tabela 35 Podstawowe parametry płuczki mieczowej produkcji SKSM S.A. w Szczecinie (źródło: dane producenta)

Parametr	jednostka	Wartość
1	2	3
Wydajność	t/h	60 - 100
Uziarnienie nadawy	mm	2 - 32
Zapotrzebowanie wody	t/h	40 - 60
Długość koryta	mm	4000 - 5000
Szerokość koryta	mm	1560
Zainstalowana moc napędu	kW	15 - 22
Masa maszyny	kg	4000 - 5000

Płuczki mieczowe firmy Metso

Urządzenia te charakteryzują się zwartą i stabilną konstrukcją, mniejszym ciężarem niż płuczki bębnowe, ochroną koryta przed ścieraniem i łatwą eksploatacją. Płuczki te produkowane są, jako jedno- i dwuwałowe (tab. 35,36).

Tabela 36 Podstawowe parametry płuczek mieczowych firmy Metso (źródło: dane producenta)

Parametry	Jednostka	Typy płuczek mieczowych				
		SW 0840	SW 1160	SW 1165	SW 1260	SW 1370
1	2	3	4	5	6	7
Średnica łopat	mm	850	110	1170	1240	1446
Nadawa	mm		2 - 50			
Zakres wydajności	t/h	65 - 90	110 - 150	140 - 180	170 - 220	220 - 300
Prędkość obrotowa	obr/min	24 - 30	23 - 29	23 - 29	23 - 30	23 - 32
Moc	kW	2x7,5	2x18,5	2 x 22	2 x 30	2 x 45
Długość płukania	mm	4210	6000	6000	6000	7000
Długość całkowita	mm	5500	7290	7350	7680	8703
Szerokość	mm	1640	2190	2330	2500	2990
Wysokość	mm	1196	1496	1496	1720	1896
Zapotrzebowanie na wodę	m ³ /h	15/45	35/105	45/135	60/180	100/260
Masa urządzenia	kg	5400	9500	10800	12500	18400
Masa robocza	kg	16200	28500	32400	37500	55200



Fot. 57 Rozmieszczenie łopat w płuczce mieczowej firmy Metso (źródło www.metso.com)

Płuczki mieczowe projektowane są pod określone warunki technologiczne. Oczyszczanie frakcji od 10 do 80 mm prowadzone jest w urządzeniach wyposażonych w miecze umieszczone na wale (Fot. 57). Płuczki przy wlocie mają ruszt zabezpieczający urządzenie przed przedostawaniem się do niego ziaren nadgabarytowych, które mogłyby powodować zaklinowanie

mieczy. Do płukania frakcji drobnych o uziarnieniu od 0 do 20 mm produkuje się urządzenia wyposażone w kombinację mieczy i ślimaków. Miecze na wałach umieszczone są w płaszczyznach prostopadłych do osi wału w celu zapewnienia jego równomiernego obciążenia. Ruch obrotowy wału z mieczami powoduje przemieszczanie się nadawy w urządzeniu przy jednoczesnym oczyszczaniu ziaren z zanieczyszczeń w wyniku wzajemnego ocierania się o siebie. Oczyszczanie ziaren następuje w wyniku kontaktu ich z mieczami oraz sąsiednimi ziarnami. Płuczki w końcowej części koryta posiadają wysyp, którym odprowadzany jest oczyszczony piasek i żwir. Nad korytami wzdłuż ich konstrukcji zamontowane są natryski wodne, które mają za zadanie splukiwać z ziaren żwirów i piasków rozmyte cząstki gliny i łu. Płuczki konstruowane są ze wzniosem koryta wanny pod kątem 8° – 10° . Woda w korycie utrzymywana jest na poziomie, który zabezpiecza przed przelewaniem się jej przez otwór wylotu kruszywa. Mieszanina wody z cząsteczkami gliny i łu wypływa z płuczki przez otwory wylewowe usytuowane w dolnej czołowej ścianie koryta. Wypływ wody jest regulowany. Wały płuczki napędzane są niezależnie, każdy osobnym motoreduktorem. Woda zanieczyszczona cząstkami łu i gliny zrzucana jest rurociągiem bezpośrednio do zbiornika poeksploatacyjnego lub oczyszczana w specjalnych urządzeniach.



Fot. 58 Dwuwałowa płuczka mieczowa firmy MAB do płukania zanieczyszczonych żwirów i piasków (źródło: www.metso.com)

Tabela 37 Podstawowe parametry płuczek mieczowych firmy MAB
(źródło: dane producenta)

Typ	Szer. koryta	Długość koryta	Wydajność	Zapotrzebowanie mocy
	mm	mm	m ³ /h	kW
1	2	3	4	5
SW25	2000	4000 – 9000	25	2 x 9,0
SW40	2000	5000 – 9000	40	2 x 15,0
SW60	2150	6000 – 9000	70	2 x 18,5
SW80	2150	6000 – 9000	80 – 100	2 x 22,0
SW120	2400	6000 – 9000	130	2 x 30,0
SW200	2400	6000 – 9000	200	2 x 37,0

Oczyszczarki nożowe

Nożowe oczyszczarki służą do intensywnego czyszczenia ziaren piasków i żwirów od 0 do 32 mm. Czyszczenie jest prowadzone w korycie, w którym zamocowane są dwa walce z łopatkami wykonane z materiału odpornego na ścieranie. Nadawa jest doprowadzana do oczyszczarki wejściowym otworem. W dolnej części urządzenia oczyszczany piasek i żwir przesuwany jest łopatkami do wyjściowego otworu (Fot. 59). Ilość wody w oczyszczarce jest regulowana poprzez zabudowany walec na wlocie. Podstawowe parametry czyszczarek przedstawiono w tabeli 38.

Tabela 38 Oczyszczarki nożowe firmy ProSand (źródło: dane producenta)

Typ	Całkowita długość	Długość	Wyso-kość	Szero-kość	Zapotrzebo-wanie wody	Wydaj-ność	Moc
	mm	mm	mm	mm	m ³ /h	t/h	kW
1	2	3	4	5	6	7	8
NP-2H 50-60	6000	4000	1100	1700	30	50-60	2x11
NP-2H 70-80	7000	5000	1200	1900	35	70-80	2x18
NP-2H 140-150	8000	6000	1400	2150	50	140-150	2x22
NP-2H 190-200	9150	7000	1500	2400	60	190-200	2x30
NP-2H 220-290	10000	8000	1600	2500	80	220-290	2x37



Fot. 59 Oczyszczarka nożowa firmy ProSand (źródło: www.refulery.eu)

Płuczki wysokociśnieniowe

Ten typ płuczek ma szczególne zastosowanie przy oczyszczaniu piasków i żwirów o dużej abrazywności np. zawierających w swoim składzie dużo krzemionki. Podstawową zasadą funkcjonowania tych urządzeń jest wygenerowanie wysokociśnieniowego strumienia wody, który rozbija i spłukuje z ziaren nadawy zanieczyszczenia gliniaste i ilaste. Z jednoczesnym wprowadzeniem w ruch ziaren nadawy, które uderzając i ocierając się o siebie pozbywają się zanieczyszczeń w postaci oblepień. Płuczki wysokociśnieniowe otrzymują nadawę za pośrednictwem kosza zasypowego skąd podawana jest ona do komory płuczającej. W górnej części komory znajduje się wirnik wyposażony w dysze natryskowe doprowadzające wodę pod wysokim ciśnieniem. Woda w postaci licznych strumieni wyprowadzanych z dysz uderza w zanieczyszczone ziarna nadawy rozmywając i odspajając usuwa zanieczyszczenia. Ściany komory wyposażone są w panele sitowe, które mają za zadanie odprowadzać zanieczyszczenia wraz z zużytą wodą. Oczyszczone ziarna piasku i żwiru podawane są na przenośnik taśmowy wyposażony w zabezpieczenia boczne. Przenośnikiem taśmowym nadawa kierowana jest na przesiewacz, na którym następuje ostateczne jej oczyszczenie oraz rozdział na wymagane klasy. Nadawa podawana na urządzenie może posiadać uziarnienie 0 – 150 mm. Stosując to urządzenie nie ma konieczności wstępnego oddzielenia frakcji pylastych i ilastych od nadawy. Podstawowe parametry techniczne płuczek wysokociśnieniowych firmy Haver&Boecker zestawiono w tabeli 39 a płuczkę przedstawiono na fotografii 60.

Tabela 39 Podstawowe parametry płuczek wysokociśnieniowych firmy Haver&Boecker (źródło: dane producenta)

Typ	Długość	Szerokość	Wysokość	Wydajność	Ciśnienie	Moc
	mm	mm	mm	t/h	bar	kW
1	2	3	4	5	6	7
HC 700	2590	2440	2925	do 100	60 - 200	25-45
HC 1000	3050	2600	3490	do 200	60 - 200	75-110
HC 2000 T (Twin)	3050	3950	3490	do 400	60 - 200	150- 220



Fot. 60 Płuczka wysokociśnieniowa firmy Haver&Boecker (źródło prospekt producenta)

Płuczki typu „AKWAMATOR”

Urządzenia tego typu służą do oczyszczania frakcji zwirowych z zanieczyszczeń organicznych rodzaju: węgiel, drewno (korzenie), łył mułki itp. Urządzenia posiadają prostą konstrukcję, są lekkie i przystosowane do szybkiego przemieszczania w zależności od potrzeb użytkownika. Akwamatory mogą pracować przy zamkniętym obiegu wody technologicznej. Rozwiązanie to daje znaczne oszczędności w gospodarce wodnej, w tym niewielkie zużycie energii elektrycznej. Podstawowe parametry techniczne akwamatorów zestawiono w tabeli 40.

Tabela 40 Podstawowe dane techniczne akwamatorów
(źródło: dane producenta)

Parametr	Jednostka	Wartość
1	2	3
Wydajność	t/h	60,0
Szerokość taśm	mm	600, 800, 1000
Długość	mm	4600
Szerokość	mm	1550
Wysokość	mm	1750
Moc	kW	4,0
Masa	kg	2400
Stopień usunięcia zanieczyszczeń	%	80 - 90

Mobilne urządzenia płuczące

W ofercie urządzeń płuczących znajdują się również urządzenia mobilne wielozadaniowe. Urządzenia te zapewniają jednoczesne transportowanie, przesiewanie nadawy, płukanie piasku oraz hałdowanie, jak również umożliwiają produkowanie czterech różnych rodzajów piasku lub żwirów w zależności od wymaganych parametrów.

Urządzenia mobilne do płukania odwodnienia i klasyfikacji piasków i żwirów zbudowane są najczęściej z pięciu podstawowych części:

- kosza zasypowego,
- urządzeń przenoszących nadawę,
- urządzeń oczyszczających piasek i żwir,
- urządzeń rozdzielających piasek i żwir na frakcje handlowe,
- urządzeń składujących produkty gotowe w zasobnikach.

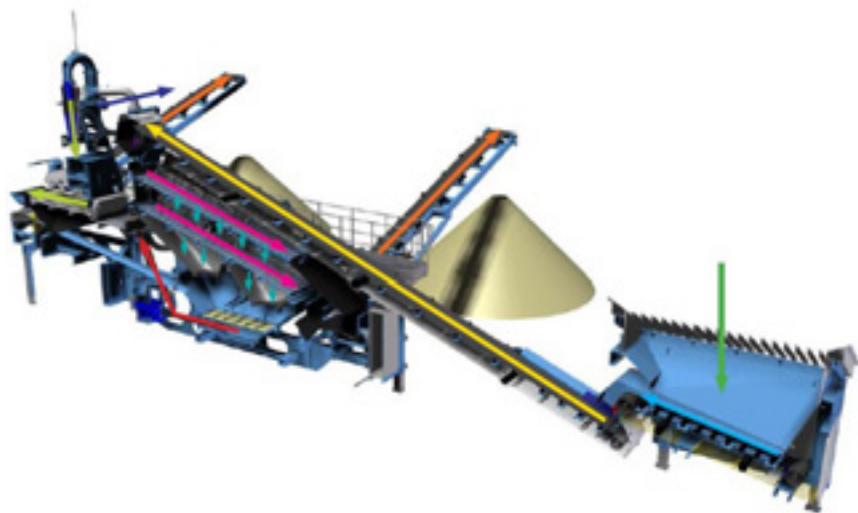
Mobilne urządzenie przedstawione zostało na przykładzie produktu M 2500TM (rys. 34, Fot. 61) firmy CDE z Irlandii Północnej. Piasek i żwir podawany jest do urządzenia za pośrednictwem kosza zasypowego wyposażonego w podajnik taśmowy. Urządzeniem tym nadawa jest podawana przez wsyp na tylną część sita przesiewającego. Ścianki wsypu wyłożone są gumą trudno ścieralną w celu zwiększenia ich żywotności oraz ograniczenia siły uderzenia nadawy na elementy stalowe. Przesiewacze wyposażone są w obrotowe panele ze spryskiwaczami. Każda z dysz spryskujących wyposażona jest w system regulacji, która umożliwia jej indywidualne kierowanie natryskiem na oczyszczany materiał. Przesiewacze wyposażone są w uchwyty oscylacyjne ROSTA stanowiące bezobsługowe elastyczne mocowanie przesiewaczy wibracyjnych. Uchwyty te znacząco ograniczają niekontrolowane dobijanie wsporników sprężynowych poprzez przekazywanie naturalnej częstotliwości drgań. Przesiewacz wyposażony jest w zespół napędu pasowego Rosta, który zwiększa trwałość i sprawność pracy pasów. Rozwiązanie zapewnia stały naciąg pasów, powoduje również,

że nie podlegają one żadnym wstrząsom podczas obrotów obudowy przesiewacza, co wydłuża trwałość instalacji i obniża koszty konserwacji. Instalacja mobilna M 2500TM wyposażona jest w urządzenie EvoWash, które służy do płukania piasku. Urządzenie składa się z:

- hydrocyklonu,
- sita odwadniającego,
- zbiornika odprowadzającego zanieczyszczenia,
- pompy do pulpy wodno-piaskowej.

Modułowa konstrukcja płuczki piasku ułatwia precyzyjne separowanie ilów i gliny i końcowego wypłukanego produktu. Odwodniony piasek wychodzący z instalacji ma najczęściej ok. 12% wilgotności oznacza to, że nadaje się do sprzedaży.

Odpady z hydrocyklonu usuwane są z najwyższego poziomu instalacji, co pozwala transportować je grawitacyjnie do osadnika. Cyklony instalacji przekazują piasek prosto do następnego etapu przetwarzania. System EvoWash eliminuje straty związane z utratą drobnych frakcji, w przypadku, kiedy nadmiar materiału kierowany jest do odstojnika, zabierając ze sobą piasek nadający się do sprzedaży. Składowanie produktów handlowych prowadzone jest przy pomocy trzech lub czterech 9-metrowych przenośników łańdugowych, w zależności od wybranego modelu i zastosowania. Każdy przenośnik posiada zdolność składowania do 150 m³ produktu. Podstawowe parametry urządzeń zestawiono w tabeli 41.



Rys. 34 Schemat urządzenia M 2500TM (źródło: www.cdeglobal.com)

Tabela 41 Podstawowe parametry mobilnych urządzeń płuczących firmy CDE (źródło: dane producenta)

Parametry	Jednostka	Typ urządzenia			
		M 2500 E3™	M 2500 E3X™	M 2500 E4™	M 2500 E4X™
1	2	3	4	5	6
Wydajność podawania	t/h	250	250	250	250
Wydajność piasku	t/h	70	120	70	120
Całkowite zapotrzebowanie na energię elektryczną	kW	86,7	101,7	90,7	105,7
Kosz zasypowy					
Pojemność	m ³	9	9	9	9
Rozstaw prętów rusztu	mm	150	150	150	150
Zapotrzebowanie na energię elektryczną	kW	4	4	4	4
Przenośnik przesypowy					
Długość	m	14	14	14	14
Szerokość taśmy	mm	1000	1000	1000	1000
Zapotrzebowanie na energię elektryczną	kW	15	15	15	15
Przesiewacz ProGarde P 2 - 75					
Powierzchnia przesiewania	m	5x15	5x15	5x15	5x15
Ilość pokładów	szt	2	2	2	2
Zapotrzebowanie na energię elektryczną	kW	18,5	18,5	18,5	18,5
EvoWash					
Rozmiary cyklonu	mm	500	650	500	650
Rozmiary sita odwadniającego	m	1,8x2,4	1,8x2,4	1,8x2,4	1,8x2,4
Zapotrzebowanie na energię elektryczną	kW	30	37	30	37
Przenośniki hałdujące					
Ilość	szt	3	3	4	4
Długość	m	9	9	9	9
Szerokość taśmy	mm	650	650	650	650
Pojemność haldowania	m ³	150	150	150	150
Zapotrzebowanie na energię elektryczną	kW	4	4	4	4



Fot. 61 Mobilny układ przesiewający i płuczący firmy CDE
(źródło: www.cdeglobal.com/)

Obiegi wody przemysłowej

W złożach piasków i żwirów znajdują się pewne ilości frakcji ilastych i pylastych jak również zanieczyszczeń organicznych. Uzyskanie produktów o wysokich parametrach jakościowych wymaga usunięcia tych zanieczyszczeń. W kopalniach prowadzących wydobywanie spod lustra wody problem płukania kruszyw jest mniej skomplikowany. Woda z wyrobiska poeksploatacyjnego wykorzystywana jest w instalacjach płuczących. Hydromieszanka powstająca w wyniku usuwania z ziaren piasków i żwirów zanieczyszczeń gliniastych, ilastych i organicznych najczęściej jest odprowadzana do zbiornika poeksploatacyjnego. Obieg wody płuczacej kruszywa, nazywanej wodą przemysłową, wymaga uzyskania pozwolenia wodno-prawnego określającego zakres korzystania kopalni z wód powierzchniowych. Prawidłowa eksploatacja instalacji płuczacej piaski i żwiru wymaga określenia ilości wody niezbędnej do prowadzenia procesu oczyszczania i klasyfikacji piasków i żwirów. Zakłady przerobcze powinny być wyposażone w odpowiednie rurociągi i pompy, które zapewniają dostarczenie odpowiedniej ilości wody do celów technologicznych. Istotne znaczenie odgrywa tu wyznaczenie tras przebiegu rurociągów, geometryczna wysokość podnoszenia wody oraz spadku. Woda pobierana ze zbiornika wymaga zastosowania pomp, natomiast odprowadzenie wód zanieczyszczonych do zasobnika często może być prowadzone grawitacyjnie. Stosowane jest kilka sposobów odprowadzania zanieczyszczonej wody z zakładów przerobczych:

- odprowadzenie wody do osadnika (Fot. 62),
- odprowadzenie wody w pobliżu zbiornika poeksploatacyjnego. Zrzut wody odbywa się na brzegu zbiornika a woda grawitacyjnie spływając tworzy tzw. plaże (Fot. 63) utworzone z części gliniastych, ilastych i pylastych i drobnoziarnistych piasków,

- woda kierowana jest do specjalnej instalacji, w której poddawana jest oczyszczeniu i następnie kierowana w obiegu zamkniętym powrotem do procesu oczyszczania w zakładzie przeróbczym.



Fot. 62 Zrzut wody z zakładu przeróbczego piasków i żwirów
(źródło: A. Witt 02.12.2011)



Fot. 63 Zrzut pulpy z zakładu przeróbczego na tzw. plażę zlokalizowaną na
brzegu zbiornika wodnego (źródło: Z. Schmidt 08.08.2012)

Recykling wody

Oczyszczanie piasków i żwirów z części ilastych i gliniastych wymaga dużej ilości wody. Wodę do realizacji tego procesu można pobierać w sposób ciągły bezpośrednio ze zbiornika poeksploatacyjnego lub korzystać z wody w obiegu zamkniętym, która po oczyszczeniu trafia ponownie do procesu. Pierwsze rozwiązanie wymaga dla celów oczyszczania zajmowania dużych terenów w postaci zbiorników sedymentacyjnych (Fot. 64) lub tzw. plaż na brzegach zbiorników wodnych. Alternatywą jest zastosowanie urządzeń oczyszczających wodę np. klarowników lamellowych (Fot. 65), w których wymagana powierzchnia sedymentacyjna składana jest w pakiety płyt lamellowych, znacząco ograniczając powierzchnię zabudowy. Biorąc pod uwagę wszystkie inne technologie oczyszczania wody technologicznej, klarowniki lamellowe charakteryzują się najbardziej kompaktową budową i wymagają stosunkowo niskich dawek flokulanta. Zastosowanie klarowników lamellowych daje wysoki stopień oczyszczenia wody. Podstawowe parametry klarowników lamellowych przedstawia tabela 4.

Tabela 42 Podstawowe parametry klarowników lamelowych firmy Metso (źródło: dane producenta)

Model	parametry						
	wysokość	długość	szerokość	Objętość całkowita	Objętość zbiornika dolnego	Objętość komory wstępnej	Masa netto
	jednostka						
	mm	mm	mm	m ³	m ³	m ³	kg
1	2	3	4	5	6	7	8
LT 15	3485	2640	1345	4,6	1,1	0,8	1800
LT 30	4300	3420	1830	9,2	2,3	0,8	3500
LT 50	4650	3865	2230	16,2	4,2	2	4800
LT 100	5400	4510	2870	28,7	9,4	3	7800
LT 150	5950	5540	3100	41,5	14,5	4	10500
LT 200	6500	5740	3690	54,6	18,8	5	13200
LT 350	8100	6910	4500	105,8	47,8	7	24300
LT 500	8630	7810	5780	160,8	72,8	8	39500



Fot. 64 Zbiorniki sedymentacyjne w kopalni piasków i żwirów (źródło: A. Witt 18.09.2008)



Fot. 65. Klarownik lamelowy firmy Metso (źródło: www.metso.com)

9.4. Kruszenie ziaren nadgabarytowych

W układach przeróbczych stosowanych w kopalniach piasków i żwirów, gdy złoża jest zaliczone do żwirowego lub żwirowo piaskowego, występują frakcje powyżej 16 mm. Ziarna te poddawane są dalszej przeróbce. Do ich kruszenia, w zależności od typu kruszonego materiału i rozkładu ziarnowego nadawy, prowadzony jest dobór kruszarek w taki sposób, żeby do postawionych zadań był zastosowany optymalny typ kruszarki. W kopalniach, w których w złożu występuje duża ilość brył o rozmiarach przekraczających 150 mm stosowane są do ich rozdrabniania kruszarki szczękowe. W tabeli 43 zestawiono podstawowe parametry kruszarek szczękowych produkowanych przez firmę Sandvik. Na kolejnych stopniach kruszenia stosuje się kruszarki stożkowe, granulatory stożkowe lub kruszarki udarowe. Kruszarki udarowe z wałem pionowym typu Barmac przeznaczone są do drobnego kruszenia. Kruszarki tego typu mogą służyć np. do zwiększania zawartości drobnych frakcji w grubych piaskach. Większa zawartość drobnych frakcji poprawia parametry zagęszczania się, spełniając wyższe oczekiwania jakościowe dla piasków. Kopalnie kruszące bryły nadgabarytowe posiadają w swojej ofercie oprócz różnych frakcji żwirów i piasków, również kruszywa łamane. Frakcje kruszyw łamanych powstają na ciągach przeróbczych wyposażonych w urządzenia kruszące.

Fracje łamane są również uszlachetniane w procesie płukania w ośrodku wodnym. W tabelach 44, 45, 47 i 48 przedstawiono podstawowe parametry kruszarek stożkowych produkowanych przez firmę Metso, natomiast w tabeli 46 produkowane przez firmę Sandvik. Podstawowe dane kruszarek udarowych typu Barmac zestawiono w tabelach 49 i 50..

Tabela 43 Podstawowe parametry kruszarek szczękowych firmy Sandvik (źródło: dane producenta)

Typ	Wydajność	Rozmiary wlotu	Rozmiary wylotu	Moc	Masa
	t/h	mm	mm	kW	kg
1	2	3	4	5	6
JM 806	75 - 285	800 x 550	50-180	55	9900
JM 907	85 - 320	895 x 660	50-180	75	13200
JM 1108	150 - 565	1045 x 840	100-225	110	20600
JM 1208	165 - 790	1200 x 830	100-275	132	25800
JM 1211	300 - 805	1200 x 1100	125-275	160	34500
JM 1312	330 - 960	1300 x 1130	125-300	160	41500
JM 1511	385 - 1185	1500 x 1070	125-300	200	53000
JM 1513	480 - 1160	1500 x 1300	150-300	200	63500
J 11	80 - 490	1100 x 700	40-200	90	14300

Tabela 44 Podstawowe parametry kruszarek stożkowych GP (S) firmy Metso (źródło: dane producenta)

Parametry	Jednostka	Model			
		GP 100S	GP 200S	GP 300S	GP 500S
1	2	3	4	5	6
Masa	kg	7350	10900	16200	33300
Wielkość szczeliny wylotowej	mm	16	18, 25	18, 25	18, 25
		20	28, 32	28, 32	28, 32
		25	36	36, 40	36, 40
Moc	kW	75-90	110-160	132-250	200-355
Wydajność	t/h	80-230	110-350	170-530	300-1050



Fot. 66 Kruszarka HP 300 na konstrukcji nośnej
(źródło: A. Witt 04.06.2008)

Tabela 45 Podstawowe parametry kruszarek stożkowych GP firmy Metso
(źródło: dane producenta)

Parametry	Jednostka	Model					
		GP 100	GP 11F	GP 11M	GP 200	GP 300	GP 550
1	2	3	4	5	6	7	8
Masa	kg	5800	10700	11900	9300	13400	26500
Moc	kW	75-90	132-160	132-160	110-160	200-250	250-355
Wydajność	t/h	40 - 120	80 - 230	105 - 360	60 - 240	100 - 355	140 - 510
Wielkość szczeliny wylotowej	mm	16	20	20	18, 25	25, 28	25, 28
		20	25	25	28, 32	32, 36	32, 36
		25	30	30	36, 40	36, 40	40, 45

Tabela 46 Podstawowe parametry kruszarek stożkowych firmy Sandvik
(źródło: dane producenta)

Typ	Masa	Wielkość wlotu	Wydajność	Moc	Wielkość wylotu
	t	mm	t/h	kW	mm
1	2	3	4	5	6
CG650	181	1150x3170	1140-2430	375	110-205
CG820	276	1350x3350	1730-3620	450	130-235
CG840	451	1550x4140	2750-5420	600	140-250
CG850	523	1550x4140	4170-7750	800	150-265
CG880	748	1650x4410	6160-10940	1100	160-310

Tabela 47 Podstawowe parametry kruszarek stożkowych CH firmy Metso
(źródło: dane producenta)

Typ	Wydajność	Rozmiary wlotu	Rozmiary wylotu	Moc	Masa
	t/h	mm	mm	kW	kg
1	2	3	4	5	6
CH420	25-130	29-135	4-35	90	5300
CH430	35-220	35-185	5-41	132	9200
CH440	65-415	38-215	8-44	220	14300
CH660	145-660	50-275	13-51	315	24200
CH870	280-1510	80-300	10-70	520	50000
CH890	268-2595	370	16-70	750	77000
CH895	178-1170	120	10-51	750	81000
CS420	70-170	200-240	19-38	90	6800
CS430	90-345	235-360	19-51	132	12000
CS440	195-600	300-450	25-54	220	19300
CS660	320-1050	500-560	38-83	315	35700

Tabela 48 Podstawowe parametry kruszarek stożkowych HP firmy Metso
(źródło: dane producenta)

Parametry	Jednostka	Model					
		HP 100	HP 200	HP 300	HP 400	HP 500	HP 800
1	2	3	4	5	6	7	8
Masa	kg	5400	10400	15810	23000	33150	68650
Moc	kW	90	132	200	315	355	600
Ilość obrotów	obr/min	750-1200	150-1200	700-1200	700-1000	700-950	700-950
Wykonanie standardowe							
Wielkość wlotu	mm	-	95	107	111	133	219
			125	150	198	204	267
			185	211	252	286	297
			233	299	335	353	353
Szczelina wylotowa	mm	-	13	13	14	16	16
			17	17	20	20	25
			19	19	25	25	32
			25	25	30	30	32
Granulatory							
Wielkość wlotu	mm	14	10	25	52	53	33
		74	23	22	51	52	92
		72	54	53	52	57	155
		100	76	77	92	95	
		141					
Szczelina wylotowa	mm	6	6	6	6	6	5
		9	5	6	6	8	10
		9	6	8	8	10	13
		13, 17	10	10	10	13	

Tabela 49 Podstawowe parametry kruszarki udarowej typu Barmac B5100SE VSI Brecher (źródło: dane producenta)

Parametr	jednostka	Wartość		
		3	4	5
1	2	3	4	5
Masa	kg	3037		
Ilość obrotów	obr/min	1500 - 3600		
Maksymalna wielkość nadawy	mm	30		
Moc	kW	37	45	55
Wydajność	t/h	19 - 40	22 - 48	28 - 60

Tabela 50 Podstawowe parametry kruszarki udarowej Barmac B6150SE
VSI Brecher (źródło: dane producenta)

Parametr	jednostka	Wartość				
		3	4	5	6	7
Masa	kg	6371				
Ilość obrotów	obr/min	1500 - 2500				
Maksymalna wielkość nadawy	mm	37				
Moc	kW	75	92	110	132	150
Wydajność	t/h	44 -103	55 - 134	66 - 168	77 - 202	100 -217

9.5. Kosze zasypowe

Podawanie nadawy do układów przeróbczych w kopalniach realizowane jest za pomocą koszy zasypowych (Fot. 67), które stosowane są do:

- rozładunku surowców i kruszyw dostarczanych ładowarkami, samochodami samowyładowczymi bądź przenośnikami taśmowymi,
- oddzielenia z materiału kamieni o wymiarach przekraczających możliwości techniczne zakładu przeróbczego,
- dozowania materiału ze zbiornika kosza do procesu przeróbczego.

W celu zapewnienia prawidłowej realizacji przedstawionych wyżej zadań kosze zasypowe wyposażane są w:

- ruszty podnoszone mechanicznie lub hydraulicznie,
- zbiorniki zasypowe,
- urządzenia dozujące: zasuw, podajniki wibracyjne, przenośniki taśmowe wybierające,
- agregaty hydrauliki z siłownikami i skrzyniami sterowniczymi.

Kosze zasypowe wykonywane są indywidualnie do realizacji określonych zadań produkcyjnych. W zależności od założonej technologii przeróbki kopaliny projektant określa: szerokość rusztu, pojemność zbiornika, rozstaw szczelin rusztu itp. Układy napędowe urządzenia dozującego są często wyposażane w przemienniki częstotliwości (falowniki), które umożliwiają regulację ilości podawanej nadawy do układu technologicznego.



Fot. 67 Kosz zasypowy z rusztem (źródło: internet)

9.6. Zasobniki i zbiorniki międzyoperacyjne

Konstrukcje te są istotnymi elementami wyposażenia linii technologicznej zakładu przerobczego kopalń piasków i żwirów. Zasobniki budowane są dla gromadzenia surowców i półproduktów w postaci mieszanki piaskowo – żwirowej bądź kruszywa łamanego po wstępnym kruszeniu w celu ich dozowania do następnego węzła przerobczego zakładu – zwykle przesiewania wstępnego.

Zasobniki wyposaża się w tunel (półtunel) z podajnikami wibracyjnymi i przenośnikiem taśmowym wybierającym.

Konstrukcje półtuneli wykonywane są z żelbetonowych elementów prefabrykowanych lub stalowych profili walcowanych lub z gotowych elementów z blachy falistej. Wymiary półtuneli dobiera się stosownie do wymaganej wydajności dozowania.

Zbiorniki stalowe w zakładach przerobczych spełniać mogą w procesie przerobczym wiele funkcji występują jako:

- wyrównawcze – zasypowe dla kruszarek,
- elementy zagęszczaczy,
- żąpia dla pomp mułowych (pulpy piaskowej),
- zbiorniki gotowych produktów materiałów sypkich.

Zasobniki podobnie jak zbiorniki stalowe wyposaża się w urządzenia dozujące. Konstrukcje zasobników i zbiorników wymagają zwykle indywidualnego projektowania. Przykład lokalizacji zasobników międzyoperacyjnych przedstawiono na fotografii 68.



Fot. 68 Zasobniki międzyoperacyjne (źródło: A. Witt 04.06.2012)

9.7. Przesiewacze wibracyjne

Do grupy podstawowych maszyn w zakładach przeróbki mechanicznej kruszyw i surowców mineralnych oraz innych materiałów ziarnistych należą przesiewacze wibracyjne, które stosowane są przede wszystkim w procesach przesiewania (klasyfikacji ziarnowej) i uszlachetnienia (np. płukania i odwadniania). Głównymi zespołami przesiewacza są rzeszota (1,2 lub 3 pokłady sit), napęd bezwładnościowy wymuszający ruch drgający (kołowy, prostoliniowy, bądź eliptyczny tor drgań) i podparcia sprężyste (sprężynowe, gumowe itp.).

W zależności od przeznaczenia i miejsca zabudowy w ciągu technologicznym rozróżnić można przesiewacze:

- przedwstępne (np. rusztowe),
- klasyfikacji wstępnej (międzyoperacyjne),
- klasyfikacji końcowej (frakcyjne),
- odwadniające,
- płuczające.

Podstawowe dane przesiewaczy wstępnych przedstawia, tabela 51, a dane przesiewaczy wtórnych stosowanych w dalszych etapach przeróbki piasków i żwirów zestawiono w tabelach 52, 53 i 54.

Przesiewacze wstępne typu HT stosowane są do przesiewania wstępnie rozdrobnionego przez kruszarkę surowca skalnego na 2 lub 3 frakcje. Przesiewacze mogą być montowane na fundamentach betonowych, panelach lub odpowiednio utwardzonym podłożu. Nachylenie sit przesiewaczy wynosi $15^{\circ} - 20^{\circ}$, amplituda drgań 6 mm, częstotliwość drgań 10 – 14,5 Hz.

Tabela 51 Podstawowe parametry przesiewaczy wstępnych typu HT
(źródło: dane producenta)

Typ	Powierzchnia przesiewania	Liczba sit	wejście	Granica przesiewania	Maksymalna wydajność	Moc silnika
	mm	szt.	mm	mm	t/h	kW
HT 1240	1200x4000	2	400	10 - 200	300	11
HT 1540	1500x4000				400	15
HT 2045	2000x4500		600		800	22

Tabela 52 Podstawowe parametry przesiewaczy typów WPA i WPB
(źródło: dane producenta)

Typ	Powierzchnia pokładu	Moc znamionowa	Ciężar przesiewacza	Wydajność teoretyczna	Maksymalny wymiar ziaren	Wymiar oczka w sicie min -maks
	m ²	kW	kG	t/h	mm	mm
WPA 412	3,7	7,5	4450	200-300	200	15 - 80
WPB 521	4,6	7,5	3660	50 do 100	80	2 - 35
WPB 531	4,6	11,0	4450	50 do 100	80	2 - 35
WPB 821	7,0	11,0	4500	100 – 250	80	2 - 35
WPB 831	7,0	11,0	5300	100 - 250	80	2 - 35

Tabela 53 Podstawowe parametry przesiewaczy typu B 52 (źródło: dane producenta)

Typ	Powierzchnia pokładu	Moc znamionowa	Ciężar przesiewacza	Wydajność teoretyczna	Maksymalny wymiar ziaren	Wymiar oczka w sicie min -maks
	m ²	kW	kG	t/h	mm	mm
B 52	4,6	7,5	3660	50 do 100	80	2 - 35
B 53	4,6	11,0	4450	50 do 100	80	2 - 35
B 83	9,5	11,0	6200	100 do 330	80	2 - 35

Tabela 54 Podstawowe parametry przesiewaczy firmy MIFAMA” S.A.
(źródło: dane producenta)

Parametr	Jednostka	Typ			
		WK1 – 1,5x3	WK1 – 1,5x4	WK1 – 1,8x5	WK1 – 2,2x6
Wydajność	t/h	Do 120			
Maksymalny wymiar ziaren nadawy	mm	200			
Powierzchnia pokładu sit	m ²	4,2	5,5		
Wymiary oczek sit	mm	6 ÷ 63			
Częstotliwość drgań	min ⁻¹	960, 735			
Kąt pochylenia rzeszota	stopnie	15 - 25			
Skok rzeszota	mm	9 ÷ 14			
Moc silnika	KW	11,7,5	11,7,5	18,5,15	18,5,15
Masa przesiewacza	kg	2700	3100	4500	6100
Wymiary	mm				
B		1500	1500	1800	2200
B ₁		1055	1055	1225	1475
B ₂		1773	1773	2032	2281
L		3016	4016	5016	6078
H		880	980	1080	1200

10. Transport, składowanie i dystrybucja

10.1. Rodzaje transportu stosowane w kopalniach piasków i żwirów

W kopalniach eksploatujących złoża piasków i żwirów stosowanych jest wiele rozwiązań transportu kopaliny z urządzenia wydobywczego do ciągu przerobczego lub bezpośrednio do odbiorców. Aktualnie stosowane są dwa podstawowe rozwiązania:

- transport urobionej kopaliny sprzętem specjalistycznym,
- załadunek urządzeniem urabiającym bezpośrednio do odbiorcy.

Rozwiązania nie obejmują transportu stosowanego przy eksploatacji złóż urządzeniami urabiającymi kopalinę z powierzchni terenu. Najczęściej są to złoża piasków i żwirów o wysokim punkcie piaskowym oraz dużej zawartości części ilastych i pyłowych, eksploatowane są bez konieczności przeróbki. Kopalina wykorzystywana jest najczęściej na podbudowę, wymianę gruntów głównie pod drogi. Złoża piasków i żwirów

wykorzystywanych na te cele zlokalizowane są w pobliżu obiektów budowlanych, na których kopalina jest wykorzystywana. Optymalna lokalizacja złóż w stosunku do obiektu budowlanego nie powinna przekraczać 10 km. Eksploatacja tych złóż prowadzona jest najczęściej koparkami łyżkowymi z osprzętem podsiębiernym. W mniejszym zakresie stosowane są koparki z osprzętem zgarniakowym i pływające koparki z osprzętem chwytakowym. Cykl pracy takich ciągów technologicznych (w tym przypadku prostych układów) jest mało skomplikowany. Złóża najczęściej są niewielkie o zasobach nieprzekraczających kilku mln m³. Eksploatacja tych złóż prowadzona jest bardzo intensywnie. Po zakończeniu budowy drogi najczęściej zasoby są w całości wydobyte, a teren poeksploatacyjny jest rekultywowany. Kierunek rekultywacji narzuca forma powstałego w wyniku eksploatacji wyrobiska, które jest wypełnione wodą. Po wykonaniu zabiegów rekultywacyjnych obiekt przekształcany jest w staw rybny lub wykorzystywany do celów rekreacji.

Najczęściej stosowanymi rozwiązaniami transportu zapewniającymi dostarczenie kopaliny z urzędzenia urabiającego do następnego ogniwa ciągu technologicznego stosowanego w kopalni piasków i żwirów są:

- przenośniki taśmowe posadowione na pontonach,
- rurociąg zamontowany na pływakach,
- barki,
- szalandy.

Transport wydobytej kopaliny z koparek ssących i pneumatycznych prowadzony jest rurociągami do odwadniaczy, przesiewaczy odwadniających lub na tymczasowe składowiska terenowe zlokalizowane przy zbiorniku wodnym. Urobek po odwodnieniu podawany jest do zakładu przerobczego transportem taśmowym lub samochodowym.

Pływające koparki łańcuchowe i chwytakowe podają urobek do zakładu przerobczego przenośnikami taśmowymi, barkami lub szalandami. Rodzaj transportu uzależniony jest od charakteru złoża, z jakiego koparka prowadzi wydobyte. Koparki eksploatujące złoża zlokalizowane na dnie zbiorników zaporowych odstawiają urobek na barki lub szalandy. Na fotografiach 70, 71 i 72 przedstawiono cykl pracy pływającej koparki łańcuchowej na zbiorniku wodnym. Fotografia 69 przedstawia koparkę w trakcie urabiania złoża. Koparka pracuje w dużej odległości od brzegu. Kopalina po załadowaniu transportowana jest barkami (Fot. 70) do przystani, przy której następuje wyładunek piasku i żwiru na przenośnik taśmowy. Przystań z układem wyładunkowym przedstawiono na fotografii 72. W rozwiązaniu przedstawionym na zdjęciu kopalina odbierana jest z barki bezpośrednio na przenośnik taśmowy. Stosowane są również rozwiązania, w których wyładunek prowadzony jest koparkami z osprzętem chwytakowym lub łyżkowym podsiębiernym.



Fot. 69 Pływająca koparka łańcuchowa pracująca na zbiorniku wodnym
(źródło: A. Witt 01.06.2012)



Fot.70 Pchacz z barką załadowaną urobkiem
(źródło: Z. Schmidt 08.01.2013)



Fot. 71 Punkt przeładunkowy z szaland na przenośniki taśmowe
(źródło: A. Witt 01.06.2012)

Inne rozwiązania są stosowane przy odstawie urobku szalandami. Urządzenia te mają możliwość samodzielnego szybkiego rozładunku bezpośrednio do wody. Stosuje się kilka typów szaland z rozładunkiem:

- przez dno,
- burtowym,
- własnym przenośnikiem taśmowym.

Ładunek z szalandy usuwany jest przez otwarcie klap w dnie lub burcie następuje to w kilka sekund. Szalandy bocznołapowe stosowane są w zbiornikach płytkich natomiast dennokłapowe w głębokich. Piasek i żwir deponowane są do zbiornika wodnego. Składowana w tym miejscu nadawa podawana jest na trasy stacjonarnych przenośników taśmowych za pomocą łańcuchowej koparki pływającej (Fot. 72), przy pomocy koparek łyżkowych z osprzętem podsiębiernym lub koparkami z osprzętem chwytakowym.



Fot. 72 Punkt przeładunkowy urobku usytuowany w zbiorniku wodnym
(źródło: A. Witt 27.12.2012)

W przypadku koparek chwytakowych i wieloczerpakowych transport prowadzony jest w zbiorniku wodnym przenośnikami taśmowymi pływającymi na pontonach, a na lądzie przenośnikami taśmowymi górniczymi.

W obu rozwiązaniach stosowane są najczęściej zasobniki terenowe między operacyjne. Stanowią one bufor między częścią wydobywczą a przeróbczą kopalni. Ich pojemność wynosi najczęściej ok. 5 000 ton urobku. Stanowi to ok. dwudniowy zapas nadawy podawanej do zakładu przeróbczego. Rozwiązanie to uelastycznia ciągi technologiczne stosowane w kopalniach. Ciągi technologiczne pracujące w kopalniach piasków i żwirów pracują w systemie szeregowym. Praca części wydobywczej jest uzależniona od transportowej oraz układu przeróbczego. Awaria jednego z urządzeń ciągu uniemożliwia pracę pozostałych. Zasobnik międzyoperacyjny umożliwia pracę części wydobywczej i transportowej w przypadku awarii któregoś z urządzeń w zakładzie przeróbczym, jak również odwrotnie awaria części transportowej i wydobywczej nie powoduje konieczności zatrzymania pracy zakładu przeróbczego. Transport urobku ze składu międzyoperacyjnego do zakładu przeróbczego prowadzony jest przenośnikami taśmowymi. Urobek z wyrobiska po odwodnieniu podawany jest przenośnikami lądowymi na zasobnik międzyoperacyjny przenośnikiem taśmowym posadowionym na

konstrukcjach wsporczych, które umożliwiają podać go na wysokość nawet do 20 m. Pod zasobnikiem międzyoperacyjnym znajduje się tunel (lub tunele) z przenośnikiem taśmowym, na który przez otwory w stropie tunelu oraz zasowy i podajniki wibracyjne podawany jest piasek i żwir składowany w zasobniku. Dalej przenośniki taśmowe podają urobek do zakładu przerobczego.

Tabela 55 Podstawowe parametry techniczne pchaczy barek
(źródło: dane producenta)

Lp.	Parametry	Jednostki	Typ pchacza	
			TUR	ŁOŚ
1	2	3	4	5
1	Długość	m	20,94	19,40
2	Szerokość	m	5,88	4,41
3	Zanurzenie	m	1,12	0,70
4	Moc silnika	kW	2x121	148

Przykładowe parametry barki górnopokładowej do przewozu piasków i żwirów.

- długość 35,04 m,
- szerokość 8,98 m,
- wysokość 1,71 m,
- nośność 400 ton,
- powierzchnia załadowcza 28,0 mx 7,25 m
- zanurzenie bez ładunku 0,28 m
- zanurzenie maksymalne 1,60 m

Tabela 56 Podstawowe parametry techniczne szaland
(źródło: dane producenta)

Parametry		Typ
		SM-102, SM 112
1	2	3
Pojemność	m ³	660
Moc silnika	kW	442
Maksymalna prędkość	węzły	5
Napęd sterośruby	szt	2
Długość	m	58,94
Szerokość	m	9,53
Zanurzenie	m	3,25
Wyposażenie:	Radar	
	UKF FM	
	Radiotelefon z DSC	
	GPS	
	Echosonda	

Przenośniki taśmowe

W kopalniach eksploatujących piaski i żwiry stosowane są najczęściej przenośniki o szerokościach taśm 500 ÷ 1200 mm. Przenośniki taśmowe zbudowane są z:

- konstrukcji nośnej,
- napędów – jedno i dwubębnowych z motoreduktorami, bębnow napędowych z okładzinami,
- mechanizmu napinającego taśmę,
- krążników nośnych ze sztywną osią stałą,
- krążników dolnych,
- taśm wieloprzekładowych z okładkami gumowymi gładkimi lub z progami,
- urządzeń czyszczących taśmę – skrobaków, zgarniaków, szczotek obrotowych.

Rurociągi.

Transport od koparek ssących prowadzony jest rurociągami za pomocą, których przekazywany jest urobek na brzeg wyrobiska. Stosowane są dwa rodzaje rozwiązań:

- rurociągi pływające z pływakami opasującymi rury,
- rurociągi na platformach (pontonach).

Rurociągi wykonywane są najczęściej rurami polietylenowymi. Ponieważ hydromieszanka przenosi duże ilości ziaren piasku i żwiru materiał, z jakiego wykonane są rury musi posiadać parametry o znacznie zwiększonej odporności na ścieranie. Rurociąg składa się z odcinków rur łączonych system kołnierzowym. W systemie z rurociągiem pływającym jego elementy utrzymywane są na wodzie przy pomocy pływaków. Do rurociągu i utrzymujących go na wodzie pływaków przymocowane są kable energetyczne zasilające pogłębiarkę. Do hydrotransportu w kopalniach piasków i żwirów stosowane są rury o średnicy 150 mm, 200 mm, 250 mm, 300 mm. Na zdjęciu 73 przedstawiono rury i pływaki służące do ich unoszenia na wodzie.



Fot. 73 Rurociąg transportujący urobek od koparki ssącej na ład oraz pływaki, do których jest przymocowany (źródło: A. Witt 09.05.2012)

10.2. Składowanie i dystrybucja produktów gotowych

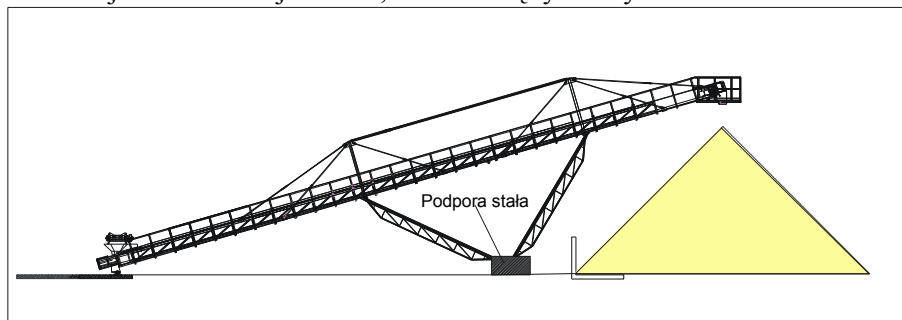
Fracje produktów końcowych (handlowych) są deponowane głównie na składowiskach terenowych w kształcie stożków. Ich formowanie prowadzone jest przenośnikami taśmowymi. Przy budowie składowisk wyrobów gotowych stosuje się kilka sposobów:

- składowanie przenośnikami taśmowymi ustawionymi na podporze V i belce stałej (rys. 35),
- składowanie przenośnikami taśmowymi zakreśnionymi (rys. 36),
- składowanie przenośnikami posadowionymi na estakadach,
- składowanie w zasobnikach żelbetowych i stalowych przenośnikiem taśmowym.

Zbiorniki terenowe ograniczone płytami żelbetowymi

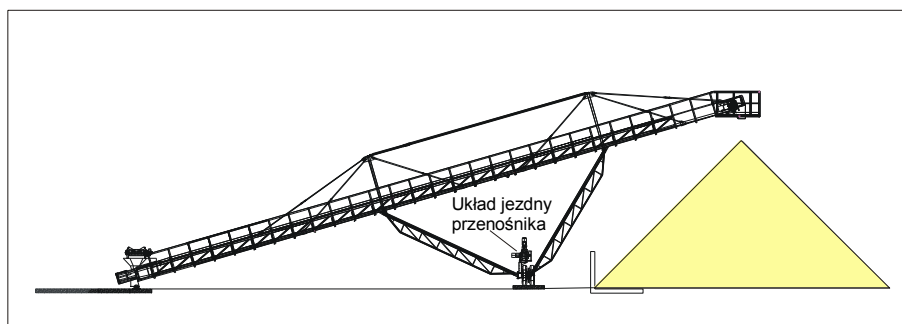
Składowanie przenośnikami posadowionymi na podporach stałych pozwala lokować produkty końcowe na składowiskach tymczasowych stacjonarnych. Rozwiązanie to umożliwia zastosowanie dwóch sposobów załadunku w ekspedycji produktów. Podstawowy załadunek prowadzony jest za pośrednictwem przenośników taśmowych zlokalizowanych w tunelach znajdujących się pod zasobnikami wyrobów gotowych. Przenośniki podają produkty do załadunku na środki transportowe. Drugi sposób

załadunku prowadzony jest ładowarkami lub koparkami łyżkowymi bezpośrednio ze składowisk na samochody, wagony itp. W rozwiązaniu tym lokalizacja składowisk jest stała, zmienia się tylko wysokość stożka.



Rys. 35 Przenośnik na podporach stałych (źródło: opracowanie własne)

Rozwiązanie, w którym formowanie składowisk prowadzone jest przenośnikami zakręznymi, pozwala prowadzić wydajniejsze przyzwanie produktów handlowych. Po usypaniu stożka, przenośnik przesuwany jest po okręgu w zakresie 270 stopni, bez konieczności zatrzymywania procesu składowania. Pozwala to obniżyć koszty składowania oraz uzyskać efektywniejsze wykorzystanie powierzchni przeznaczonej na zasobniki terenowe produktów końcowych.



Rys. 36 Przenośnik zakręzny (źródło: opracowanie własne)

Przenośniki zakrężne np. firmy EDGE (Fot. 74) dzięki mobilności ograniczają czasy przestojów oraz powodują obniżenie kosztów eksploatacyjnych, dzięki wyeliminowaniu konieczności transportu przenośnika przez dodatkowy ciągnik. Urządzenia mogą być podłączone do hydrauliki np. mobilnej kruszarki lub przesiewacza nie wymagają, więc osobnego napędu. Produkowane są również z napędem elektrycznym. Podstawowe parametry techniczne tych przenośników zostały zestawione w tabeli 57.



Fot.74 Przeñośnik zakreżny irlandzkiej firmy EDGE
(źródło: www.bh-ruda.pl/edge/edge)

Tabela 57 Przeñośniki zakreżne serii MS irlandzkiej firmy Edge
(źródło: dane producenta)

Model	Długość przeñośnika	Maksymalna wysokość wysyp	Minimalna wysokość wysyp
	m	m	m
1	2	3	4
MS 20	6	4,4	2,9
MS 30	9	5,1	3,2
MS 40	12	5,7	4,0
MS 50	15	8,0	4,3
MS 65	20	9,5	4,6
MS 80	24	11,2	4,3
MS 100	30	14	3,9

Do składowania produktów handlowych stosowane są, wprowadzane od kilku lat, przeñośniki z własnym układem jeźdnym, których wysokość podnoszenia regulowana jest hydraulicznie. Zaletą tych urządzeń jest duża mobilność. Urządzenia te mogą formować składowisko terenowe materiałów uziarnionych o dowolnym kształcie. Dzięki temu ogranicza się bardzo pracą ładowarek i spycharek przy jego formowaniu. Przeñośniki tego typu stosowane są wyłącznie w kopalniach, w których odbiór produktów handlowych prowadzony jest przez

transport samochodowy. Na fotografii 75 przedstawiono przenośnik mobilny firmy Telestack.



Fot.75 Przenośnik przejezdny firmy Telestack (źródło: A. Witt 10.10.2008)

W kopalniach stosowane są również rozwiązania, w których składowanie produktów handlowych prowadzone jest z przenośnika taśmowego umieszczonego na estakadzie. Rozwiązanie takie przedstawiono na fotografii 76. Zasobniki produktów handlowych usytuowane są liniowo pod estakadą. Pod zasobnikami znajduje się tunel (Fot. 80), w którym z przenośnika taśmowego odbierane są produkty handlowe. Produkty odbierane są z wysypów usytuowanych pod składowiskami przez podajniki wibracyjne, które podają je na przenośnik taśmowy. Za jego pośrednictwem produkty podawane są do załadowni, w której następuje ich załadunek na środki transportowe. W kopalniach stosowane są załadownie, w których produkty podawane są na:

- wagony kolejowe (Fot. 79),
- samochody, w kopalniach tych nie ma bocznic kolejowych (Fot. 77),
- na wagony i samochody (fot.78).



Fot. 76 Składowanie produktów handlowych przenośnikami z estakady
(źródło: A. Witt 01.06.2012)



Fot. 77 Terenowe zasobniki produktów handlowych formowane
przenośnikami taśmowymi (źródło: Z. Schmidt 01.06.2012)



Fot. 78 Składowanie i dystrybucja produktów handlowych
(źródło: A. Witt 06.11.2008)



Fot. 79 Załadownia produktów handlowych na wagony
(źródło: A. Witt 07.10.2007)



Fot. 80 Tunel pod zasobnikiem produktów handlowych
(źródło: A. Witt 07.2008)

W kopalniach zlokalizowanych w pobliżu rzek transport produktów handlowych do odbiorców jest realizowany barkami. Załadunek na barki prowadzony jest zestawem przenośników taśmowych. Przykład takiego rozwiązania przedstawiono na fotografii 81.



Fot. 81 Załadownia produktów handlowych na barki
(źródło Z. Schmidt, 01.10.2012)

10.3. Produkty uzyskiwane z eksploatacji złóż piasków i żwirów

Piaski i żwiry wydobywane spod lustra wody wykorzystywane są do:

- produkcji betonu towarowego i prefabrykatów,
- w budownictwie przemysłowym i mieszkaniowym,
- w budownictwie specjalistycznym,
- w budownictwie drogowym.

Kopalnie wytwarzają następujące produkty:

- żwiry 2 – 8 mm,
- żwiry 8 – 16 mm,
- żwiry 2 – 16 mm,
- żwiry grube 16 – 31,5 mm,
- piasek 0 – 2 mm,
- kruszywo drobne 0 – 4 mm,
- mieszanki / kruszywo o uziarnieniu ciągłym: 0/8 mm,
- mieszanki / kruszywo o uziarnieniu ciągłym: 0/16 mm,
- mieszanki nienormowane,
- otoczaki: 63/120 mm,
- pospółki.

Większość kruszyw jest uszlachetniana w procesach przeróbczych, w ośrodkach wodnych, a ich jakość musi spełniać wymagania obowiązujących norm:

- do produkcji betonu PN – EN 12620 2004,
- do produkcji zapraw PN – EN 13139 2003,
- do produkcji mieszanek bitumicznych na drogi, lotniska i inne powierzchnie przeznaczone do ruchu, PN - EN 13043 2004,
- do niezwiązanych i hydraulicznie związanych materiałów stosowanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym PN - EN 13242 2004.

11. Innowacyjne rozwiązania stosowane w kopalniach eksploatujących piaski i żwiry spod lustra wody

11.1. Innowacyjne metody wspomaganie rozpoznania złóż piasków i żwirów, lokalizowanie w nich miejsc występowania utworów towarzyszących

Dokumentowanie złoża przy pomocy otworów rozpoznawczych zapewnia możliwość jego dokładnego rozpoznania, jednak pod względem ciągłości, jednorodności, zmian litologicznych i występowania obcych elementów nie stanowi obiektywnej oceny. Zagęszczenie siatki otworów jest możliwe, jednak znacznie zwiększa koszt rozpoznania złoża, który jest nieadekwatny do osiągniętych wyników. Szczegółowe rozpoznanie zmian, występujących w budowie złoża, w przypadku złoża piasków i żwirów są to: warstwy gliniaste lub ilaste, wystąpienia bruków skalnych lub pni drzew. Ma to duże znaczenie przy prowadzeniu bieżącej eksploatacji. Dokładniejsze dane o złożu uzyskuje się przez zastosowanie metod ciągłego pomiaru. Aktualnie wprowadza się pomiary georadarem (GPR). Metoda ta jest bezinwazyjna stosowana powszechnie do diagnostyki płytko zalegających utworów geologicznych. Georadar generuje i wysyła impulsy fali elektromagnetycznej o odpowiedniej częstotliwości. W badanych utworach skalnych sygnał ulega tłumieniu, załamaniu oraz odbiciu na kolejnych granicach zalegania skał o różnych własnościach dielektrycznych. Kolejne refleksy sygnału rejestrowane są w domenie czasu. Georadar jest bardzo czuły na podstawowe parametry związane z przepływem prądu elektrycznego, głównie zmianę stałej dielektrycznej w ośrodku na drodze propagacji fali elektromagnetycznej. Skały mają różne wartości stałej dielektrycznej. Impulsy wysyłane przez antenę nadawczą w głąb ośrodka, wracają z opóźnieniem do anteny odbiorczej i przez światłowody trafiają do sterującej systemem jednostki centralnej, a następnie są przetwarzane i przesyłane do rejestratora (dysk twardy). Operator obserwuje impulsy na monitorze w postaci falogramu czasowego, tj. liniowego (pionowego) przekroju zmienności parametrów gruntu. Otrzymane falogramy odbić fal elektromagnetycznych, które zostały zapisane na dysku twardym laptopa

przenoszone są na stacjonarny komputer obliczeniowy i poddane filtracji np. w programach GroundVision (produkcji szwedzkiej). Do analizy danych stosowane są różne kombinacje filtrów w celu uzyskania syntetycznego obrazu echa odbitych fal elektromagnetycznych. Po wybraniu filtrów, wykonaniu filtracji oraz uzyskaniu optymalnego obrazu do interpretacji, a także po kalibracji skali głębokości, obrazy falogramów zostają przesłane np. do programu CoreIDraw w celu ich opisu i interpretacji. W programie CoreIDraw na obrazy falogramów nanoszone są kierunki stron świata i rozpoznane anomalie (podobne do anomalii z modeli w badaniach próbnych). Na falogramach miejsca anomalne są zaznaczane. Finalnym produktem pracy georadaru jest przekrój. Uzyskany wykres jest filtrowany a następnie porównywany z wzorcowymi obrazami różnych struktur oraz z danymi uzyskanymi z wierceń. Do badań w kopalniach piasków i żwirów można stosować przenośne aparaty radarowe (GPR), którymi prowadzi się pomiary z powierzchni terenu (Fot. 82). W zależności od zakresu wykonywanego pomiaru głównie założonej głębokości, monitoringu stosowane są wymienne anteny o różnej częstotliwości (10 MHz do 2 GHz). Im niższa częstotliwość anten tym większy zasięg głębokości profilowania i mniejsza dokładność informacji o warstwach płytszych. Metodyka interpretacji geologicznej falogramów radarowych (GPR). Błąd w określaniu głębokości wynosi około $\pm 0,5$ m.

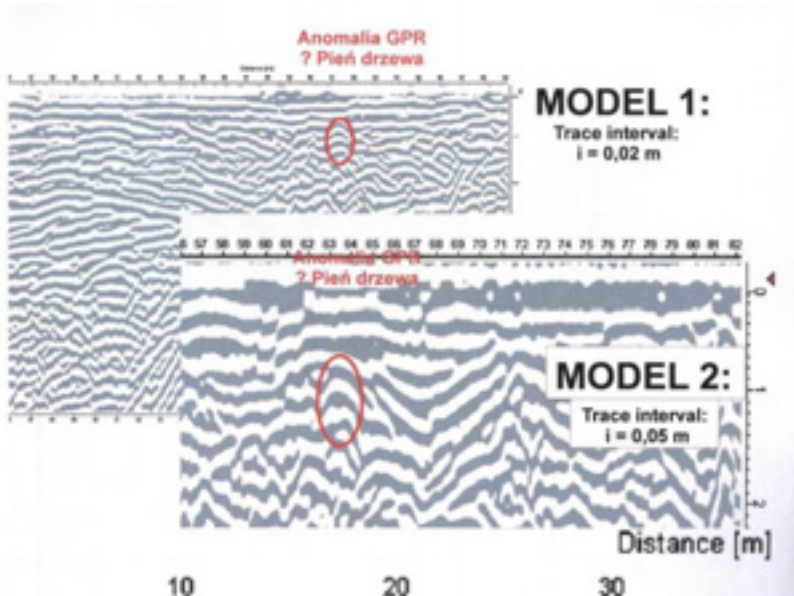


Fot. 82 Pomiar georadarem na przedpolu zabierki urabianej przez koparkę KS 160 (źródło: A. Witt 20.07.2011)

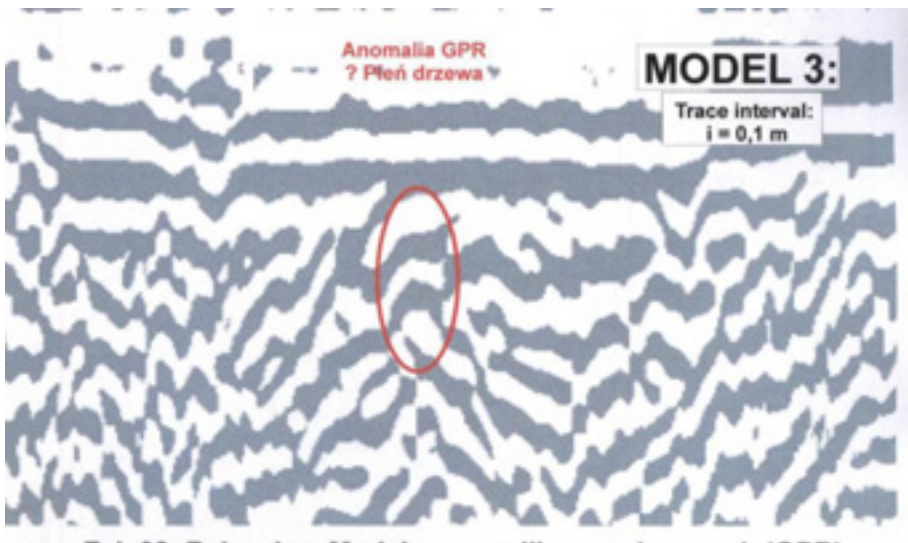


Rys. 37 Miejsce wykonania pomiarów georadarem
(źródło: opracowanie własne)

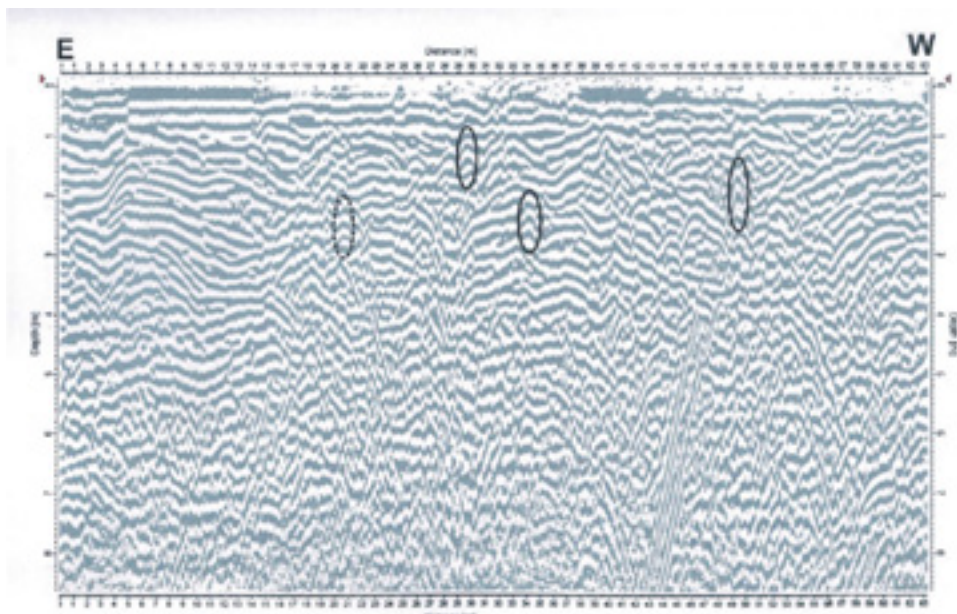
Rezultaty pomiaru georadarem przedpola koparki KS 160 przedstawiono na rysunkach od 38 do 40. Zadaniem wykonywanych pomiarów było określenie rejonów występowania w złożu pni drzew. Rysunek 37 przedstawia miejsce wykonywanych badań z zaznaczeniem linii przekrojowych, wzdłuż których wykonywano pomiary georadarem. Wyniki jednego z pomiarów przedstawiono na rysunku 40. Lokalizację czterech pni drzew wyznaczono na podstawie anomalii, których przykład ilustrują rysunki 40 i 41.



Rys. 38 Przykład interpretacji odczytu georadaru
 (źródło: opracowanie A. Szyrkiewicz)

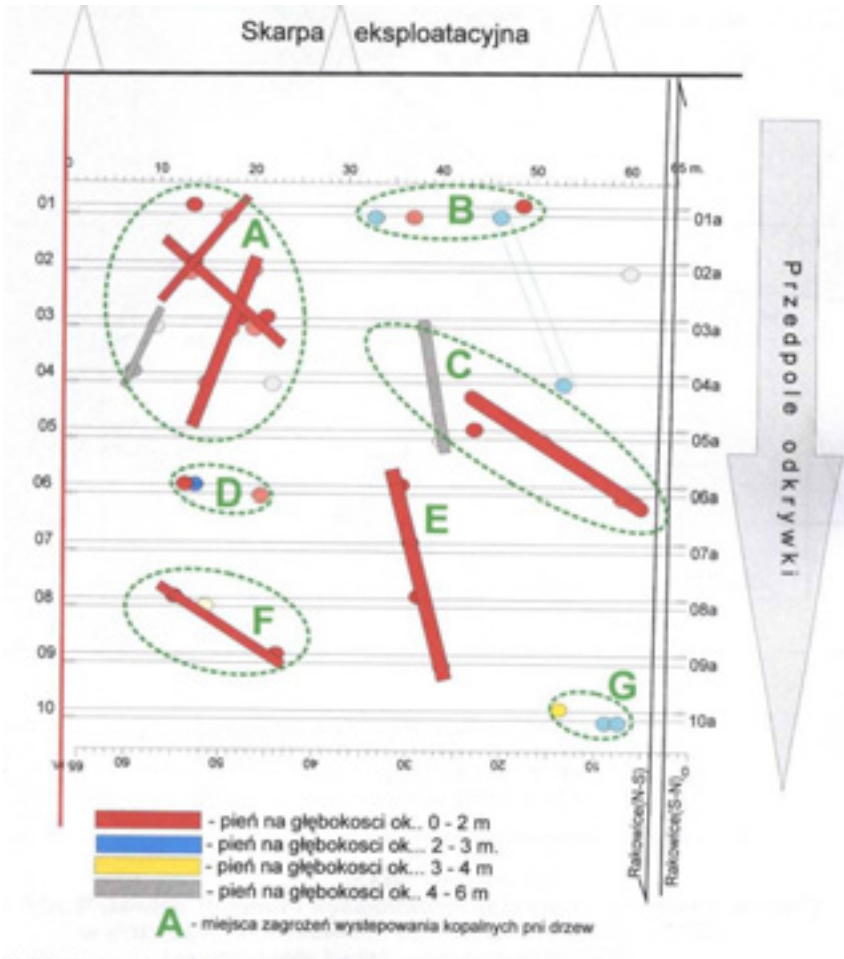


Rys. 39 Przykład anomalii występujących na odczycie georadaru
 (źródło: opracowanie A. Szyrkiewicz)



Rys. 40 Miejsce wykonania pomiarów georadarem z zaznaczonym występowaniem pni drzew w złożu (źródło: opracowanie A. Szynkiewicz)

Wyniki badań georadarowych rejestrowane na przekrojach opracowano i wyznaczono na rysunku 41. Na tym rysunku przedstawiona została lokalizacja pni drzew w złożu, które będzie przedmiotem przyszłej eksploatacji.



Rys. 41 Lokalizacja pni drzew w złożu piasków i żwirów
(źródło: opracowanie A. Szykiewicz)

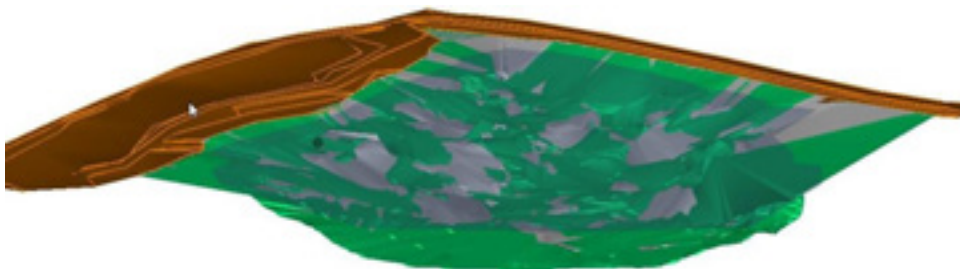
Pomiary wyrobisk poeksploatacyjnych wykonywane przez kopalnie w celu rozliczenia zasobów wydobytych prowadzone są przez:

- sondowanie z jednostki pływającej (łódka, ponton itp.) ręczne za pomocą tzw. ołowianki (odważnik ołowiany zamocowany na linie),
- echosondy,
- sonaru,
- georadaru.

Pomiary wykonywane dotychczasowo przy pomocy odważnika prowadzono najczęściej z łodzi, która pływała wzdłuż liny rozpiętej między brzegami wyrobiska. Z łodzi wykonywane są, co kilkanaście metrów, pomiary głębokości zbiornika poeksploatacyjnego przy pomocy odważnika opuszczanego na linie na dno zbiornika. Lokalizacja punktów pomiarowych oraz rzędne głębokości zbiornika nanoszone są na mapę.

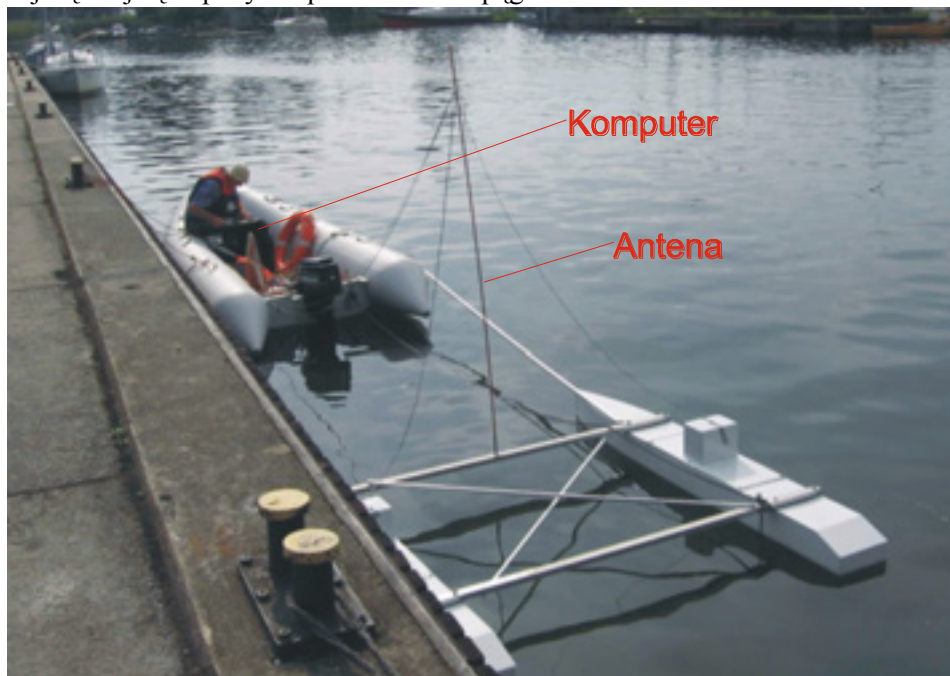
Echosondy wykonują pomiary głębokości zbiornika mierząc czas powrotu dźwięku odbitego od dna do urządzenia pomiarowego. Impuls sondujący, najczęściej ultradźwiękowy, jest wytwarzany w przetworniku piezoelektrycznym. Echosonda posiada dwa kanały: nadawczy i odbiorczy. Pracą obu kanałów kieruje układ sterujący, w którym jednocześnie dokonuje pomiaru czasu. Pomiar głębokości wykonywany jest na zasadzie wyznaczenia czasu wygenerowania impulsu elektromagnetycznego w generatorze, który następnie jest przekazywany na przetwornik i wyemitowany do wody w postaci impulsu hydroakustycznego. Wygenerowany impuls po odbiciu się od dna, napotkanej przeszkody lub innego elementu zawieszonoego w wodzie powraca do przetwornika i następuje uruchomienie kanału odbiorczego echosondy. W przetworniku sygnał fali akustycznej zostaje przekształcony na impuls elektryczny, którego moc zostaje zwiększona we wzmacniaczu, następnie kierowany jest on do układu sterującego. Następuje tu pomiar czasu od chwili nadania do chwili powrotu impulsu elektrycznego. Sygnał ten po odpowiedniej obróbce zostaje pokazany na wyświetlaczu urządzenia. Pomiary wykonywane echosondą są zbiorem danych punktowych pomiarów głębokości wyrobiska, które są następnie przetwarzane w komputerze i generowany jest z nich spąg wyrobiska. Przykład spągu wyrobiska otrzymany z pomiarów echosondą przedstawiono na rysunku 42. Mankamentem pomiarów prowadzonych echosondą jest brak możliwości kontroli miejsca odbicia fali hydroakustycznej. Często na spągu wyrobiska poeksploatacyjnego deponowane są frakcje poniżej 2 mm lub powyżej 120 mm lub cząsteczki ilaste i pylaste zdeponowane w innych częściach wyrobiska. W wyniku falowania wody utwory te często przemieszczane są na spąg wyeksploatowanego wyrobiska.

Sonary do pomiaru głębokości używają fal: długich, średnich i krótkich. Stosowane są dwa rodzaje tych urządzeń: sonary aktywne i pasywne. Sonary aktywne propagują falę dźwiękową od nadajnika do celu i z powrotem do odbiornika. W systemie sonaru pasywnego źródłem energii jest obiekt badany, fala dźwiękowa propaguje od celu do odbiornika. Do pomiaru głębokości wyrobisk poeksploatacyjnych stosowane są sonary aktywne. W urządzeniach tych energia elektryczna konwertowana jest w przetworniku do postaci energii akustycznej. Urządzenia wyposażone są w przetworniki generujące energię akustyczną zwane projektorami oraz odbierające falę dźwiękową zwane hydrofonami. Często jednak przetworniki mogą pracować, jako urządzenia odbiorcze i transmisyjne.

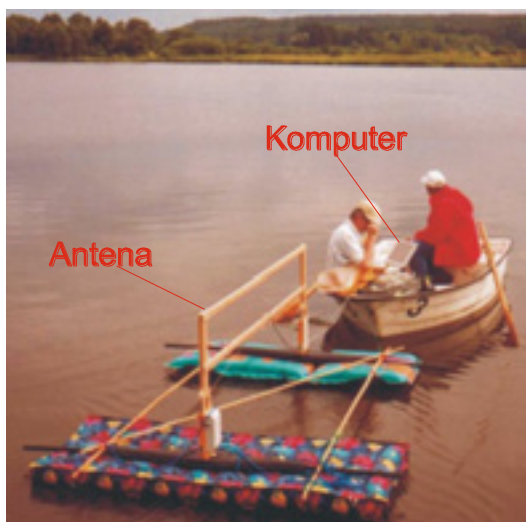


Rys. 42 Fragment linii brzegowej wraz z modelami spągu wyrobiska poeksploatacyjnego (źródło: S. Patla)

Pomiary wyrobisk poeksploatacyjnych wypełnionych wodą wykonywane echosondami i sonarami mogą być obarczone błędami. W urządzeniach tych uzyskujemy odbicia fali hydroakustycznej od dna wyrobiska, którym najczęściej są odpady zdeponowane na spągu złoża.



Fot. 83 Antena georadaru zainstalowana na pływakach typu Katamaran (źródło: A. Szyrkiewicz 2010)



Fot. 84 Antena fotoradaru zainstalowana na materacach (źródło: A. Szynkiewicz 2010)



Fot. 85 Komputer rejestrujący sygnały georadaru na łodzi (źródło: A. Szynkiewicz 2010)

11.2. Innowacyjne metody wspomaganie rozliczeń zasobów eksploatowanych przez pływające koparki łańcuchowe

Rozliczenie zasobów złóż eksploatowanych spod lustra wody jest trudne do wykonania ze względu na fakt, że wyrobisko poeksploatacyjne nie jest widoczne. Drugim problemem trudnym do rozwiązania jest rozliczenie części zasobów, które już na pogłębiarce są oddzielane od nadawy podawanej do zakładu przerobczego. W zależności od typu koparki, różny jest rozdział urabianej kopaliny. W Polsce spod lustra wody eksploatacja jest prowadzona koparkami:

- wieloczerpakowymi,
- ssącymi,
- chwytakowymi.

Pływające koparki łańcuchowe

Przepływ strumienia kopaliny urobionej przez pływającą koparkę łańcuchową jest następujący:

- frakcja nadgabarytowa jest zrzucana z koparki do zbiornika poeksploatacyjnego, frakcje powyżej 100 mm lub większe w

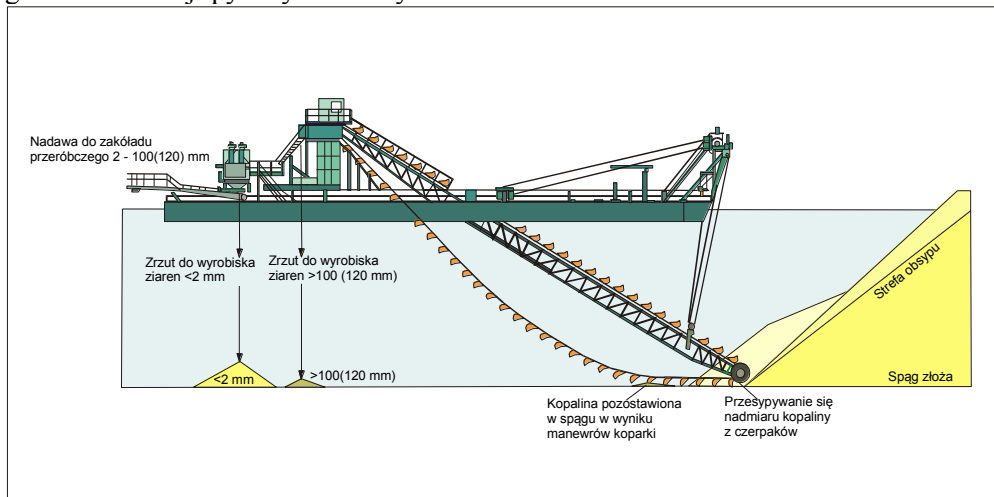
zależności od ustawienia układu transportowego i zakładu przerobczego,

- frakcja odbierana z sita (2 mm) podawana jest przenośnikami taśmowymi lub jednostkami pływającymi do zakładu przerobczego,
- frakcja poniżej (2 mm) odprowadzana jest bezpośrednio z koparki do wyrobiska poeksploatacyjnego.

Rozdział kopaliny w trakcie urabiania jej pływającą koparką łańcuchową przedstawiono na rysunku 43. Kopalinę ze złoża rozdziela się w następujący sposób:

- w trakcie manewrów koparki pozostaje w wyrobisku,
- pozostawienie w wyrobisku części kopaliny, która wysypuje się z czerpaków do wyrobiska podczas ruchu,
- kopalina urobiona czerpakami zostaje podawana na ruszt oraz przesiewacz, na którym następuje jej rozdział na:
 - nadziarno z rusztu zrzucane bezpośrednio pod pływającą koparkę łańcuchową,
 - podziarno z sita przesiewacza odprowadzane z pływającej koparki łańcuchowej rurociągiem do wyrobiska poeksploatacyjnego lub zrzucane bezpośrednio do wyrobiska pod pokład koparki,
 - nadziarno przesiewacza odprowadzane układem przenośników do zakładu przerobczego.

Dalszy rozdział kopaliny prowadzony jest w zakładzie przerobczym. W tym miejscu zostają wydzielone frakcje handlowe oraz odpad składający się głównie z frakcji pylastych i ilastych.



Rys. 43 Rozdział kopaliny urabianej przez pływającą koparkę łańcuchową (źródło: opracowanie własne)

Wykonane w ramach opracowania rozwiązania są innowacyjne w skali krajowej i mogą mieć zastosowanie w krajowych jak i zagranicznych kopalniach piasków i żwirów, w których prowadzona jest eksploatacja pływającymi koparkami łańcuchowymi.

Metoda szacująca stopień wykorzystania złóż piasków i żwirów eksploatowanych pływającymi koparkami łańcuchowymi W pracy przedstawiono metodę rozliczania zasobów złóż piasków i żwirów eksploatowanych pływającymi koparkami łańcuchowymi. Badania wykonano na koparce firmy Röhr typu KS 160. Eksploatacja koparkami pływającymi prowadzona jest spod lustra wody. W związku z tym występują problemy z obmiarem wyrobiska poeksploatacyjnego. Dodatkowe utrudnienie stanowi fakt, że frakcje pylaste i ilaste oraz część piaskowej zrzucane są do wyrobiska poeksploatacyjnego.

Wykonywane na zakończenie każdego roku pomiary echosondami lub sonarami są zaburzone przez odprowadzane do wyrobiska frakcje. Opracowana metoda pozwala określić wielkość zasobów, jakie zostały wyeksploatowane ze złoża oraz jaka ich ilość została wykorzystana do produkcji wyrobów handlowych. Opracowana metoda będzie miała zastosowanie przy prowadzeniu rozliczeń wyeksploatowanych zasobów. Metoda jest innowacyjna w skali krajowej.

Metoda ta nie może być stosowana do szacowania urobionych zasobów koparek ssących oraz pływających koparek chwytakowych ze względu na odmienny ich charakter pracy. Przepływ urobionej kopaliny przez ciągi, w których pracują te urządzenia przedstawiono poniżej. Dla tych koparek należy opracować indywidualnie metodę szacowania zasobów.

Pływające koparki ssące

Koparki tego typu używane są do eksploatacji złóż o punkcie piaskowym powyżej 35%. Rozdział kopaliny podczas urabiania złoża tymi koparkami jest następujący:

- ziarna nadgabarytowe, które mogą znajdować się w złożu nie są urabiane przez koparkę. Rura zasysająca kopalinę jest zabezpieczona przed zablokowaniem przez ziarna nadgabarytowe,
- całość urobku pobrana przez koparkę w postaci hydromieszanki jest odwadniana bezpośrednio na koparce lub na ładzie. Oddzielenie od kopaliny wody prowadzone jest w odwadniaczu lub przesiewaczu odwadniającym. Z wodą odprowadzoną z tych urządzeń do wyrobiska poeksploatacyjnego przenoszone są części pylaste ilaste oraz nieliczne ziarna piasku,
- kopalina po odwodnieniu zostaje przeniesiona najczęściej układem przenośników taśmowych do zakładu przerobczego,
- w zakładzie część kopaliny złożona z cząstek pylastych, ilastych i pojedynczych ziaren piasku odprowadzana jest, jako odpad do wyrobiska poeksploatacyjnego.

Pływające koparki chwytakowe

Urządzenia te stosowane są do urabiania złóż najczęściej o niskim punkcie piaskowym. Urobek pobierany jest przez chwytak ze złoża cyklicznie. Segregacja prowadzona jest na pogłębiarce. Rozdział urobku jest następujący:

- bryły nadgabarytowe (określane w zależności od układu przeróbczego oraz rodzaju transportu) oddzielane są na ruszcie i zrzucane bezpośrednio z koparki do wyrobiska poeksploatacyjnego,
- podziarno z sita przesiewacza zainstalowanego na pokładzie koparki jest zrzucane do wody pod pokład,
- nadziarno z przesiewacza kierowane jest na urządzenia układu transportowego, którymi jest dostarczane do zakładu przeróbczego,
- w zakładzie ziarna pylaste, ilaste oraz część ziaren piasku odprowadzana jest, jako odpad do wyrobiska poeksploatacyjnego lub osadnika.

Rozliczenie zasobów wyeksploatowanych przez pływającą koparkę chwytakową jest utrudnione z tego względu, że frakcje niehandlowe są odprowadzane do wyrobiska w pobliże miejsca urabiania złoża. Frakcje te przemieszczają się w trakcie pracy koparki i część ich staje się ponownie przedmiotem, tym razem wtórnej eksploatacji.

11.3. Innowacyjne metody, projekty i rozwiązania praktyczne

Badania zostały wykonane przez pracowników Poltegoru - Instytutu w ramach projektu współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka pt. „**Strategie i scenariusze technologiczne zagospodarowania i wykorzystania złóż surowców skalnych**”.

W wyniku badań opracowano innowacyjne urządzenia do regulacji hydromieszanki wodno- żwirowo – piaskowej z funkcją separacji drobnych ziaren mineralnych.

Celem pracy było opracowanie metody odzyskania części frakcji piaskowej odprowadzanej z koparki pływającej ssącej do wyrobiska jako odpad. Na rurociągu, którym transportowana jest hydromieszanka instaluje się urządzenie pozwalające odzyskać część frakcji piaskowej kierowanej do wyrobiska poeksploatacyjnego z frakcjami ilastymi i pylastymi. Zastosowanie takich urządzeń przyczynia się do poprawy stopnia wykorzystania zasobów piasków. Urządzenie zostało wykonane i zainstalowane na części lądowej rurociągu w kopalni Gorzupia należącej do Szczecińskich Kopalń Surowców Skalnych. Wykonano próby skuteczności

jego działania. W wyniku realizacji projektu powstały dwa wnioski o udzielenie patentu na wynalazki będące konsekwencją jego realizacji.

- Urządzenie do hydromechanicznej segregacji składników z dwufazowej hydromieszaniny” nr ewidencji P 396 940 z dnia 31.10.2011 r.
- Urządzenie do pobierania próbek hydromieszaniny nr ewidencji P 401599 z dnia 13.11.2012 r.

Hydrokorekcja dynamiczna

Urabianie złóż zawadzionych, hydrotransport i przeróbka urobku wymagają dla właściwego ich przebiegu odpowiedniej ilości wody, która z częściami stałymi (piasek, żwir, otoczaki, mułki, gliny, ropy, części organiczne) tworzy hydromieszaninę. Urabianie koparką ssącą jest procesem rozluźnienia górotworu za pomocą spalniacza i zassania wytworzonej hydromieszaniny do komory głowicy pompy, po czym następuje tłoczenie jej rurociągami do węzła odwadniania z klasyfikacją ziarnową [2,4]. Gęstość hydromieszaniny w otoczeniu głowicy rurociągu ssawnego pompy, ustala praca spalniacza. Jej wielkość może być zmienna w zależności od zwięzłości górotworu, uziarnienia i składu mineralnego urobku oraz przez zmiany parametrów pracy koparki w trakcie urabiania. Urządzeniami odwadniającymi, stosowanymi w przypadku transportu i przeróbki surowców okruszowych w ośrodku wodnym są zazwyczaj: odwadniacze kołowe podciśnieniowe, odwadniacze kołowo-wstęgowe, przesiewacze odwadniające, przenośniki taśmowe odwadniające lub też zestawy odwadniaczy kołowych z hydrocyklonami i sitami. Przesiewacze mają wówczas pokłady sitowe z ujemnym kątem nachylenia. Odwadnianie jest procesem rozdzielczym i zwykle łączy się z klasyfikacją ziarnową. Wymiar ziarna podziałowego takiej klasyfikacji zależy od szybkości przepływu zawiesiny przez wannę przesiewacza, od gęstości zawiesiny, a więc i od poszczególnych frakcji piasków. Odwadniacze kołowe używane w kraju, zazwyczaj nie są dobrze dobrane do możliwości wydobywczych koparek ssących, z którymi współpracują. Efektem tego jest zbyt szybki przepływ hydromieszaniny przez wannę odwadniacza, powodujący zwiększenie wymiaru ziarna podziałowego i zmniejszenie udziału frakcji drobnych w głównym produkcie piaskowym. Dla poprawienia procesu rozdziału frakcji piaskowych podczas odwadniania urobku, autorzy opracowali metodę regulacji gęstości hydromieszaniny podczas jej transportu do urządzeń odwadniających, pod nazwą hydrokorekcji [30]. Proces ten można zastosować w poniższych układach technologicznych.

Wariant I

Urabianie koparką ssącą refulującą wyposażoną alternatywnie w:

- spalniacz hydrauliczny,
- spalniacz frezujący,
- koło wieloczerpakowe.

Dostawa do przeróbki odbywa się hydrotransportem tłocznym. Klasyfikacja wstępna z odwadnianiem jest realizowana na odwadniaczu kołowym podciśnieniowym – typ do kruszywa grubego od 0 do 350 mm. Klasyfikacja ziarnowa dotyczy części organicznych, rozmytej gliny i iłu oraz od bardzo drobnych do średnioziarnionych piasków.

Wariant II

Urabianie i dostawa urobku do przeróbki wstępnej na lądzie taka sama jak w wariantcie I. Odwadnianie jest realizowane na początku pokładów sitowych przesiewacza odwadniającego o ujemnym nachyleniu rzeszota (zwykle 3 – 5%), po czym na dalszej powierzchni sit w kierunku transportu materiału, następuje klasyfikacja ziarnowa żwirów, piasków i otoczków z natryskiem wody technologicznej (dodawanej). Pulpa z odwodnienia oraz piasek z klasyfikacji są kierowane hydrotransportem grawitacyjnym do odwadniacza kołowego podciśnieniowego (w wersji dla piasku), lub odwadniacza z zainstalowanym sitem odwadniającym lub też z klasyfikacją w hydrocyklonach. Hydrokorekcja zawsze powinna się odbyć w końcowej części rurociągu tłocznego dla obu wariantów oraz przed odwadnianiem piasku dla wariantu II, czyli w jednym lub dwóch miejscach [41].

Wariant III

Dotyczy przeróbki wtórnej i odnosi się do odwodnienia piasków łamanych pozostałych w trakcie przeróbki nadgabarytów >16 mm oraz piasków rodzimych ze wzbogacania frakcji żwirowych 2 – 16 mm, podawanych grawitacyjnie do odwadniacza (piasków).



Fot. 86 Widok hydrokorektora membranowego podczas prób. Wariant I
(źródło: Z. Schmidt 2007)



Fot. 87 Widok hydrokorektora membranowego Wariant II
(źródło: Z. Schmidt 2007)



Fot. 88 Przesiewacz ze skrzynią dekompresyjną przyjmującą zawieszinę z koparki ssącej. Wariant II (źródło: Z. Schmidt 2007)



Fot. 89 Hydrotransport grawitacyjny od przesiewaczy. Wariant III
(źródło: Z. Schmidt 2007)



Fot. 90 Burzliwe przelewy z obu odwadniaczy - ucieczka piasków do osadnika Wariant III (źródło: Z. Schmidt 2007)

W ramach badań nad wykorzystaniem hydrokorekcji dynamicznej w układach technologicznych eksploatacji surowców okruchowych spod lustra wody, dotychczas opracowano i wytworzono urządzenia:

- urządzenie laboratoryjne pod nazwą separator HRZ [30] do wstępnych badań zjawisk związanych z hydrodynamicznym rozdziałem zawiesin wodnych z drobnouziarnionym ciałem stałym,
- urządzenia przemysłowe pod pierwotną nazwą hydrokorektor membranowy. Badania ich użyteczności przeprowadzono w układzie technologicznym eksploatacji piasków osiągając pozytywne wyniki [41]. Urządzenie posiada patent nr PL 200633. (Fot. 86, Fot 87 i Fot 91),
- dla zbadania gęstości oraz rozkładu ziarnowego mieszaniny transportowanej do odwodnienia w rurociągu tłocznym wysokociśnieniowym lub grawitacyjnym, opracowano urządzenia do pobierania próbek z rurociągów podczas jej transportu. Urządzenie zostało zgłoszone do Urzędu Patentowego nr. P. 401559,
- urządzenie przemysłowe pod nazwą separator hydrodynamiczny lamelowy SHL [41] (Fot 92).



Fot. 91 Hydrokorektor membranowy (źródło Z. Schmidt 2007)



Fot. 92 Hydrokorektor lamelowy (SHL) podczas prób. Wariant I
(źródło: Z. Schmidt 07.2012)

Badania użytkowe wykonano w kopalni Gorzupia SKSM podczas eksploatacji kopaliny o średnim punkcie piaskowym ok. 70% i wysokiej zawartości krzemionki ok. 95%. Urządzenie zgłoszono do Urzędu Patentowego Nr P 396940.

Składowanie produktów końcowych

Produkty końcowe wzbogacanych żwirów zazwyczaj o granulacjach 2 – 8 mm i 8 – 16 mm oraz grysy z przeróbki frakcji >16 mm na ogół są magazynowane w zasobnikach terenowych pod bębniami zwrotnymi przenośników taśmowych. Rozkład uziarnienia w zasobnikach nie jest jednorodny. Obserwacje i badania wykazały, że kruszywo od czoła zasobnika charakteryzuje się większą zawartością ziaren grubych, a kruszywo od strony konstrukcji wsporczej przenośnika większą zawartością ziaren drobnych. Przykładowe składy granulometryczne odpowiednich próbek przedstawiono w tabelach 58 i 59, a odpowiadające im diagramy na rysunku 44.

Obszar ograniczony liniami krzywymi na rysunku 44 jest miarą niejednorodności granulometrycznej kruszywa w zasobniku, co stanowi o gorszej jakości produktu. Mechanizm powstawania tego zjawiska wyjaśniają fotografie 93 – 96.



Fot. 93 Zasobnik żwiru frakcji 2 - 8 mm – widok na czoło
(źródło: Z. Schmidt 01.10.2012)



Fot. 94 Zasobnik żwiru frakcji 2 - 8 mm – widok boczny
(źródło: Z. Schmidt 01.10.2012)



Fot. 95 Rozkład ziaren żwiru frakcji 2 - 8 mm w rzucie ukośnym z przenośnika (źródło: Z. Schmidt 01.10.2012)



Fot. 96 Rozkład ziaren żwiru frakcji 8 - 16 mm w rzucie ukośnym z przenośnika (źródło: Z. Schmidt 01.10.2012)

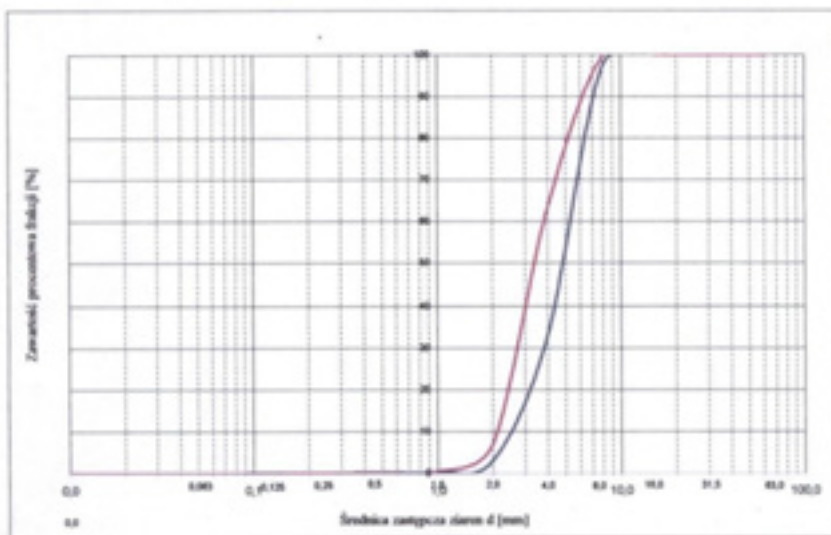
W Poltegorze Instytucie opracowano urządzenie do ujednorodniania granulometrycznego materiałów uziarnionych, składowanych w zasobnikach terenowych z użyciem taśmowego oraz grawitacyjnego transportu pionowego. Urządzenie jest przedmiotem zgłoszenia do Urzędu Patentowego.

Tabela 58 Skład ziarnowy żwiru 2 – 8 mm, próbka od czoła zasobnika
(źródło: badania własne)

sita	pozostaje na sicie		przesiew	frakcja	zawartość frakcji	suma frakcji
	próba	odsiew	próba			
[mm]	[g]	[%]	[%]	[mm]	[%]	[%]
63,0	0,0	0,0	100,0	0,0-0,063	0,0	0,0
31,5	0,0	0,0	100,0	0,063-0,125	0,0	0,1
16,0	0,0	0,0	100,0	0,125-0,25	0,0	0,1
8,0	50,9	2,6	97,4	0,25-0,50	0,1	0,2
4,0	1301,8	66,8	33,2	0,50-1,00	0,2	0,3
2,0	1889,5	97,0	3,0	1,00-2,00	2,6	3,0
1,0	1941,1	99,7	0,3	2,00-4,00	30,2	33,2
0,5	1944,4	99,8	0,	4,0-8,0	64,2	97,4
0,25	1945,9	99,9	0,1	8,0-16,0	2,6	100,0
0,125	1946,6	99,9	0,1	16,0-31,5	0,0	100,0
0,063	1947,3	100,0	0,0	31,5-63,0	0,0	100,0
0,0	1947,7	100,0	0,0	ponad 63,0	0,0	100,0

Tabela 59 Skład ziarnowy żwiru 2 – 8 mm, próbka od strony przenośnika
(źródło: badania własne)

sita	pozostaje na sicie		przesiew	frakcja	zawartość frakcji	suma frakcji
	próba	odsiew	próba			
[mm]	[g]	[%]	[%]	[mm]	[%]	[%]
63,0	0,0	0,0	100,0	0,0- 0,063	0,0	0,0
31,5	0,0	0,0	100,0	0,063- 0,125	0,0	0,1
16,0	0,0	0,0	100,0	0,125- 0,25	0,0	0,1
8,0	7,8	0,4	99,6	0,25- 0,50	0,1	0,2
4,0	783,2	36,7	63,3	0,50- 1,00	0,3	0,5
2,0	1986,4	93,0	7,0	1,00- 2,00	6,5	7,0
1,0	2125,1	99,5	0,5	2,00- 4,00	56,3	63,3
0,5	2131,9	99,8	0,2	4,0-8,0	36,3	99,6
0,25	2133,5	99,9	0,1	8,0-16,0	0,4	100,0
0,125	2134,3	99,9	0,1	16,0- 31,5	0,0	100,0
0,063	2134,9	100,0	0,0	31,5- 63,0	0,0	100,0
0,0	2135,4	100,0	0,0	ponad 63,0	0,0	100,0



Rys. 44 Diagram składów ziarnowych próbek żwiru 2 – 8 mm z przeciwległych stron zasobnika (źródło: opracowanie własne)

12. Energochłonność

12.1. Metodyka zastosowanych badań

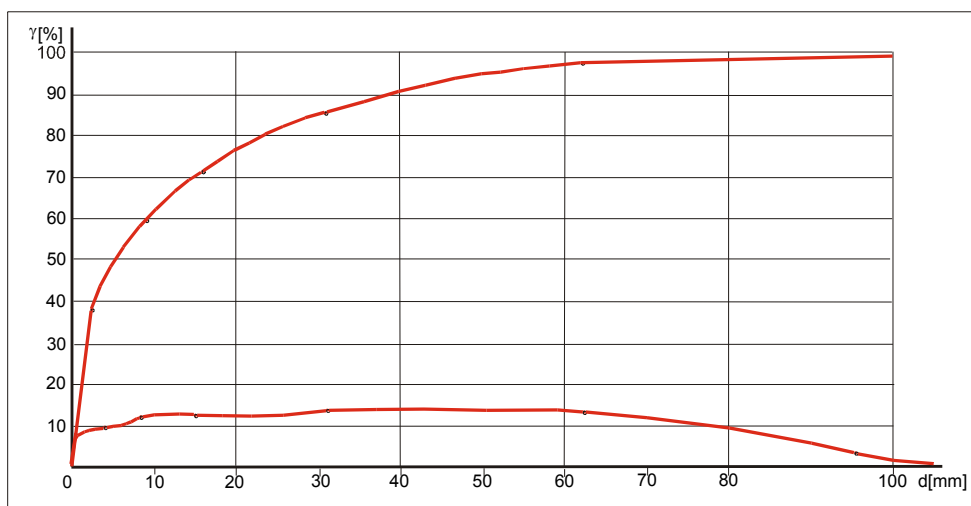
Eksploatacja piasków i żwirów spod lustra wody prowadzona jest w zależności od rodzaju złoża oraz wielkości wydobywania ciągami technologicznymi o różnym stopniu złożoności. Ocena wydajności i energochłonności tych procesów jest, więc uzależniona od warunków złożowych oraz złożoności umaszynowania ciągu technologicznego. W opracowaniu przyjęto następującą metodykę obliczania energochłonności.

Energochłonność maksymalna

$$e_m = \frac{N}{Q_f} \cdot 3,6 \quad \frac{MJ}{m^3}$$

gdzie:

- e_m - energochłonność maksymalna MJ/m³,
- N_z - moc znamionowa, kW,
- Q_f - wydajność faktyczna obliczana z danych miesięcznych, m³/h.



Rys. 45 Przykładowy skład ziarnowy utworów piaszczysto – żwirowych
(źródło: opracowanie własne)

a – krzywa częstości, b – krzywa sumaryczna

Ponieważ nie wszystkie ogniwa ciągu technologicznego są całkowicie zsynchronizowane w czasie o wyznaczeniu zdolności produkcyjnej całego ciągu technologicznego, skorygowano wydajności poszczególnych procesów (operacji). Energochłonność skorygowaną obliczono następująco

$$e_s = \frac{N_z}{Q_s} \cdot 3.6 \quad \left[\frac{MJ}{m^3} \right]$$

lub

$$e_s = e_m \cdot \frac{Q_f}{Q_s} \quad \left[\frac{MJ}{m^3} \right]$$

gdzie:

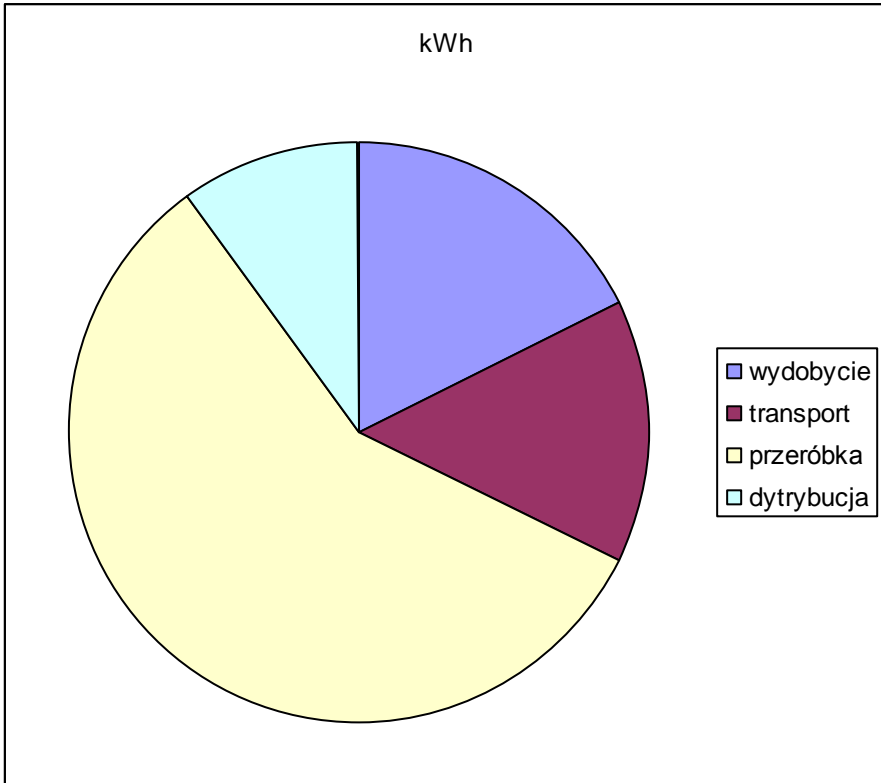
e_s – energochłonność skumulowana [MJ/m^3],

Q_s – wydajność faktyczna skorygowana, po uwzględnieniu zdolności produkcyjnej całego układu technologicznego [m/h],

W wyniku uzyskuje się energochłonność skumulowaną w [MJ/m^3].

12.2. Energochłonność a koszty jednostkowe produkcji

Otóż energochłonność, będąc obiektywnym kryterium oceny pojedynczych procesów, jak i całych ciągów technologicznych w znacznym stopniu wpływa na koszty produkcji. Wyraźny wpływ energochłonności na koszty produkcji wynika z obliczeń.



Rys. 46 Cyklogram energochłonności procesów technologicznych w kopalniach eksploatujących piaski i żwiry (źródło [14])

- I – wydobycie kopaliny ze złoża,
- II - transport urobku,
- III – przeróbka kopaliny,
- IV – składowanie gotowych produktów.

Koszt procesu (pracy maszyny), np. w ciągu zmiany K_z można wyrazić następująco.

$$K_z = \sum K_s + K_e$$

gdzie:

K_z – koszt procesu,

$\sum K_s$ – suma stale ponoszonych kosztów w produkcji.

K_s – koszt energii, który można wyrazić jako

$$K_e = c_e \cdot E = c_e \cdot e \cdot Q$$

gdzie:

K_e – koszt energii,

c_e – cena energii,

E – wydatek energii w ciągu zmiany,

e – energia jednostkowa (energochłonność),
 Q – wydajność procesu (maszyny) w ciągu zmiany,

Jednostkowy koszt produkcji.

$$k = \frac{K_z}{Q}$$

$$k = \frac{\sum k_s}{Q} + c_e \cdot e$$

Wychodząc z definicji energochłonności można zapisać.

$$Q = \frac{E}{e}$$

czyli

$$k = e \left(\frac{\sum K_s}{E} \cdot c_e \right)$$

Z równania wynika, że w dowolnym procesie produkcyjnym koszt jednostki produkcji jest bezpośrednio związany z energochłonnością tego procesu. Wynika stąd też wniosek o możliwości wykorzystania wskaźnika e , jako energetycznego równoważnika kryterium efektywności i optymalizacji procesów technologicznych.

12.3. Energochłonność ciągu eksploatacyjnego złoża żwirowo – piaskowego

Energochłonność ciągów technologicznych przedstawiono na przykładzie danych uzyskanych z kopalni eksploatującej żwiry i piaski spod lustra wody. W tabeli 58 zestawiono wielkość wydobycia, zużycie energii ciągu technologicznego w czasie roku oraz wyliczony wskaźnik energochłonności. W kolejnych tabelach 60 - 63 zestawiono dane roczne energochłonności układów stosowanych w kopalni piasków i żwirów.

Tabela 60 Energochłonność układu wydobywczego nr 1
(źródło: dane z kopalni)

Lp.	Miesiąc	Wielkość wydobyte	Moc	Wskaźnik energochłonności
		Mg	kW	kW/Mg
1	2	3	4	5
1	styczeń	0	6 000	
2	luty	0	6 000	
3	marzec	21 000	16 000	0,765
4	kwiecień	55 000	48 000	0,866
5	maj	44 000	51 000	1,159
6	czerwiec	40 000	53 000	1,330
7	lipiec	42 000	54 000	1,282
8	sierpień	47 000	55 000	1,184
9	wrzesień	46 000	55 000	1,191
10	październik	21 000	55 000	2,668
11	listopad	28 000	40 000	1,429
12	grudzień	0	0	
Razem		344 000	428 000	1,242

Tabela 61 Energochłonność układu transportowego (źródło: dane z kopalni)

Lp.	Miesiąc	Wielkość wydobyte	Moc	Wskaźnik energochłonności
		Mg	kW	kW/Mg
1	2	3	4	5
1	styczeń	0	5 000	0
2	luty	0	5 000	0
3	marzec	21 000	13 000	0,618
4	kwiecień	55 000	39 000	0,700
5	maj	44 000	41 000	0,936
6	czerwiec	40 000	43 000	1,075
7	lipiec	42 000	44 000	1,036
8	sierpień	47 000	45 000	0,957
9	wrzesień	46 000	45 000	0,962
10	październik	21 000	44 000	2,156
11	listopad	28 000	33 000	1,155
12	grudzień	0	0	0
Razem		344	355	1,030

Tabela 62 Energochłonność układu przerobczego (źródło: dane z kopalni)

Lp.	Miesiąc	Wielkość wydobycie	Moc	Wskaźnik energochłonności
		Mg	kW	kW/Mg
1	2	3	4	5
1	styczeń	0	18 000	
2	luty	0	18 000	
3	marzec	21 000	53 000	2,472
4	kwiecień	55 000	155 000	2,799
5	maj	44 000	164 000	3,745
6	czerwiec	40 000	171 000	4,298
7	lipiec	42 000	174 000	4,142
8	sierpień	47 000	179 000	3,827
9	wrzesień	46 000	179 000	3,850
10	październik	21 000	177 000	8,625
11	listopad	28 000	130 000	4,620
12	grudzień	0	0	0
Razem		344 000	1 419 000	4,120

Tabela 63 Energochłonność układu dystrybucji produktów handlowych (źródło: dane z kopalni)

Lp.	Miesiąc	Wielkość wydobycie	Moc	Wskaźnik energochłonności
		Mg	kW	kW/Mg
1	2	3	4	5
1	styczeń	0	3 000	0
2	luty	0	3 000	0
3	marzec	21 000	9 000	0,425
4	kwiecień	55 000	27 000	0,482
5	maj	44 000	28 000	0,644
6	czerwiec	40 000	29 000	0,739
7	lipiec	42 000	30 000	0,713
8	sierpień	47 000	31 000	0,658
9	wrzesień	46 000	31 000	0,662
10	październik	21 000	31 000	1,484
11	listopad	28 000	22 000	0,795
12	grudzień	0	0	0
Razem		344 000	244 000	0,709

Tabela 64 Kopalnia piasku i żwirów moce zainstalowane na urządzeniach
(źródło: dane z kopalni)

lp	Układy	Zainstalowana moc
1	2	3
1	Wydobywczy	250
2	Transport surowca do zakładu przerobczego	202
3	Przeróbka kopaliny	808
4	Załadunek i ważenie	139
5	Razem	1399

12.4. Energochłonność ciągu eksploatującego złożę zaglinione

Tabela 65 Energochłonność układu wydobywczego (źródło: dane z kopalni)

Lp.	Miesiąc	Wielkość wydobyte	Moc	Wskaźnik energochłonności
		Mg	kW	kW/Mg
1	2	3	4	5
1	styczeń			
2	luty	8 000	14 000	1,799
3	marzec	33 000	29 000	0,880
4	kwiecień	36 000	28 000	0,787
5	maj	44 000	27 000	0,604
6	czerwiec	46 000	26 000	0,560
7	lipiec	53 000	29 000	0,542
8	sierpień	42 000	25 000	0,581
9	wrzesień	36 000	25 000	0,705
10	październik	39 000	25 000	0,660
11	listopad	35 000	27 000	0,762
12	grudzień	32 000	27 000	0,832
Razem		404 000	281 000	0,697

Tabela 66 Energochłonność układu transportowego (źródło: dane z kopalni)

Lp.	Miesiąc	Wielkość wydobycie	Moc	Wskaźnik energochłonności
		Mg	kW	kW/Mg
1	2	3	4	5
1	styczeń	0	0	0
2	luty	7 000	6 000	0,882
3	marzec	29 000	12 000	0,431
4	kwiecień	31 000	12 000	0,392
5	maj	37 000	11 000	0,307
6	czerwiec	39 000	11 000	0,279
7	lipiec	39 000	12 000	0,311
8	sierpień	37 000	10 000	0,276
9	wrzesień	33 000	11 000	0,318
10	październik	32 000	11 000	0,338
11	listopad	29 000	11 000	0,395
12	grudzień	29 000	11 000	0,383
Razem		341 000	119 000	0,348

Tabela 67 Energochłonność układu przerobczego (źródło: dane z kopalni)

Lp.	Miesiąc	Wielkość wydobycie	Moc	Wskaźnik energochłonności
		Mg	kW	kW/Mg
1	2	3	4	5
1	styczeń			
2	luty	6 000	29 000	4,539
3	marzec	27 000	59 000	2,235
4	kwiecień	29 000	58 000	2,000
5	maj	35 000	54 000	1,564
6	czerwiec	36 000	52 000	1,447
7	lipiec	36 000	58 000	1,604
8	sierpień	35 000	50 000	1,410
9	wrzesień	31 000	51 000	1,669
10	październik	29 000	52 000	1,760
11	listopad	27 000	55 000	2,062
12	grudzień	28 000	54 000	1,951
Razem		318 000	572 000	1,797

13. Podsumowanie

W publikacji przedstawiono sposoby eksploatacji złóż piasków i żwirów zalegających poniżej lustra wody. Scharakteryzowano główne procesy technologiczne, jakie są stosowane przy ich wydobywaniu i przeróbce. Zagadnienia te zostały opracowane z uwzględnieniem najnowszych rozwiązań wprowadzanych na świecie i w kraju, w technice oraz technologii eksploatacji piasków i żwirów spod lustra wody. W pracy przedstawiono kolejno węzły wchodzące w ciągi technologiczne realizujące wydobywanie oraz przeróbkę.

Pierwszym ogniwem wchodzącym w skład ciągu technologicznego kopalń piasków i żwirów jest urządzenie wydobywające kopalinę. W opracowaniu przedstawiono urządzenia prowadzące wydobywanie ze stropu złoża oraz spod lustra wody. Oprócz podstawowych urządzeń powszechnie stosowanych w kopalniach piasków i żwirów takich jak: pływające koparki łańcuchowe, ssące i chwytakowe, przedstawiono nowe rozwiązania wprowadzane w kopalniach takie jak: pompy ssące montowane na pontonach pływających lub wysięgnikach koparek hydraulicznych z osprzętem podsiębiernym, koparki łyżkowe posadowione na specjalnych pontonach umożliwiających ich pracę z powierzchni wody oraz przemieszczanie się w trakcie prowadzonych prac wydobywczych. Pompy ssące są zalecane do eksploatacji małych złóż piasków i żwirów. Zaletą tych urządzeń jest prosta budowa i mały koszt wprowadzania ich do eksploatacji złoża. Udostępnienie złoża można wykonać mocując pompę na wysięgniku koparki hydraulicznej podsiębiernej. Rozwiązanie to pozwala wykonać zbiornik wodny, do którego wprowadza się pompę ssącą na pontonach. Układ taki jest docelowy i pozwala eksploatować całość złoża. Drugim rozwiązaniem polecanym do eksploatacji małych złóż są koparki hydrauliczne zabudowane na pontonach. Rozwiązanie takie umożliwia prowadzenie eksploatacji złoża jedną koparką z powierzchni terenu jak i z poziomu wody.

Nowe rozwiązania wprowadzane są również w koparkach już stosowanych. W urządzeniach tych montowane są układy pomiarowe pozwalające prowadzić monitoring ich pracy. Koparki wyposażone są w osprzęt, dzięki któremu operator ma wgląd w urabianą zabierkę i możliwość korygowania jej ruchów manewrowych.

W układach przeróbczych innowacyjne rozwiązania ukierunkowane są na wprowadzenie zmian w poszczególnych urządzeniach, które mają za zadanie zapewnienie i poprawę jakości produktów

handlowych, zmniejszają koszt ich wytwarzania oraz ograniczają niekorzystne oddziaływanie na środowisko. Istotne znaczenie ma również:

- wykorzystanie maksymalnej ilości kopaliny (w trakcie procesu przerobczego odprowadzana jest do wyrobiska poeksploatacyjnego z odpadami część frakcji piaskowej oraz ziaren nadgabarytowych),
- zapewnienie jak najwyższej jakości produktów handlowych, które uzyskuje się przez wprowadzanie nowych urządzeń przesiewających i płuczących, poprzez nowe rozwiązania w przesiewaczach oraz odwadniaczach, dostosowane indywidualnie do eksploatowanej kopaliny,
- ograniczenie lokalnych zanieczyszczeń wody w wyrobiskach poeksploatacyjnych odprowadzanymi do nich frakcjami ilastymi i pylastymi. Wprowadzane są urządzenia jak np. klarowniki, lamellowe, które od frakcji pylastych i ilastych oddzielają wodę. Pozyskany odwodniony odpad może być składowany na zwałowiskach zewnętrznych,
- wprowadzanie w układach przerobczych linii rozdrabniania ziaren nadgabarytowych. W kopalniach gdzie występuje ich mała ilość układy takie pracują okresowo.

W układach składowania i dystrybucji produktów handlowych obecnie stosowane są rozwiązania:

- ograniczające ewentualne pylenie ze składowisk (wywiewanie z nich drobnych frakcji w okresach bezdeszczowych),
- zastępowanie załadunku produktów gotowych ze składowisk na środki transportowe ładowarkami lub koparkami łyżkowymi przez układy przenośnikowe. Rozwiązania te zapewniają szybki załadunek oraz nie powodują emisji gazów powstających w trakcie pracy silników spalinowych urządzeń załadowniczych.

14. Literatura

- [1] Bęben A., Maszyny i urządzenia dla wybranych technologii urabiania surowców skalnych, Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1998
- [2] Bęben A., Wydobywanie spod wody kruszyw naturalnych, Forum Górnictwa Kopalni Pospolitych, SITG Wrocław, 1998
- [3] Bęben A., – Maszyny i urządzenia do wydobywania kopalni pospolitych bez użycia materiałów wybuchowych, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-dydaktyczne AGH 2008
- [4] Bęben A., – Eksploatacja spod wody kopalni pospolitych pogłębiarkami ssącymi, Surowce i Maszyny Budowlane; nr 2 s. 47–50, 2008
- [5] Bilans zasobów złóż kopalni w Polsce wg stanu na 31.12.2011, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 2012,
- [6] Bilans zasobów złóż kopalni w Polsce wg stanu na 31.12.2012, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 2013
- [7] Chulist R. – Technologia eksploatacji i jej wpływ na wykorzystanie złóż, w Stryzowski M. (red) – Programowanie eksploatacji i zagospodarowania terenów pogórnich złóż kruszywa naturalnego w dolinach rzek karpackich na przykładzie Karpat Zachodnich, Monografia. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków AGH, 2006
- [8] Gawenda T., Problematyka doboru maszyn kruszących w instalacjach produkcji kruszyw mineralnych, Górnictwo i Geoinżynieria Rok 34 Zeszyt 4, str 195 – 209, 2010
- [9] Gawlitta E., Pływający zespół wydobywczy, Surowce i Maszyny Budowlane, 4/2009
- [10] Głapa W., Geotechniczne uwarunkowania bezpiecznej eksploatacji kopalni spod lustra wody, IV Konferencja Naukowo-Techniczna „Nowoczesne Kopalnie Żwiru i Piasku”, 16 – 17.04. 2012
- [11] Głapa W., Frankiewicz W., Galos K., Technika i technologia eksploatacji kruszyw naturalnych i piasków przemysłowych w Surowce Mineralne Polski, Surowce Skalne, Kruszywa Naturalne i Piaski Przemysłowe. Wydawnictwo Instytutu GSMiE PAN, Kraków
- [12] Głapa W., Marcinkowski W., Próby zmniejszenia strat eksploatacyjnych przy wydobywaniu kruszywa spod wody, Materiały Budowlane
- [13] Gliński J., Energetyczne wskaźniki właściwości i procesów wydobywczych, Studia i Monografie, Wyższa Szkoła Inżynierska w Opolu, 1988
- [14] Gliński J., Polak W., Regulacje układów technologicznych w zakładach kruszyw łamanych na podstawie kryterium kosztów, Studia i Monografie, Wyższa Szkoła Inżynierska w Opolu, 1984

- [15] Górecki J., Problemy dokumentowania geologicznego złóż kruszywa naturalnego żwirowego, Aktualia i perspektywy gospodarki surowcami mineralnymi, Kraków, 2006
- [16] Górecki J., Sermet E., Stopień geologiczno – górniczej atrakcyjności udokumentowanych złóż kruszyw naturalnych żwirowych, Surowce i Maszyny Budowlane, nr 2, str 16 - 21, 2009
- [17] Grzelak E., Technologia kruszyw mineralnych, Arkady, Warszawa 1973
- [18] Jacaszek C., Kruszywa z regulacji rzek i zbiorników wodnych, Surowce i Maszyny Budowlane, nr 6, str 38 – 42, 2009
- [19] Katalog odwadniaczy, Redakcja Surowców i Maszyn Budowlanych, wydanie SIMB, nr 1/2010
- [20] Kozioł W., Ciepłiński A., Goleniewska J., Machniak Ł., Eksploatacja kruszyw z obszarów morskich w Polsce i Unii Europejskiej, Górnictwo i Geoinżynieria Rok 35 Zeszyt 4/1 str 215 – 231, 2011
- [21] Król-Korczak J., Jeziorowski W., Czynniki wpływające na ekonomiczne warunki prowadzenia eksploatacji i racjonalne wykorzystanie zasobów złoża kruszywa naturalnego, Górnictwo i Geoinżynieria, Rok 34, Zeszyt 4, 2010
- [22] Marcinkowski W., Kontrola i rejestracja głębokości podwodnego urabiania kruszyw koparką KG 2,5, Górnictwo Odkrywkowe. 1990
- [23] Marianowski J., Analiza i ocena energochłonności procesów wydobywania i przeróbki w kopalni surowców skalnych, Międzynarodowa Konferencja Techniki Urabiania Kraków – Krynica, wrzesień 2002
- [24] Naziemiec Z., Wpływ technologii przeróbki na jakość uzyskiwanego kruszywa, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, nr 134, nr 41, str. 209 - 220, 2012
- [25] Naziemiec Z., Saramak D., Analiza energochłonności procesów rozdrabniania kruszyw mineralnych, źródło: internet
- [26] Nieć M., Złóża kruszywa naturalnego, Wydawnictwo IGSMiE PAN. Kraków 2003
- [27] Nowak J., Szykiewicz A., Monitoring wykorzystania złoża eksploatowanego spod lustra wody, Kopaliny 2003
- [28] Rokita J., Starzewski J., Wykorzystanie pomp strumieniowych w instalacjach do hydraulicznego urabiania kruszyw mineralnych, Zakład Projektowo-Badawczy i Produkcyjny CEDOS SP. z o.o., Pompy, Pompownie, nr 2, (105), str 53 -56, 2002
- [29] Schmidt Z., Ogólna charakterystyka układów wstępnej przeróbki w złożach kruszyw naturalnych – żwirów i piasków, Poltegor Instytut, Program operacyjny Innowacyjna Gospodarka pt. Strategie i

- scenariusze technologiczne zagospodarowania i wykorzystania złóż surowców skalnych, Wrocław 2009
- [30] Schmidt Z., Kurkowiak T., Innowacyjna technologia odwadniania urobku wydobywanego spod lustra wody koparkami ssącymi, *Górnictwo Odkrywkowe* nr. 6, Wrocław 2011
- [31] Siliwończuk Z., Geologiczno – złożowe warunki występowania kruszywa naturalnego w Polsce, Praca Instytutu Geologicznego, Wrocław 1985
- [32] Sokołowski M., Energia rozdrabniania, IBM i GS Warszawa 1995
- [34] Sokół P., Analiza układu technologicznego kruszyw żwirowych w Śląskich Zakładach Eksploatacji Kruszywa, Studium Podyplomowe *Górnictwo Odkrywkowe*, AGH Kraków 2009
- [35] Soliński A., Przeróbka silnie zanieczyszczonych kruszyw, Surowce i Maszyny Budowlane, 2009
- [36] Stryzewski M., Metoda waloryzacji górnictwo-ekonomicznej złóż kruszyw naturalnych, *Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej*, nr 109, Konferencje, nr 41 2005
- [37] Stryzewski M., (red) Programowanie eksploatacji i zagospodarowania terenów pogórnicznych złóż kruszywa naturalnego w dolinach rzek karpaccich na przykładzie Karpat Zachodnich. Monografia. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków AGH 2006,
- [38] Stryzewski M., Wydobycie kruszywa naturalnego w dolinach rzek karpaccich, Surowce i Maszyny Budowlane, 2007
- [39] Szumielewicz R., Nowe technologie procesów uszlachetniania do podwodnego płukania i przesiewania, IMBIGS, Warszawa 1997
- [40] Witt A., Schmidt Z., Innowacyjne technologie wydobycia i przeróbki surowców skalnych w krajowych kopalniach, *Górnictwo Odkrywkowe* 5 – 6, Wrocław 2013
- [41] Witt A., Schmidt Z., Kurkowiak T., Badania i opracowanie innowacyjnych urządzeń do regulacji hydromieszanki wodno – żwirowo – piaskowej z funkcją separacji drobnych ziaren mineralnych, Program operacyjny Innowacyjna Gospodarka pt. Strategie i scenariusze technologiczne zagospodarowania i wykorzystania złóż surowców skalnych, Wrocław 2010
- [42] Witt A., Schmidt Z., Kurkowiak T., Badania procesów i opracowanie urządzeń do układów przeróbki żwirów dla separacji części organicznych, gliniastych i ilastych oblepień żwirów oraz ziaren mułowych, Program operacyjny Innowacyjna Gospodarka pt. Strategie i scenariusze technologiczne zagospodarowania i wykorzystania złóż surowców skalnych, Wrocław 2010
- [43] Witt A., Schmidt Z., Kurkowiak T., Technologie eksploatacji złóż żwirów i piasków koparkami ssącymi w rejonach występowania rejonów negatywnych, Program operacyjny Innowacyjna

- Gospodarka pt. Strategie i scenariusze technologiczne zagospodarowania i wykorzystania złóż surowców skalnych, Wrocław 2011
- [44] Witt A., Schmidt Z., Kurkowiak T., Ocena wydajności i energochłonności układów technologicznych do eksploatacji żwirów i piasków spod lustra wody, Program operacyjny Innowacyjna Gospodarka pt. Strategie i scenariusze technologiczne zagospodarowania i wykorzystania złóż surowców skalnych, Wrocław 2011
- [45] Witt A., Schmidt Z., Kurkowiak T., Pomorski A., Określenie stopnia wykorzystania złóż piasków i żwirów eksploatowanych pływającymi koparkami wielonaczyniowymi, Górnictwo Odkrywkowe nr 5 – 6, Wrocław, 2012
- [46] Witt A., Schmidt Z., Kurkowiak T., Innowacyjne technologie zagospodarowania frakcji >16 mm surowców okruchowych wydobywanych spod lustra wody, Program operacyjny Innowacyjna Gospodarka pt. Strategie i scenariusze technologiczne zagospodarowania i wykorzystania złóż surowców skalnych, Wrocław 2010
- [47] Żakowski J., Badania energochłonności ciągu wydobywczego – przeróbczego żwiru i piasku w KSM Wójcie, WSI Opole 1990

Materiały

<http://geoportal.pgi.gov.pl/surowce/skalne>

http://geoportal.pgi.gov.pl/surowce/skalne/piaski_zwiry

<http://www.metso.com/>

<http://www.sandvik.com/en/>

www.beyer-viernheim.de/index.php/de/de-produkte/de-schwimmbagger/de-schwimmbagger-ausleger

www.smt-stichweh.de/

www.doepke-gmbh.de

www.Wichary.eu

www.hard.com.pl/kruszarki/przesiewacze.htm

www.bh-ruda.pl/edge/edge

www.finlayhydrascreens.com/en

www.powerstone.pl/s/przesiewacze-na-mokro

Spis tabel

Tabela 1	Wielkość geologicznych zasobów bilansowych i przemysłowych, stan na 2012 r. (źródło: Bilans zasobów złóż kopalin w Polsce wg stanu na 31.12.2012) [6].....	7
Tabela 2	Wielkość wydobycia w 2011 r. (źródło: Bilans zasobów złóż kopalin w Polsce wg stanu na 31.12.2012) [5].....	9
Tabela 3	Typowe ciągi wydobywczo-przeróbcze stosowane w kopalniach piasków i żwirów (źródło: opracowanie własne).....	17
Tabela 4	Podstawowe parametry techniczne pływających koparek łańcuchowych (źródło: dane producentów).....	31
Tabela 5	Parametry pływających koparek chwytakowych wieżowych (źródło: dane producenta).....	34
Tabela 6	Parametry pływających koparek chwytakowych z bocznym wysięgnikiem (źródło: dane producenta).....	35
Tabela 7	Zależność wydajności koparek ramowych firmy FF Fiebig od głębokości urabiania (źródło: dane producenta).....	36
Tabela 8	Parametry pływających koparek chwytakowych konstrukcji ramowej (źródło: dane producentów).....	37
Tabela 9	Parametry pływających koparek chwytakowych konstrukcji portalowej (źródło: dane producenta).....	39
Tabela 10	Podstawowe parametry techniczne pływających koparek chwytakowych typoszeregu DB (źródło: dane producenta).....	40
Tabela 11	Pływające koparki ssące firmy SMOK Dredgers Stocznia Kędzierzyn Koźle Sp. z o.o. (źródło: dane producenta).....	43
Tabela 12	Parametry koparek ssących firmy Döpke (źródło: dane producenta).....	44
Tabela 13	Parametry koparek ssących firm Habermann i Elliot (źródło: dane producentów).....	44
Tabela 14	Podstawowe parametry koparki ssącej typu SVE (źródło: dane producenta).....	49
Tabela 15	Podstawowe parametry koparek łyżkowych firmy Volvo z osprzętem podsiębiernym (źródło: dane producenta).....	60
Tabela 16	Podstawowe parametry koparek łyżkowych firmy Liebherr z osprzętem podsiębiernym (źródło: dane producenta).....	60
Tabela 17	Koparki na specjalnym podwoziu firmy fińskiej Big Float (źródło: dane producenta).....	62
Tabela 18	Dane techniczne koparki Brawal 1611 z osprzętem zgarniakowym (źródło: dane producenta).....	63
Tabela 19	Podstawowe dane techniczne koparek firmy Sennenbogen z osprzętem zgarniakowym (źródło: dane producenta).....	64
Tabela 20	Dane techniczne zgarniarki linowej firmy Stichweh (źródło: dane producenta).....	67

Tabela 21	Parametry koparek łańcuchowych (źródło: dane producentów)	70
Tabela 22	Przesiewacze wibracyjne odwadniające (kął pochylenia +3° do +5°) firmy Schauenburg Maschinen- und Anlagen-Bau GMBH (źródło: dane producenta)	85
Tabela 23	Parametry techniczne przesiewaczy wibracyjnych odwadniających (kął pochylenia -5° do -15°) firmy Schauenburg Maschinen- und Anlagen-Bau GMBH (źródło: dane producenta)	86
Tabela 24	Podstawowe parametry techniczne przesiewaczy wibracyjnych produkcji GOSTER Design Production (źródło: dane producenta)	87
Tabela 25	Parametry techniczne odwadniaczy kołowych firmy ŁZG Łęczyca S. A. (źródło: dane producenta)	88
Tabela 26	Parametry techniczne odwadniacza kołowego firmy SKSM S.A. w Szczecinie (źródło: dane producenta)	88
Tabela 27	Parametry techniczne odwadniaczy kołowych podciśnieniowych firmy BUDKRUSZ (źródło: dane producenta)	89
Tabela 28	Parametry techniczne odwadniaczy kołowych firmy NOWET Sp. z o. o. (źródło: dane producenta)	89
Tabela 29	Parametry techniczne odwadniaczy kołowych firmy EKO BUD II Maszyny Górnicze Ireneusz Machania (źródło: dane producenta)	90
Tabela 30	Parametry techniczne odwadniaczy kołowych firmy TEREX/FINLEY (źródło: dane producenta)	91
Tabela 31	Parametry odwadniaczy wstęgowych firmy Metso (źródło: dane producenta)	93
Tabela 32	Parametry odwadniaczy kołowych firmy Metso (źródło: dane producenta)	94
Tabela 33	Parametry techniczne odwadniaczy firmy ProSand (źródło: dane producenta)	95
Tabela 34	Podstawowe parametry płuczek bębnowych firmy Metso (źródło: dane producenta)	103
Tabela 35	Podstawowe parametry płuczki mieczowej produkcji SKSM S.A. w Szczecinie (źródło: dane producenta)	104
Tabela 36	Podstawowe parametry płuczek mieczowych firmy Metso (źródło: dane producenta)	105
Tabela 37	Podstawowe parametry płuczek mieczowych firmy MAB (źródło: dane producenta)	107
Tabela 38	Oczyszczarki nożowe firmy ProSand (źródło: dane producenta)	107
Tabela 39	Podstawowe parametry płuczek wysokociśnieniowych firmy Haver&Boecker (źródło: dane producenta)	109
Tabela 40	Podstawowe dane techniczne akwamatorów (źródło: dane producenta)	110

Spis rysunków

Rys. 1 Wielkość zasobów bilansowych piasków i żwirów w poszczególnych województwach i Bałtyku na koniec 2012 roku [6]	8
Rys. 2 Wielkość wydobycia piasków i żwirów w Polsce.....	8
Rys. 3 Wielkość wydobycia piasków i żwirów w 2012 r. w poszczególnych województwach [6]	10
Rys. 4 Ilość eksploatowanych złóż w 2012 r. na terenie Polski w poszczególnych województwach [6].....	11
Rys. 5 Układ eksploatacyjny – koparka z ładowarką (źródło: opracowanie własne).....	19
Rys. 6 Układ eksploatacyjny – koparka zgarniakowa z ładowarką (źródło: opracowanie własne)	19
Rys. 7 Układ eksploatacyjny – koparka pływająca chwytakowa z ładowarką (źródło: opracowanie własne).....	20
Rys. 8 Układ eksploatacyjny głowica urabiająco - ssąca z ładowarką (źródło: opracowanie własne).....	20
Rys. 9 Koparka łyżkowa z osprzętem podsiębiernym i przestawny układ klasyfikacji kruszywa (źródło: opracowanie własne).....	21
Rys. 10 Koparka łyżkowa z osprzętem podsiębiernym z mobilnym przesiewaczem (źródło: opracowanie własne)	21
Rys. 11 Koparka zgarniakowa z osprzętem podsiębiernym z mobilnym przesiewaczem (źródło: opracowanie własne)	21
Rys. 12 Koparka łańcuchowa z podwoziem gąsienicowym i stacjonarny zakład przeróbczy (źródło: opracowanie własne).....	22
Rys. 13 Koparka łańcuchowa i stacjonarny zakład przeróbczy (źródło: opracowanie własne)	23
Rys. 14 Koparka ssąca oraz koparka łyżkowa urabiająca warstwę niezawodnioną oraz stacjonarny zakład przeróbczy (źródło: opracowanie własne)	26
Rys. 15 Koparka ssąca z odwadniaczem i stacjonarny zakład przeróbczy (źródło: opracowanie własne).....	27
Rys. 16 Koparka ssąca oraz ładowarka urabiająca warstwę niezawodnioną	27
Rys. 17 Schemat pływającej koparki łańcuchowej z odwadniaczem (źródło: opracowanie własne)	30
Rys. 18 Schemat pływającej koparki łańcuchowej z przesiewaczem odwadniającym (źródło: opracowanie własne)	31
Rys. 19 Wykres zależności wydajności koparek ramowych firmy FF Fiebig od głębokości urabiania (źródło: dane producenta).....	36

Rys. 20 Schemat koparki ssącej z głowicami różnego typu (źródło: opracowanie własne na podstawie rysunków z dokumentacji koparek).....	43
Rys. 21 Schemat koparki hydropneumatycznej (źródło: opracowanie własne na podstawie dokumentacji producenta)	53
Rys. 22 Widok spągu wyrobiska na monitorze w sterowni koparki (źródło: opracowanie własne)	58
Rys. 23 Schemat koparki zgarniakowej (źródło: opracowanie własne)	65
Rys. 24 Schemat zgarniarki linowej (źródło: opracowanie własne)	68
Rys. 25 Schemat zgarniarki linowej z wysięgnikiem (źródło: opracowanie własne).....	68
Rys. 26 Koparka łańcuchowa (źródło: opracowanie własne na podstawie schematów koparek).....	69
Rys. 27 Schemat eksploatacji systemem motylkowym, sposobem wachlarzowym (źródło: [37])	72
Rys. 28 Schemat eksploatacji systemem motylkowym sposobem równoległym (źródło: [37])	73
Rys. 29 Schemat eksploatacji systemem motylkowym sposobem krzyżowym (źródło: [37])	74
Rys. 30 Schemat eksploatacji systemem motylkowym sposobem bagermistrzowskim (źródło: [37])	75
Rys. 31 Schemat eksploatacji wyrobiska udostępnianego koparką ssącą z odstawą urobku do odwadniania grawitacyjnego (opracowanie własne).....	76
Rys. 32 Schemat pracy pływającej koparki łańcuchowej [38].....	77
Rys. 33 Przykładowy schemat układu przeróbczego w kopalni piasków i żwirów (źródło: opracowanie własne).....	81
Rys. 34 Schemat urządzenia M 2500 TM (źródło: www.cdeglobal.com)	111
Rys. 35 Przenośnik na podporach stałych (źródło: opracowanie własne)..	135
Rys. 36 Przenośnik zakrężny (źródło: opracowanie własne)	135
Rys. 37 Miejsce wykonania pomiarów georadarem (źródło: opracowanie własne).....	144
Rys. 38 Przykład interpretacji odczytu georadaru (źródło: opracowanie A. Szyrkiewicz)	145
Rys. 39 Przykład anomalii występujących na odczycie georadaru (źródło: opracowanie A. Szyrkiewicz).....	145
Rys. 40 Miejsce wykonania pomiarów georadarem z zaznaczonym występowaniem pni drzew w złożu (źródło: opracowanie A. Szyrkiewicz)	146
Rys. 41 Lokalizacja pni drzew w złożu piasków i żwirów (źródło: opracowanie A. Szyrkiewicz).....	147
Rys. 42 Fragment linii brzegowej wraz z modelami spągu wyrobiska poeksploatacyjnego (źródło: S. Patla)	149

Rys. 43 Rozdział kopaliny urabianej przez pływającą koparkę łańcuchową (źródło: opracowanie własne).....	151
Rys. 44 Diagram składów ziarnowych próbek żwiru 2 – 8 mm z przeciwnych stron zasobnika (źródło: opracowanie własne)	164
Rys. 45 Przykładowy skład ziarnowy utworów piaszczysto – żwirowych (źródło: opracowanie własne).....	165
Rys. 46 Cyklogram energochłonności procesów technologicznych w kopalniach eksploatujących piaski i żwiry (źródło [14]	166

Spis fotografii

Fot. 1 Układ przeróbczy w wyrobisku kopalni piasków i żwirów (źródło: A. Witt 4.11.2007).....	24
Fot. 2 Węzeł załadunku urobku z warstwy niezawodnionej na przesiewacze (źródło: A. Witt 4.11.2007).....	25
Fot. 3 Ruszt, na którym oddzielane są ziarna nadgabarytowe powyżej 150 mm (źródło: A. Witt 4.11.2007).....	25
Fot. 4 Pływająca koparka łańcuchowa Beyer 2 Es/2010 (źródło: A. Witt 02.12.2011).....	32
Fot. 5 Pływająca koparka łańcuchowa firmy Röhr typ KS 160 (źródło: A. Witt 10.08.2011).....	33
Fot. 6 Pływająca koparka chwytakowa wieżowa produkcji firmy Beyer (źródło:)	34
Fot. 7 Pływająca koparka chwytakowa z wysięgnikiem bocznym firmy Röhr (źródło: www.Röhrbagger.de).....	35
Fot. 8 Pływająca koparka chwytakowa konstrukcji ramowej firmy Beyer (źródło: www.beyer-viernheim.de/index.php/de/de-produkte/de-schwimmbagger/de-schwimmbagger-ausleger).....	38
Fot. 9 Pływająca koparka chwytakowa konstrukcji portalowej firmy Beyer (źródło: www.beyer-viernheim.de/index.php/de/de-produkte/de-schwimmbagger/de-schwimmbagger-ausleger).....	39
Fot. 10 Pływająca koparka chwytakowa z bocznym zrzutem ziaren nadgabarytowych (źródło: A. Witt 12.08.2010).....	41
Fot. 11 Koparka ssąca (źródło: Z. Mykietiuik 12.03.2009).....	42
Fot. 12 Rurociąg odstawy urobku do zakładu przeróbczego (źródło: Z. Schmidt 02.10.2007).....	45
Fot. 13 Rurociąg na pływakach z chodnią i barierkami (źródło: Z. Schmidt 01.10.2012).....	45
Fot. 14 Łódź do transportu obsługi koparki ssącej (źródło: A. Witt 09.05.2012).....	46
Fot. 15 Skarpa nadkładowa (źródło: A. Witt 10.08.2011).....	47
Fot. 16 Głowica urabiająca firmy Dragflow umieszczona na platformie firmy Wichary (źródło: www.Wichary.eu).....	47
Fot. 17 Urobek z głowicy urabiającej firmy Dragflow składowany na brzegu wyrobiska do odwodnienia (źródło: www.Wichary.eu).....	48
Fot. 18 Głowica koparki ssącej (źródło: Z. Schmidt 01.10.2012).....	49
Fot. 19 Głowica z systemem JET (źródło: www.doepke-gmbh.de).....	50
Fot. 20 Koło tnące (źródło: www.doepke-gmbh.de).....	51
Fot. 21 Głowica urabiająca (źródło: www.doepke-gmbh.de).....	51
Fot. 22 Łańcuch urabiający (źródło: www.doepke-gmbh.de).....	52
Fot. 23 Pulpit sterowniczy pływającej koparki łańcuchowej (źródło: A. Witt 02.12.2011).....	54

Fot. 24 Monitor w kabinie sterowniczej pływającej koparki łańcuchowej (źródło: A. Witt 02.12.2011)	55
Fot. 25 Wyświetlacz podający aktualne parametry pracy koparki (źródło: A. Witt 02.12.2011)	56
Fot. 26 Monitor przedstawiający lokalizację koparki w złożu (źródło: A. Witt 04.06.2012)	57
Fot. 27 Pulpit ze wskaźnikami oraz obrazem eksploatowanego złoża w kabinie sterowniczej koparki (źródło: www.doepke-gmbh.de).....	58
Fot. 28 Eksploatacja piasków i żwirów koparką podsiębierną (źródło:	59
Fot. 29 Koparka na specjalnym podwoziu firmy Big Float. (źródło: www.remu.fi)	61
Fot. 30 Koparka łyżkowa z osprzętem podsiębiernym wyposażona w pontony oraz urządzenia do stabilizacji pozycji w trakcie urabiania złoża (źródło: www.remu.fi)	62
Fot. 31 Koparka firmy Sennebogen 655 Lizus HD z osprzętem zgarniakowym (źródło: www.sennenbogen.com)	64
Fot. 32 Koparka E 303 z osprzętem zgarniakowym (źródło: internet)	65
Fot. 33 Zgarniarka linowa firmy Stichweh typu KS 400 SH (źródło: www.smt-stichweh.de/)	67
Fot. 34 Zgarniarka linowa firmy Stichweh typu KS 1000 S (źródło: www.smt-stichweh.de/)	68
Fot. 35 Koparka łańcuchowa firmy Beyer urabiająca złoża piasku i żwiru spod lustra wody (źródło: www.beyer- viernheim.de/index.php/de/de-produkte/de-schwimmbagger/de- schwimmbagger-ausleger).....	70
Fot. 36 Pływająca koparka łańcuchowa w trakcie urabiania złoża (źródło: A. Witt 09.08.2011)	77
Fot. 37 Mocowanie liny do kierowania pozycją koparki ssącej (źródło: A. Witt 09.05.2011)	78
Fot. 38 Połączenie linami ustalającymi położenie pływającej koparki łańcuchowej (źródło: A. Witt 09.08.2011)	78
Fot. 39 Odwodnienie kopaliny w sposób naturalny (ociekowy) (źródło: A. Witt 07.10.2007)	83
Fot. 40 Ładowarka podaje odwodniony piasek i żwir do kosza zasypowego (źródło: A. Witt 07.10.2007)	83
Fot. 41 Urobek wydobyty przez pływającą koparkę chwytakową składowany na brzegu wyrobiska przenośnikiem taśmowym (źródło: A. Witt 14.05.2009).....	84
Fot. 42 Odwadniacz firmy TEREX/FINLEY typ 200E (źródło: www.finlayhydrascreens.com/en).....	91
Fot. 43 Odwadniacz Trydent XII produkcji firmy Powerscreen (źródło: www.powerstone.pl/s/przesiewacze-na-mokro)	92
Fot. 44 Odwadniacz firmy Metso (źródło: www.metso.com)	93
Fot. 45 Odwadniacz kołowy firmy Metso (źródło: www.metso.com)	94

Fot. 46 Odwaniacz kołowy firmy ProSand (źródło: www.refulery.eu/)	95
Fot. 47 Odwadniacz Fines Master 120 (źródło: Z. Schmidt 19.10. 2010) ...	96
Fot. 48 Skarpa złoża piasków i żwirów z dużą zawartością gliny (źródło: Z. Schmidt 02.12.2011)	98
Fot 49 Skarpa złoża piasków i żwirów z dużą ilością części organicznych (źródło: A. Witt 25.08.2010)	98
Fot. 50 Czerpak koparki wypełnionej zaglinionym piaskiem i żwirem (źródło: Z. Schmidt 02.12.2011)	98
Fot. 51 Czerpak koparki wypełnionej piaskiem i żwirem z małą zawartością cząstek gliniastych (źródło: A. Witt 25.08.2010)	98
Fot. 52 Przesiewanie na pogłębiarce piasku i żwiru zaglinionego (źródło: Z. Schmidt 02.12.2011)	99
Fot. 53 Przesiewanie na pogłębiarce piasku i żwiru z małą zawartością gliny (źródło: A. Witt 25.08.2010)	99
Fot. 54 Zanieczyszczenia gliniaste oddzielone od produktów gotowych z zakładzie przeróbczym (źródło: A. Witt 02.12.2011)	100
Fot. 55 Zanieczyszczenia gliniaste z widocznymi dużymi ziarnami żwirów (źródło: A. Witt 02.12.2011)	100
Fot. 56 Płuczka bębnowa firmy Metso (źródło: www.metso.com/)	102
Fot. 57 Rozmieszczenie łopat w płuczce mieczowej firmy Metso (źródło www.metso.com)	105
Fot. 58 Dwuwalowa płuczka mieczowa firmy MAB do płukania zanieczyszczonych żwirów i piasków (źródło: www.metso.com)	106
Fot. 59 Oczyszczarka nożowa firmy ProSand (źródło: www.refulery.eu).	108
Fot. 60 Płuczka wysokociśnieniowa firmy Haver&Boecker (źródło prospekt producenta)	109
Fot. 61 Mobilny układ przesiewający i płuczający firmy CDE (źródło: www.cdeglobal.com/)	113
Fot. 62 Zrzut wody z zakładu przeróbczego piasków i żwirów (źródło: A. Witt 02.12.2011)	114
Fot. 63 Zrzut pulpy z zakładu przeróbczego na tzw. plażę zlokalizowaną na brzegu zbiornika wodnego (źródło: Z. Schmidt 08.08.2012)	114
Fot. 64 Zbiorniki sedymentacyjne w kopalni piasków i żwirów (źródło: A. Witt 18.09.2008)	116
Fot. 65 Klarownik lamelowy firmy Metso (źródło: www.metso.com)	117
Fot. 66 Kruszarka HP 300 na konstrukcji nośnej (źródło: A. Witt 04.06.2008)	119
Fot. 67 Kosz zasypowy z rusztem (źródło: internet)	123
Fot. 68 Zasobniki międzyoperacyjne (źródło: A. Witt 04.06.2012)	124
Fot. 69 Pływająca koparka łańcuchowa pracująca na zbiorniku wodnym (źródło: A. Witt 01.06.2012)	129
Fot.70 Pchacz z barką załadowaną urobkiem (źródło: Z. Schmidt 08.01.2013)	129

Fot. 71 Punkt przeładunkowy z szaland na przenośniki taśmowe (źródło: A. Witt 01.06.2012).....	130
Fot. 72 Punkt przeładunkowy urobku usytuowany w zbiorniku wodnym (źródło: A. Witt 27.12.2012).....	131
Fot. 73 Rurociąg transportujący urobek od koparki ssącej na ląd oraz pływak, do których jest przymocowany (źródło: A. Witt 09.05.2012).....	134
Fot.74 Przenośnik zakręzny irlandzkiej firmy EDGE (źródło: www.bh-ruda.pl/edge/edge.....	136
Fot.75 Przenośnik przejezdny firmy Telestack (źródło: A. Witt 10.10.2008)	137
Fot.76 Składowanie produktów handlowych przenośnikami z estakady (źródło: A. Witt 01.06.2012)	138
Fot. 77 Terenowe zasobniki produktów handlowych formowane przenośnikami taśmowymi (źródło: Z. Schmidt 01.06.2012)	138
Fot. 78 Składowanie i dystrybucja produktów handlowych (źródło: A. Witt 06.11.2008)	139
Fot. 79 Załadownia produktów handlowych na wagony (źródło: A. Witt 07.10.2007)	139
Fot. 80 Tunel pod zasobnikiem produktów handlowych (źródło: A. Witt 07.2008)	140
Fot. 81 Załadownia produktów handlowych na barki (źródło Z. Schmidt, 01.10.2012)	141
Fot. 82 Pomiar georadarem na przedpolu zabierki urabianej przez koparkę KS 160 (źródło: A. Witt 20.07.2011).....	143
Fot. 83 Antena georadaru zainstalowana na pływakach typu Katamaran (źródło: A. Szykiewicz 2010).....	149
Fot. 84 Antena fotoradaru zainstalowana na materacach (źródło: A. Szykiewicz 2010)	150
Fot. 85 Komputer rejestrujący sygnały georadaru na łodzi (źródło: A. Szykiewicz 2010)	150
Fot. 86 Widok hydrokorektora membranowego podczas prób. Wariant I (źródło: Z. Schmidt 2007)	155
Fot. 87 Widok hydrokorektora membranowego Wariant II (źródło: Z. Schmidt 2007)	156
Fot. 88 Przesiewacz ze skrzynią dekompresyjną przyjmującą zawieszinę z koparki ssącej. Wariant II (źródło: Z. Schmidt 2007)	156
Fot. 89 Hydrotransport grawitacyjny od przesiewaczy. Wariant III (źródło: Z. Schmidt 2007).....	157
Fot. 90 Burzliwe przelewy z obu odwadniaczy - ucieczka piasków do osadnika Wariant III (źródło: Z. Schmidt 2007)	157
Fot. 91 Hydrokorektor membranowy (źródło Z. Schmidt 2007)	158
Fot. 92 Hydrokorektor lamelowy (SHL) podczas prób. Wariant I (źródło: Z. Schmidt 07.2012)	159

Fot. 93 Zasobnik żwiru frakcji 2 - 8 mm – widok na czoło (źródło: Z. Schmidt 01.10.2012)	160
Fot. 94 Zasobnik żwiru frakcji 2 - 8 mm – widok boczny (źródło: Z. Schmidt 01.10.2012)	160
Fot. 95 Rozkład ziaren żwiru frakcji 2 - 8 mm w rzucie ukośnym z przenośnika (źródło: Z. Schmidt 01.10.2012)	161
Fot. 96 Rozkład ziaren żwiru frakcji 8 - 16 mm w rzucie ukośnym z przenośnika (źródło: Z. Schmidt 01.10.2012)	161



**INNOWACYJNA
GOSPODARKA**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, 2007-2013

KONSORCJUM REALIZUJĄCE PROJEKT
„Strategie i scenariusze technologiczne zagospodarowania i wykorzystania
złóż surowców skalnych”:



KOORDYNATOR PROJEKTU:

POLTEGOR-INSTYTUT
INSTYTUT GÓRNICICTWA ODKRYWKOWEGO



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
W KRAKOWIE



INSTYTUT GOSPODARKI SUROWCAMI
MINERALNYMI I ENERGIĄ PAN W KRAKOWIE



PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY
W WARSZAWIE – ODDZIAŁ DOLNOŚLĄSKI



Politechnika
Wrocławska

POLITECHNIKA WROCLAWSKA



UNIWERSYTET WROCLAWSKI

ISBN 978-83-60905-77-7