



**Wykorzystanie konopi włóknistych
w rolniczej rekultywacji terenów
pokopalnianych**

**The use of fibrous hemp in the
agricultural remediation of post-
mining sites**

LIFE11 ENV/PL/445

Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu wspólnie ze Spółdzielnią Kótek Rolniczych w Kazimierzu Biskupim w latach 2012-2018 realizował projekt dotyczący rekultywacji terenów po kopalni odkrywkowej węgla brunatnego.

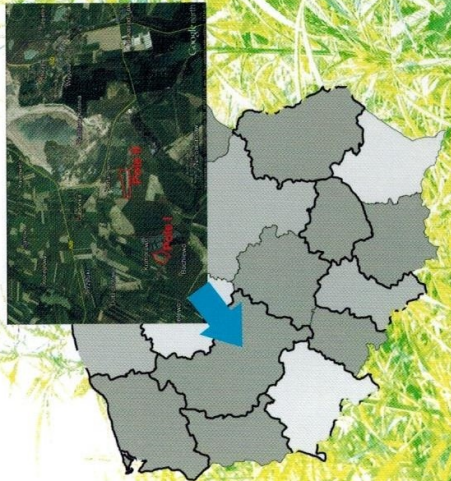
Projekt dofinansowany był przez **Komisję Europejską** w ramach instrumentu finansowego **Life+** oraz współfinansowany ze **środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej**.

Miejscem realizacji projektu były tereny **pogórnicze Kopalni Węgla Brunatnego "Kopin"** w miejscowości **Kazimierz Biskupi, województwo wielkopolskie**. Rekultywacja prowadzona była na obszarze 25 ha (z podziałem na dwa pola).

W Polsce węgiel brunatny wydobywa się metodą odkrywkową, po osuszeniu usuwa się ziemię wraz z szatą roślinną i glebą. Tworzy się odkrywkę o głębokości nawet 50 metrów.

Po wyzerpaniu złoża odkrywkę zasypuje się materiałem z nakładu. Gleba z terenów pogórniczych narazona jest na szereg procesów prowadzących do jej degradacji.

Obejmują one m.in. procesy erozji, spadku zawartości materii organicznej, zamieszczenia i zniszczenia warstwy uprawnej oraz degradację hydrologiczną.



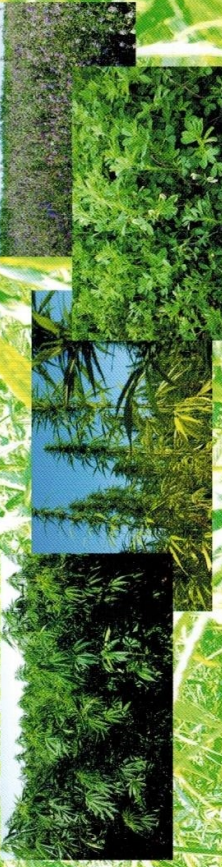
W projekcie założono rekultywację gruntów poprzez uprawę w płodozmianie dwóch roślin tj. **konopi włóknistych** dających dużą masę słomy oraz **lucernej stewnej** posiadającej w symbiozie z bakteriami brodawkowymi zdolność wiązania wolnego azotu. Całość wytworzonej masy organicznej trafiła do gleby poprzez skoszenie i przyoranie.

Połączenie w płodozmianie uprawy konopi wytwarzającej dużo masy lignocelulozowej o przeważającym składzie celulozy zawierającej węgiel, fenol i wodór z uprawą lucerny bogatej w zawartość azotu oraz pozostawienie wytworzonej substancji organicznej jako nawozu zielonego, stwarza w glebie swoisty **kompozyt biologiczny** ułatwiający stosunkowo szybkie tworzenie próchnicy, co było jednym z głównych celów projektu.

Konopie włókniste są jedną z najstarszych roślin uprawnych. Charakteryzują się wyjątkowo dużą plastycznością biologiczną. Rosną w różnych warunkach geograficzno-klimatycznych. Jest to roślina jednoroczna wydająca wysoki plon suchej masy wynoszący ok 10 – 12 ton/ha. Konopie posiadają silny system korzeniowy typu palowego, wrastający w glebę prostopadle do głębokości 1,0 – 1,5 m, szczególnie na glebach mineralnych. Tak silny system korzeniowy powoduje po jego obumarciu wytworzenie kanałów pionowych w zbitej warstwie ilów i glin.

Lodygi charakteryzują się dużą wysokością dochodzącą do 3 – 4 metrów. Tworzą kształt rury z rdzeniem powietrznym w środku. Aby tak wysokie lodygi nie łamały się, natura wyposażyła konopie w zdolność wytwarzania długich mocnych włókien celulozowych tworzących w roślinie sztywną konstrukcję. Długie włókna otoczone hemicelulozą i ligninami nadają trwałą kształt komórkom roślinnym. Dodatkowo struktury te są sklejone pektynami. Zawartość celulozy i substancji celulozopodobnych w suchej masie lodyg konopi wynosi 70-75%.

Prowadzone badania wykazały, że 1 ha konopi w czasie wegetacji wiąże ok. 2,5 tony CO₂ z atmosfery. Dodatkowo konopie włókniste ekstralnują duże ilości Cu, Zn, Pb i Cd i nie reagują ujemnie na nadmierne stężenie metali w glebie.



Lucерна stевна jest rośliną wieloletnią dającą wysokie plony. Wytwarza głęboki system korzeniowy i dlatego sprawdza się na stanowiskach suchszych pochodzenia gliniasto-łilastego. Ważną cechą lucerny, jako rośliny motylkowej, jest jej zdolność do symbiozy z bakteriami brodawkowymi z rodzaju **Rhizobium** posiadającymi zdolność wiązania azotu cząsteczkowego. Związany azot służy roślinie do syntezy białek. Oprócz tego znaczne ilości związków azotowych przedostają się do gleby i służą jako źródło azotu innym roślinom rosnącym równocześnie lub też po nich w płodozmianie.

Prowadzone prace rekultywacyjne

Prowadzone prace mają charakter agrotechniczny i polegają na przygotowywaniu terenów rekultywowanych pod zasiew wytypowanych roślin, wysianiu i pielęgnacji konopi włóknistych i lucerny oraz zbiorze i przyoraniu otrzymanej biomasy.

Do głównych zabiegów agrotechnicznych prowadzonych w projekcie należą: telerowanie pola, orka głęboka, uprawki osuszające i przedsiwne, nawożenie, siew, koszenie, opryski preparatami przyspieszającymi humifikację i przyorwanie biomasy.

Co roku po okresie zimowym na rekultywowanych polach pojawiały się kamienie, które były usuwane. Problem zakamienienia terenów pokopalnych jest bardzo duży. Kamienie na polu utrudniają a w skrajnych przypadkach uniemożliwiają prowadzenie prac polowych. Zaobserwowano, że problem zakamienienia pól rekultywowanych co roku był mniejszy.

Oprócz kamieni dużym problemem są zastoiska wodne, które pojawiają się po opadach deszczu. Problem ten występował z uwagi na nie przepuszczalność wodną zbitą warstwę gleby. Duża ilość stojącej wody wpływała negatywnie na rozwój roślin zarówno w okresie kiełkowania jak i w późniejszym wzroście. Prowadzona rekultywacja zwiększyła przepuszczalność wodną gleby przez co w piątym roku prowadzonych prac wyraźnie zmniejszyła się liczba powstających zastoisk wodnych.

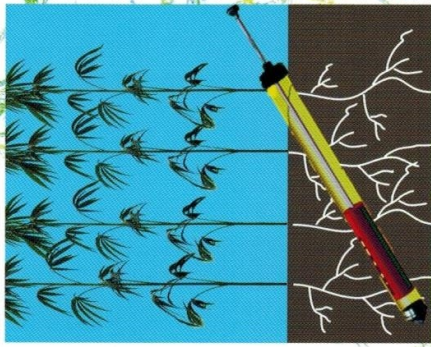
W celu przygotowania gruntów pod zasiew co roku w kwietniu wykonywano telerowanie, orkę oraz uprawki osuszające i przedsiwne. W pierwszym roku projektu wykonano wapnowanie pola. Co roku wysiewano nawozy stosując dawki: nawożenie azotem (N) pod konopie 100 kg N/ha (2,7 tony mocznika 46%), pod lucernę 50 kg N/ha (1,36 tony mocznika 46%), nawożenie fosforem P₂O₅ – takie samo pod konopie i lucernę w ilości 150 kg P₂O₅/ha (18 ton polifoski 6:20:30 NPK), nawożenie potasem K₂O takie samo pod konopie jak i lucernę w ilości 215 kg K₂O/ha (18 ton polifoski 6:20:30 NPK).

Na tak przygotowanym stanowisku wysiewano nasiona konopi odmiany Białobrzeskie w ilości 40 kg nasion na ha oraz lucernę i ilości ok 15 kg/ha. Konopie wysiewano corocznie co trzy lata. Celem wyrownienia powierzchni oraz skruszenia skorupy glebowej pod lucerną prowadzono walcowanie pola. Pokos lucerny odbywał się dwukrotnie.

W miesiącach wrzesień, październik prowadzono prace związane z koszeniem konopi. Konopie koszone były kosiarką podczepianą do ciągnika, wyposażoną w trzy kosy, które przecinały fodygę konopiów trzech miejscach. Takie cięcie ułatwiało późniejsze przyoranie otrzymanej biomasy.

Ostatnim wykonywanym w listopadzie zabiegiem agrotechnicznym była orka celem przyorania ściętej biomasy na głębokość ok 30 cm.

Obserwacja rozwoju systemu korzeniowego konopi włóknistych uprawianych na terenach rekultywowanych



Obserwacja rozwoju systemu korzeniowego prowadzona była metodą in-situ przy użyciu urządzenia do obrazowania korzeni.

Otrzymane dane przetwarzane były przy pomocy systemu do analizy obrazu. Zastosowane urządzenie umożliwiała obserwację i analizę wzrostu korzeni w glebie.

Korzenie konopi włóknistych uprawianych na terenach rekultywowanych przerosły na głębokość ponad 100 cm w dużym stopniu rozrastając się w wierzchniej warstwie.

Konopie posiadające system korzeniowy typu palowego, na terenach **typowo rolniczych** wzrastają w głąb w „mniejszym stopniu”, rozrastając się. Na terenach **pokopalnych** z uwagi na zbitą warstwę korzenie tworzą większą masę w wierzchniej warstwie, przewietrzając i pulchniając rekultywowaną glebę.

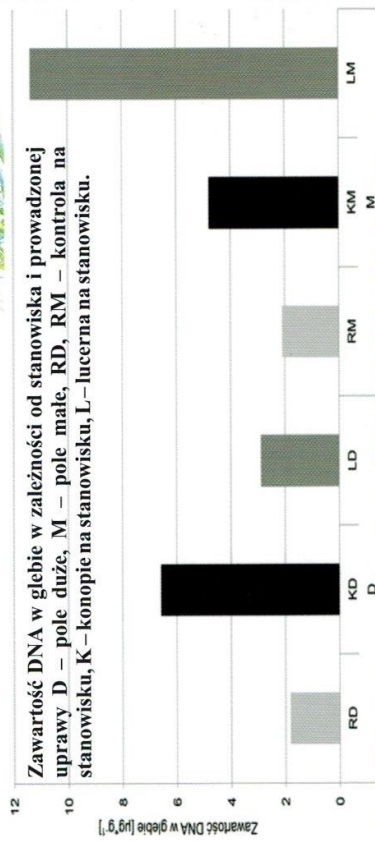


72 dni po siewie

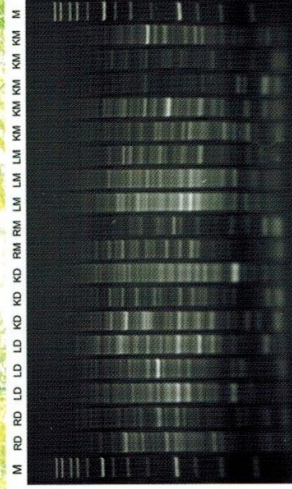
121 dni po siewie

135 dni po siewie

Badanie zawartości mikroorganizmów glebowych na terenach rekultywacyjnych - oznaczenie DNA



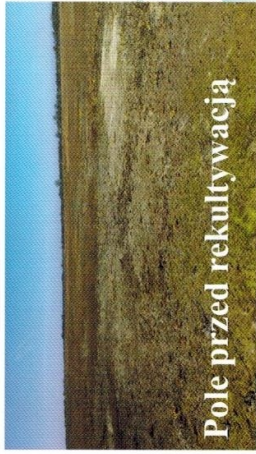
Zawartość DNA w glebie w zależności od stanowiska i prowadzonej uprawy. D – pole duże, M – pole małe, RD, RM – kontrola na stanowisku, K – konopie na stanowisku, L – lucerna na stanowisku.



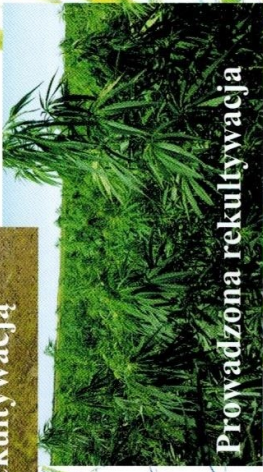
Analiza REP-PCR z wykorzystaniem DNA izolowanego z gleby z badanych stanowisk. M – wzorzec ciężarów cząsteczkowych, RD – kontrola na stanowisku, D, LD – lucerna na stanowisku, K – konopie na stanowisku, M, LM – kontrola na stanowisku, K – konopie na stanowisku, L – lucerna na stanowisku, M, KM – kontrola na stanowisku, M.

Na obu rekultywacyjnych stanowiskach zawartość DNA w próbach kontrolnych była bardzo niska (ok. 2 µg w gramie gleby). Na polu dużym na obiektach z uprawą konopi zawartość DNA była ponad trzykrotnie wyższa niż na kontroli, ale również ponad dwukrotnie wyższa niż na obiektach z lucerną.

Nieco inną sytuację obserwowano na polu małym. Wyższą zawartość DNA można powiązać w tym przypadku z powszechnie znanym stymulującym wpływem roślin motylkowych na pewne grupy bakterii glebowych, zwłaszcza *Rhizobium* i *Bradyrhizobium*. Na tym stanowisku z obiektów na których uprawiano konopie uzyskano dwukrotnie mniej DNA z gleby niż na obiektach z lucerną, ale dwukrotnie więcej niż na obiektach ugorowanych, stanowiących kontrolę.

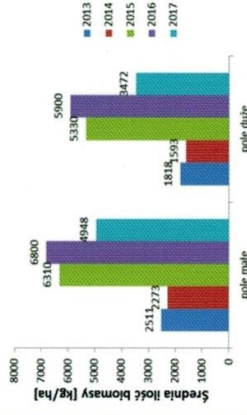


Pole przed rekultywacją

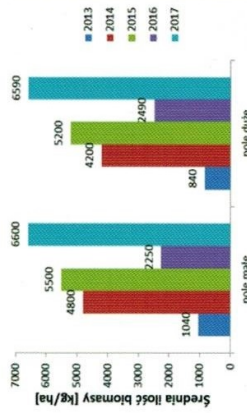


Przewadzona rekultywacja

Srednia ilość biomasy konopi pozyskana z terenów rekultywowanych



Srednia ilość biomasy lucerny pozyskana z terenów rekultywowanych



Rok 2017 z uwagi na dużą ilość opadów był niekorzystny w punktu widzenia agrotechnicznego. Warstwa rekultywowana była bardzo podmokła. Częste opady w dużym stopniu doprowadziły do zaduszenia uprawianych konopi. Konopie w wielu miejscach były zaschnięte z powodu braku flenu w warstwie gleby, który wypierany był przez wodę.

W 2016 roku zgodnie z założeniami w projekcie dokonano zmiany pol, na stanowisku po konopiach wysiano lucernę a na stanowisku po lucernie konopie. Lucerna jest rośliną wieloletnią, w 2016 roku uzyskana biomasa tej rośliny była dużo niższa, ponieważ był to pierwszy rok uprawy po zmianowaniu.

Poziom próchnicy w glebie [%]

Pole	2013 rok (przed rekultywacją)	2014 rok	2015 rok	2016 rok	2017 rok	2018 rok
pole	1,51	2,16	2,20	3,20	2,41	3,44
pole małe	1,49	1,77	1,20	1,20	2,93	1,60

Obserwacje populacji ptaków bytujących na terenach rekultywowanych

Obserwacje populacji ptaków prowadzono na pięciu powierzchniach badawczych położonych na terenach byłych odkrywek górniczych poddanych rekultywacji technicznej, w sąsiedztwie czterech miejscowości: Stefanowo, Komorowo, Kleczew i Ziołków (na terenie nie istniejącej już wsi Alinowo). Dwie z powierzchni badawczych to pola doświadczalne projektu.

Wybrane gatunki zaobserwowanych ptaków:

Skowronek (*Aluda arvensis*)



Pliszka żółta (*Motacilla flava*)



Sieweczka rzeczna (*Charadrius dubius*)



Gąsiorek (*Lanius collurio*)



Białorzutka (*Oenanthe oenanthe*)



Osoby do kontaktu:



dr inż. Jacek Kolodziej
Koordynator rozpowszechniania wyników
Badanie Systemów Korzeniowego Rodzin
wyzyskowych w rezydencjach
e-mail: jacek.kolodziej@iwnirz.pl

dr hab. inż. Jerzy Mańkowski, prof. IWNIRZ
Kierownik Projektu
e-mail: jerzy.mankowski@iwnirz.pl

Zastępca Kierownika do spraw rekultywacji i technologii
e-mail: akutenkon@wp.pl



mgr Irena Piñewska
Koordynator rozpowszechniania wyników
e-mail: irena.pinewska@iwnirz.pl



dr inż. Andrzej Kubański
Zastępca Kierownika do spraw rekultywacji i technologii
e-mail: akutenkon@wp.pl



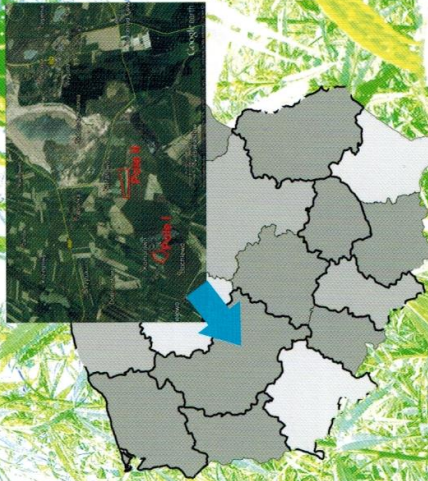
dr inż. Przemysław Barański
Asystent Kierownika
Badanie populacji ptaków w rezydencjach wyzyskowych
e-mail: przemyslaw.baraniecki@iwnirz.pl

The Institute of Natural Fibres and Medicinal Plants in Poznań, together with the Farmers' Cooperative in Kazimierz Biskupi carried out a project concerning the agricultural remediation of lignite open-cast mine areas in 2012-2018.

The project was co-financed by the European Commission under the Life+ financial instrument and co-financed by the National Fund for Environmental Protection and Water Management.

The project was located in the post-mining areas of the Lignite Mine "Komin" in Kazimierz Biskupi, wielkopolskie district. Remediation was carried out in the area of 25 ha (divided into two fields).

In Poland, lignite is extracted using the open-cast method. Having dried the area, the soil is removed along with vegetation. An outcrop is created with a depth of up to 50 meters. A layer depleting the deposit, the outcrop is covered with an overburden material taken from a new outcrop. Soil from post-mining areas is exposed to a number of processes leading to its degradation. They include processes such as erosion, organic matter decline, contamination and damage of arable layer, and hydrological degradation.

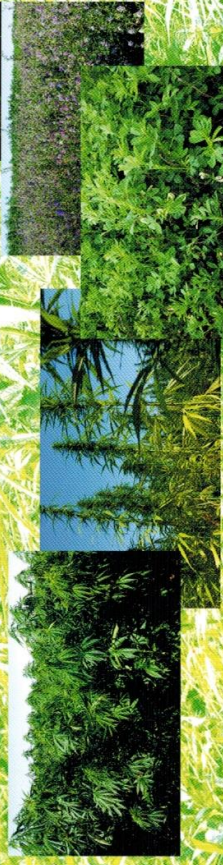


The combined cultivation of hemp producing a lot of lignocellulosic biomass with high content of cellulose composed of carbon, oxygen and hydrogen with the cultivation of alfalfa rich in nitrogen and leaving the organic matter as a green manure creates a specific biological composite in the soil that facilitates the relatively fast formation of humus, which was one of the main objectives of the project.

Hemp is one of the oldest cultivated plants. It is characterized by an extremely high biological plasticity. It grows in various geographical and climatic conditions. It is an annual plant that produces a high dry matter yield of about 10 - 12 tons/ha. Hemp has a strong tap root system, growing into the soil perpendicularly to the depth of 1.0 - 1.5 m, especially on mineral soils. Such a strong root system creates, after senescence of the plant, the formation of vertical channels in a compact layer of loam and clay.

The hemp stems grow up to 3 - 4 meters high. They have a shape of the tube with the pith channel in the middle. For such high stems not to break, nature has provided hemp with the ability to produce long, strong cellulose fibres that form a rigid structure in the plant. Long fibres surrounded by hemicellulose and lignin give durable shape to plant cells. In addition, these structures are glued with pectins. The content of cellulose and cellulose-like substances in the dry mass of cannabis stems is 70-75%.

Research has shown that 1 ha of hemp binds around 2.5 tonnes of CO₂ from the atmosphere during the growing season. In addition, fibre hemp extracts large amounts of Cu, Zn, Pb and Cd and does not react negatively to excessive concentrations of metals in the soil.



Alfalfa is a perennial plant giving high yields. It produces a deep root system and therefore works well in dry, clay-loam soils. An important feature of alfalfa, as a legume plant, is its ability to symbiosis with Rhizobium bacteria able to fix molecular nitrogen from the atmosphere. Bound nitrogen serves the plant for the synthesis of proteins. In addition, significant amounts of nitrogen compounds enter the soil and serve as a source of nitrogen for other plants growing simultaneously or after in crop rotation.

Remediation activities

The field work carried out cover preparation of remediated field for sowing of selected plants, sowing and care for fibre hemp and alfalfa as well as harvesting and ploughing of obtained biomass. The main agronomic activities carried out in the project include: disk harrowing, deep ploughing, soil drying and pre-sowing tillage, fertilization, sowing, mowing, spraying with preparations that accelerate humification and ploughing of biomass.

Every year, after the winter period, stones were removed from the reclaimed fields. The problem of the high stoniness on post-mining sites is very large. Stones in the field make the field work difficult and in extreme cases make it impossible. It was observed that the stoniness problem of remediated fields was smaller every year.

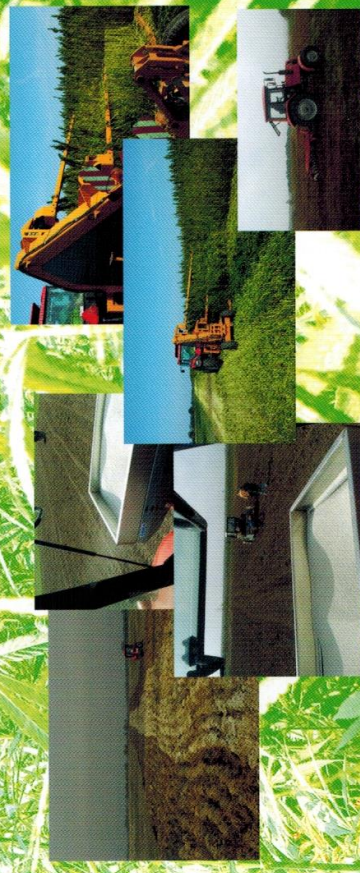
In addition to stones, the big problem is stagnating water, after rainfalls. This problem occurred due to the poor water permeability of the compact soil layer. A large amount of stagnant water adversely affected plant development during both germination and later growth. The conducted remediation increased the water permeability of the soil, which in the fifth year of the remediation carried out significantly reduced the amount of stagnant water.

In order to prepare the land for sowing every year in April, disc mowing, ploughing as well as drying and pre-sowing soil treatment was performed. In the first year of the project, field liming was carried out. Every year fertilizers were applied using the following doses: nitrogen fertilization (N) for hemp 100 kg N/ha (2.7 tons of urea 46%), alfalfa 50 kg N/ha (1.36 tons of urea 46%), fertilization with phosphorus P₂O₅ - for hemp and alfalfa in the amount of 150 kg P₂O₅/ha (18 tons of 6:20:30 NPK fertilizer), K₂O fertilization the same for hemp and alfalfa in the amount of 215 kg K₂O/ha (18 tons of 6:20:30 NPK fertilizer).

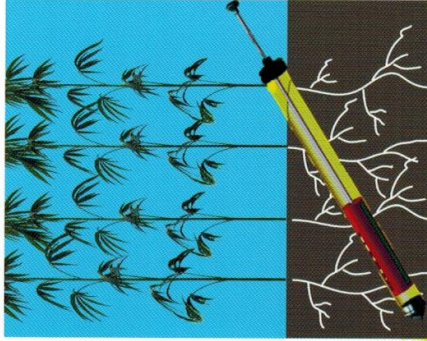
The hemp seeds of the Białobrzaskie variety were sown in the amount of 40 kg of seeds per ha and alfalfa was planted at the amount of about 15 kg/ha. The hemp was planned annually while alfalfa every three years. In order to level the surface and crush the soil crust on the alfalfa field, the rolling was carried out. The alfalfa mowing took place twice in the growing season.

In the months of September and October, work related to hemp mowing was carried out. Hemp was mowed with a mower attached to the tractor, equipped with three knives that cut the hemp stalk in three places. Such cutting facilitates later ploughing of the obtained biomass.

The last field operation performed in November was the ploughing the biomass down to a depth of about 30 cm.



Observation of the fibrous hemp root system development in reclaimed areas



Observation of the root system development was carried out using the in-situ method using a root imaging device. The obtained data was processed using the image analysis system. The device enabled the observation and analysis of root growth in the soil.

The roots of fibre hemp grown in reclaimed areas to a depth of over 100 cm, developing intensively in the top layer of the soil.

Hemp has a tap root system which in typical agricultural areas penetrates deep into the soil and develops to a "lesser extent" secondary branches. In the post-mining areas, due to the compaction of the substrate, the roots form a larger mass in the top layer, aerating and loosening the reclaimed soil.



72 after planting



121 after planting

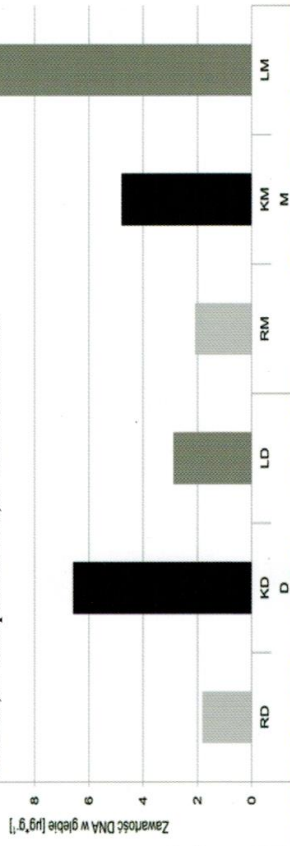


135 after planting



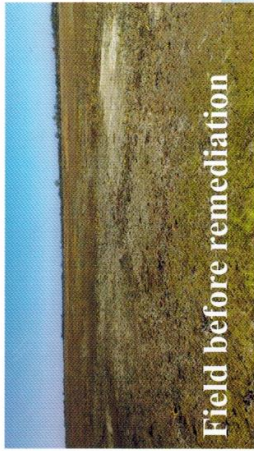
Research on the content of soil microorganisms in reclaimed areas - DNA determination

DNA content in soil depending on the position and cultivation carried out D - large field, M - small field, RD, RM - control, respectively to the field, K - hemp in the field, L - alfalfa in the field.

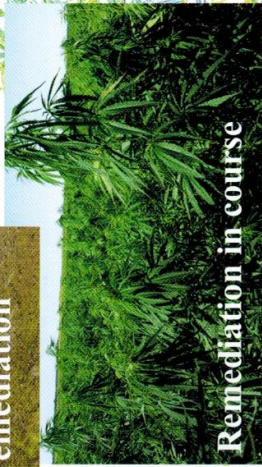


RFP-PCR analysis using DNA isolated from the soil from the researched sites. M - standard-molecular weights, RD - control in the field D, LD - alfalfa in the field D, KD - hemp in the field D, RM - control in the field M, LM - alfalfa in the field M, KM - hemp in the field M

On both remediated sites, the DNA content in control samples was very low (about 2 µg per gram of soil). In the large field under hemp, the DNA content was over three times higher than on the control, but also more than twice as high as on the objects with alfalfa. A slightly different situation was observed in the small field. Higher DNA content can be associated in this case with the well-known stimulating effect of legume plants on certain groups of soil bacteria, especially Rhizobium and Bradyrhizobium. In this field, twice less DNA was obtained from field with hemp than with alfalfa, but still twice as much as on control fallow fields.

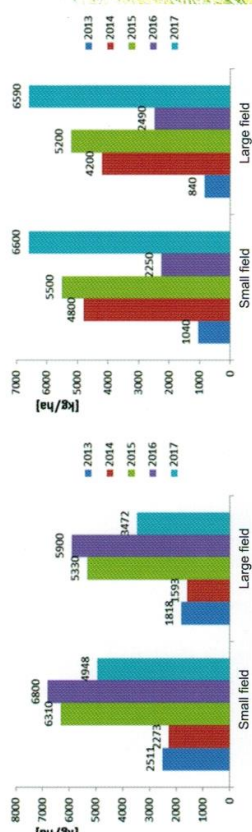


Field before remediation



Remediation in course

Average amount of hemp biomass produced on the remediated land



Year 2017 due to the large amount of rainfall was unfavourable from the agronomic point of view. The arable layer was very wet. Frequent rainfall has largely led to the suffocation of hemp. The plants in many places were dead due to the lack of oxygen which was displaced by water in the soil.

In 2016, according to the assumptions in the project, the fields were changed, the alfalfa was planted in the part of the field where previously hemp was grown, while hemp was planted in the part of the field where previously alfalfa was grown. Alfalfa is a perennial crop, in 2016 the obtained biomass yield of this plant was much lower, because it was the first year of cultivation, after changing fields.

Filed	Humus level in the soil [%]					
	2013 (before remediation)	2014	2015	2016	2017	2018
Small field	1,51	2,16	2,20	3,20	2,41	3,44
Large field	1,49	1,77	1,20	1,20	2,93	1,60

Observations of the birds population in reclaimed areas

Bird population observations were carried out on five research areas located on former mining outcrops undergoing technical remediation, in the vicinity of four towns/villages: Kleczew, Stefanowo, Komorowo and Złotków (the latter on the territory of the non-existing today village of Alinowo). Two of the research areas are the experimental fields of the project.

Selected species of observed birds:

Skylark (*Aluda arvensis*)



Yellow wagtail (*Motacilla flava*)



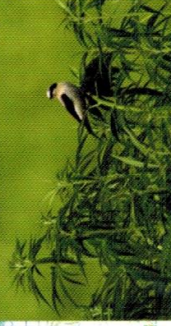
Little ringed plover (*Charadrius dubius*)



Red-backed shrike (*Lanius collurio*)



Wheatear (*Oenanthe oenanthe*)



Contact:



Dr. Jerzy Mankowski, Prof. at INP&MP
Project Manager
e-mail: jerzy.mankowski@iwnirz.pl



Dr. Andrzej Kubacki PhD
Deputy Manager for remediation and technology
e-mail: akulenkoi@wp.pl



Dr. Jacek Kolodziej PhD
Results Dissemination Co-ordinator
e-mail: jacek.kolodziej@iwnirz.pl
(investigating nature value development of plants used for remediation)



Irena Pniewska, M.Sc.
Results Dissemination Co-ordinator
e-mail: irenapniewska@iwnirz.pl



Dr. Przemyslaw Barancki PhD
Project Manager Assistant
e-mail: przemyslaw.barancki@iwnirz.pl
(investigating bird population on remediated areas)

www.ekohempkon.iwnirz.pl

Projekt realizowany z udziałem instrumentu finansowego LIFE+ Unii Europejskiej oraz dofinansowany ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

The project is sponsored by the EU LIFE+ financial instrument and co-sponsored by National Fund for Environmental Protection and Water Management

Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich jest interdyscyplinarną jednostką badawczą o znaczeniu międzynarodowym, zajmującą się kompleksowymi badaniami nad pozyskiwaniem i przerobem naturalnych surowców włóknistych oraz zielarskich.

Instytut realizuje szereg krajowych i międzynarodowych projektów badawczych; prowadzi wielokierunkową współpracę z licznymi jednostkami naukowymi na świecie; działa na potrzeby rolnictwa, ochrony środowiska, budownictwa, transportu, przemysłu spożywczego, farmacji oraz medycyny.

The Institute of Natural Fibres and Medicinal Plants is an interdisciplinary research centre with international standing, involved in complex research on obtaining and processing of fibrous and herbal raw materials.

The Institute is involved in a number of national and international research projects; cooperates multi directionally with numerous research centres worldwide; works for agriculture, environment protection, construction, transport, food and pharmaceutical



INSTYTUT WŁÓKIEN NATURALNYCH I ROŚLIN ZIELARSKICH

INSTITUTE OF NATURAL FIBRES & MEDICINAL PLANTS

ul. Wojska Polskiego 71 B 60-630 Poznań POLAND

tel. +48 61 845 58 00 fax +48 61 841 78 30

e-mail: sekretariat@iwnirz.pl www.iwnirz.pl