

13, 22

## **Sposób hydrofobizacji gruntów spoistych**

Przedmiotem wynalazku jest sposób hydrofobizacji gruntów spoistych, szczególnie piasku gliniastego, gliny, gliny piaszczystej i gliny pylastej umożliwiający wykorzystanie rodzimych gruntów spoistych w budownictwie drogowym i kubaturowym.

Podłoże gruntowe jest to grunt rodzimy lub nasypowy zalegający bezpośrednio pod warstwą nośną nawierzchni drogowej, posadzką przemysłową lub fundamentem budynku, obiektu czy maszyny. Podstawowym zadaniem podłoża gruntowego jest przenoszenie obciążeń oraz spełnianie następujących warunków:

- zapewnienie równomiernego osiadania na całej powierzchni drogi lub fundamentu,
- odpowiednia nośność dla przeniesienia obciążeń,
- odporność na szkody mrozowe (w tym niewysadzinowość, mrozoodporność),
- odprowadzenie wód powierzchniowych i gruntowych (wodoprzepuszczalność).

Bardzo często w miejscach, gdzie mają zostać wykonane obiekty budowlane lub drogowe występują grunty „słabe” lub „nienośne”. Posadowienie budynków bądź dróg na takich gruntach może generować problemy eksploatacyjne i zagrażać bezpieczeństwu użytkownika. Istnieje wiele metod polepszania parametrów podłoża gruntowego. Ich dobór i użycie zależy od rodzaju gruntu, wielkości i znaczenia inwestycji, dostępnych środków finansowych i od możliwości technicznych oraz czasu przeznaczanego na wykonanie inwestycji.

Wzmocnienie podłoża gruntowego wiąże się ze znacznym wzrostem kosztów realizacji inwestycji. W zależności od rodzaju i stanu gruntu oraz możliwości technicznych w celu wzmocnienia podłoża stosuje się zabiegi takie jak wymiana, stabilizacja, czy doziarnianie gruntu, wzmocnienie gruntu geosyntetykami, wibrowanie gruntu, a także jego konsolidację mechaniczną. W przypadku budownictwa drogowego, płytkich fundamentów budynków i posadzek przemysłowych w nieogrzewanych halach, podłoże gruntowe do głębokości przemarzania (ustalonej dla różnych regionów Polski zgodnie z normami budowlanymi) musi być

zabezpieczone przed skutkami zawilgocenia i przemarzania. Zawilgocenie może być spowodowane opadami atmosferycznymi, kapilarnym podciąganiem wody z dużych głębokości lub utrzymującym się wysokim poziomem wód gruntowych. W celu ochrony obiektów budowlanych przed szkodliwym działaniem wody stosuje się ochronę bierną polegającą na wykonywaniu osłon wodoszczelnych, izolacji przeciwwilgociowej czy hydroizolacji, oraz ochronę czynną polegającą na stosowaniu drenażu pionowego i poziomego.

Dużym zagrożeniem dla budownictwa jest występowanie do głębokości przemarzania gruntów wysadzinowych (są to grunty organiczne lub grunty zawierające więcej niż 10% cząsteczek o średnicy mniejszej niż 0,02mm). W polskich warunkach skuteczną metodą zapobiegawczą przed tworzeniem się wysadzin jest wymiana gruntu na materiały niewysadzinowe. Wymiana gruntów wiąże się ze znacznym wzrostem kosztów inwestycji, wynikających z konieczności dodatkowych robót ziemnych to jest wybrania, wywozu i utylizacji gruntu wysadzinowego, zakupu, transportu, układania i zagęszczania gruntu o pożądanym parametrach. Konieczność wymiany gruntów w znaczący sposób wydłuża również czas realizacji inwestycji.

Kolejną metodą trwałego wzmocnienia, utwardzania i zabezpieczania gruntu przed działaniem wody jest stabilizacja gruntów rodzimych lub nasypowych. W zależności od parametrów i rodzaju gruntu, warunków gruntowo – wodnych i od projektowanych obciążeń najczęściej stosowane metody stabilizacji to doziarnienie i stabilizacja za pomocą spoiw hydraulicznych – cementu, wapna hydraulicznego i popiołów lotnych.

Stabilizacja gruntów cementem polega na zmieszaniu rozdrobnionego gruntu z optymalną ilością cementu i wody. Tak uzyskaną mieszaninę zagęszcza się. Po upływie 7 i 28 dni sprawdza się parametry techniczne podłoża. Proces stabilizacji gruntu cementem może przebiegać na budowie lub w wytwórni. Bardzo dobre rezultaty uzyskuje się, gdy grunt poddany stabilizacji jest gruntem niespoistym o pełnym uziarnieniu. Tak stabilizowane grunty niespoiste uzyskują wysokie nośności, charakteryzują się dobrą zagęszczalnością i mrozoodpornością.

Stabilizacja gruntów spoistych, w tym piasku gliniastego, gliny, gliny piaszczystej i pylastej nie daje w pełni korzystnych rezultatów. Nawodniony grunt spoisty nie nadaje się do mechanicznego zagęszczania. Dodanie do gruntu spoistego środka hydrofobizacji wyraźnie poprawia jego parametry.

Obecnie na rynku dostępne są anionowe środki chemiczne do hydrofobizacji gruntu. Ich działanie nie jest w pełni satysfakcjonujące – nie zmieniają one hydrofilowej natury gruntu.

Bardzo dobre rezultaty uzyskuje się stosując kationowe środki powierzchniowo czynne, które równomiernie wnikają w struktury gruntu, zmieniając jego charakter z hydrofilowego na hydrofobowy. W wyniku działania preparatu wchłanianie i przyciąganie wody przez grunt jest ograniczone. Zmodyfikowany grunt spoisty nie pochłania wody, zachowuje spoistość, nie ulega uplastycznieniu i daje się zagęszczać mechanicznie.

Amerykański patent 5827568 opisuje modyfikującą asfaltową emulsję zawierającą kauczuk naturalny i miał gumowy z używanych opon samochodowych, które są mieszane z asfaltowym materiałem brukarskim i nakładane na powierzchnię w celu ustabilizowania gruntu.

Amerykański patent 3854968 opisuje zmodyfikowaną wiążącą mieszaninę wapna i popiołu lotnego składającą się z materiału siarkowo-wapniowego, który jest używany jako podpowierzchniowy materiał bazowy lub środek stabilizujący grunt. Najlepiej, by materiał siarkowo-wapniowy był tworzony przez dodanie roztworu kwasu siarkowego do wapna palonego w zmodyfikowanym procesie uwodnienia wapnia. Alternatywnie materiał wapniowo-siarczanowy może składać się z wapnia i osobnego związku siarki, takiego jak gips.

Amerykański patent 5336022 opisuje metodę stabilizacji gruntu gliniastego poprzez dodanie związku krzemu do gruntu i zastosowanie wapna do przyspieszenia reakcji pucolanowej w glebie.

Amerykański patent 5354787 opisuje środek stabilizujący grunt składający się z mieszaniny materiału zawierającego wapno gaszone i/lub kalcynowany dolomit, oraz z żywicy politetrafluoroetylenowej włóknistej.

Amerykański patent 5795104 opisuje materiał do stabilizacji gruntu składający się z alkalicznego szkła wodnego krzemianowego i utwardzacza. Utwardzacz składa się z szybko działającego środka utwardzającego, najlepiej estru, laktonu, laktamu, nieorganicznych lub organicznych kwasów, anhydrytu, azotanu, amidu lub chlorku kwasowego, oraz wolniej działającego utwardzacza funkcjonującego jako zwalniacz utwardzania, najlepiej by był to węglan butylenu lub mieszanka różnych karboksylanów dwualkylowych.

Amerykański patent 4276077 opisuje reagenty stosowane na grunt poprawiające jego strukturę poprzez stabilizację kruszywa. Reagenty są polimerami szczepionymi otrzymanymi z surowego lignosulfonianu oraz monomeru wybranego z grupy składającej się z cyjanku winylu, octanu winylu, octanu winylu zhydrolizowanego oraz akryloamidu w obecności środka inicjującego.

Amerykański patent 5770639 opisuje wykorzystanie stabilizatora zwiększającego odporność na wodę, jaką mają impregnaty do gruntu stworzone na bazie octanu poliwinylu i estrów alkoholu poliwinylowego z niższymi kwasami monokarboksyłowymi. Stabilizator zawiera kwasy tłuszczowe lub alkohole tłuszczowe i/lub przynajmniej częściowo nierozpuszczalne w wodzie estry, eter i/lub ich sole.

Amerykański patent 3980490 opisuje środek stabilizujący grunt składający się ze źródła wapnia, na przykład węglanu wapnia, oraz odpadowego kwasu siarkowego w roztworze wodnym.

Amerykański patent 5000789 opisuje metodę chemicznej stabilizacji gruntów spójnych, według której kwas siarkowy, olej z cytrusów oraz woda są dodawane do gruntu.

Patent kanadyjski CA 2281164 jako środek do stabilizacji gruntu poleca kationowe związki powierzchniowo czynne (chlorki amoniowe). Grunt stabilizowany tworzy się przez wymieszanie gleby i środka stabilizującego.

Polski patent 223921 opisuje stosowanie jako środka do stabilizacji gruntu mleczanów odpowiednich amidoamin.

Celem wynalazku było opracowanie ekonomicznego i skutecznego sposobu hydrofobizacji gruntów spoistych, umożliwiającego wykorzystanie rodzimych gruntów spoistych w budownictwie drogowym i kubaturowym.

Okazało się, że bardzo dobre efekty wzmocnienia podłoża gruntowego uzyskuje się przez nanoszenie popiołu lotnego a następnie zraszanie spulchnionego gruntu spoistego za pomocą dodatku funkcyjnego zawierającego glikolan diamidoaminy w ilości 0 – 100 % w stosunku do sumy masy dodatku funkcyjnego, hydroksypiwalan diamidoaminy w ilości 0 – 100 % w stosunku do sumy masy dodatku funkcyjnego i mleczan diamidoaminy w ilości 0 – 99,9 % w stosunku do masy dodatku funkcyjnego,

Sposób według wynalazku polega na tym, że warstwę gruntu spoistego o grubości od 10 cm do 100 cm rozdrabnia się, na spulchnioną warstwę nanosi się popiół lotny w ilości 0,5-30% wagowych w stosunku do masy gruntu spoistego a następnie równomiernie zrasza się wodnym roztworem dodatku funkcyjnego zawierającego glikolan diamidoaminy w ilości 0 – 100 % w stosunku do sumy masy dodatku funkcyjnego, hydroksypiwalan diamidoaminy w ilości 0 – 100 %

w stosunku do sumy masy dodatku funkcyjnego i mleczan diamidoaminy w ilości 0 – 99,9 % w stosunku do masy dodatku funkcyjnego, stosując wodny roztwór dodatku funkcyjnego o stężeniu 2 - 30% wagowych w ilości zapewniającej użycie od 0,05 do 5 % dodatku funkcyjnego, w stosunku do ilości gruntu spoistego, następnie ewentualnie grunt ponownie zrasza się wodą, tak aby użyć w sumie 2-15% wagowych wody w stosunku do masy gruntu spoistego w stanie naturalnym, całość rozdrabnia się, miesza do uzyskania jednorodnej mieszaniny i zagęszcza.

Korzystnie jest, jeżeli jako dodatek funkcyjny stosuje się mieszaninę zawierającą:

- glikolan diamidoaminy o wzorze  $[(\text{RCO NHC}_2\text{H}_4)_2\text{NH}]^+ [\text{CH}(\text{OH})\text{COO}]^-$ ,
  - hydroksypiwalan diamidoaminy o wzorze  $[(\text{RCONHC}_2\text{H}_4)_2\text{NH}]^+ [\text{C}_4\text{H}_8(\text{OH})\text{COO}]^-$ ,
  - mleczan diamidoaminy o wzorze  $[(\text{RCONHCH}_2\text{CH}_2)_2\text{NH}]^+ [\text{CH}_3 \text{CH}(\text{OH})\text{COO}]^-$ ,
- gdzie  $\text{R} = \text{C}_n\text{H}_{2n+1}$  lub  $\text{R} = \text{C}_n\text{H}_{2n-1}$ , a  $n = 9-17$ .

Korzystnie jest, jeżeli jako grunt spoisty stosuje się glinę piaszczystą.

Korzystnie jest, jeżeli jako grunt spoisty stosuje się glinę pylastą.

Korzystnie jest, jeżeli jako grunt spoisty stosuje się glinę.

Korzystnie jest, jeżeli stosuje się są popioły lotne zgodnie z normą EN 196-2, które dla czasu prażenia równego 60 minut mają następujące straty:

- Kategoria A: nie więcej niż 5,0% masy,
- Kategoria B: nie więcej niż 7,0% masy,
- Kategoria C: nie więcej niż 9,0% masy.

Wprowadzenie do gruntu spoistego popiołu lotnego w ilości 0,5-30% w stosunku do masy gruntu spoistego oraz dodatku funkcyjnego zawierającego glikolan diamidoaminy w ilości 0 – 100 % w stosunku do sumy masy dodatku funkcyjnego, hydroksypiwalan diamidoaminy w ilości 0 – 100 % w stosunku do sumy masy dodatku funkcyjnego i mleczan diamidoaminy w ilości 0 – 99,9 % w stosunku do masy dodatku funkcyjnego, w ilości od 0,05% do 5,0% wagowych w stosunku do masy gruntu spoistego poprawia następujące parametry gruntów spoistych: zwiększa nośność, zmniejsza nasiąkliwość, zapewnia mrozodporność, zapewnia niewysadzinowość, zmniejsza osiadanie gruntu.

### Przykłady

W przykładach stosuje się grunty spoiste:

- piasek gliniasty według PN-86/B-02480

Nazwa rodzaju gruntu	Symbol	Zawartość frakcji [%]		
		$f_p$	$f_{\pi}$	$f_i$
piasek gliniasty	Pg	60÷98	0÷30	2÷10

- glinę według P PN-86/B-02480

Nazwa rodzaju gruntu	Symbol	Zawartość frakcji [%]		
		$f_p$	$f_{\pi}$	$f_i$
glina	G	30÷60	30÷60	10÷20

- glinę piaszczystą według P PN-86/B-02480

Nazwa rodzaju gruntu	Symbol	Zawartość frakcji [%]		
		$f_p$	$f_{\pi}$	$f_i$
glina piaszczysta	Gp	50÷90	0÷30	10÷20

- glinę pylastą według PPN-86/B-02480

Nazwa rodzaju gruntu	Symbol	Zawartość frakcji [%]		
		$f_p$	$f_{\pi}$	$f_i$
glina pylasta	P $\pi$	0÷30	30÷90	10÷20

W przykładach stosuje się popioły lotne zgodnie z normą EN 196-2, które dla czasu prażenia równego 60 minut mają następujące straty:

- kategoria A: nie więcej niż 5,0% masy
- kategoria B: nie więcej niż 7,0% masy
- kategoria C: nie więcej niż 9,0% masy

#### Przykład 1

Warstwę piasku gliniastego o grubości 30 cm i o wilgotności 4 % rozdrabnia się rotorem. Następnie na spulchnioną warstwę nanosi się popiół lotny A w ilości 53,4 kg na 1m<sup>2</sup> powierzchni. Przygotowaną warstwę równomiernie zrasza się 5,3 kg wodnego roztworu dodatku funkcyjnego o stężeniu 10 % wagowych na 1m<sup>2</sup> powierzchni. Dodatek funkcyjny zawiera 33 % glikolanu diamidoaminy o wzorze [(RCONHC<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)<sub>2</sub>NH]<sup>+</sup> [CH(OH)COO]<sup>-</sup> gdzie R=C<sub>17</sub>H<sub>33</sub>, 33 % hydroksypivalanu diamidoaminy o wzorze [(RCONHC<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)<sub>2</sub>NH]<sup>+</sup> [C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>(OH)COO]<sup>-</sup> gdzie R= C<sub>17</sub>H<sub>33</sub> oraz 34 % mleczanu diamidoaminy o wzorze [(RCONHCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>NH]<sup>+</sup> [CH<sub>3</sub> CH(OH)COO]<sup>-</sup> gdzie R=

C<sub>17</sub>H<sub>33</sub>. Warstwę gruntu spryskuje się równomiernie wodą w ilości 32,5 kg na 1m<sup>2</sup>. Zroszoną warstwę gruntu o grubości 30 cm ponownie rozdrabnia się i miesza za pomocą rotora w celu uzyskania jednorodnej mieszanki. Mieszankę zagęszcza się ubijając zagęszczarką mechaniczną i wyrównuje.

Tabela. Wyniki dla przykładu 1.

Badane właściwości	Zmiana parametru gruntu z popiołem lotnym A i z dodatkiem funkcyjnym
nośność	Poprawa o 60%*
nasiąkliwość	Poprawa o 15%*
mrozoodporność	Poprawa o 15%*
niewysadzinowość	Poprawa o 15%*
osiadanie	Poprawa o 70%*

\* poprawa w stosunku do gruntu wyjściowego.

### Przykład 2

Warstwę gliny piaszczystej o grubości 25 cm i o wilgotności 3% rozdrabnia się rotorem. Następnie na spulchnioną warstwę równomiernie nanosi się popiół lotny w ilości 40 kg na 1m<sup>2</sup> powierzchni. Przygotowaną warstwę równomiernie zrasza się 9 kg wodnego roztworu dodatku funkcyjnego o stężeniu 8 % wagowych na 1m<sup>2</sup> powierzchni. Dodatek funkcyjny zawiera 60% glikolanu diamidoaminy o wzorze [(RCONHC<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)<sub>2</sub>NH]<sup>+</sup> [CH(OH)COO]<sup>-</sup> gdzie R=C<sub>13</sub>H<sub>27</sub>, 20% hydroksypivalanu diamidoaminy o wzorze [(RCONHC<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)<sub>2</sub>NH]<sup>+</sup> [C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>(OH)COO]<sup>-</sup> gdzie R=C<sub>17</sub>H<sub>33</sub>, oraz 20% mleczanu diamidoaminy o wzorze [(RCONHCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>NH]<sup>+</sup> [CH<sub>3</sub> CH(OH)COO]<sup>-</sup> gdzie R= C<sub>17</sub>H<sub>35</sub>. Warstwę gliny spryskuje się równomiernie wodą w ilości 27,4 kg na 1m<sup>2</sup> powierzchni. Zroszoną warstwę gruntu o grubości 25 cm ponownie rozdrabnia się i miesza za pomocą rotora w celu uzyskania jednorodnej mieszanki. Mieszankę zagęszcza się ubijając zagęszczarką mechaniczną i wyrównuje.

Tabela. Wyniki dla przykładu 2.

Badane właściwości	Zmiana parametru gruntu z popiołem lotnym B i z dodatkiem funkcyjnym
nośność	Poprawa o 59%*
nasiąkliwość	Poprawa o 15%*
mrozoodporność	Poprawa o 16%*
niewysadzinowość	Poprawa o 15%*
osiadanie	Poprawa o 68%*

\* poprawa w stosunku do gruntu wyjściowego.

Przykład 3

Warstwę gliny pylastej o grubości 20 cm i o wilgotności 5 % rozdrabnia się rotorem. Następnie na spulchnioną warstwę równomiernie nanosi się popiół lotny w ilości 28,2 kg na 1m<sup>2</sup> powierzchni. Przygotowaną warstwę równomiernie zrasza się 10,6 kg wodnego roztworu dodatku funkcyjnego o stężeniu 8 % wagowych na 1m<sup>2</sup> powierzchni. Dodatek funkcyjny zawiera 20% glikolanu diamidoaminy o wzorze  $[(RCONHC_2H_4)_2NH]^+ [CH(OH)COO]^-$  gdzie R=C<sub>15</sub>H<sub>31</sub>, 60,0% hydroksypivalanu diamidoaminy o wzorze  $[(RCONHC_2H_4)_2NH]^+ [C_4H_8(OH)COO]^-$  gdzie R=C<sub>13</sub>H<sub>27</sub> oraz 20% mleczanu diamidoaminy o wzorze  $[(RCONHCH_2CH_2)_2NH]^+ [CH_3 CH(OH)COO]^-$  gdzie R= C<sub>17</sub>H<sub>33</sub>. Warstwę gruntu spryskuje się równomiernie wodą w ilości 10,9 kg na 1m<sup>2</sup> powierzchni. Zroszoną warstwę gruntu o grubości 20 cm ponownie rozdrabnia się i miesza za pomocą rotora w celu uzyskania jednorodnej mieszaniny. Mieszaninę zagęszcza się ubijając zagęszczarką mechaniczną i wyrównuje.

Tabela. Wyniki dla przykładu 3.

Badane właściwości	Zmiana parametru gruntu z popiołem lotnym C i z dodatkiem funkcyjnym
nośność	Poprawa o 59%*
nasiąkliwość	Poprawa o 16%*
mrozoodporność	Poprawa o 16%*
niewysadzinowość	Poprawa o 17%*
osiadanie	Poprawa o 66%*

\* poprawa w stosunku do gruntu wyjściowego.

Przykład 4

Warstwę piasku gliniastego o grubości 32 cm i o wilgotności 1% rozdrabnia się rotorem. Następnie na spulchnioną warstwę równomiernie nanosi się popiół lotny w ilości 41 kg na 1m<sup>2</sup> powierzchni. Przygotowaną warstwę równomiernie zrasza się 23,4 kg wodnego roztworu dodatku funkcyjnego o stężeniu 10 % wagowych na 1m<sup>2</sup> powierzchni. Dodatek funkcyjny zawiera 20% glikolanu diamidoaminy o wzorze  $[(RCO NHC_2H_4)_2NH]^+ [CH(OH)COO]^-$  gdzie R=C<sub>11</sub>H<sub>23</sub>, 20% hydroksypivalanu diamidoaminy o wzorze  $[(RCONHC_2H_4)_2NH]^+ [C_4H_8(OH)COO]^-$  gdzie R=C<sub>15</sub>H<sub>31</sub> oraz 60% mleczanu diamidoaminy o wzorze  $[(RCONHCH_2CH_2)_2NH]^+ [CH_3 CH(OH)COO]^-$  gdzie R= C<sub>17</sub>H<sub>33</sub>. Warstwę gruntu spryskuje się równomiernie wodą w ilości 35,7 kg na 1m<sup>2</sup> powierzchni. Zroszoną warstwę gruntu o grubości 32 cm ponownie rozdrabnia się i miesza za

pomocą rotora w celu uzyskania jednorodnej mieszanki. Mieszankę zagęszcza się ubijając zagęszczarką mechaniczną i wyrównuje.

Tabela. Wyniki dla przykładu 4.

Badane właściwości	Zmiana parametru gruntu z popiołem lotnym A i z dodatkiem funkcyjnym
nośność	Poprawa o 56%*
nasiąkliwość	Poprawa o 17%*
mrozoodporność	Poprawa o 18%*
niewysadzinowość	Poprawa o 17%*
osiadanie	Poprawa o 65%*

\* poprawa w stosunku do gruntu wyjściowego.

#### Przykład 5

Warstwę gliny piaszczystej o grubości 15 cm i o wilgotności 4,0% rozdrabnia się rotorem. Następnie na spulchnioną warstwę równomiernie nanosi się popiół lotny w ilości 16 kg na 1m<sup>2</sup> powierzchni. Przygotowaną warstwę równomiernie zrasza się 13,3 kg wodnego roztworu dodatku funkcyjnego o stężeniu 6,0 % wagowych na 1m<sup>2</sup> powierzchni. Dodatek funkcyjny zawiera 74% glikolanu diamidoaminy o wzorze  $[(RCONHC_2H_4)_2NH]^+ [CH(OH)COO]^-$  gdzie R=C<sub>17</sub>H<sub>35</sub>, 25% hydroksypivalanu diamidoaminy o wzorze  $[(RCONHC_2H_4)_2NH]^+ [C_4H_8(OH)COO]^-$  gdzie R= C<sub>11</sub>H<sub>23</sub> oraz 1% mleczanu diamidoaminy o wzorze  $[(RCONHCH_2CH_2)_2NH]^+ [CH_3CH(OH)COO]^-$  gdzie R= C<sub>15</sub>H<sub>31</sub>. Warstwę gruntu spryskuje się równomiernie wodą w ilości 5,3 kg na 1m<sup>2</sup> powierzchni. Zroszoną warstwę gruntu o grubości 15 cm ponownie rozdrabnia się i miesza za pomocą rotora w celu uzyskania jednorodnej mieszanki. Mieszankę zagęszcza się ubijając zagęszczarką mechaniczną i wyrównuje.

Tabela . Wyniki dla przykładu 5.

Badane właściwości	Zmiana parametru gruntu z popiołem lotnym B i z dodatkiem funkcyjnym
nośność	Poprawa o 55%*
nasiąkliwość	Poprawa o 18%*
mrozoodporność	Poprawa o 18%*
niewysadzinowość	Poprawa o 20%*
osiadanie	Poprawa o 61%*

\* poprawa w stosunku do gruntu wyjściowego.

Przykład 6

Warstwę gliny piaszczystej o grubości 40 cm rozdrabnia się rotorem. Następnie na spulchnioną warstwę równomiernie nanosi się popiół lotny w ilości 36,3 kg na 1m<sup>2</sup> powierzchni. Przygotowaną warstwę równomiernie zrasza się 43,5 kg wodnego roztworu dodatku funkcyjnego o stężeniu 10 % wagowych na 1m<sup>2</sup> powierzchni. Dodatek funkcyjny zawiera 83% glikolanu diamidoaminy o wzorze  $[(RCONHC_2H_4)_2NH]^+ [CH(OH)COO]^-$  gdzie  $R=C_9H_{19}$ , 0,5% hydroksypivalanu diamidoaminy o wzorze  $[(RCONHC_2H_4)_2NH]^+ [C_4H_8(OH)COO]^-$  gdzie  $R= C_{17}H_{35}$ , 16,5% mleczanu diamidoaminy o wzorze  $[(RCONHCH_2CH_2)_2NH]^+ [CH_3 CH(OH)COO]^-$  gdzie  $R= C_{11}H_{23}$ . Warstwę gliny spryskuje się równomiernie wodą w ilości 22,5 kg na 1m<sup>2</sup>. Zroszoną warstwę gruntu o grubości 40 cm ponownie rozdrabnia się i miesza za pomocą rotora w celu uzyskania jednorodnej mieszaniny. Mieszaninę zagęszcza się ubijając zagęszczarką mechaniczną i wyrównuje.

Tabela. Wyniki dla przykładu 6.

Badane właściwości	Zmiana parametru gruntu z popiołem lotnym C i z dodatkiem funkcyjnym
nośność	Poprawa o 49%*
nasiąkliwość	Poprawa o 20%*
mrozoodporność	Poprawa o 21%*
niewysadzinowość	Poprawa o 23%*
osiadanie	Poprawa o 59%*

\* poprawa w stosunku do gruntu wyjściowego.

Przykład 7

Warstwę gliny pylastej o grubości 30 cm i o wilgotności 2% rozdrabnia się rotorem. Następnie na spulchnioną warstwę równomiernie nanosi się popiół lotny w ilości 21,8 kg na 1m<sup>2</sup> powierzchni. Przygotowaną warstwę równomiernie zrasza się 38 kg wodnego roztworu dodatku funkcyjnego o stężeniu 10% wagowych na 1m<sup>2</sup> powierzchni. Dodatek funkcyjny zawiera 1,3% glikolanu diamidoaminy o wzorze  $[(RCONHC_2H_4)_2NH]^+ [CH(OH)COO]^-$  gdzie  $R=C_{17}H_{35}$ , 96% hydroksypivalanu diamidoaminy o wzorze  $[(RCONHC_2H_4)_2NH]^+ [C_4H_8(OH)COO]^-$  gdzie  $R= C_9H_{19}$  oraz 2,7% mleczanu diamidoaminy o wzorze  $[(RCONHCH_2CH_2)_2NH]^+ [CH_3 CH(OH)COO]^-$  gdzie  $R= C_{17}H_{35}$ . Warstwę gliny spryskuje się równomiernie wodą w ilości 11,4 kg na 1m<sup>2</sup> powierzchni. Zroszoną warstwę gruntu o grubości 30 cm ponownie rozdrabnia się i miesza za pomocą rotora w celu

uzyskania jednorodnej mieszanki. Mieszankę zagęszcza się ubijając zagęszczarką mechaniczną i wyrównuje.

Tabela . Wyniki dla przykładu 7.

Badane właściwości	Zmiana parametru gruntu z popiołem lotnym A i z dodatkiem funkcyjnym
nośność	Poprawa o 45%*
nasiąkliwość	Poprawa o 21%*
mrozoodporność	Poprawa o 20%*
niewysadzinowość	Poprawa o 23%*
osiadanie	Poprawa o 58%*

\* poprawa w stosunku do gruntu wyjściowego.

#### Przykład 8

Warstwę gliny piaszczystej o grubości 30 cm i o wilgotności 1% rozdrabnia się rotorem. Następnie na spulchnioną warstwę równomiernie nanosi się popiół lotny w ilości 16,5 kg na 1m<sup>2</sup> powierzchni. Przygotowaną warstwę równomiernie zrasza się 44 kg wodnego roztworu dodatku funkcyjnego o stężeniu 10 % wagowych na 1m<sup>2</sup> powierzchni. Dodatek funkcyjny zawiera 93% glikolanu diamidoaminy o wzorze  $[(RCONHC_2H_4)_2NH]^+ [CH(OH)COO]^-$  gdzie R=C<sub>17</sub>H<sub>35</sub>, 1% hydroksypivalanu diamidoaminy o wzorze  $[(RCONHC_2H_4)_2NH]^+ [C_4H_8(OH)COO]^-$  gdzie R=C<sub>17</sub>H<sub>35</sub> oraz 6% mleczanu diamidoaminy o wzorze  $[(RCONHCH_2CH_2)_2NH]^+ [CH_3 CH(OH)COO]^-$  gdzie R= C<sub>17</sub>H<sub>35</sub>. Warstwę gliny spryskuje się równomiernie wodą w ilości 11,5 kg na 1m<sup>2</sup> powierzchni. Zroszoną warstwę gruntu o grubości 30 cm ponownie rozdrabnia się i miesza za pomocą rotora w celu uzyskania jednorodnej mieszanki. Mieszankę zagęszcza się ubijając zagęszczarką mechaniczną i wyrównuje.

Tabela. Wyniki dla przykładu 8.

Badane właściwości	Zmiana parametru gruntu z popiołem lotnym B i z dodatkiem funkcyjnym
nośność	Poprawa o 40%*
nasiąkliwość	Poprawa o 19%*
mrozoodporność	Poprawa o 23%*
niewysadzinowość	Poprawa o 22%*
osiadanie	Poprawa o 55%*

\* poprawa w stosunku do gruntu wyjściowego.

Przykład 9

Warstwę gliny o grubości 50 cm i o wilgotności 1% rozdrabnia się rotorem. Następnie na spulchnioną warstwę równomiernie nanosi się popiół lotny w ilości 18,3 kg na 1m<sup>2</sup> powierzchni. Przygotowaną warstwę równomiernie zrasza się 100 kg wodnego roztworu dodatku funkcyjnego o stężeniu 8 % wagowych na 1m<sup>2</sup> powierzchni. Dodatek funkcyjny zawiera 18% glikolanu diamidoaminy o wzorze  $[(RCONHC_2H_4)_2NH]^+ [CH(OH)COO]^-$  gdzie  $R=C_{15}H_{31}$ , oraz 78% hydroksypiwalanu diamidoaminy o wzorze  $[(RCONHC_2H_4)_2NH]^+ [C_4H_8(OH)COO]^-$  gdzie  $R=C_{15}H_{31}$  oraz 4% mleczanu diamidoaminy o wzorze  $[(RCONHCH_2CH_2)_2NH]^+ [CH_3 CH(OH)COO]^-$  gdzie  $R=C_{15}H_{31}$ . Zroszoną warstwę gruntu o grubości 50 cm rozdrabnia się i miesza za pomocą rotora w celu uzyskania jednorodnej mieszanki. Mieszankę zagęszcza się ubijając zagęszczarką mechaniczną i wyrównuje.

Tabela. Wyniki dla przykładu 9.

Badane właściwości	Zmiana parametru gruntu z popiołem lotnym C i z dodatkiem funkcyjnym
nośność	Poprawa o 39%*
nasiąkliwość	Poprawa o 23%*
mrozoodporność	Poprawa o 24%*
niewysadzinowość	Poprawa o 20%*
osiadanie	Poprawa o 51%*

\* poprawa w stosunku do gruntu wyjściowego.

Przykład 10

Warstwę gliny pylastej o grubości 22 cm i o wilgotności 1% rozdrabnia się rotorem. Następnie na spulchnioną warstwę równomiernie nanosi się popiół lotny w ilości 4 kg na 1m<sup>2</sup> powierzchni. Przygotowaną warstwę równomiernie zrasza się 40,3 kg wodnego roztworu dodatku funkcyjnego o stężeniu 10% wagowych na 1m<sup>2</sup> powierzchni. Dodatek funkcyjny zawiera 3,5% glikolanu diamidoaminy o wzorze  $[(RCONHC_2H_4)_2NH]^+ [CH(OH)COO]^-$  gdzie  $R=C_{15}H_{31}$ , 3,5% hydroksypiwalanu diamidoaminy o wzorze  $[(RCONHC_2H_4)_2NH]^+ [C_4H_8(OH)COO]^-$  gdzie  $R=C_{17}H_{33}$  oraz 93% mleczanu diamidoaminy o wzorze  $[(RCONHCH_2CH_2)_2NH]^+ [CH_3 CH(OH)COO]^-$  gdzie  $R=C_{17}H_{33}$ . Warstwę gliny spryskuje się równomiernie wodą w ilości 4 kg na 1m<sup>2</sup> powierzchni. Zroszoną warstwę gruntu o grubości 22 cm ponownie rozdrabnia się i miesza za pomocą rotora w celu uzyskania jednorodnej mieszanki. Mieszankę zagęszcza się ubijając zagęszczarką mechaniczną i wyrównuje.

Tabela. Wyniki dla przykładu 10.

Badane właściwości	Zmiana parametru gruntu z popiołem lotnym A i z dodatkiem funkcyjnym
nośność	Poprawa o 35%*
nasiąkliwość	Poprawa o 25%*
mrozoodporność	Poprawa o 23%*
niewysadzinowość	Poprawa o 19%*
osiadanie	Poprawa o 40%*

\* poprawa w stosunku do gruntu wyjściowego.

RZECZNIK PATENTOWY  
mgr inż. RENATA FISZER