

MAGDALENA CZARNA*

PRZEGLĄD ŚRODKÓW CHEMICZNYCH STOSOWANYCH W ZIMOWYM UTRZYMANIU DRÓG W POLSCE

Streszczenie

Jednym z podstawowych działań podejmowanych w ramach zimowego utrzymania dróg jest usuwanie śniegu oraz śliskości zimowej przy wykorzystaniu materiałów uszarniających lub topników do odładzania jezdni albo obydwu metod łącznie. Najczęściej stosowanym materiałem przeciwblo-dzeniowym jest chlorek sodu, jednak jego nadmierne stosowanie powoduje uszkodzenia w nawierzchni drogowej, korozje oraz nieodwracalne zmiany w środowisku przyrodniczym. W pracy scharakteryzowano środki chemiczne, które można stosować w Polsce na drogach publicznych, ulicach oraz placach, a mianowicie: chlorek sodu (NaCl), chlorek wapnia (CaCl₂), chlorek magnezu (MgCl₂), sól drogową (97% NaCl + 2,5% CaCl₂ + 0,2% K₄Fe(CN)₆), mieszaniny chlorku sodu (NaCl) z chlorkiem wapnia (CaCl₂) oraz mieszaniny chlorku sodu (NaCl) z chlorkiem magnezu (MgCl₂).

Słowa kluczowe: środki chemiczne, zimowe utrzymanie dróg, śliskość zimowa

WSTĘP

Środki chemiczne stosowane w zimowym utrzymaniu dróg powinny szybko, skutecznie oraz trwale likwidować śliskość zimową; być nieszkodliwe dla środowiska przyrodniczego oraz nie powodować korozji i uszkodzeń materiałów tworzących nawierzchnie. W zależności od aktualnie panujących warunków atmosferycznych i związanych z nimi opadów deszczu lub śniegu można zaobserwować na nawierzchni drogowej stopniowo przyrastającą warstwę lodu lub śniegu. Zjawisko to określa się jako śliskość zimową, która może przyjąć następujące formy [Norrman 2000, Bieńka i in. 2006]:

- gołoledź – warstwa lodu o grubości ok. 1 mm powstała na skutek opadów deszczu, mżawki lub mgły roszącej, gdy temperatura nawierzchni drogowej

* studentka studiów doktoranckich na kierunku Inżynieria Środowiska, Wydział Inżynierii Łądowej i Środowiska, Uniwersytet Zielonogórski

- spada poniżej 0°C, temperatura powietrza wynosi od -6°C do +1°C a wilgotność względna powietrza wynosi ponad 85%,
- lodowica – zamrożona warstwa wody na powierzchni drogowej o grubości do kilku cm,
 - szron – para wodna ulegająca kondensacji przy ujemnej temperaturze powietrza,
 - szadź – ziarna lodu rozdzielone pęcherzykami powietrza,
 - śliskość pośniegowa – śnieg pozostały, nieusunięty podczas odśnieżania, stwarzający zagrożenie dla ludzi poruszających się po drodze:
 - śnieg luźny – śnieg niezagęszczony pod wpływem ruchu kołowego,
 - śnieg zajeżdżony – śnieg zagęszczony pod wpływem ruchu kołowego,
 - nabój śnieżny – kilku centymetrowa warstwa ubitego bądź zlodowaciałego śniegu, która przymarzała do drogi,
 - błoto pośniegowe – topniejący śnieg w wyniku działania środków chemicznych.

Utrzymanie dróg podczas sezonu zimowego polega przede wszystkim na ich odśnieżaniu przy użyciu specjalistycznego sprzętu, którego rodzaj uzależniony jest od grubości warstwy śniegu. Jeszcze kilka lat temu drogi odśnieżano dopiero po zakończeniu opadów. Obecnie ze względu na zwiększone natężenie ruchu dąży się do usuwania śniegu na bieżąco. Standardy utrzymania dróg zarządzanych przez oddziały GDDKiA określono w załączniku do zarządzenia Nr 10 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 17 lutego 2011 roku. Natomiast środki, które mogą być używane na drogach publicznych, ulicach i placach oraz warunki ich stosowania wskazano w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 27 października 2005 roku w sprawie rodzajów i warunków stosowania środków, jakie mogą być używane na drogach publicznych oraz ulicach i placach (Dz.U. z 2005 r., Nr 230, poz. 1960). W Polsce dopuszcza się stosowanie następujących środków:

- niechemiczne:
 - piasek o średnicy cząstek od 0,1 do 1 mm,
 - kruszywo naturalne lub sztuczne o uziarnieniu do 4 mm;
- chemiczne w postaci stałej:
 - chlorek sodu (NaCl),
 - chlorek magnezu (MgCl₂),
 - chlorek wapnia (CaCl₂);
- chemiczne w postaci zwilżonej:
 - chlorek sodu (NaCl),
 - chlorek magnezu (MgCl₂),
 - chlorek wapnia (CaCl₂);
- mieszanki środków niechemicznych i chemicznych.

Szczegółowe warunki stosowania środków niechemicznych oraz chemicznych w postaci stałej przedstawiono w tab. 1.

Tab. 1. Szczegółowe warunki stosowania środków niechemicznych oraz chemicznych w postaci stałej (Dz.U. z 2005 r., Nr 230, poz. 1960)

Tab.1. Detailed conditions for applying non-chemicals and chemicals in the solid form (Journal of Laws from 2005, No. 230, item 1960)

Lp.	rodzaj działalności i stan nawierzchni	temperatura [°C]	NaCl [g/m ²]	mieszaniny NaCl z CaCl ₂ (MgCl ₂) w proporcji od 4:1 do 3:1 [g/m ²]	mieszaniny NaCl z CaCl ₂ (MgCl ₂) w proporcji 2:1 [g/m ²]
1	zapobieganie powstawaniu: - oblodzenia - gołoledzi	do -2	do 15	-	-
		od -3 do -6	15 ÷ 20	-	
		od -7 do -10	20 ÷ 30	do 15	
		powyżej -10	-	15 ÷ 20	
2	zapobieganie powstawaniu śliskości pośniegowej*	do -2	do 10	-	-
		od -3 do -6	10 ÷ 15		
		od -7 do -10	15 ÷ 20	do 15	
		powyżej -10	-	15 ÷ 20	
3	likwidacja: - gołoledzi - oblodzenia - śliskości pośniegowej* - pozostałości świeżego opadu śniegu po przejściach pługów	do -2	do 20	-	-
		od -3 do -6	20 ÷ 25	-	
		od -7 do -10	25 ÷ 30	do 20	
		powyżej -10	-	20 ÷ 30	około 25

* śliskość pośniegowa oznacza śliskość zimową powstałą w wyniku zalegania przymarzniętej do nawierzchni dróg publicznych oraz ulic i placów pozostałości nieusuniętego śniegu, pokrywającego je częściowo lub całkowicie

Szczegółowe warunki stosowania środków niechemicznych oraz chemicznych w postaci zwilżonej przedstawiono w tab. 2.

Tab. 2. Szczegółowe warunki stosowania środków niechemicznych oraz chemicznych w postaci zwilżonej (Dz.U. z 2005 r., Nr 230, poz. 1960)

Tab. 2. Detailed conditions for applying non-chemicals and chemicals in the moist form (Journal of Laws from 2005, No. 230, item 1960)

Lp.	roztwór wodny		temperatura stosowania [°C]	powód stosowania					
	substancja	stężenie [%]		gołoledź		oblodzenie		zapobieganie oblodzeniu	
				dawka	warunek stosowania	dawka	warunek stosowania	dawka	warunek stosowania
1	chlorek sodu (NaCl)	25	do -6	40 ÷ 100 ml/m ²	natychmiast po wystąpieniu gołoledzi	80 ÷ 100 ml/m ²	natychmiast po wystąpieniu oblodzenia	100 ÷ 160 ml/m ²	na początku opadu śnieżnego
2	chlorek wapnia (CaCl ₂)	15	do -5						
3	chlorek wapnia (CaCl ₂)	30	do -10						
4	chlorek magnezu (MgCl ₂)	30	do -10						

Zgodnie z wytycznymi zawartymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 27 października 2005 roku w sprawie rodzajów i warunków stosowania środków, jakie mogą być używane na drogach publicznych oraz ulicach i placach (Dz. U. z 2005 r., Nr 230, poz. 1960) do usuwania oraz łagodzenia skutków śliskości zimowej w Polsce wykorzystuje się następujące materiały chemiczne:

- chlorek sodu NaCl (sól kamienna sucha),
- solanka – 20 ÷ 25% roztwór chlorku sodu NaCl lub chlorku wapnia CaCl₂,
- sól zwilżona – 30% solanki + 70% suchej soli NaCl,
- sól drogowa – 97% NaCl + 2,5% CaCl₂ + 0,2% K₄Fe(CN)₆,
- techniczny chlorek wapnia (77 ÷ 80% CaCl₂),
- chlorek magnezu MgCl₂,
- mieszaniny NaCl z CaCl₂ lub z MgCl₂ w stosunku wagowym:
 - 4:1 – 80% NaCl + 20% CaCl₂ (MgCl₂),

- 3:1 – 75% NaCl + 25% CaCl₂ (MgCl₂),
- 2:1 – 67% NaCl + 33% CaCl₂ (MgCl₂).

CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH ŚRODKÓW CHEMICZNYCH STOSOWANYCH W ZIMOWYM UTRZYMANIU DRÓG W POLSCE

Chlorek sodu NaCl spełnia wiele wymagań, które stawia się środkom stosowanym w zimowym utrzymaniu dróg – szybko i skutecznie topi lód oraz śnieg, obniżając przy tym temperaturę zamarzania roztworu wodnego, zapobiega gołoledzi, jednocześnie nie obciążając budżetu jednostek odpowiedzialnych za utrzymanie dróg w sezonie zimowym. Szerokie możliwości pozyskiwania NaCl o różnym uziarnieniu (sól kamienna, warzona, morska) i zawartości substancji chemicznych sprawiają, iż w dalszym ciągu jest to środek chętnie stosowany do zwalczania śliskości zimowej, mimo że stosowanie soli do odladzania jest postrzegane coraz częściej jako poważne źródło szkód środowiskowych i gospodarczych [Kołodziejczyk 2007, Kołodziejczyk i Cwiąkała 2009, Findlay i Kelly 2011]. Chlorek sodu wykazuje skuteczne działanie do temp. -6°C. Można go stosować w postaci stałej (sypkiej), solanki (20 ÷ 25% roztwór NaCl) oraz soli zwilżonej (30% solanki i 70% suchej soli NaCl) [Czarna i Kołodziejczyk 2012]. Sól zwilżona powoduje szybsze topnienie lodu i śniegu oraz nie jest znoszona przez wiatr. Właściwości fizyczne i chemiczne chlorku sodu zapisano zgodnie z procedurami UE w Karcie Charakterystyki Substancji Chemicznej zgodnej z Rozporządzeniem (WE) nr 1907/2006 (REACH), Załącznik II oraz z Rozporządzeniem (WE) nr 1272/2008 (CLP) – Polska.

Chlorek wapnia CaCl₂ jest związkiem nieorganicznym, otrzymywanym podczas produkcji węgla sodu metodą amoniakalną (Solvaya). Jest to związek higroskopijny, który podczas procesu egzotermicznego, jakim jest hydratacja, pochłania parę wodną, aż do momentu całkowitego rozpuszczenia się w rozpuszczalniku (woda). Procesowi hydratacji towarzyszy wydzielanie ciepła – w związku z tym wykorzystanie chlorku wapnia jako topnika gwarantuje osiągnięcie dobrych efektów w zwalczaniu śliskości zimowej. Wadą stosowania tego środka przeciwoślizgowego jest utrudnione przechowywanie oraz aplikacja – z uwagi na wysoką higroskopijność [Bach, Pawłowska i Pietrzak 2009]. Ponadto wysokie koszty zakupu – kilkakrotnie wyższe niż w przypadku chlorku sodu – powodują, że środek ten jest nadal niechętnie stosowany przez służby odpowiedzialne za zimowe utrzymanie dróg. Chlorek wapnia działa skutecznie w niskich temperaturach (do -20°C) [Turunen 1997, Bełbacz 2008]. Stosowany jest jako dodatek do soli drogowej lub w postaci mieszaniny chlorku wapnia z chlorkiem sodu [Bieńka i in. 2006]. Właściwości fizyczne i chemiczne chlorku sodu zapisano zgodnie z procedurami UE w Karcie Charakterystyki Sub-

stancji Chemicznej zgodnej z Rozporządzeniem (WE) nr 1907/2006 (REACH), Załącznik II oraz z Rozporządzeniem (WE) nr 1272/2008 (CLP) – Polska.

Chlorek magnezu ($MgCl_2$) jest środkiem przeciwołdzeniowym, pozyskiwanym ze zbiorników słonych lub na drodze reakcji chemicznej [Fortuna 1981]. Nazywany jest również „strażnikiem zamarzania”, gdyż działa skutecznie do temperatury $-15^{\circ}C$ [Forman i in. 2003]. Z uwagi na wysoką higroskopijność należy go przechowywać w szczelnych, zamkniętych opakowaniach. Chlorek magnezu stanowi alternatywę dla powszechnie stosowanego chlorku sodu, ponieważ 1 kg chlorku magnezu zastępuje średnio 10 kg NaCl. Właściwości fizyczne i chemiczne chlorku sodu zapisano zgodnie z procedurami UE w Karcie Charakterystyki Substancji Chemicznej zgodnej z Rozporządzeniem (WE) nr 1907/2006 (REACH), Załącznik II oraz z Rozporządzeniem (WE) nr 1272/2008 (CLP) – Polska.

Sól drogowa jest mieszaniną chlorku sodu (97% NaCl), chlorku wapnia (2,5% $CaCl_2$) oraz heksacyjanożelazianu potasu (0,5% $K_4Fe(CN)_6$). Dodatek heksacyjanożelazianu potasu $K_4Fe(CN)_6$ pozwala uniknąć zbrylania soli, które jest naturalnym zjawiskiem związanym z małą higroskopijnością chlorku sodu. Sól drogowa stosowana w zimowym utrzymaniu dróg powinna zawierać co najmniej 90% chlorku sodu, a maksymalnie: 8% substancji nierozpuszczalnych w wodzie, 3% wody oraz 20 mg/kg heksacyjanożelazianu potasu. W zależności od uziarnienia soli drogowej możemy wyróżnić sól drobnoziarnistą, w której przeważają ziarna o średnicy mniejszej niż 1 mm oraz sól gruboziarnistą, w której przeważają ziarna o średnicy ok. 3 mm. Dotychczasowe badania wykazują, że najbardziej optymalny skład soli drogowej to: 60 ÷ 80% ziaren o średnicy 1 ÷ 3 mm, 10 ÷ 25% ziaren o średnicy 3 ÷ 6 mm, maksymalnie 5% ziaren o średnicy mniejszej niż 0,18 mm oraz maksymalnie 5% ziaren o średnicy powyżej 6 mm [Bieńka i in. 2006]. Właściwości fizyczne i chemiczne chlorku sodu zapisano zgodnie z procedurami UE w Karcie Charakterystyki Substancji Chemicznej zgodnej z Rozporządzeniem (WE) nr 1907/2006 (REACH), Załącznik II oraz z Rozporządzeniem (WE) nr 1272/2008 (CLP) – Polska.

Skuteczność działania **mieszanin chlorku sodu (NaCl) i chlorku wapnia ($CaCl_2$)** oraz **chlorku sodu (NaCl) i chlorku magnezu ($MgCl_2$)** została potwierdzona już w 1975 roku na Międzynarodowym Kongresie Utrzymania Dróg w Salzburgu. Mieszaniny dają dobry efekt likwidacji śliskości zimowej, przede wszystkim w niskiej temperaturze (poniżej $-6^{\circ}C$). W Polsce stosuje się mieszanki o następującym stosunku wagowym:

- 4:1 – 80% NaCl i 20% $CaCl_2$ ($MgCl_2$),
- 3:1 – 75% NaCl i 25% $CaCl_2$ ($MgCl_2$),
- 2:1 – 67% NaCl i 33% $CaCl_2$ ($MgCl_2$).

Do rozpoczęcia procesu topnienia śniegu chlorek sodu potrzebuje ciepła – dostarcza je chlorek wapnia, który łatwo pochłania wilgoć z powietrza, gdyż jest związkami higroskopijnym. Zaletą stosowania mieszanin są niższe koszty w porównaniu do suchej soli. Ponadto mieszanina w proporcji 19:1 chroni NaCl przed zbrylaniem [Bieńka i in. 2006].

PODSUMOWANIE

W Polsce w zimowym utrzymaniu dróg stosuje się różne związki chemiczne, których zadaniem jest zapobieganie oraz likwidacja śliskości zimowej. Jednak poza usuwaniem śliskości środki te niekorzystnie oddziałują na środowisko przyrodnicze – rośliny, zwierzęta, glebę, wody powierzchniowe – rzeki i jeziora, wody podziemne oraz drogi i budowle. Stąd też przed jednostkami zarządzającymi zimowym utrzymaniem dróg stoi wielkie wyzwanie – wybór takiego środka chemicznego, który zapewni przejezdność dróg w każdych warunkach atmosferycznych, ale również – nie spowoduje pogorszenia stanu środowiska przyrodniczego oraz dróg.

LITERATURA

1. BACH A.; PAWŁOWSKA B.; PIETRZAK M. 2009. *Zwalczanie skutków zimy*. Zielen Miejska Nr 1 (22).
2. BĘLBACZ D. 2008. *Zimowe utrzymanie nawierzchni betonowych*. Budownictwo Technologie Architektura Nr 1 (41).
3. BIEŃKA J. 2006. *Wytyczne zimowego utrzymania dróg. Załącznik do Zarządzenia Nr 18 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 30 czerwca 2006 roku*. Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa.
4. CZARNA M.; KOŁODZIEJCZYK U. 2012. *O skuteczności środków chemicznych stosowanych w zimowym utrzymaniu dróg*. Magazyn Autostrady Nr 12.
5. FINDLAY S.; KELLY V. 2011. *Emerging indirect and long-term road salt effects on ecosystems*. Annals of the New York Academy of Sciences (1223), Issue: The Year in Ecology and Conservation Biology, New York.
6. FORMAN R. 2003. *Road Ecology: Science and Solutions*. Island Press.
7. FORTUNA E. 1981. *Zwalczanie śliskości zimowej na drogach samochodowych w Polsce*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa.
8. KOŁODZIEJCZYK U. 2007. *Wpływ chlorku sodu stosowanego w zimowym utrzymaniu dróg na kapilarność gruntów*. Geologos Nr 11.

9. KOŁODZIEJCZYK U.; ĆWIAKAŁA M. 2009. *Evaluation of efficiency of use of aggregates and chemical compounds for winter road maintenance*. Civil and Environmental Engineering Reports No 3.
10. NORMAN J. 2000. *Slipperiness on roads – an expert system classification*. Meteorological Appl. Nr 7.
11. TURUNEN M. 1997. *Measuring salt and freezing temperature on roads*. Meteorological Appl. Nr 4.

OVERVIEW OF CHEMICALS APPLIED TO WINTER ROAD MAINTENANCE IN POLAND

S u m m a r y

One of the basic action taken in the framework of winter road maintenance is the removal of snow and winter slipperiness with the use of abrasive materials or fluxes for surface de-icing or both methods jointly. The anti-icing material which is applied most frequently is sodium chloride, however, its overuse results in damages to the road surface, corrosion, as well as irreversible changes to the natural environment. The author of the work characterized chemicals which are applied on the Polish public roads, streets and squares, and in particular: sodium chloride (NaCl), calcium chloride (CaCl₂), magnesium chloride (MgCl₂), road salt (97% NaCl + 2,5% CaCl₂ + 0,2% K₄Fe(CN)₆), mixture of sodium chloride (NaCl) with calcium chloride (CaCl₂), and the mixture of sodium chloride (NaCl) with magnesium chloride (MgCl₂).

Key words: chemical agents, winter road maintenance, winter slippery