

Methods of Protecting Roadside Greenery from the Harmful Effects of Road Salt

Jolanta Dąbrowska, Marta Weber-Siwirska,
Krzysztof Lejcuś, Daniel Garlikowski

Metody ochrony
zieleni przyulicznej
przed szkodliwym
działaniem soli
drogowej

Key words: road salt damage,
roadside greenery, protection from
de-icing salt

Introduction

Winter is a particularly difficult season for plants. With the exception of vegetation in areas that are under legal protection, plants are exposed to many stress agents. The urban vegetation that is affected the most are the trees and shrubs along traffic routes. Many of these plants endure not only unusually high concentrations of heavy metals, both in airborne dust and in the soil, but also a significant increase in salination in the natural growing environment, which in extreme cases can result in plant death. While snow removal and de-icing streets and roads is undoubtedly necessary to prevent the formation of black ice, is it possible to utilise methods that do not harm the plants? This article evaluates the available methods that can minimise the detrimental effects of de-icing salts on vegetation.

Materials and methodology

A review was conducted of the literature on the various methods of protecting roadside vegetation and soils from the harmful effects of road salt. This is an issue that would seem to be of great interest, yet there have been only a few scientific studies

published, focusing primarily on the two methods predominantly in use: coverings or barriers and the use of salt-tolerant plants. The types and shapes of barriers used in Poland and throughout the world are presented, along with an assessment of their effectiveness and cost of use. A list was made of species important for urban greenery that are either sensitive to or tolerant of salt.

Results and discussion

The use of de-icing salt

Using chemicals to prevent black ice started in Poland in the 1960s [Borowski 2010]. At first, a mixture of 95% NaCl and 5% CaCl₂ was used; however, in the first vegetative season after applying these chemicals significant damage occurred to urban dendroflora. The current legal regulations stipulate that materials used on roads and squares be those that are the least harmful for vegetation, with penalties for failing to comply with this requirement [Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody, Dz.U. 2004 nr 92 poz. 880]. The ordinance of the Minister of the Environment of October, 2005, lists materials approved for use on roads and streets: sand and other natural aggregates, sodium chloride, magnesium chloride and calcium chloride [Dz.U. 2005 nr 30 poz. 1960].

Słowa kluczowe: zimowe uszkodzenia roślin, zielen przyuliczna, ochrona przed działaniem soli drogowej

Wprowadzenie

Zima jest porą roku szczególnie trudną dla roślin. Poza terenami objętymi ochroną prawną roślinność narażona jest na wiele bodźców stresogennych. Dotyczy to przede wszystkim drzew i krzewów rosnących przy ciągach komunikacyjnych ruchu kołowego. Poza bardzo wysokim stężeniem metali ciężkich zarówno w pyłe zawieszonym, jak i w środowisku glebowym pojawia się wówczas dodatkowo znaczne zwiększenie zasolenia naturalnej przestrzeni życiowej wielu roślin, powodując w skrajnych przypadkach ich zamieranie. Odśnieżanie ulic i dróg oraz zapobieganie tworzeniu się gołoledzi jest zabiegiem niewątpliwie potrzebnym i koniecznym, czy możliwe jest jednak stosowanie takich metod, aby podczas ich wykonywania nie szkodzić roślinom? W artykule oceniono rozwiązania ograniczające do minimum niekorzystny wpływ soli drogowej na rośliny.

Materiał i metody

W pracy dokonano przeglądu literatury dotyczącej ochrony gleb i zieleni przyulicznej przed szkodliwym działaniem soli drogowej.

Podjęto problematykę, która cieszy się dużym zainteresowaniem, a jednocześnie w literaturze nie ma wielu badań naukowych na ten temat. Zwrócono szczególną uwagę na 2 dominujące metody: osłony oraz stosowanie roślin odpornych na działanie soli. Przedstawiono formy i kształty stosowanych w Polsce i na świecie osłon wraz z oceną ich skuteczności, a także kosztami instalacji. Sporządzono wykaz ważniejszych dla terenów zieleni miejskiej gatunków roślin tolerancyjnych i wrażliwych na zasolenie.

Wyniki

Stosowanie soli drogowej

Początki chemicznego zwalczania gołoledzi w Polsce datuje się na koniec lat sześćdziesiątych ubiegłego wieku [Borowski 2010]. Stosowano wtedy mieszaninę 95% NaCl i 5% CaCl₂, która powodowała jednak znaczne ubytki dendroflory miejskiej już w pierwszym okresie wegetacyjnym po zastosowaniu tego środka. Współczesne przepisy prawne nakazują stosowanie na drogach i placach środków możliwie najmniej szkodliwych dla roślinności, a w przypadku niestosowania się do tego zapisu przewidziane są kary [Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody, Dz.U. 2004 nr 92, poz. 880]. W rozporządzeniu Ministra Środowiska z października 2005 r. wśród dopuszczonych do

stosowania na drogach i ulicach środków widnieją: piasek i inne kruszywa naturalne, chlorek sodu, chlorek magnezu i chlorek wapnia [Dz.U. 2005 nr 30, poz. 1960].

Chlorek sodu jest najtańszym, łatwo dostępnym, łatwym w przechowywaniu i aplikacji oraz skutecznym środkiem stosowanym w zimowym utrzymaniu dróg. Jego użycie jest ograniczane sporadycznie, głównie na terenach chronionych i w miejscowościach uzdrowskich. Jednak do utrzymania w zimie drożności ważniejszych szlaków komunikacyjnych jest nadal stosowany i w najbliższym czasie nie ma dla niego realnej, ekologicznej alternatywy.

Tymczasem przykłady państw Europy Zachodniej pokazują, że można skutecznie ograniczać ilość zastosowanej soli lub wprowadzać jej substytuty. W Kopenhadze stosuje się zwilżoną sól, która jest efektywniejsza niż jej sucha forma, a zatem można w ten sposób znacznie zredukować jej ilość dozowaną na ulice. Bardzo często wykorzystuje się także mieszanki soli z takimi dodatkami jak: piasek, popiół, tuf, żużel oraz uboczne produkty rolnicze i alternatywne środki chemiczne: chlorek potasu, siarczan, mocznik, glikol etylenowy, glikol propylenowy, alkohole, octan wapniowo-magnezowy (CMA), mrówczany – jednak żadna z tych substancji nie pozostaje bez szkodliwego wpływu na roślinność [Bach i in. 2009, Formann i in. 2003, GDDKiA 2006, Jull 2009, Kelting, Laxson 2010].

Sodium chloride is the cheapest and most widely available material for maintaining roads that is easy to apply and store. There are few restrictions against using it, mainly in protected areas and health resorts. This substance continues to be in use for maintaining traffic flow on major transportation routes in winter, and for the nearest future there is no viable and environmentally friendly alternative.

At the same time, examples from Western European countries show that the amount of salt applied can be effectively limited or that substitute materials can be used. In Copenhagen moist salt is used, which is more effective than the dry form, making it possible to reduce the amount applied to city streets. Other commonly used substances are mixtures of salt with additives like sand, ash, tuff, slag, or agricultural by-products and alternative chemical agents like potassium chloride, sulphates, urea, ethylene glycol, propylene glycol, alcohols, calcium magnesium acetate (CMA) or formates. None of these substances, however, is completely harmless to vegetation [Bach et al. 2009, Formann et al. 2003, GDDKiA 2006, Jull 2009, Kelting and Laxson 2010].

The impact of sodium chloride on plants and soil conditions

De-icing salt (NaCl) has a toxic effect on plants, both indirectly through the substrate, and directly

from salt sprayed by motorized traffic. The dissemination of salt spray is closely related to the speed of vehicles, traffic intensity, vehicle mass and road pavement conditions [Szulc 2011a, 2012]. Trees and shrubs with buds that are hidden under leaves or covered by a hull or resin and species with thick bark are able to partly protect themselves from the attack of salt spray in winter (Table 1). Evergreens are the most prone to damage from salt deposited directly on the plants, and this can affect plants up to 10 m away from traffic lanes. In some species, necrosis can be seen progressing from the tips of needles or leaves in spring and summer (Fig. 1). What follows is that these parts drop off or entire shoots die [Clatterbuck 2003]. The same symptoms also appear when there is retention of salt in the soil. Salt reaches plants without any impediment as water is absorbed by the roots. An accumulation of salt in the soil significantly lowers the accessibility of nutrients – mainly potassium, calcium and magnesium – and interferes with plant water utilization. The structure of the soil also changes, becoming more compacted, which in turn results in more limited access to water and oxygen in the root area. An extreme consequence of these changes is the death of the plants. The process of plant death occurs gradually, usually over several seasons. Initially, this is manifested in an approximately one-month delay and shortening of vegetation, with increasing delays in subsequent

years. Thus, plants have increasingly less time to produce, uptake and store nutrients to satisfy vital life processes. This obviously results in the weakening of the plant.

The higher the concentration of NaCl, the more violent the response of the plants. A high level of salination can lead to the complete death of a tree within several weeks [Borowski 2010, Clatterbuck 2003, Szulc 2011a,b].

Experiments conducted in several Polish cities unequivocally demonstrate that the road salt that has been used in Poland since the 1970s has severely affected the condition of soils and vegetation [Borowski 2010, Szulc 2011b, Kiepas-Kokot et al. 2011, Bach et al. 2009, Olejarski 2009]. In Warsaw, the salination of the upper soil layers has reached 100–200 mg Cl·100 g⁻¹ of soil, and any level above 5 mg Cl·100 g⁻¹ is considered to be harmful [Borowski 2010].

The salt concentration in soil and the impact on the condition of trees in Warsaw was analysed for particular streets that have high, medium or low traffic intensity [Olejarski 2009].

Trees were divided into three categories: dead, dying and healthy. The data collected confirmed that the following anthropogenic transformations of the soil had occurred: a high level of alkalisation; a high level of calcium; a high concentration of sodium that reached as much as 39 mg·100 g⁻¹ and, a high degree

Wpływ chlorku sodu na rośliny i środowisko glebowe

Sól drogowa (NaCl) działa toksycznie na rośliny pośrednio przez podłoże, a także bezpośrednio w postaci rozpylonej, wzbijana z jezdni przez pojazdy. Rozprzestrzenianie się aerozolu solnego jest ściśle związane z prędkością samochodów, natężeniem ruchu, masą pojazdów i stanem nawierzchni [Szulc 2011a, 2012]. Drzewa i krzewy mające pąki ukryte lub okryte dużą liczbą łusek czy też ożywione są w stanie częściowo obronić się przed zimowym atakiem rozpylonej soli, podobnie gatunki o grubej warstwie kory (tab. 1). Rośliny zawsze zielone są najbardziej narażone na uszkodzenia powodowane przez sól osadzającą się bezpośrednio na nich, dotyczy to zwłaszcza egzemplarze rosnących w odległości do 10 m od pasa ruchu. U niektórych gatunków już wiosną, a także w lecie obserwuje się nekrozy postępujące od końców igieł czy brzegów blaszek liściowych (ryc. 1). Kolejnym etapem jest opadanie tych organów, a następnie zamieranie całych pędów [Clatterbuck 2003]. Takie same objawy są również efektem zalegania soli w podłożu, skąd dociera ona do roślin bez żadnych przeszkód wraz z wodą pobieraną przez korzenie. Nagromadzenie soli w glebie znacznie obniża przyswajalność składników pokarmowych (przede wszystkim potasu, wapnia i magnezu) oraz zaburza gospodarkę wodną roślin. Zmieniona zostaje

również sama struktura gleby, która ulega zagęszczeniu, co prowadzi do ograniczenia dopływu wody i tlenu do strefy korzeniowej. Skrajną konsekwencją tych przeobrażeń jest obumarcie roślin. Ich zamieranie postępuje stopniowo, najczęściej przez kilka sezonów. Początkowo widoczne jest ok. miesięczne

opóźnienie i skrócenie wegetacji, natomiast w kolejnych latach opóźnienia są coraz większe. Roślina ma tym samym coraz mniej czasu na wyprodukowanie, pobranie i zmagazynowanie substancji odżywczych, aby zaspokoić własne potrzeby życiowe. Taka sytuacja musi skutkować osłabieniem organizmu.

Table 1. The list of species that are important for urban greenery that have a high tolerance for salt [pursuant to: Clatterbuck 2003, Jul 2009]

Tabela 1. Wykaz ważniejszych dla terenów zieleni miejskiej gatunków odznaczających się wysoką tolerancją na zasolenie [na podstawie: Clatterbuck 2003, Jul 2009]

Latin name Nazwa łacińska	Polish name Nazwa polska	English name Nazwa angielska
<i>Acer campestre</i>	Klon polny	Hedge Maple
<i>Acer platanoides</i>	Klon pospolity	Norway Maple
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Klon jawor	Sycamore Maple
<i>Aesculus xcarnea</i>	Kasztanowiec czerwony	Red Horsechestnut
<i>Aesculus hippocastanum</i>	Kasztanowiec biały	Common Horsechestnut
<i>Berberis thunbergii</i>	Berberys Thunberga	Japanese Burberry
<i>Campsis radicans</i>	Milin amerykański	Trumpetcreeper
<i>Caragana arborescens</i>	Karagana syberyjska	Siberian Peashrub
<i>Carya ovata</i>	Orzesznik pięciolistkowy	Shagbark Hickory
<i>Fraxinus excelsior</i>	Jesion wyniosły	European Ash
<i>Ginkgo biloba</i>	Miłorząb dwuklapowy	Ginkgo
<i>Gleditsia triacanthos</i>	Glediczia trójcierniowa	Thornlees Honeylocust
<i>Hedera helix</i>	Bluszcz pospolity	English Ivy
<i>Juglans nigra</i>	Orzech czarny	Black Walnut
<i>Juniperus sp</i>	Jałowce	Juniper
<i>Larix decidua</i>	Modrzew europejski	European Larch
<i>Parthenocissus inserta</i>	Winobluszcz zaroślowy	Woodbine
<i>Parthenocissus quinquefolia</i>	Winobluszcz pięciolistkowy	Virginia Creeper
<i>Pinus mugo</i>	Sosna górską	Mugo Pine
<i>Populus sp.</i>	Topole	Aspen
<i>Quercus robur</i>	Dąb szypułkowy	English Oak
<i>Quercus rubra</i>	Dąb czerwony	Northern Red Oak
<i>Rhus typhina</i>	Sumak octowiec	Staghorn Sumac
<i>Robinia pseudoaccacia</i>	Robinia biała	Black Locust
<i>Symphoricarpos albus</i>	Śnieguliczka biała	Common Snowberry
<i>Tamarix spp.</i>	Tamaryski	Tamarisk
<i>Ulmus glabra</i>	Wiąz górski	Scotch Elm

of saturation of the sorption complex with sodium ions in excess of 20%; a frequently found increased concentration of copper, lead and zinc; and the highest concentration of sodium, calcium and heavy metals in the proximity of dead and dying trees with a mass density of up to 1.70 g·cm³. All of these findings indicate the detrimental physical properties of the soil. In comparison to trees growing in control conditions, the assimilation apparatus of dying trees were found to have: an excessive concentration of chlorine of up to 4.15%, compared to the mean content of 0.25% in control conditions; an increased sodium content of up to 1.89%, compared to 0.007% in control conditions; and a lowered magnesium content. In comparison to normal trees, an increased concentration of copper (6–12 mg·kg⁻¹) was found in the leaves of all the analysed trees. Symptoms of leaf damage indicating a poor state of health appeared as early as the end of May/beginning of June. At the beginning of July, 63% of trees had healthy leaves, at the end of August 25%, and at the end of September only 5% of all trees [Olejarski 2009].

Protecting roadside vegetation from excessive salination

In order to minimise the negative impact of de-icing salt on plants in urban areas, various methods are used to protect roadside vegetation

from both the direct and indirect impact of sodium chloride.

Some of the most popular methods of protecting trees and shrubs from the negative impact of de-icing salt consist of erecting various types of barriers or fences and planting species that have a high tolerance to salt. Plants that are sensitive to or tolerant of salination are listed in Tables 1 and 2.

Used to a lesser extent are other methods like: planting trees further away from the road, recommended minimum distance of 6–10 m; irrigating the soil and the root system in early spring; liming the soil; injecting chemical substances such as hydrogels; placing bedding underneath plants for the humus substances that protect the soil; applying chemicals

to the above-ground parts of plants to protect against the impact of salt spray; using plant hoods.

The governmental body in Poland that is leading in the protection of roadside vegetation from road salt injury is the Municipal Road Authority in Poznan. It had been using protective coverings, raised planters, palisades, and fenced flowerbeds and pots for years. However, these approaches did not bring satisfactory results [Szulc 2012]. Consequently, the Road Authority sought help from the Forestry Research Institute in Sekocin. Drawing from the experience of the Danish, padded plastic coverings are now used which were manufactured in Poland with combed straw and impregnated wooden dowels. Straw is stuck to the inside of the plastic



Fig. 1. Leaf burn on the edges of Small Leaved Lime *Tilia cordata* leaves, Wrocław (photo by Marta Weber-Siwerska)

Rys. 1. Brzeźne nekrozy na liściach lipy drobnolistnej *Tilia cordata*, Wrocław (fot. Marta Weber-Siwerska)

Im większe stężenie NaCl, tym gwałtowniejsza reakcja roślin, przy dużym zasoleniu drzewo może całkowicie obumrzeć nawet w ciągu kilku tygodni [Borowski 2010, Clatterbuck 2003, Szulc 2011a,b].

Badania przeprowadzone w kilku miastach Polski wskazują, że sól drogowa używana w naszym kraju od lat siedemdziesiątych XX w. znacznie wpłynęła na kondycję gleb i roślin [Borowski 2010, Szulc 2011b, Kiepas-Kokot i in. 2011, Bach i in. 2009, Olejarski 2009]. W Warszawie zasolenie wierzchnich warstw gleb sięga 100–200 mg Cl·100 g⁻¹ gleby, podczas gdy za szkodliwe uważa się już 5 mg Cl·100 g⁻¹ gleby [Borowski 2010].

Stężenie soli w podłożu i jego wpływ na stan drzew w Warszawie badano przy wybranych ulicach o dużym, średnim i niewielkim natężeniu ruchu [Olejarski 2009]. W odniesieniu do drzew zastosowano podział na martwe, zamierające i zdrowe. Na podstawie zgromadzonych danych stwierdzono antropogeniczne przekształcenia gleby polegające na: silnej alkalizacji, wysokiej zawartości wapnia, wysokiej zawartości sodu (dochodzące do 39 mg·100 g⁻¹ i wysoki stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego jonami sodu przekraczający 20%), często podwyższonej zawartości miedzi, ołowiu i cynku, największej zawartości sodu, wapnia i metali ciężkich przy drzewach martwych i zamierających, ciężarze objętościowym dochodzącym do 1,70 g·cm⁻³,

Table 2. Species important in urban greenery and sensitive to salt [pursuant to: Clatterbuck 2003, Beckerman and Lerner 2009]

Tabela 2. Wykaz ważniejszych dla terenów zieleni miejskiej roślin wrażliwych na zasolenie [na podstawie Clatterbuck 2003, Beckerman, Lerner 2009]

Latin name Nazwa łacińska	Polish name Nazwa polska	English name Nazwa angielska
<i>Carpinus betulus</i>	Grab pospolity	European Hornbeam
<i>Cornus</i> sp.	Derenie	Dogwood
<i>Crataegus</i> sp.	Głogi	Hawthorn
<i>Fagus sylvatica</i>	Buk pospolity	European Beech
<i>Liriodendron tulipifera</i>	Tulipanowiec amerykański	Yellow-Poplar
<i>Magnolia</i> sp.	Magnolie	Magnolia
<i>Picea</i> sp.	Świerk (większość gatunków)	Spruces (most)
<i>Pinus strobus</i>	Sosna wejmutka	Eastern White Pine
<i>Pinus sylvestris</i>	Sosna pospolita	Scotch pine
<i>Tilia</i> spp.	Lipy	Lindens
<i>Tsuga canadensis</i>	Choina kanadyjska	Eastern Hemlock
<i>Corylus avellana</i>	Leszczyna pospolita	European Filbert
<i>Viburnum</i> sp.	Kaliny	Viburnum

wskazujący na niekorzystne właściwości fizyczne gleb. W aparacie asymilacyjnym drzew zamierających w porównaniu z drzewami rosnącymi w warunkach kontrolnych stwierdzono: nadmierną zawartość chloru dochodzącą do 4,15% (w warunkach kontrolnych wynosiła średnio 0,25%), zwiększone w porównaniu z kontrolą (0,007%) zawartości sodu, dochodzące do 1,89%, oraz obniżone zawartości magnezu. Zwiększona w porównaniu z normalną (6–12 mg·kg⁻¹) zawartość miedzi obserwowana była w liściach wszystkich badanych drzew. Symptomy uszkodzenia liści drzew, jako objaw złego stanu zdrowotnego, pojawiają się już na przełomie maja i czerwca. Na początku lipca drzewa ze zdrowymi liśćmi stanowią 63%, w połowie sierpnia 25%, a w końcu września jedynie 5% [Olejarski 2009].

Sposoby zabezpieczania zieleni przyulicznej przed nadmiernym zasoleniem

Celem zminimalizowania negatywnego wpływu soli drogowej na rośliny na terenach miejskich zaczęto wprowadzać różne sposoby zabezpieczania zieleni przyulicznej zarówno przed bezpośrednim, jak i pośrednim działaniem chlorku sodu.

Do najpopularniejszych metod zabezpieczania drzew i krzewów przed szkodliwym działaniem soli drogowej należą rozwiązania inżynierskie polegające na stosowaniu różnego rodzaju osłon (płatków) oraz sadzenie gatunków odznaczających się wysoką tolerancją na zasolenie – wykaz roślin odpornych i wrażliwych na zasolenie przedstawiono w tabelach 1 i 2.



Ryc. 2. Osłony na korony drzew stosowane w Poznaniu (fot. J. Dąbrowska)

Fig. 2. Protective hoods for tree crowns used in Poznań (photo J. Dąbrowska)

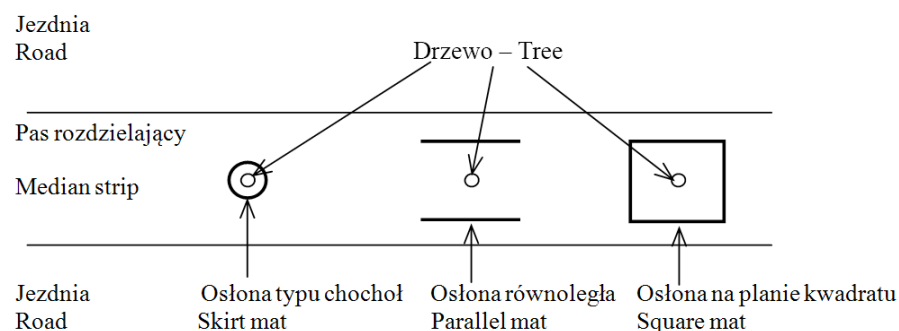


Fig. 3. Types of covering used

Ryc. 3. Typy stosowanych mat

which is wrapped tight around the plants. These coverings, consisting of 1100 meters of materials, were used on Winogrody Street. A slightly different covering was used on the median strip dividing traffic lanes on the Kosynierów Górczyńskich flyover – 700 meters of covering material made from polycarbonates [Proekologiczne... 2010]. The Road Authority also had tree trunk and crown coverings put on that were made of polypropylene fibre netting (Fig. 2). This type of covering is an innovation in Poland. The cost per covering is PLN 26 and they last for 5 years. Putting on polypropylene coverings costs PLN 4.20 per meter and lasts for 10 years. The cost of removing an old tree, planting a new one and replenishing the soil is approximately PLN 1000 and PLN 165 for a shrub (prices as of 2011) [Nowatorskie... 2011].

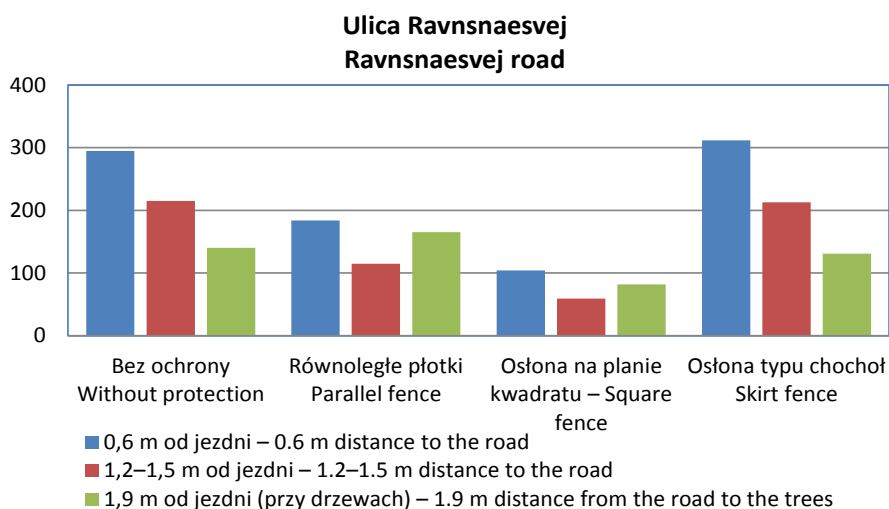
There is not much research that has been published in the literature on the effectiveness of covering trees and plants from de-icing salt. Danish scientists conducted research at 2 selected locations on median strips on roads in Copenhagen [Pedersen et al. 2000]. Three types of straw mat barriers were tested: I – mat sections set up parallel to and near the road at a certain distance from the tree, II – mats set in a square around a tree at a certain distance, III – skirt mat coverings surrounding the trunk (Fig. 3). The results of the research are presented in Figures 4 and 5.

The experiments reviewed [Hvass 1985, Pedersen et al. 2000,

Fig. 4. NaCl concentrations in the soil water ($\text{mg NaCl}\cdot\text{dm}^{-3}$) on the median strips for different protective measures taken. Ravnsnaesvej road, Copenhagen, Denmark [pursuant to Pedersen et al. 2000]

Ryc. 4. Koncentracja NaCl w roztworze glebowym ($\text{mg NaCl}\cdot\text{dm}^{-3}$) na pasach rozdzielających jezdnie w odniesieniu do przyjętych rozwiązań ochronnych.

Ul. Ravnsnaesvej, Kopenhaga, Dania [na podstawie Pedersen i in. 2000]



W mniejszym stopniu stosowane są takie metody jak: sadzenie roślin z dala od jezdni (sugerowana minimalna odległość to 6–10 m), przepłukiwanie gleby z systemem korzeniowym wczesną wiosną, wapnowanie gleby, iniekcje z substancji chemicznych (np. hydrożeli), wyścielenie gleby pod roślinami ściółką – ochronną rolę w glebie spełniają substancje humusowe, pokrywanie nadziemnych części roślin środkami chemicznymi chroniącymi przed działaniem aerozolu solnego, pokrowce na rośliny.

W Polsce liderem w zakresie ochrony zieleni przyulicznej przed działaniem soli drogowej jest Zarząd Dróg Miejskich w Poznaniu. Stosowano tam od lat opaski ochronne, wyniesienia, palisady, gazony i donice. Jednak rozwiązania te nie przyniosły oczekiwanych rezul-

tatów [Szulc 2012]. W zaistniałej sytuacji poznański ZDM nawiązał współpracę z Instytutem Badawczym Leśnictwa z Sękocina. Wykorzystując doświadczenia Duńczyków, zastosowane zostały maty słomiano-foliowe, które wyprodukowano w Polsce ze słomy czesanej oraz z zaimpregnowanych kołków drewnianych. Szczelność instalacji zapewnia folia, do której przytwierdzano słomę. Na ulicy Winogrady zamontowanych zostało 1100 mb takich mat. Nieco inne rozwiązanie zastosowano na pasie oddzielającym przeciwne kierunki ruchu pojazdów na wiadukcie Kosynierów Górczyńskich – 700 metrów bieżących osłon wykonanych z poliwęglanów [Proekologiczne... 2010]. ZDM zlecił także montaż zabezpieczeń pni i koron drzew, wykonanych z siatki cieniującej z włókna polipropylenowego (ryc. 2).

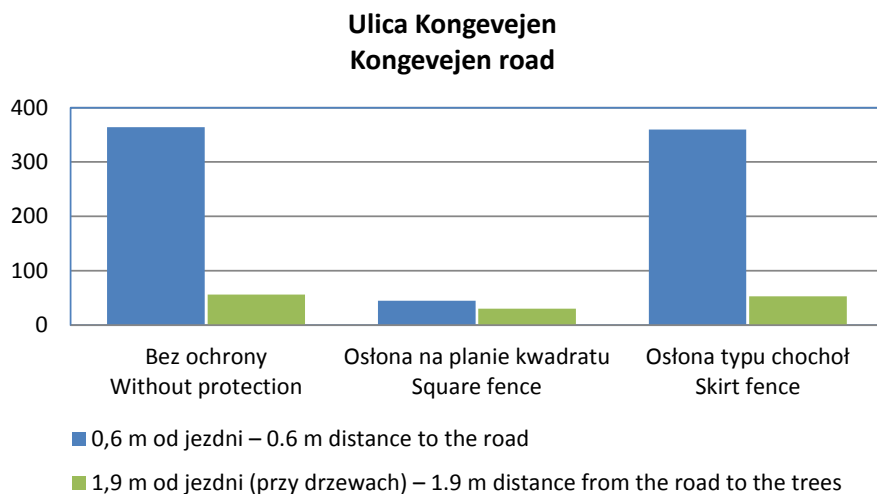
Zabezpieczenia te są rozwiązaniem nowatorskim w Polsce, a koszt założenia jednej osłony na drzewo wynosi 26 zł rocznie (trwałość takiej osłony to 5 lat). Koszt założenia metra bieżącego maty z polipropylenu to 4,20 zł rocznie (trwałość – 10 lat). Posadzenie nowego drzewa wraz z wycinką starego, wymianą gruntu to koszt rzędu 1000 złotych, krzewu – 165 złotych [Nowatorskie... 2011] (poziom cen pochodzi z 2011 r.).

Niewiele jest badań dotyczących skuteczności osłon przeciw soli drogowej w literaturze naukowej. Duńczycy przeprowadzili takie badania w 2 wybranych lokalizacjach na pasach rozdzielających jezdnie w Kopenhadze [Pedersen i in. 2000]. Testowano następujące typy osłon (płotków z mat słomianych): I – równoległe nieciągłe płotki ustawione od strony jezdni i rozmieszczone w pewnej odległości od drzewa, II – płotki okalające drzewo na planie kwadratu rozmieszczone w pewnej odległości od drzewa, III – chochoły okalające pień drzewa (ryc. 3). Wyniki badań pokazano na rycinach 4 i 5.

Z przeanalizowanych doświadczeń [Hvass 1985, Pedersen i in. 2000, Szulc 2011a,b, 2012] wynika, że nieskuteczne są maty słomiane owinięte wokół pni drzew w postaci chochołów o średnicy 1 m, ze względu na zbyt małą ochronę gleby wokół drzewa. Najskuteczniejsze z badanych rozwiązań to płotki okalające drzewo na planie kwadratu rozmieszczone w pewnej odległości od drzewa – im większa

Fig. 5. NaCl concentrations in the soil water ($\text{mg NaCl}\cdot\text{dm}^{-3}$) on the median strips for different protective measures taken. Kongevejen road, Copenhagen, Denmark [pursuant to Pedersen et al. 2000]

Ryc. 5. Koncentracja NaCl w roztworze glebowym ($\text{mg NaCl}\cdot\text{dm}^{-3}$) na pasach rozdzielających jezdnie w odniesieniu do przyjętych rozwiązań ochronnych. Ul. Kongevejen, Kopenhaga, Dania [na podstawie Pedersen i in. 2000]



Szulc 2011a,b, 2012] showed that straw mats wrapped as a skirt around tree trunks 1 m in diameter were ineffective and failed to adequately protect the soil around the tree. The most effective method reported were straw mat barriers placed in a square around a tree and at a certain distance from the tree – the greater the distance, the better – with an optimal distance of 2 m. Barriers that were placed too close to the road were sometimes overturned by an accumulation of snow from the snow ploughs or by the snow ploughs themselves. If the barriers were lower than 60 cm, some snow and contaminated water from the road was able to penetrate the vicinity of the trees. Moreover, mat barriers did not protect plants from salt spray. Mat barriers in front of trees were also ineffective, unless they were contiguously placed along the side of the road.

Another situation, which occurred in Poznan, was that residents of nearby areas used the space behind the barriers to pile up snow and mud from cleaning the pavements (Fig. 6). The detrimental effect of salt also varies, depending on the type of application, the velocity of the salt spreader, and on the technological parameters of distributing salt, a mixture of salt and sand or a salt solution. Mat barriers have been found to be the most effective on low speed roads [Szulc 2011a, 2012, Kiepas-Kokot et al. 2011].

The considerations described above should be taken into account



Fig. 6. Snow piled inside barrier fences put up to protect roadside vegetation from the adverse effects of road salt, Poznan (photo by J. Dąbrowska)

Ryc. 6. Śnieg gromadzony w obrębie mat zabezpieczających zielen przyuliczną przed szkodliwym działaniem soli drogowej, Poznań (fot. J. Dąbrowska)

odległość, tym lepiej – optymalnie 2 m. Bariery ustawione blisko jezdni są czasami przewracane przez masy śniegu usuwane przez pługi lub same pługi. Część śniegu i zanieczyszczonej wody z jezdni dostaje się w pobliże roślin, gdy wysokość mat nie przekracza 60 cm, ponadto maty nie chronią przed aerozolem solnym. Również maty chroniące drzewa jedynie od strony jezdni, niebędące jednocześnie konstrukcjami ciągłymi, są nieskuteczne.

Zdarzały się sytuacje, w których mieszkańcy pobliskich terenów wykorzystywali wygradzone matami przestrzenie do magazynowania śniegu i błota z odśnieżanych chodników (ryc. 6). Niekorzystny wpływ soli zależy od formy jej podania, a także od parametrów technicznych urządzenia podającego sól, mieszankę soli i piasku, roztwór soli oraz prędkości jazdy pojazdu. Okazało się, że maty mają największą skuteczność na drogach o niskiej prędkości [Szulc 2011a, 2012, Kiepas-Kokot i in. 2011].

Obserwacje te powinny być uwzględnione przy projektowaniu nowych kształtów i form osłon. Maty i płotki są niewątpliwie dobrym rozwiązaniem, lecz wymagają zmian konstrukcyjnych niwelujących zauważone wady. Ich koszt, w porównaniu z kosztami nowych nasadzeń, jest racjonalny.

Podsumowanie

Stosowanie soli na drogach jest obecnie najpowszechniej stosowaną metodą zwalczania gołoledzi w naszym kraju. Obowiązujące w Polsce przepisy dopuszczają w zimowym utrzymaniu ulic stosowanie jedynie piasku i kruszyw naturalnych, chlorków sodu, wapnia i magnezu. Wszystko wskazuje na to, że w najbliższym czasie nie rozpocznie się masowe wprowadzanie środków ekologicznych. Skutki negatywnego wpływu soli drogowej na zielen przyuliczną są widoczne od dawna, a ich niwelacja jest kosztownym przedsięwzięciem. Z tego powodu ostatnio obserwuje się zwiększenie zainteresowania systemami ochrony zieleni. Jednym z rozwiązań tego problemu jest sadzenie roślin w odległości co najmniej 6 m od jezdni oraz wybór gatunków odpornych na szkodliwe działanie soli. Innym rozwiązaniem jest stosowanie mat ochronnych, np. słomianych i słomiano-foliowych w układach nieprzerwywanych. Wysokość takich mat musi wynosić co najmniej 60 cm, a sama instalacja powinna być zlokalizowana najlepiej w odległości ok. 2 m od pnia drzewa, co w większości przypadków jest niewykonalne. Tylko zachowanie takich parametrów w znaczny sposób obniży zawartość soli w materiale roślinnym oraz w podłożu. Doświadczenia duńskie wykazały, że w analizowanym przypadku w Kopenhadze najlepiej działająca osłona (mata słomiana) redukowała stężenie

NaCl w roztworze glebowym od 37 do 65%. W Polsce najczęściej takich rozwiązań można zobaczyć w Poznaniu. Zauważono tam kilka wad tych systemów, m.in. wrażliwość na uszkodzenia przez pługi czy wykorzystywanie przez mieszkańców systemów osłon jako miejsca do składowania śniegu. Niewątpliwymi zaletami tych rozwiązań jest to, że potrafią ograniczyć szkodliwe działanie soli drogowej, a ich koszt nie jest wygórowany w porównaniu z kosztami nowych nasadzeń. Należy jednak dopracować ich kształt i formę, aby zniwelować zauważone wady. Kompleksowa dbałość o kondycję zieleni przyulicznej jest działaniem przyszłościowym, zwracającym uwagę nie tylko na ekonomiczne aspekty takiego rozwiązania, ale przede wszystkim na rośliny będące również producentami niezbędnego człowiekowi do życia tlenu.

**Jolanta Dąbrowska¹, Marta Weber-Siwirska²,
Krzysztof Lejcuś¹, Daniel Garlikowski¹**

¹Institut Inżynierii Środowiska

²Institut Architektury Krajobrazu

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Literature – Literatura

1. Bach A., Pawłowska B., Pietrzak M., 2009. Zwalczanie skutków zimy. Zielen miejska, 1, 33–35.
2. Beckerman J., Lerner B.R., 2009. Salt Damage in Landscape Plants. Purdue University, Formerly Purdue Extension publication HO-142-W, ID-412-W, 1–11.
3. Borowski J., 2010. Zimowy wróg drzew. Zielen miejska, 12, 40–43.

whenever designs are made for new shapes or types of barriers. Mat and fence barriers clearly provide good protection, although they require some structural modification to eliminate the noted disadvantages. The cost, compared to the cost of planting new trees is justifiable.

Conclusion

The use of de-icing salt on roads is currently the most popular method of preventing black ice in Poland. The regulations in effect in Poland allow only the use of sand and natural aggregates, sodium, calcium and magnesium chloride for the purposes of road maintenance in winter. There doesn't seem to be any other environmentally friendly materials that will be introduced in the near future. The consequences of the negative impact of de-icing salt on roadside greenery have been visible for a long time, and it will be a costly undertaking to rectify the situation. This has led to a noticeably increased interest in vegetation protection systems. One potential solution would be to plant trees or plants at least 6 m away from the road and to choose species that are tolerant to the negative impact of salt. Another solution would be to use contiguously placed protective coverings or barriers made from straw or plastic padding with straw. Barriers should be at least 60 cm high and, for best results, placed at approximately 2 m from the tree trunk, which in most

cases is not feasible. Only by achieving these types of conditions would it be possible to significantly lower the content of salt in plant material and the soil. Research conducted in Denmark reported that selected sites in Copenhagen received the most effective protection from straw mat barriers, reducing the concentration of NaCl in soil solutions by 37–65%. In Poland, similar protective methods are used mostly in Poznan. Several disadvantages to these methods have been noted, including the fact that barriers are susceptible to damage from snow ploughs or that residents use the space created by the barriers to pile up snow. The clear advantages of these methods include their ability to reduce the detrimental effects of de-icing salt and the cost, which is not excessively high in comparison to the cost of planting new trees or shrubs. The shape and type of coverings used, however, should be improved to eliminate the noted disadvantages. Comprehensive care for the condition of roadside greenery is part of sustainability, and this issue highlights not only the economic benefits of plant protection, but even more importantly, the need to protect plants which, among other things, produce the oxygen necessary for human life.

**Jolanta Dąbrowska¹, Marta Weber-Siwirska²,
Krzysztof Lejcuś¹, Daniel Garlikowski¹**

¹Institute of Environmental Engineering

²Institute of Landscape Architecture

Wrocław University of Environmental and Life Sciences

4. Clatterbuck W.K., 2003. Tree susceptibility to salt damage. Agricultural Extension Service, The University of Tennessee, SP 610 - 12M - 7/03 R12-4910-034-003-04, 1–4.
5. Formann R.T.T., Sperling D., Bissonette J., Clevenger A.P., Cutshall C., Dale V., Fahrig L., France R., Goldman C, Heanue K., Jones J., Swanson F., Turrentine T., Winter T., 2003. Road Ecology: Science and Solutions. Polski przekład, 2009 Związek Stowarzyszeń „Polska Zielona Sieć”, 356.
6. GDDKiA: Wytyczne zimowego utrzymania dróg, 2006. Załącznik do Zarządzenia Nr 18 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 30 czerwca 2006 roku. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, Warszawa, 91.
7. Hvass N., 1985. Defending Street Trees Against Road Salt in Denmark. *Journal of Arboriculture*, 11 (2), 61 – 64.
8. Jull L.G., 2009. Winter salt injury and salt tolerant landscape plants. Division of Cooperative Extension, University of Wisconsin, A3877, 1–12.
9. Kelting D.L., Laxson C.L., 2010. Review of Effects and Costs of Road De-icing with Recommendations for Winter Road Management in the Adirondack Park. Adirondack Watershed Institute Report # AWI2010-01, 82.
10. Kiepas-Kokot A., Dusza E., Łysko A., Kupiec M., 2011. Zasolenie gleb w pasie drogowym. *Przegląd Komunalny*, 3, 88–90.
11. Nowatorskie metody ochrony zieleni przyulicznej w sezonie zimowym, 2011. <http://edroga.pl/strona-glowna/wiadomosci-drogowe/5038-nowatorskie-metody-ochrony-zieleni-przyulicznej-w-sezonie-zimowym> (strona dostępna 02.09.2014).
12. Olejarski I., 2009. Wpływ utrzymania zimowego na stan drzew <http://edroga.pl/drogi-i-mosty/utrzymanie/26-wplyw-utrzymania-zimowego-na-stan-drzew> (strona dostępna 15.08.2014).
13. Pedersen L.B., Randrup T.B., Ingerslev M., 2000. Effects of Road Distance and Protective Measures on Deicing Salt. *Journal of Arboriculture* 26 (5), 238–245.
14. Proekologiczne działania ZDM. Nowatorskie metody ochrony zieleni przyulicznej, 2010. <http://zdm.poznan.pl/news.php?site=view&id=940>. (strona dostępna 27.08.2014).
15. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 października 2005 r. w sprawie rodzajów i warunków stosowania środków, jakie mogą być używane na drogach publicznych oraz ulicach i placach. Dz.U. 2005 nr 30, poz. 1960.
16. Szulc A., 2011a. Maty słomiano-foliowe kontra sól drogową. *Przegląd Komunalny*, 3, 92–94.
17. Szulc A., 2011b. Po pierwsze nie szkodzić. *Zieleń miejska*, 10, 37–39.
18. Szulc A., 2012. Po drugie – chronić. *Zieleń miejska*, 2, 34–36.
19. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody. Dz.U. 2004 nr 92, poz. 880.