



Instytut Botaniki im. W. Szafera
Polskiej Akademii Nauk
31-512 Kraków, ul. Lubicz 46
tel. [+48 12] 421-51-44 fax [+48 12] 421-97-90
<http://botany.pl>



**Centrum Badawczo – Produkcyjne
„Alcor” Sp. z o.o.**
45-130 Opole, ul. Kępska 12
tel./fax(+48 77) 455-46-10, 455-74-77
www.alcor.pl

RAPORT Z WALIDACJI SYSTEMU



ODSALAX



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



Narodowe Centrum
Badań i Rozwoju

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



Technologia opracowana w ramach projektu współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej
w ramach Programu Inteligentny Rozwój 2014 - 2020

Kraków, Opole 2016-2018

Spis treści

1. Zakres raportu	2
2. Metodyka badań.....	2
3. System Odsalax - podstawy teoretyczne i sposób realizacji	3
4. Wyniki badań skuteczności systemu Odsalax dla zimy 2016/17	9
5. Wyniki badań skuteczności systemu Odsalax dla zimy 2017/18	13
6. Ocena skuteczności systemu w warunkach kontrolowanych zimy 2016/17 i 2017/18	18
7. Wpływ systemu Odsalax na zasolenie gleb.....	19
8. Wnioski	23
Spis tablic.....	25
Spis ilustracji.....	25

1. Zakres raportu

Walidacji systemu Odsalax dokonano w oparciu o badania w warunkach rzeczywistych wybranych miast Polski w okresie zim 2016/17 i 2017/18. Dodatkowo przeprowadzono badania w warunkach kontrolowanych poletka doświadczalnego. W okresie zimy 2016/17 badaniami objęto 101 drzew w obszarze silnie zurbanizowanym miasta Opole. W kolejnym roku zakres badań obejmował 450 drzew zlokalizowanych na terenie miast: Kraków, Warszawa, Opole, Ozimek, Dobrzeń oraz wzdłuż dróg powiatowych i wojewódzkich na terenie województwa opolskiego. W celu określenia stopnia bioróżnorodności badanych gleb, przeprowadzono jakościową analizę składu mikroorganizmów (oprócz zawartości materii organicznej) występujących w glebach przed mulczowaniem w okresie zimy 2017/2018.

2. Metodyka badań

Przetestowano wszystkie 3 typy systemów (**SMCR** – Mikrokolumna z retencją, **SMC** – Mikrokolumna oraz **MC** – Pojedyncza kolumna - mulczowanie). Po raz pierwszy testy odbyły się zimą 2016/2017 w Opolu. Pierwszej zimy przetestowano 2 rodzaje absorberów – absorber impregnowany mocznikiem oraz absorber nieimpregnowany. Zimą 2016/2017 systemy chroniły 101 drzew zlokalizowanych na pięciu różnych ulicach w Opolu. Bardzo dobre wyniki pierwszej zimy sprawiły, że kolejnej zimy przeprowadzono dużo większe badania. Zimą 2017/2018 te same 101 drzew zostało objętych ochroną w Opolu, ponadto 37 drzew w Krakowie oraz 12 drzew w Warszawie. Poszczególne lokalizacje i drogi zostały wybrane ze względu na zróżnicowany poziom urbanizacji, w tym ruch kołowy i pieszy. Każdy obszar testowy był w pewnym stopniu pokryty nieprzepuszczalnymi powierzchniami: asfalt, beton, kostka brukowa itp.

W eksperymentach 2017/2018 unikano stosowania impregnowanych absorberów mocznikowych, ze względu na wyższy koszt produkcji, zagrożenie przenawożenia azotem chronionych drzew oraz możliwość dodatkowego zanieczyszczenia wód gruntowych. Zarówno zimą 2016/2017 jak i 2017/2018 badania przeprowadzono równolegle w warunkach kontrolowanych na polu testowym oraz w warunkach rzeczywistych na profesjonalnie odładzanych ulicach miast. Gdy warunki pogodowe zmuszały służby miejskie do stosowania soli w celu odładzania dróg i chodników, sól była również rozsypywana na polu kontrolnym. Każdą tacę obciążano 12-krotnie dawką 40g soli drogowej na m² (łącznie 480g soli w całym okresie zimowym).

Badania nad różnorodnością organizmów występujących w glebach pobranych ze stanowisk badawczych Warszawy, Krakowa wykonano w oparciu o Laboratorium Fykologiczne Instytutu Botaniki PAN w Krakowie. Ziemia została wyłożona do sterylnych szalek Petriego o śr. 5 cm i wzbogacona płynną pożywką Waris-H. Po upływie trzech miesięcy odnotowano pierwsze pojawy glonów. Analizę jakościową przeprowadzono przy użyciu mikroskopu Eclipse E600 z kontrastem Nomarskiego. Przeprowadzono izolację wybranych taksonów grzybów, sinic i glonów zakładając hodowle sterylne w celu prowadzenia badań eksperymentalnych. Dodatkowo prowadzono

równolegle badania eksperymentalne nad przebiegiem zasiedlania powierzchni zrębków wierzby przez zbiorowiska glonów.

Absorber

Jako absorber wykorzystano mieszaninę zrębków wierzby wiciowej o długościach od 2,0 do 6,0 cm i średnicach od 0,5 do 2,0 cm ciętych z gałązek wierzby (*Salix viminalis*). Gałązki wierzby zostały zebrane z plantacji komercyjnej pod koniec grudnia i suszone na powietrzu na polu do marca, a następnie pocięte na zrębki. Gęstość nasypowa materiału absorbera wynosiła 264 g / dm³. Gęstość zrębków przy zawartości wilgoci 15% wynosiła 410 g / dm³. Porowatość swobodnie osadzonego absorbera wynosiła 0,37 określona jako stosunek objętości pustej przestrzeni pomiędzy zrębkami do całkowitej objętości materiału, w tym stałych elementów drzewnych oraz pustych przestrzeni.

Zimą 2016/2017 część absorberów została zaimpregnowana wskrośnie metodą zanurzenia becznieniowego w 25% roztworze mocznika. Zaimpregnowany absorber zawierał wagowo 8,26 % azotu, po sezonie zimowym 0,75%. Zawartość azotu określono jako całkowitą zawartość azotu Kjeldahla w suchych zrębkach. Całkowita zawartość azotu w absorberze została wykorzystana do monitorowania procesu wymiany mocznika z solą.

Testy w warunkach rzeczywistych:

Wszystkie absorbery stosowane do ochrony drzew zostały starannie zebrane z każdej lokalizacji w marcu / kwietniu 2017 roku w sezonie zimowym 2016/2017 oraz w marcu 2018 roku w sezonie 2017/2018. Dla każdego drzewa mierzono objętość użytego adsorbera. Przed pobraniem próbek absorbery z każdego drzewa zostały mechanicznie mieszane w mieszalniku obrotowym. Po 5 minutach mieszania pobierano po 3 próbki o objętości 1 dm³ w celu określenia zawartości soli.

Pomiar zawartości chlorku sodu

Zawartość chlorku sodu w absorberze określono na podstawie stężenie soli w mieszaninie powstałej po wyługowaniu zasolonego absorbera wodą destylowaną. Ze względu na dużą porowatość tkanki wierzby wiciowej, kontakt z wodą destylowaną powoduje wyplukanie soli z powierzchni oraz wnętrza zrębków. 1 dm³ próbki absorbera zebranego po okresie zimowym, zanurzone w 1,5 dm³ wody destylowanej, cały proces płukania trwał 24 h. Po 24h wymieniono wodę destylowaną na świeżą następnie powtórzono proces dla każdej zebranej próbki. Zawartość chlorku sodu w powstałej solance zmierzono przy pomocy konduktometra CPC-411 720 z funkcją solomierza wyprodukowanego przez firmę Elmetron (Polska).

3. System Odsalax - podstawy teoretyczne i sposób realizacji

Lawinowo rośnie natężenie ruchu kołowego, które w okresie zimowym wymaga utrzymania „czarnych” odlodzonych nawierzchni. Wymusza to stosowanie środków chemicznych do szybkiego i skutecznego odladzania ulic. Również chodniki wymagają starannego odladzania z uwagi na bezpieczeństwo przechodniów. Według rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 27 października 2005 w Polsce można stosować na drogach tylko sól, żwir, piasek oraz chlorek wapnia lub sodu. Chlorek sodu ze względu na szybki czas działania i stosunkowo niski koszt jest wciąż powszechnie

uważany za najskuteczniejszy środek chemiczny do zimowego utrzymania dróg i chodników. Toksyczne działanie soli stosowanej do odładzania dróg i chodników na gleby, wody gruntowe oraz wzrost roślin od lat jest przedmiotem wielu badań naukowych. Chlorek sodu stwarza największe zagrożenie na obszarach silnie zurbanizowanych, gdzie duże ilości mechanicznie i ręcznie rozsypanej soli przedostają się do środowiska. Mieszkańcy oczekują utrzymania „czarnych” dróg i chodników, a to wymaga stosowania środków chemicznych. Jak podaje Generalna Dyrekcja Dróg i Autostrad na sezon zimowy 2017/2018 przygotowano ok 430 tys. ton soli do utrzymania dróg krajowych. Samorządy również przeznaczają znaczne kwoty na walkę ze śniegiem. Gdańsk na zimowe utrzymanie dróg w sezonie 2017/2018 zabezpieczył w budżecie ok 20 mln zł, Kraków 15 mln złotych, a Poznań prawie 24 mln zł¹. Całkowite zaprzestanie stosowania soli drogowej w najbliższych latach wydaje się mało prawdopodobne, z tego względu ważne jest aby chronić rośliny i gleby przed jej szkodliwym wpływem. Znane dotychczas sposoby ochrony roślin przed solą drogową nie usuwają soli z chronionego obszaru, a jedynie izolują od jej działania wybrane fragmenty gleb i roślin. Ochronę przydrożnych roślin uzyskuje się głównie poprzez stosowanie fizycznych barier (słomiane maty, folię, palisady itp.) o ograniczonej zdolności zatrzymywania soli drogowej.

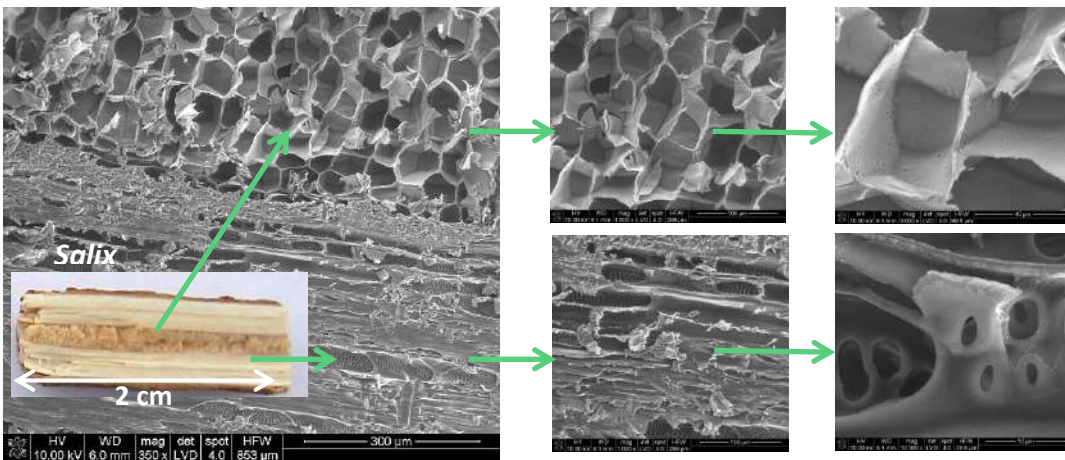
System ODSALAX łączy znane już metody ochrony barierowej z dodatkowym efektem wycofania soli z chronionych obszarów. Technologia została opatentowana w **Urzędzie Patentowym RP**, Patent nr: PL. 413033. Na kompletny system składają się tace ochronne oraz absorbery w formie spreparowanych zrębków wierzby wiciowej *Salix viminalis*, które razem tworzą nowoczesny i ekologiczny system do aktywnej ochrony zieleni miejskiej. Technologia ODSALAX skupia się na wycofaniu szkodliwej soli z ulic i chodników. Po sezonie zimowy odsolony absorber może służyć jako ściółka mulczująca. System umożliwia także odzyskanie zużytej soli z dróg i chodników, tak aby wykorzystać ją ponownie podczas kolejnej zimy.

Opis systemu:

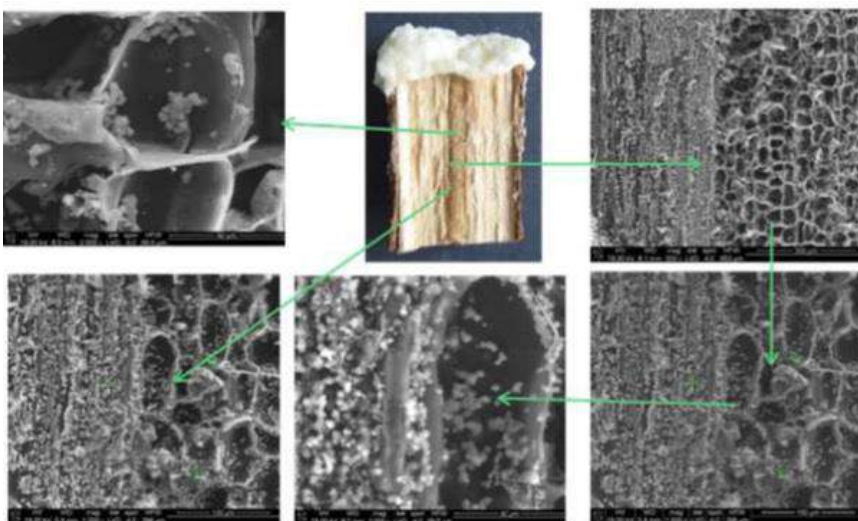
Na kompletny system ODSALAX składa się absorber w formie odpowiednio spreparowanych zrębków wierzby wiciowej oraz tace ochronne. Wierzba *Salix viminalis* L., jako roślina obszarów podmokłych wytwarza pędy bardzo bogate w system kapilar zapewniający intensywny transport wody wzdłuż łoz. Zrębki wierzby wiciowej zostały wybrane jako matryca systemu ODSALAX ze względu na dużą zdolność do absorpcji wody/solanki, nawet większych pod względem ciężaru niż początkowa masa suchego drewna. Absorber jest w 100% naturalny oraz całkowicie biodegradowalny. Odsolony

¹ <http://www.portalsamorzadowy.pl/gospodarka-komunalna/sol-drogowa-jest-tania-ale-szkodliwa-nie-sposob-z-niej-zrezygnowac-ale-mozna-ja-ograniczyc,101007.html>

absorber po okresie zimowym może służyć jako ściółka mulczująca, a odzyskana sól ponownie użyta następnej zimy.



Rys. 1: Obraz mikroskopowy pustych przestrzeni w matrycy organicznej zrębków wierzby wiciowej.

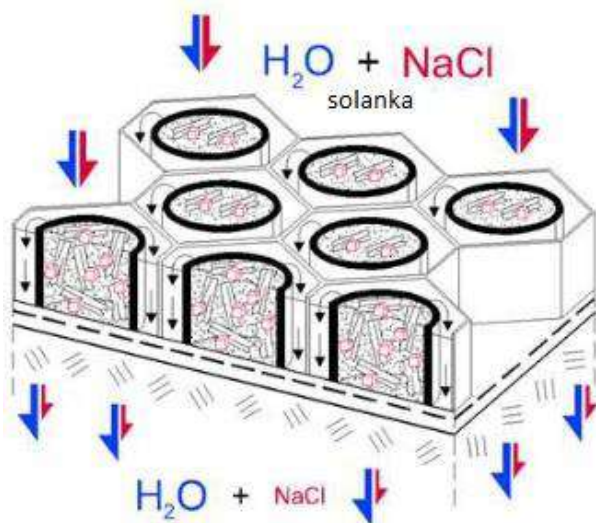


Rys. 2: Obraz mikroskopowy kryształów chlorku sodu wewnątrz pustych przestrzeni w matrycy.

W systemie ODSALAX przetestowano 3 typy tac ochronnych:

Typ 1: SMCR – Mikrokolumny z dodatkową retencją.

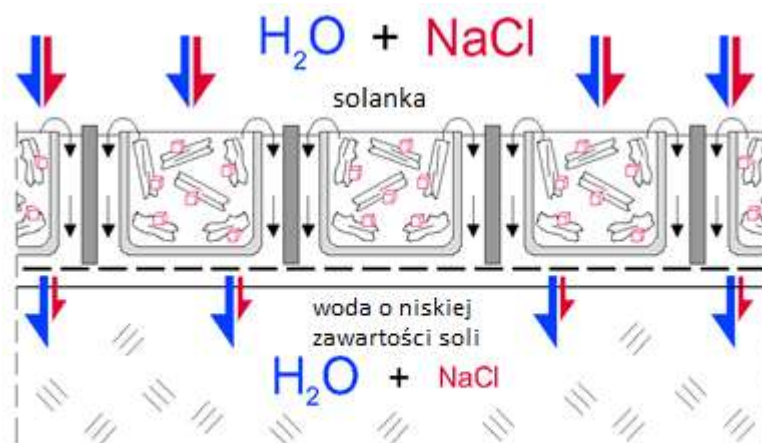
Absorber został umieszczony w specjalnych pojemnikach retencyjnych rozlokowanych w każdej sześciokątnej komórce. Zastosowanie specjalnych kubków retencyjnych umożliwia zebranie większej ilości solanki. Powolny jej odpływ przyczynia się do zwiększenia absorpcji zrębków wierzbowych. Absorpcja chlorku sodu z odpływu solanki odbywa się dzięki procesowi odparowania. Zaawansowany rodzaj tacy ochronnej nie zakłóca wymiany gazowej oraz dopływu wody do gleby.



Rys.3: Mikrokolumna z retencją - schemat działania.



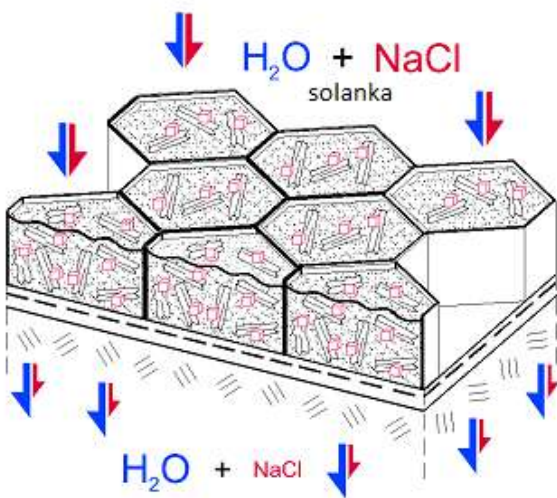
Rys. 4: Mikrokolumna z retencją w warunkach rzeczywistych.



Rys.5: Mikrokolumna z retencją - schemat przepływu.

Typ 2: SMC – Mikrokolumny

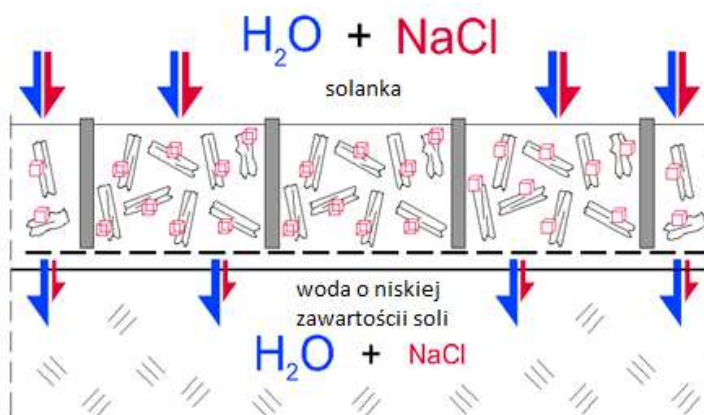
Absorber jest umieszczony w siatce połączonych małych kolumn umiejscowionych na przepuszczalnej powierzchni. Podczas przepływu cieczy z błota pośniegowego przez warstwę naturalnego absorbera roztwór chlorku sodu zostaje zatrzymany w pustych komórkach tkanek drzewnych. Tylko niewielka część płynów przechodzi przez absorber do gleby. Kiedy cała zasolona ciecz przepłynie przez absorber następuje odparowanie wody z zaabsorbowanej solanki. Po tym procesie chlorek sodu zaczyna krystalizować się wewnątrz przestrzeni komórkowych tkanki drewna oraz na zewnątrz absorbera. Ten proces powtarza się podczas całego okresu zimowego kilkakrotnie w zależności od warunków atmosferycznych i intensywności odladzania.



Rys.6: Mikrokolumna - schemat działania.



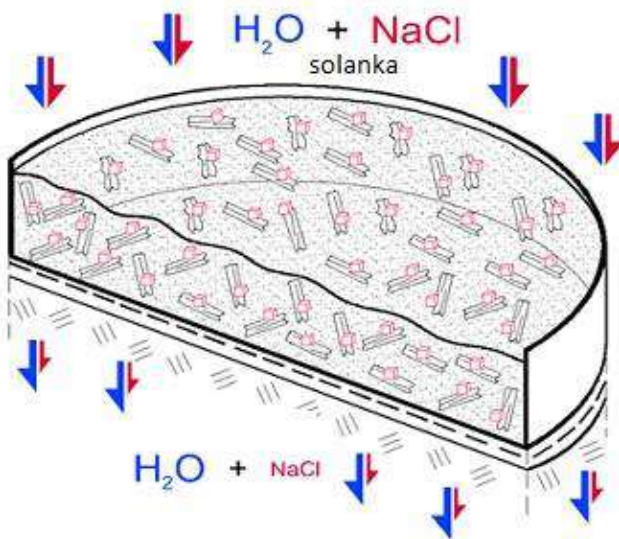
Rys.7: Mikrokolumna w warunkach rzeczywistych.



Rys.8: Mikrokolumna - schemat przepływu.

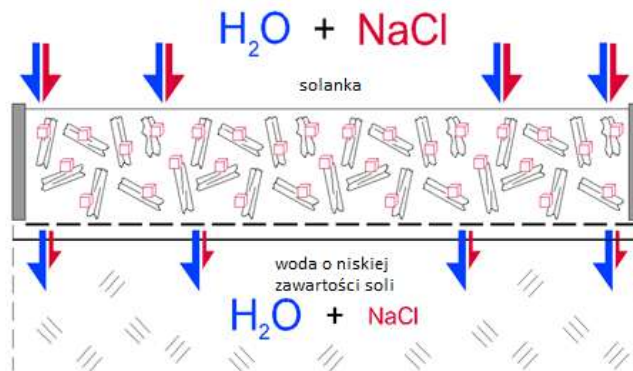
Typ 3: MC - Pojedyncza kolumna - mulczowanie

W tym systemie wytwarza się pojedynczą warstwę absorbera wokół chronionej rośliny. Powolny przepływ solanki przez złożę absorbera pozwala na częściowe wchłonięcie chlorku sodu przez zębki wierzby wiciowej (*Salix viminalis*). Idealny do ochrony pasów zieleni oraz alei drzew przy drogach o dużym natężeniu ruchu. Znajduje zastosowanie w miejscach o zróżnicowanym ukształtowaniu terenu. Tace zostają dopasowane do kształtu drzew i podłoża.



Rys.9: Pojedyncza kolumna - mulczowanie schemat działania.

Rys.10: Pojedyncza kolumna - mulczowanie w warunkach rzeczywistych.



Rys.11: Pojedyncza kolumna - mulczowanie schemat przepływu.

4 . Wyniki badań skuteczności systemu Odsalax dla zimy 2016/17

System Odsalax zastosowano po raz pierwszy do ochrony drzew w trakcie zimy 2016/17 na terenie miasta Opola. Ochroną objęto 101 drzew zlokalizowanych w różnych rejonach miasta. Wytypowano ulice ze ścisłego centrum (Ul. Damrota , Ozimska , 1 Maja) jak i trasy przelotowe (Ul. Armii Krajowej i Sosnkowskiego). Przebadano wszystkie modele tac ochronnych. Za najbardziej wiarygodną ocenę skuteczności systemu uznano pomiar ilości soli zatrzymanej przez tace ochronne przez okres zimy. Wyniki pomiarów przeprowadzonych zgodnie z metodyką badawczą opisaną w punkcie 7 przedstawiono w tablicy 1.

Tablica 1: Ilość soli zatrzymanej przez system Odsalax – Opole, zima 2016/2017

Drzewo nr.	Ulica	Rodzaj Systemu	Adsorpcja soli na 1 m ² tacy [g/m ²]	Pole tacy [m ²]	Całkowita ilość zatrzymanej soli [g]
1	Damrota	SMC	275,7	1,44	397
2	Damrota	SMC	331,9	1,44	478
3	Damrota	SMC	231,3	1,44	333
4	Damrota	SMC	477,8	1,44	688
5	Damrota	SMC	302,8	1,44	436
6	Damrota	SMC	381,9	1,44	550
7	Damrota	SMC	708,3	1,44	1020
8	Damrota	SMC	288,9	1,44	416
9	Damrota	SMC	561,8	1,44	809
10	Damrota	SMC	608,3	1,44	876
11	Damrota	SMC	483,3	1,44	696
12	Damrota	SMC	391,7	1,44	564
13	Damrota	SMC	327,8	1,44	472

14	Damrota	SMC	420,8	1,44	606
15	Damrota	SMC	383,3	1,44	552
16	Damrota	SMC	961,8	1,44	1385
17	Damrota	MC	238,0	1	238
18	Damrota	MC	148,0	1	148
19	Damrota	MC	239,0	1	239
20	Damrota	MC	99,0	1	99
21	Damrota	MC	139,0	1	139
22	Damrota	MC	204,0	1	204
23	Damrota	MC	154,0	1	154
24	Damrota	MC	348,0	1	348
25	Damrota	MC	330,0	1	330
26	Damrota	MC	219,0	1	219
27	Damrota	SMCR	1331,3	1,44	1917
28	Damrota	SMCR	1436,8	1,44	2069
29	Armii Krajowej	MC	49,6	2,5	124
30	Armii Krajowej	MC	95,2	2,5	238
31	Armii Krajowej	MC	95,2	2,5	238
32	Armii Krajowej	MC	118,0	2,5	295
33	Armii Krajowej	MC	64,4	2,5	161
34	Armii Krajowej	MC	164,4	2,5	411
35	Armii Krajowej	MC	97,6	2,5	244
36	Armii Krajowej	MC	83,2	2,5	208
37	Armii Krajowej	MC	67,2	2,5	168
38	Armii Krajowej	MC	94,0	2,5	235
39	Armii Krajowej	MC	99,2	2,5	248
40	Armii Krajowej	MC	284,0	2,5	710

41	Armii Krajowej	MC	80,8	2,5	202
42	Armii Krajowej	MC	101,6	2,5	254
43	Armii Krajowej	MC	60,8	2,5	152
44	Sosnkowskiego	MC	40,5	2	81
45	Sosnkowskiego	MC	62,0	2	124
46	Sosnkowskiego	MC	26,5	2	53
47	Sosnkowskiego	MC	75,5	2	151
48	Sosnkowskiego	MC	41,0	2	82
49	Sosnkowskiego	MC	60,5	2	121
50	Sosnkowskiego	MC	39,5	2	79
51	Sosnkowskiego	MC	54,5	2	109
52	Sosnkowskiego	MC	42,0	2	84
53	Sosnkowskiego	MC	62,0	2	124
54	Sosnkowskiego	MC	36,0	2	72
55	Sosnkowskiego	MC	101,0	2	202
56	Sosnkowskiego	MC	31,0	2	62
57	Sosnkowskiego	MC	57,5	2	115
58	Sosnkowskiego	MC	26,5	2	53
59	Sosnkowskiego	MC	56,0	2	112
60	Sosnkowskiego	MC	50,5	2	101
61	Sosnkowskiego	MC	68,0	2	136
62	Sosnkowskiego	MC	45,0	2	90
63	Sosnkowskiego	MC	80,5	2	161
64	Sosnkowskiego	MC	48,5	2	97
65	Sosnkowskiego	MC	77,0	2	154
66	Sosnkowskiego	MC	38,5	2	77
67	Sosnkowskiego	MC	75,5	2	151

68	Sosnkowskiego	MC	43,5	2	87
69	Sosnkowskiego	MC	80,0	2	160
70	Sosnkowskiego	MC	45,5	2	91
71	Sosnkowskiego	MC	68,0	2	136
72	Sosnkowskiego	MC	35,0	2	70
73	Sosnkowskiego	MC	64,0	2	128
74	Sosnkowskiego	MC	30,5	2	61
75	Sosnkowskiego	MC	114,5	2	229
76	Sosnkowskiego	MC	94,5	2	189
77	Sosnkowskiego	MC	70,5	2	141
78	Sosnkowskiego	MC	34,5	2	69
79	Ozimska	MC	147,3	1,5	221
80	Ozimska	MC	162,0	1,5	243
81	Ozimska	MC	242,0	1,5	363
82	1 Maja	MC	124,0	1,5	186
83	1 Maja	MC	50,0	1,5	75
84	1 Maja	MC	84,7	1,5	127
85	1 Maja	MC	70,7	1,5	106
86	1 Maja	MC	125,3	1,5	188
87	1 Maja	MC	112,0	1,5	168
88	1 Maja	MC	100,0	1,5	150
89	1 Maja	MC	87,3	1,5	131
90	1 Maja	MC	220,7	1,5	331
91	1 Maja	MC	92,7	1,5	139
92	1 Maja	MC	95,3	1,5	143
93	1 Maja	MC	128,7	1,5	193
94	1 Maja	MC	188,0	1,5	282

95	1 Maja	MC	90,7	1,5	136
96	1 Maja	MC	114,7	1,5	172
97	1 Maja	MC	92,7	1,5	139
98	1 Maja	MC	83,3	1,5	125
99	1 Maja	MC	98,0	1,5	147
100	1 Maja	MC	108,0	1,5	162
101	1 Maja	MC	120,0	1,5	180

Legenda:

SMCR – Mikrokolumna z retencją

SMC – Mikrokolumna

MC – Pojedyncza kolumna - mulczowanie

W zależności od lokalizacji chronionego drzewa i zastosowanego systemu zanotowano różne wartości zatrzymanej soli: od 53 gramów na drzewo zlokalizowane daleko od drogi i obciążone jedynie mgłą solną i chronione najmniej efektywnym mulczowaniem, aż do 2069 gramów dla drzewa w ścisłym centrum o niewielkiej misie ziemnej chronionej tacą z retencją. Średnia ilość soli zatrzymanej na jedno drzewo wynosiła **278** gramów.

5. Wyniki badań skuteczności systemu Odsalax dla zimy 2017/18

W oparciu o bardzo pozytywne wyniki z okresu zimowego 2016/17 trakcie zimy 2017/18 system Odsalax zastosowano do ochrony 450 drzew zlokalizowanych na terenie miast: Kraków, Warszawa, Ozimek, Dobrzeń i wzdłuż dróg wojewódzkich i powiatowych na terenie województwa Opolskiego. W tablicach 2 , 2 i 4 przedstawiono wyniki dla wybranych lokalizacji.

Tablica 2: Ilość soli zatrzymanej przez system Odsalax – Kraków, zima 2017/2018

Drzewo nr.	Ulica	Rodzaj Systemu	Adsorpcja soli na 1 m ² tacy [g/m ²]	Pole tacy [m ²]	Całkowita ilość zatrzymanej soli [g]
1	1. Świętej Gertrudy	SMCR	158,0	2	316
2	2. Świętej Gertrudy	SMCR	199,0	2	398
3	3. Świętej Gertrudy	SMCR	213,0	2	426
4	4. Świętej Gertrudy	SMCR	224,5	2	449
5	5. Świętej Gertrudy	SMCR	212,5	2	425
6	6. Świętej Gertrudy	SMCR	165,0	2	330
7	7. Świętej Gertrudy	SMCR	310,0	2	620
8	8. Świętej Gertrudy	SMCR	321,0	2	642
9	9. Świętej Gertrudy	SMCR	319,0	2	638
10	10. Świętej Gertrudy	SMCR	227,0	2	454
11	11. Świętej Gertrudy	SMCR	215,0	2	430
12	12. Świętej Gertrudy	SMCR	126,0	2	252
13	13. Świętej Gertrudy	SMCR	125,0	2	250
14	14. Świętej Gertrudy	SMCR	162,0	2	324
15	1. Wrocławska	SMCR	120,4	2,4	289
16	2. Wrocławska	SMCR	187,9	2,4	451
17	3. Wrocławska	SMCR	180,0	2,4	432
18	4. Wrocławska	SMCR	171,7	2,4	412
19	5. Wrocławska	SMCR	198,8	2,4	477
20	6. Wrocławska	SMCR	149,2	2,4	358
21	7. Wrocławska	SMCR	150,8	2,4	362
22	1. Zwierzyniecka	MC	146,7	3,6	528
23	2. Zwierzyniecka	MC	131,7	3,6	474
24	3. Zwierzyniecka	MC	131,7	3,6	474

25	4. Zwierzyniecka	MC	140,6	3,6	506
26	5. Zwierzyniecka	MC	101,1	3,6	364
27	6. Zwierzyniecka	MC	143,3	3,6	516
28	Plac Niepodległości	SMCR	248,8	0,8	199
29	1. Prusa	SMCR	63,8	3,4	217
30	2. Prusa	SMCR	63,8	3,4	217
31	3. Prusa	SMCR	91,8	3,4	312
32	1. Mazowiecka	SMCR	68,7	2,3	158
33	2. Mazowiecka	SMCR	56,7	2,7	153
34	1. Filarecka	SMCR	65,8	3,1	204
35	2. Filarecka	SMCR	62,3	3,1	193
36	1. Bronowicka	SMCR	185,1	1,74	322
37	2. Bronowicka	SMCR	260,9	1,74	454

Legenda:

SMCR – Mikrokolumna z retencją

MC – Pojedyncza kolumna - mulczowanie

W zależności od lokalizacji chronionego drzew i zastosowanego systemu zanotowano różne wartości zatrzymanej soli : od 153 gramów na drzewo do 642 gramów . Wszystkie chronione drzewa były zlokalizowane w mocno zurbanizowanych obszarach. Wszystkie podlegały istotnym obciążeniom solą a różnice między nimi były stosunkowo niewielkie w porównaniu do wyników z terenu miasta Opole i Warszawa. Średnia ilość soli zatrzymanej na jedno drzewo wynosiła **379** gramów.

Tablica 3: Ilość soli zatrzymanej przez system Odsalax - Warszawa, zima 2017/2018

Drzewo nr.	Ulica	Rodzaj systemu	Adsorpcja soli na 1 m ² tacy [g/m ²]	Pole tacy [m ²]	Całkowita ilość zatrzymanej soli [g]
1	1. Koszykowa	SMCR	595,7	0,7	417
2	2. Koszykowa	SMCR	781,4	0,7	547

3	1. Piękna (ambasada)	SMCR	242,8	1,8	437
4	2. Piękna (ambasada)	SMCR	225,6	1,8	406
5	3. Piękna (ambasada)	SMCR	283,3	1,8	510
6	4. Piękna (ambasada)	SMCR	864,4	1,8	1556
7	5. Piękna (ambasada)	SMCR	991,1	1,8	1784
8	6. Piękna (ambasada)	SMCR	1294,4	1,8	2330
9	1. Piękna	SMCR	399,0	2	798
10	2. Piękna	SMCR	290,0	2	580
11	3. Piękna	SMCR	285,0	2	570
12	4. Piękna	SMCR	279,5	2	559

Legenda:

SMCR – Mikrokolumna z retencją

W zależności od lokalizacji chronionych drzew i zastosowanego systemu zanotowano różne wartości zatrzymanej soli : od 406 gramów na drzewo do 2330 gramów . Wszystkie chronione drzewa były zlokalizowane w mocno zurbanizowanych obszarach . Wszystkie podlegały istotnym obciążeniom solą, a różnice między nimi były znaczące. Średnia ilość soli zatrzymanej na jedno drzewo wynosiła **875** gramów. Tak duża ilość zatrzymanej soli mogła wynikać z faktu lokalizacji testowych drzew w bardzo newralgicznych z punktu widzenia odsalania miejscach stolicy - poblizko ambasady USA.

Tablica 4: Ilość soli zatrzymanej przez system Odsalax – Opole, zima 2017/2018

Drzewo nr.	Ulica	Rodzaj systemu	Adsorpcja soli na 1 m ² tacy [g/m ²]	Pole tacy (m ²)	Całkowita ilość zatrzymanej soli [g]
1	1 - Sosnkowskiego	MC	113,0	2	226

2	2- Sosnkowskiego	MC	273,0	2	546
3	1- 1 Maja	MC	1393,3	1,5	2090
4	2- 1 Maja	MC	793,3	1,5	1190
5	3- 1 Maja	MC	892,0	1,5	1338
6	1 - Ozimska	MC	674,0	2	1348
7	1 - Armii Krajowej	MC	304,0	2,5	760
8	1- Damrota	MC	391,0	1,44	563
9	2- Damrota	MC	311,8	1,44	449
10	3- Damrota	SMCR	591,0	1,44	851
11	4- Damrota	SMCR	354,2	1,44	510

Legenda:

SMCR – Mikrokolumna z retencją

MC – Pojedyncza kolumna - mulczowanie

W zależności od lokalizacji chronionego drzewa i zastosowanego systemu zanotowano różne wartości zatrzymanej soli: od 226 gramów na drzewo do 2090 gramów. Wszystkie chronione drzewa były zlokalizowane w mocno zurbanizowanych obszarach i przy trasach przelotowych. Wszystkie podlegały istotnym obciążeniom solą, a różnice między nimi były znaczące. Średnia ilość soli zatrzymanej na jedno drzewo wynosiła **897** gramów.

6 .Ocena skuteczności systemu w warunkach kontrolowanych zimy 2016/17 i 2017/18

Zarówno zimą 2016/2017 jak i 2017/2018 badania przeprowadzono równolegle w warunkach kontrolowanych na polu testowym oraz w warunkach rzeczywistych na profesjonalnie odladzanych ulicach miast. Pole badawcze przygotowano na odizolowanym trawniku w chronionym obszarze na przedmieściu Opola. Trzy systemy: SMC, SMCR i MC były solone i monitorowane w tym samym czasie, w tych samych warunkach pogodowych i przy użyciu tej samej soli jaka była stosowana do zimowego utrzymania dróg miejskich. Gdy warunki pogodowe zmuszały służby miejskie do stosowania soli w celu odladzania dróg i chodników, sól była również rozsypywana na polu kontrolnym. Każdą tacę obciążano 12-krotnie dawką 40g soli drogowej na m² (łącznie 480g soli w całym okresie zimowym na m² tacy ochronnej). Po stopieniu śniegu wszystkie adsorbentery zostały zebrane następnie zmierzono ilość chlorku sodu (zobacz: metodyka). Efektywność wszystkich systemów w warunkach kontrolowanych przedstawiono w tablicy 5.

Tablica 5: Efektywność systemu w warunkach kontrolowanych podana w %

Typ systemu	Efektywność (%)	
	Zima 2016/2017	Zima 2017/2018
SMCR	93%	86%
SMC	36%	31%
MC	31%	28%

Legenda:

SMCR – Mikrokolumna z retencją

SMC – Mikrokolumna

MC – Pojedyncza kolumna - mulczowanie

**Nieco niższa skuteczność wszystkich systemów zimą 2017/2018 wynikała ze zróżnicowanych warunków pogodowych. Zima 2017/2018 była w Polsce raczej ciepleja z przelotnymi opadami deszczu oraz krótkimi okresami suchymi, co mogło spowodować wymywanie soli z adsorbentery.*

Zimą 2016/17 testowano 2 typy absorberów (absorbentery impregnowane mocznikiem oraz absorbentery nieimpregnowane). Zimą 2016/17 najwyższą skuteczność wykazał system SMCR (mikrokolumna z retencją wypełniona impregnowanymi absorberami). Postawiono hipotezę, że w tym układzie część chlorku sodu rozpuszczonego w wodzie została zastąpiona mocznikiem, jednak na skuteczność systemu mogły również wpłynąć inne mechanizmy. Zimą 2017/18 zrezygnowano ze stosowania absorberów impregnowanych ze względu na ryzyko przenawożenia azotem.

Na podstawie badań w warunkach kontrolowanych stwierdzono, że najskuteczniejszym systemem jest system SMCR - mikrokolumna z retencją ze skutecznością wychwytu soli na poziomie 86% (zima 2017/18) i 93% (zima 2016/17). Pozostałe 2 systemy wykazały mniejszą skuteczność. System SMC - mikrokolumna: 36% (zima 2016/17) i 31% (zima 2017/18). System MC - Pojedyncza kolumna – mulczowanie: skuteczność 31% (zima 2016/17) oraz 28% (zima 2017/18).

7. Wpływ systemu Odsalax na zasolenie gleb

Zasolenie gleby spowodowane jest wieloletnim nagromadzeniem w roztworze glebowym łatwo rozpuszczalnych soli nieorganicznych. w przypadku obszarów silnie zurbanizowanych najpowszechniejsze i najbardziej szkodliwe jest zasolenie związane z chlorkiem sodu stosowanym powszechnie do odładzania dróg i chodników.

W celu oceny wpływu systemu ODSALAX na zasolenie gleb przeprowadzono badania porównawcze.

Z uwagi na fakt, że w badanych glebach nastąpiła wieloletnia akumulacja różnych jonów zasolenie gleby określano w sposób pośredni poprzez pomiar ich koncentracji w roztworze glebowym na podstawie przewodnictwa jonowego (przewodność elektrolityczna właściwa - mS/cm). Przewodność elektrolityczną właściwą oznaczano w wyciągach wodnych sporządzonych przy stosunku 1 : 5 suchej masy gruntu do ilości wody.

Zbadano stan zasolenia gleb na początku zimy tuż przed zastosowaniem systemu i bezpośrednio po demontażu tac ochronnych. W celu oceny skuteczności systemu ODSALAX przebadano także gleby z mis drzew niechronionych, rosnących w bezpośrednim sąsiedztwie traktując je jako grupę kontrolną. Wyniki badań przedstawiono w tablicach 6 i 7.

Tablica 6: Pomiar zasolenia gleb, Warszawa sezon 2017/18

Drzewo nr.	Opis próbki	Lokalizacja	Przewodność roztworu glebowego (mS/cm)		Wzrost zasolenia gleby w %
			Gleba pobrana przed montażem systemu	Gleba pobrana po demontażu systemu	
1	ODSALAX	21. Koszykowa	0,461	0,695	51%
2	ODSALAX	22. Koszykowa	0,408	0,605	48%
3	ODSALAX	1. Piękna (Ambasada)	0,401	0,420	5%
4	ODSALAX	2. Piękna (Ambasada)	0,387	0,423	9%
5	ODSALAX	3. Piękna (Ambasada)	0,360	0,375	4%
6	ODSALAX	4. Piękna (Ambasada)	0,397	0,526	32%
7	ODSALAX	5. Piękna (Ambasada)	0,427	0,550	29%

8	ODSALAX	6. Piękna (Ambasada)	0,430	0,864	101%
	Kontrola	7. Piękna (Ambasada)	0,530	2,064	289%
	Kontrola	8. Piękna (Ambasada)	0,464	0,685	48%
	Kontrola	9. Piękna (Ambasada)	0,413	1,335	223%
	Kontrola	10. Piękna (Ambasada)	0,543	1,045	92%
	Kontrola	11. Piękna (Ambasada)	0,520	0,980	88%
	Kontrola	12. Piękna (Ambasada)	0,485	1,072	121%
9	ODSALAX	13. Piękna	0,384	0,731	90%
10	ODSALAX	14. Piękna	0,431	0,552	28%
11	ODSALAX	15. Piękna	0,440	0,719	63%
12	ODSALAX	16. Piękna	0,435	0,501	15%
	Kontrola	17. Piękna	0,441	1,709	288%
	Kontrola	18. Piękna	0,401	1,383	245%
	Kontrola	19. Piękna	0,485	0,859	77%
	Kontrola	20. Piękna	0,436	1,430	228%

Legenda:

Kontrola – Drzewo niechronione systemem ODSALAX

ODSALAX – Drzewo chronione systemem ODSALAX



- Poziom zasolenia niebezpieczny dla większości roślin



- Koncentracja soli toksyczna dla prawie wszystkich gatunków roślin

Tablica 7: Pomiar zasolenia gleb, Kraków sezon 2017/18

Drzewo nr.	Opis próbki	Lokalizacja	Przewodność roztworu glebowego (mS/cm)		Wzrost zasolenia gleby w %
			Gleba pobrana przed montażem systemu	Gleba pobrana po demontażu systemu	
1.	ODSALAX	23. ul. Świętej Gertrudy	0,565	0,645	14%
2.	ODSALAX	24. ul. Świętej Gertrudy	0,507	0,585	15%
3.	ODSALAX	25. ul. Świętej Gertrudy	0,441	0,543	23%
4.	ODSALAX	26. ul. Świętej Gertrudy	0,460	0,548	19%
5.	ODSALAX	27. ul. Świętej Gertrudy	0,491	0,605	23%
6.	ODSALAX	28. ul. Świętej Gertrudy	0,489	0,626	28%
7.	ODSALAX	29. ul. Świętej Gertrudy	0,418	0,680	63%
8.	ODSALAX	30. ul. Świętej Gertrudy	0,464	0,645	39%
9.	ODSALAX	31. ul. Świętej Gertrudy	0,435	0,539	24%
10.	ODSALAX	32. ul. Świętej Gertrudy	0,443	0,505	14%
11.	ODSALAX	33. ul. Świętej Gertrudy	0,511	0,578	13%
12.	ODSALAX	34. ul. Świętej Gertrudy	0,398	0,595	49%
13.	ODSALAX	35. ul. Świętej Gertrudy	0,441	0,611	39%
14.	ODSALAX	36. ul. Świętej Gertrudy	0,467	0,503	8%
15.	ODSALAX	37. ul. Wrocławska	0,502	0,563	12%
16.	ODSALAX	38. ul. Wrocławska	0,542	0,576	6%
17.	ODSALAX	39. ul. Wrocławska	0,497	0,625	26%
18.	ODSALAX	40. ul. Wrocławska	0,459	0,524	14%
19.	ODSALAX	41. ul. Wrocławska	0,479	0,580	21%
	Kontrola	42. ul. Wrocławska	0,453	1,353	199%

	Kontrola	43. ul. Wrocławska	0,547	0,972	78%
	Kontrola	44. ul. Wrocławska	0,483	1,030	113%
	Kontrola	45. ul. Wrocławska	0,535	0,832	56%
28.	ODSALAX	Plac Niepodległości	0,463	0,527	14%
29.	ODSALAX	46. ul. Prusa	0,455	0,495	9%
30.	ODSALAX	47. ul. Prusa	0,446	0,506	13%
31.	ODSALAX	48. ul. Prusa	0,474	0,576	22%
	Kontrola	49. ul. Prusa	0,472	0,690	46%
	Kontrola	50. ul. Prusa	0,362	0,596	65%
32.	ODSALAX	55. ul. Mazowiecka	0,416	0,480	15%
33.	ODSALAX	56. ul. Mazowiecka	0,474	0,521	10%
	Kontrola	57. ul. Mazowiecka	0,510	0,989	94%
	Kontrola	58. ul. Mazowiecka	0,452	1,177	160%
34.	ODSALAX	53. ul. Filarecka	0,469	0,556	19%
35.	ODSALAX	54. ul. Filarecka	0,471	0,645	37%

Legenda:

Kontrola – Drzewo niechronione systemem ODSALAX

ODSALAX – Drzewo chronione systemem ODSALAX



- Poziom zasolenia niebezpieczny dla większości roślin



- Koncentracja soli toksyczna dla prawie wszystkich gatunków roślin

Szkodliwość zasolenia określono na podstawie skali [Gołda T. Rekultywacja. Uczelniane Wydawnictwo Naukowo-Dydaktyczne AGH . Kraków 2005] :

- do 0,5 mS/cm - koncentracja soli tolerowana przez wszystkie rośliny
- do 1,0 mS/cm - wartość graniczna zasolenia dla roślin wrażliwych
- do 2,0 mS/cm - występowanie objawów uszkodzeń nawet przy dobrym uwilgotnieniu u wielu gatunków roślin, a w okresach suszy uszkodzenia dotyczą większość roślin
- powyżej 2,0 mS/cm - koncentracja toksyczna dla prawie wszystkich gatunków.

W Warszawie średnie zasolenie gleb objętych ochroną po sezonie zimowym wyniosło 0,58 mS/cm, a gleb nieobjętych ochroną 1,25 mS/cm. W Krakowie średnie zasolenie dla gleb objętych ochroną wynosiło 0,56 mS/cm, a gleb niechronionych 0,88 mS/cm.

Uzyskane wyniki zarówno w Warszawie jak i w Krakowie jednoznacznie wskazują, że gleby na obszarach niechronionych systemem Odsalax (kontrola) zawierają większą ilość chlorku sodu niż te objęte ochroną. Na silnie zurbanizowanych obszarach zasolenie gleb niechronionych sięga nawet powyżej 2,0 mS/. Wyniki wskazują, że zastosowanie systemu Odsalax pozwala utrzymać zasolenie gleb poniżej 1,0 mS/cm, co jest wartością graniczną dla roślin wrażliwych.

8. Wnioski

Wyniki badań wskazują, że najskuteczniejszą metodą ochrony roślin i gleby przed solą drogową zarówno w warunkach kontrolowanych jak i rzeczywistych jest użycie mikrokolumn z systemem retencji SMCR. Zimą 2016/2017 zarówno absorber impregnowany mocznikiem oraz nieimpregnowany wykazały skuteczność na podobnym poziomie. W warunkach kontrolowanych system wykazuje skuteczność na poziomie 93% (zima 2016/2017) oraz 86% (zima 2017/2018). W warunkach rzeczywistych na terenach silnie zurbanizowanych systemy wycofuje ponad 2 kg soli spod jednego drzewa w ciągu sezonu zimowego. Koszt zastosowania bardziej złożonego i nieco droższego systemu jest uzasadniony w centrach miast, gdzie drzewa stanowiące jedyną naturalną zielenią są zagrożone nie tylko przez sól, ale również przez dużą ilość nieprzepuszczalnych powierzchni wokół (beton, płytki, asfalt itp.)

W celu ochrony większych powierzchni i większej ilości drzew przy głównych ulicach uzasadnione jest użycie systemu MC (pojedyncza kolumna - mulczowanie) ze skutecznością 28 - 31% w warunkach kontrolowanych. W warunkach rzeczywistych w zależności od lokalizacji oraz intensywności odladzania system wycofuje od 0,1 kg do ponad 2 kg soli spod jednego drzewa w okresie zimowym.

Ze wstępnej analizy mikroskopowej wynika, że w badanych glebach rozwijają się głównie sinice (Cyanophyceae), okrzemki (Bacillariophyceae), zielenice (Chlorophyceae) oraz różnowiciowe (Xantophyceae). W pięciu badanych próbach stwierdzono rozwój mszaków, które wyizolowano i pozostawiono dla prowadzenia badań eksperymentalnych. Dla dokładnego określenia żywotności badanych gleb konieczne będzie przeprowadzenie również badań nad zbiorowiskami glonów występujących w glebach po zastosowaniu Odsalaxu. To pozwoli na porównanie składu jakościowego taksonów, tempa ich rozwoju i utrzymywania się składu gatunkowego.

Zasolenie gleb

Szkodliwość zasolenia określa się na podstawie skali [Gołda T. Rekultywacja. Uczelniane Wydawnictwo Naukowo-Dydaktyczne AGH . Kraków 2005] :

- do 0,5 mS/cm - koncentracja soli tolerowana przez wszystkie rośliny
- do 1,0 mS/cm - wartość graniczna zasolenia dla roślin wrażliwych
- do 2,0 mS/cm - występowanie objawów uszkodzeń nawet przy dobrym uwilgotnieniu u wielu gatunków roślin a w okresach suszy uszkodzenia dotyczą większość roślin
- powyżej 2,0 mS/cm - koncentracja toksyczna dla prawie wszystkich gatunków.

System ODSALAX jest skutecznym sposobem ograniczenia zasolenia gleb w okresie zimowym.

Zastosowanie systemu pozwala utrzymać zasolenie gleb poniżej 1,0 mS/cm co jest wartością graniczną dla roślin wrażliwych.

Kontakt:



**Centrum Badawczo – Produkcyjne
„Alcor” Sp. z o.o.**
45-130 Opole, ul. Kępska 12

Jarosław Kozak, Tel. 530-099-713;
e-mail: kozak@alcor.pl
Mateusz Szar, Tel. 607-901-211;
e-mail: szar@alcor.pl



Instytut Botaniki im. W. Szafera
Polskiej Akademii Nauk
31-512 Kraków, ul. Lubicz 46
Prof. Dr hab. Andrzej Chlebicki
e:mail: a.chlebicki@botany.pl

Spis tablic

Tablica 1: Ilość soli zatrzymanej przez system Odsalax – Opole, zima 2016/2017.....	9
Tablica 2: Ilość soli zatrzymanej przez system Odsalax – Kraków, zima 2017/2018.....	14
Tablica 3: Ilość soli zatrzymanej przez system Odsalax - Warszawa, zima 2017/2018.....	15
Tablica 4: Ilość soli zatrzymanej przez system Odsalax – Opole, zima 2017/2018.....	16
Tablica 5: Efektywność systemu w warunkach kontrolowanych podana w %.....	18
Tablica 6: Pomiar zasolenia gleb, Warszawa sezon 2017/18	19
Tablica 7: Pomiar zasolenia gleb, Kraków sezon 2017/18.....	21

Spis ilustracji

Rys. 1: Obraz mikroskopowy pustych przestrzeni w matrycy organicznej zrębków wierzby wiciowej...5	
Rys. 2: Obraz mikroskopowy kryształów chlorku sodu wewnątrz pustych przestrzeni w matrycy.....5	
Rys. 3: Mikrokolumna z retencją - schemat działania.....	6
Rys. 4: Mikrokolumna z retencją w warunkach rzeczywistych.....	6
Rys. 5: Mikrokolumna z retencją - schemat przepływu.....	6
Rys. 6: Mikrokolumna - schemat działania.....	7
Rys. 7: Mikrokolumna w warunkach rzeczywistych.....	7
Rys. 8: Mikrokolumna - schemat przepływu.....	7
Rys. 9: Pojedyncza kolumna – mulczowanie schemat działania.....	8
Rys. 10: Pojedyncza kolumna - mulczowanie w warunkach rzeczywistych.....	8
Rys. 11: Pojedyncza kolumna - mulczowanie schemat przepływu.....	8