

Bonifacy ŁYKOWSKI

Romuald MADANY

Katedra Rekultywacji Środowiska Przyrodniczego SGGW

Ocena wpływu lokalnych warunków klimatycznych na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń w rejonie Zakładów Chemicznych „Police”

Wstęp

Lokalne zróżnicowanie klimatu występuje w wyniku oddziaływania miejscowych warunków termicznych podłoża oraz czynnika dynamicznego. Poziome gradienty temperatury osiągają często znaczne wartości w wypadku dużego zróżnicowania właściwości fizycznych podłoża, dlatego mogą stykać się ze sobą obszary łatwo nagrzewające się (np. ugór, powierzchnie dachów) i obszary nagrzewające się wolniej, tzw. atermiczne (woda, teren podmokły, roślinność). Znaczny wpływ na poziome zróżnicowanie temperatury podłoża ma nachylenie i ekspozycja terenu względem stron świata, od których zależy ilość energii słonecznej dochodzącej do danej powierzchni. Ważnym czynnikiem kształtowania się klimatu lokalnego jest rzeźba terenu i przeszkody terenowe (zadrzewienia, budynki itp.) dające efekt dynamiczny w postaci hamowania prędkości, unoszenia się i opły-

wania strumienia powietrza pod działaniem różnych przeszkód. Wszystkie wyżej wymienione czynniki wpływają w istotnym stopniu na poziome ruchy powietrza (wiatr) oraz na ruchy pionowe (konwekcyjne) i turbulencyjne (nieuporządkowane). W terenie płaskim, jaki występuje w rejonie Polic, lokalne ruchy powietrza kształtują się głównie pod wpływem zróżnicowania temperatury podłoża. Na obszarze o wyższej temperaturze cieplejsze powietrze jako lżejsze w stosunku do otaczającego unosi się do góry, a dołem napływa powietrze chłodniejsze. W dalszej części opracowania przedstawiona zostanie ocena możliwości oddziaływania omawianych zjawisk w rejonie Zakładów Chemicznych „Police” na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń powietrza. Miejscowe warunki klimatyczne mogą bowiem sprzyjać lub przeciwdziałać koncentracji zanieczyszczeń w powietrzu przez odpowiednie oddziaływanie na lokalne ruchy powietrza.

Założenia metodyczne

Przy ocenie klimatu lokalnego posługujemy się najczęściej danymi archiwalnymi z pobliskich stacji meteorologicznych, a także korzystamy z wcześniej stwierdzonych zależności lokalnego kształtowania się temperatury i ruchów powietrza pod wpływem podłoża. Wykonywanie dodatkowych pomiarów mikroklimatycznych jest stosunkowo rzadko stosowane ze względu na wysoki koszt i czasochłonność takich prac. W niniejszej pracy wykorzystano opracowania klimatyczne zawarte w *Atlasie klimatycznym Polski* (1971–1979) oraz metodykę oceny klimatu lokalnego przedstawioną przez Paszyńskiego (1980). Wydzielone typy topoklimatu przedstawiono na mapie topograficznej.

wyspie Wolin dochodzą do 114 m n.p.m., a na Wzgórzach Warszawskich (leżących na północ od Szczecina) do 131 m n.p.m. Tak wyraźne sterowanie wiatrów dolnych na Nizinie Szczecińskiej jest związane także z występującymi tu głównie wiatrami słabymi i bardzo słabymi (tab. 2).

Z liczb tabeli 2 wynika, że rozpatrywana łącznie częstość występowania wiatrów bardzo słabych i wiatrów słabych wynosi na stacji Świnoujście 77,4%, na stacji Międzyzdroje 84,1%, na stacji Szczecin-Dąbie 66,9% i na stacji Szczecin-Łabędzia 76,2% wszystkich wiatrów i cisz. Wyraźne (około 10%) zmniejszenie częstości występowania słabych i bardzo słabych wiatrów na stacjach w Świnoujściu i w Szczecinie-Dąbiu zostało spowodowane umieszczeniem wiatromierzy na wyżej położonym miejscu (tab. 3).

TABELA 1. Roczne rozkłady częstości wiatru na poszczególne kierunki i cizze, przedstawione w procentach wszystkich wiatrów i cisz, na stacjach meteorologicznych zlokalizowanych na Nizinie Szczecińskiej, w latach 1951–1960 wg danych *Atlasu klimatycznego Polski*, 1971–1979

Stacja meteorologiczna	Kierunki wiatru dolnego [%]								Cizze	Suma
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW		
Międzyzdroje	6,8	16,1	13,8	12,7	8,9	14,5	16,3	7,7	3,2	100,0
Świnoujście	9,9	10,7	17,0	11,7	10,1	8,8	14,5	10,5	6,8	100,0
Szczecin-Dąbie	6,2	9,9	9,4	11,8	5,9	25,3	14,6	6,3	10,6	100,0
Szczecin-Łabędzia	17,1	14,8	9,5	5,1	5,1	9,9	14,5	16,1	7,9	100,0

Wyniki opracowania

Kierunek i prędkość wiatru. Roczne rozkłady częstości wiatrów dolnych wykazują na Nizinie Szczecińskiej znaczne różnicowanie przestrzenne (tab. 1 i 2).

Dane zestawione w powyższej tabeli wskazują na wyraźne sterowanie wiatrów dolnych przez występujące w tym rejonie wzgórze o znacznej wysokości, które na

W celu wyboru stacji reprezentującej przeciętne warunki anemometryczne Niziny Szczecińskiej i rozpatrywanego rejonu Zakładów Chemicznych „Police”, zostały porównane przeważające kierunki wiatru (położenia kwadrantów największej częstości) na stacjach zlokalizowanych w północno-zachodniej Polsce (tab. 3).



RYSUNEK. Typy topoklimatu (opis w tekście)

TABELA 2. Roczne rozkłady częstości wiatru na poszczególne przedziały prędkości i cisze (przedstawione w procentach wszystkich wiatrów i cisz) na stacjach meteorologicznych zlokalizowanych na Nizinie Szczecińskiej w latach 1951–1960 (wg danych *Atlasu klimatycznego Polski*, 1971–1979)


Przedziały cisz i przedziały prędkości wiatru	Stacje meteorologiczne [%]			
	Międzyzdroje	Świnoujście	Szczecin-Dąbie	Szczecin-Łąbedzia
Cisza [$v = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$]	6,8	3,2	10,6	7,9
Wiatry bardzo słabe [$0 < v < 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$]	38,8	28,0	25,9	33,1
Wiatry słabe [$2 < v < 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$]	45,3	49,4	41,0	43,1
Wiatry umiarkowane [$5 < v < 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$]	7,3	19,1	21,5	15,2
Wiatry silne [$10 < v < 15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$]	1,1	0,3	0,9	0,7
Wiatry bardzo silne [$v > 15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$]	0,7	•	0,1	•

- występowanie sporadyczne

TABELA 3. Położenie środka kwadrantu największej rocznej częstości wiatrów dolnych oraz roczna częstość wiatrów w tych kwadrantach w Polsce północno-zachodniej, w latach 1951–1960 (obliczono na podstawie danych *Atlasu klimatycznego Polski*, 1971–1979)

Stacja meteorologiczna	Położenie geograficzne			Położenie środka kwadrantu	Roczna częstość wiatrów w kwadrancie (w % wszystkich wiatrów i cisz)
	φ_N	λ_E	H_s^a		
Kołobrzeg	54°11"	15°35"	22,0	241	33,4
Międzyzdroje	53°56"	14°27"	14,0	96	29,3
Świnoujście	53°55"	14°14"	20,0	248	30,8
Szczecinek	53°43"	16°41"	12,0	273	36,3
Szczecin-Łąbedzia	53°27"	14°33"	10,0	345	33,6
Szczecin-Dąbie	53°24"	14°37"	21,5	239	40,4
Gorzów Wielkopolski	52°44"	15°15"	14,0	254	31,5

a – wysokość wiatromierza [m nad poziomem ziemi].

 stacje o silnym sterowaniu wiatrem; nie reprezentujące warunków anemometrycznych regionu.

Dane zamieszczone w powyższej tabeli zostały wyznaczone metodą opartą na aproksymacji parabolicznej środków czterech przedziałów częstości skupionych wokół przedziału zawierającego modę (Wierzbicki 1968).

Z liczb tabeli 3 wynika, że stacją w pełni przydatną do charakterystyki stosunków anemometrycznych na Nizinie Szczecińskiej w rejonie Zakładów Chemicznych „Police” jest stacja Szczecin-Dąbie.

Z danych zawartych w *Atlasie klimatycznym Polski (1971–1979)* wynika, że w rejonie Zakładów Chemicznych „Police” we wszystkich miesiącach roku przeważają wiatry o kierunku SW. Wiosną zwiększa się wyraźnie częstość wiatrów o kierunkach NE, E i SE. Latem wiatry z kwadrantu zachodniego zaczynają osiągać najwyższą częstość, z tym że w kwadrancie tym największy udział mają nadal wiatry o kierunku SW. Kierunki N i S mają najmniejszą częstość występowania, przy czym wiatry północne zwiększają częstość występowania wiosną, a wiatry południowe – jesienią.

Wzniesienia szczecińskie wywołują lokalne zmiany rozkładu częstości wiatrów dolnych w stopniu tak dużym, że najczęstszym kierunkiem wiatru staje się kierunek N, a kierunki NE i NW osiągają wtórne zbliżone do siebie maksima częstości. Wskutek sterowania lokalnego wiatru ulegają bardzo silnemu zmniejszeniu częstości kierunków SE i S. Wzniesienia szczecińskie zmniejszają także częstość występowania cisz, zarówno w ciągu roku, jak i w poszczególnych miesiącach. Nie wywierają natomiast istotne-

go wpływu na średnie miesięczne prędkości wiatru.

Typy topoklimatu. Na załączonej mapie topoklimatycznej okolic składowiska siarczanu żelazowego i Zakładów Chemicznych „Police” (rys.) przedstawiono klasyfikację topoklimatu, na podstawie której oceniona została rola tego czynnika w lokalnej koncentracji zanieczyszczeń powietrza. Ze względu na to, że omawiany obszar charakteryzuje się niewielkimi deniwelacjami, zasadniczymi czynnikami decydującymi o warunkach wentylacyjnych jest kierunek i prędkość wiatru w skali regionu szczecińskiego oraz zróżnicowanie właściwości fizycznych podłoża, które może przy pogodzie słonecznej wytwarzać na tyle duże poziome kontrasty termiczne w terenie, że uruchamia się działanie zjawiska prądów konwekcyjnych (pionowych) i turbulencyjnych (bezlądnych) w atmosferze, prowadzących do rozpraszania zanieczyszczeń (samooczyszczanie atmosfery).

Posługując się klasyfikacją topoklimatu Paszyńskiego (1980) wyróżniono następujące jednostki (rys.):

1. Topoklimat obszarów leśnych. Ze względu na niezbyt duże wartości energii słonecznej dochodzącej do dna lasu, obszary te charakteryzują się słabą wymianą pionową powietrza ku górze. Niższa temperatura podłoża na tym obszarze w stosunku do terenów sąsiednich zajmowanych przez ugór, pole uprawne z niską szatą roślinną, zabudową Zakładów Chemicznych „Police” i mieszkaniową, obszar lasu stanowi poziomy kontrast termiczny, sprzyjający roz-

wojowi ruchów powietrza ku górze na obszarach poza lasem, wyłączając tereny podmokłe.

2. Topoklimat form wklęsłych – łąki w dolinach rzek, obniżenia terenu z łąką suchą lub podmokłą, zabagnienia. Ze względu na duże zużycie energii na parowanie i transpirację, temperatura podłoża w ciągu dnia jest tu niższa aniżeli na obszarze przyległym do składowiska i Zakładów Chemicznych „Police”. Są to tereny tzw. atermiczne. Znaczny poziomy kontrast termiczny nie sprzyja rozwojowi ruchów powietrza ku górze na tych terenach, a jedynie na terenach przyległych. W ramach tej jednostki występuje obszar łąki suchej, który okresowo oddziałuje w sposób zbliżony do obszaru pól uprawnych lub łąki podmokłej.
3. Topoklimat form płaskich poza dolinami. Zaliczono do tej grupy tereny użytkowane rolniczo i ugory bez większych kompleksów zadrzewień ze znaczną przewagą gleb lekkich. Temperatura podłoża w ciągu dnia na tych obszarach jest wyższa aniżeli w jednostkach 1 i 2. Są to więc tereny, na których przy pogodzie słonecznej występują prądy powietrza ku górze.
4. Topoklimat obszarów zurbanizowanych i uprzemysłowionych. Chodzi tu głównie o tereny Zakładów Chemicznych „Police” (miasto Police odgrywa mniejszą rolę w wymianie powietrza na terenie zakładów chemicznych i składowiska). Temperatura powierzchni ziemi i obiektów przemysłowych na tym obszarze może być w dni słoneczne znacznie wyższa od

temperatury terenów przyległych. Sprzyja to rozwojowi wstępujących prądów powietrza i rozpraszaniu zanieczyszczeń. Trzeba jednak zaznaczyć, że w okresie nocy na terenie Zakładów Chemicznych „Police” i składowiska może nastąpić silna koncentracja zanieczyszczeń w powietrzu.

Podsumowanie

Występujące w rejonie składowiska i Zakładów Chemicznych „Police” typy topoklimatu stwarzają pozornie dobre warunki poziomego kontrastu termicznego, sprzyjającego ruchom powietrza prowadzącym do zmniejszania stężenia zanieczyszczeń w powietrzu. Intensywność tego zjawiska jest jednak ograniczana stosunkowo niewielkimi powierzchniami o podłożu kontrastującym termicznie (teren składowiska i Zakłady Chemiczne „Police”, niewielkie powierzchnie terenu, silnie uwilgocone). Występuje też stosunkowo mała prędkość wiatru w całym regionie szczecińskim. Szczególnie niekorzystne warunki wentylacyjne występują w rejonie składowiska, gdyż przylegające bezpośrednio tereny mają charakter słabo kontrastujący termicznie (teren silnie uwilgotniony od zachodu ma zbyt małą powierzchnię). Pewnym plusem jest to, że przy pogodzie silnie insolacyjnej (słonecznej), gdy pylenie składowiska wzrasta, nawet mniejsze kontrasty termiczne podłoża wystarczają do zainicjowania ruchów powietrza. Nocą i przy pogodzie o małej prędkości wiatru, na terenie składowiska i Zakładów Chemi-

cznych „Police” może wystąpić znaczny wzrost koncentracji zanieczyszczeń powietrza nawet przy małej emisji. W ciągu dnia teren składowiska jest na ogół atermiczny, co sprzyja koncentracji zanieczyszczeń. Z chwilą wystąpienia wiatru, z terenu składowiska mogą być odrywane z podłoża nawet wilgotne cząsteczki, które w powietrzu stanowią wtedy aerozol stało-ciekły.

Bez pomiarów natężenia emisji zanieczyszczeń nie można obliczyć zasięgu i kierunków rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń ze składowiska. Można jedynie ogólnie ocenić, że zasięg zanieczyszczeń pyłowych i aerozoli ciekłych może sięgać odległości kilku kilometrów, a zanieczyszczeń gazowych prawie do 20

km. Wymagane jest więc wprowadzenie systematycznych pomiarów zanieczyszczeń powietrza, w tym pomiarów meteorologicznych (monitoring powietrza atmosferycznego).

Literatura

- Atlas klimatyczny Polski wraz z częścią tabelaryczną*, 1971–1979: WKiŁ, Warszawa.
- PASZYŃSKI J. 1980: *Metody sporządzania map topoklimatycznych*. Dokumentacja geograficzna. Metody opracowań topoklimatycznych IGiPZ PAN, z. 3, Warszawa.
- WIERZBICKI Z. 1968: *Podstawy rachunkowego określania najprawdopodobniejszych kierunków prądów powietrznych*. Biul. Tech. Energoprojektu, z. 2.