

ANNA ŚWIERCZ

Wykorzystanie kory sosny zwyczajnej do oceny zanieczyszczeń pyłami cementowo-wapienniczymi w województwie świętokrzyskim

Suitability of pine bark to evaluate pollution caused by cement-lime dust in Świętokrzyski administrative district

ABSTRACT

The aim of this paper is to show the application of pine bark to indicate the level of air contamination by cement-lime dust and to determine the impact range of cement plants.

On the basis of the measurements of $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ there are five alkali-forested spheres determined. The existence of those forested areas with various intensification of change caused by cement lime industry is also confirmed by the mineral content of bark.

KEY WORDS

pine bark, cement-lime dust, indicators

Wprowadzenie

Eksploatacja surowców skalnych w Polsce południowej ma wielowiekową tradycję. Jednak nasilenie zmian pod wpływem alkaliczacji datujące się od ponad 30 lat należy wiązać z lokalizacją licznie zgromadzonych na tym terenie cementowni, zakładów wapienniczych oraz wytwórni kruszyw. Pyły cementowe dostające się do gleb w nadmiarze powodują wzbogacenie w węglan wapnia ich poziomów genetycznych, co wywołuje szereg następstw w fitocenozach [Borowiec, Zabłocki 1983; Dale, Ball 1991; Bróź i in. 1992; Kreutzer 1995; Świercz 1997]. Szczególnie podatne na niewielkie nawet zmiany są oligotroficzne zbiorowiska borów sosnowych. Zasięg wpływu alkalicznej depozycji uzależniony jest m.in. od źródła i rodzaju emisji, odległości od emiterów, orografii terenu, częstotliwości i kierunków wiatrów [Damme, Ernst 1989; Sporek 1995; Świercz 1997].

Celem pracy jest:

- sprawdzenie przydatności kory drzew sosny zwyczajnej do indykacji stopnia zanieczyszczeń atmosfery przez pyły cementowo-wapiennicze,
- określenie zasięgu oddziaływania cementowni w nawiązaniu do wyników uzyskanych przez Sporka [1995] w borach opolskich.

Analizie poddano korę sosny znajdującej się w kompleksach leśnych ze zw. *Dicrano-Pinion* wykształconych wokół trzech cementowni w województwie świętokrzyskim.

ANNA ŚWIERCZ

Zakład Ochrony i Kształtowania Środowiska
Instytut Geografii Akademii Świętokrzyskiej
ul. Świętokrzyska 15
25-406 Kielce
swierczag@poczta.onet.pl

Material i metody

Dane doświadczalne zebrano z borów sosnowych leśnictw: Dyminy, Małogoszcz i Czyżów znajdujących się w województwie świętokrzyskim. Badane powierzchnie leśne położone są

w bezpośrednim sąsiedztwie trzech cementowni, a jedna (porównacza) w Leśnictwie Niwy poza zasięgiem emisji pyłów alkalicznych.

Łącznie z drzew stojących pobrano na wysokości pierśnicy 310 prób kory. Korę zdejmowano opaskowo. Próby kory suszono w temperaturze pokojowej, następnie przepłukiwano wodą zdejonizowaną i suszono ponownie w suszarce (około 40°C) przez 24 godziny. Wysuszony materiał roślinny rozdrabniano na pylisty proszek w młynku Fritscha.

Z każdej próby odważano po 4 g sproszkowanej kory i zalewano w zlewkach wodą destylowaną w proporcji 1:10. Po 48 godzinach zawartość zlewek mieszano i oznaczano $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ za pomocą pehametru cyfrowego.

Wybrane próby kory (55) spopielono w piecu elektrycznym w temperaturze około 480°C, a następnie po sporządzeniu roztworu w HCl-HNO_3 (proporcja 3:1), oznaczono w nich całkowitą zawartość pierwiastków metalicznych metodą ICP-AES za pomocą spektrometru Jobin-Yvon, model JY 70 PLUS.

Zależności pomiędzy $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ kory a odległością od źródła emisji pyłów badano metodą analizy regresji i korelacji liniowej. Wyniki badań odnoszono do wyników uzyskanych na leśnej powierzchni kontrolnej – wolnej od zanieczyszczeń alkalicznych.

Wyniki badań i dyskusja

Powierzchnia kontrolna została zlokalizowana na terenie Parku Krajobrazowego w okolicach miejscowości Wymysłów. Występują tu bory sosnowe *Peucedano-Pinetum* i *Leucobryo-Pinetum* z sosną w wieku 60-80 lat na glebach rdzawych i rdzawych bielcowych. Odnznaczają się one dobrą kondycją zdrowotną i prawidłowym wzrostem, bez wyraźnego wpływu antropogenicznego. Kora sosny zwyczajnej pobrana z 40 drzew odnacza się naturalnym $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ w zakresie 2,81-3,47 oraz małym współczynnikiem zmienności $V=4,06\%$ (tab. 1). Różnica badanej cechy wynosi 0,66 jednostki pH, średnia z pomiarów – 3,29 $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, zaś modalna ma wartość 3,21. Są to wartości typowe dla kory sosny z terenów wolnych od emisji przemysłowych [Biały 1983; Sporek 1995; Migaszewski 2000; Migaszewski i in. 2001].

Powierzchnie alkalizowane zostały zlokalizowane wokół trzech cementowni: Sitkówka, Małogoszcz, Ożarów. Bory sosnowe wznoszące się na terenach przyległych do cementowni odnznaczają się złą kondycją zdrowotną. Sosna, choć znajduje się w podobnej klasie wieku jak na powierzchni kontrolnej, odnacza się słabym przyrostem i znaczną defoliacją koron. Kora sosny

Tabela 1.

Statystyczna zmienność $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ kory na powierzchniach badań
Statistical variability pine bark $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ valuets on the investigated area

Lokalizacja	Strefa I	Strefa II	Strefa III	Strefa IV	Strefa V	Liczba prób
	Zakres zmienności $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$					
	pH min-maxs					
	$x/s/V$					
Sitkówka	7,91-8,51 8,12/0,18/2,22	6,72-7,14 7,03/0,19/2,71	5,52-6,43 6,31/0,31/4,89	4,31-4,90 4,71/0,18/3,83	3,54-3,90 3,59/0,17/4,72	90
Ożarów	7,32-8,21 7,92/0,19/2,41	6,63-7,04 6,82/0,21/3,01	5,32-6,12 6,03/0,28/4,69	4,11-4,70 4,4/0,19/4,31	3,2-3,7 3,38/0,18/4,71	90
Małogoszcz	7,23-7,91 7,51/0,19/2,53	6,53-6,81 6,62/0,18/2,72	5,04-6,03 5,20/0,32/6,15	4,03-4,51 4,13/0,18/4,39	3,10-3,45 3,38/0,16/4,71	90
Kontrolna	–	–	–	–	2,81-3,47 3,21/0,13/4,06	40

x – średnia; s – odchylenie standardowe; V – współczynnik zmienności w [%]
x – mean; s – standard deviation; V – variability coefficient in [%]

została pobrana łącznie z 270 drzew rosnących od 300 m do 6 km od cementowni (po 90 prób) na powierzchniach wokół cementowni w Nowinach, w Małogoszczu i Ożarowie.

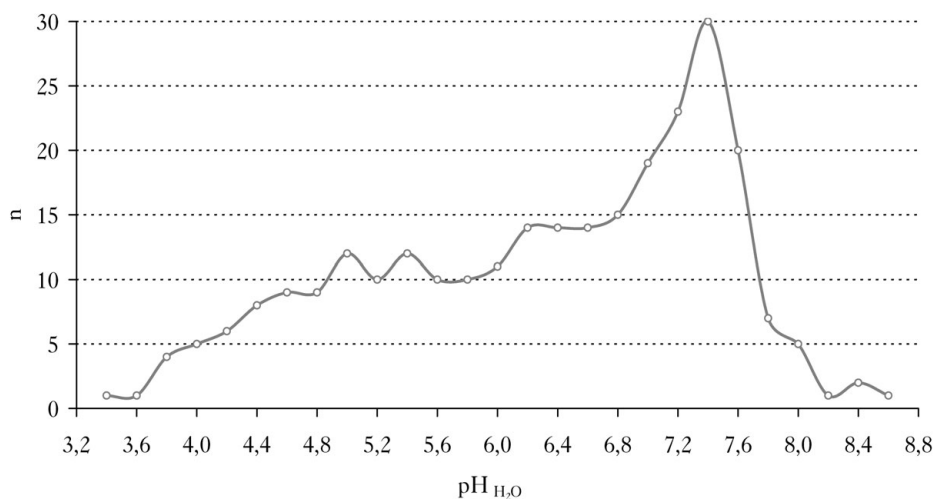
Powierzchnie silnie alkalizowane odznaczają się wysokim odczynem $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ kory w zakresie 6,53-8,5 (w I i II strefie najintensywniejszego oddziaływania cementowni do 1,5 km) i bardzo małym współczynnikiem zmienności od $V=2,2\%$ do $3,01\%$ (tab. 1). Rozkład liczebności pomiarów $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ kory na powierzchniach alkalizowanych jest prawoskośny i wskazuje, że pomierzone wartości 53% badanych prób mieszczą się w przedziale 6,6-8,5 (ryc. 1), a dalsze 35% prób zawierają się w przedziale 5,2-6,5 wartości $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$. Na tej podstawie można wnioskować o znacznym przekształceniu badanych ekosystemów leśnych.

W miarę oddalania się od źródła zanieczyszczeń opad pyłów cementowo-wapiennicznych obniża się, co znajduje potwierdzenie w zmiennych wartościach $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ kory sosny (ryc. 2).

Największymi wartościami $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ kory sosny odznaczają się zbiorowiska borowe wykształcone wokół cementowni w Sitkówce, co znajduje potwierdzenie w największej emisji zorganizowanej i niezorganizowanej spośród trzech badanych cementowni (13). Stwierdzone wartości $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ kory sosny terenów alkalizowanych są średnio 2,5 razy większe w porównaniu z wynikami uzyskanymi na powierzchni kontrolnej.

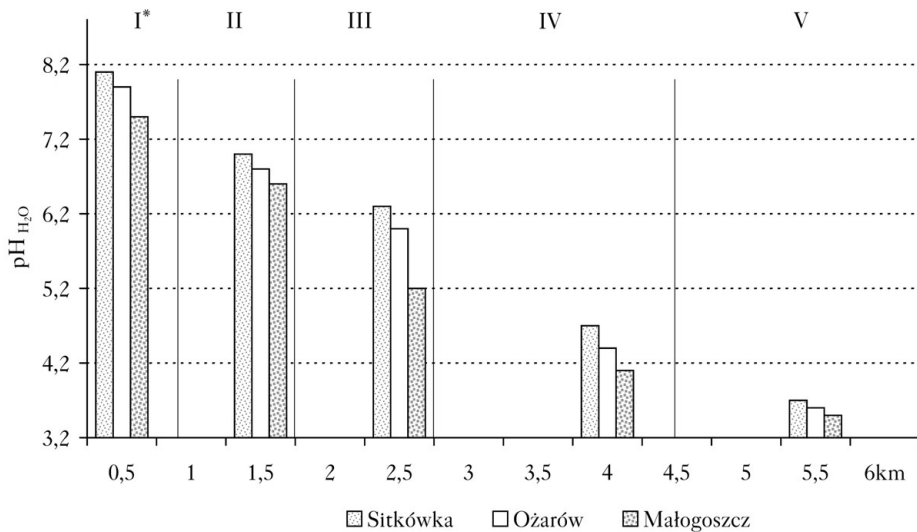
Zawartość pierwiastków metalicznych w próbach kory pobranych z terenów alkalizowanych wskazują na wyraźne różnice pomiędzy terenami przekształconymi a powierzchnią kontrolną (tab. 2).

Zawartość wapnia w korze sosny na siedliskach alkalizowanych jest około 10 razy większa i waha się od 21 000 do 51 000 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, przy zmienności $V=27,6\%$, a na powierzchni porównawczej wynosi od 2400 do 4900 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, przy współczynniku zmienności równym $24,5\%$. Zawartość potasu waha się od 112-1500 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ na powierzchniach alkalizowanych (przy $V=62,3\%$), do 30-72 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ na powierzchni porównawczej ($V=28,2\%$). Zawartość magnezu w korze sosen alkalizowanych jest ok. 10 razy większa i waha się od 620 do 913 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, przy małej wartości współczynnika zmienności $8,9\%$ (tab.2). Podobnie większe wartości stwierdzono w przypadku pozostałych pierwiastków metalicznych z wyjątkiem glinu (tab. 2), którego



Ryc. 1.

Rozkład liczebności pomiarów wartości $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ kory sosny w strefach alkalizowanych do 6 km od cementowni
Differentiation measure numbering of pine bark $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ value on the alkalic area to 6 km from cement plant



Ryc. 2.

Zmiana wartości modalnej pH_{H_2O} kory na trzech stanowiskach alkalizowanych wokół Cementowni: Sitkówka, Ożarów, Małogoszcz

The changes pH_{H_2O} modal value on the three alkalized area-cement plant: Sitkówka, Ożarów and Małogoszcz
 *zakresy intensywności oddziaływania cementowni: pięć stref alkalizacji powierzchni leśnych – range influence cement plant: five (I-V) alkalized area forest sites

Tabela 2.

Zawartość i statystyczna zmienność pierwiastków metalicznych w korze sosny na badanych powierzchniach
 The contribution and variability metallic elements in the bark sample on the investigated area

Pierwiastki metaliczne mg·kg ⁻¹	Strefy alkalizowane				Strefa kontrolna			
	min-max	średnia	odch. std.	V [%]	min-max	średnia	odch. std.	V [%]
Al	100-480	253,0	118,4	46,8	560-740	657,5	71,5	10,9
Ca	21000-51000	36758,3	10139,6	27,6	2420-4900	4200,0	1030,6	24,5
Fe	320-1400	892,7	390,9	43,8	565-711	649,5	53,5	8,2
K	112-1500	834,2	520,1	62,3	30-72	53,5	15,1	28,2
Mg	620-913	794,6	70,9	8,9	60-88	76,3	11,1	14,6
Na	20-60	33,0	15,1	45,7	20-35	27,3	5,4	19,7
Ba	5-40	24,5	13,8	56,3	2-4	3,0	0,7	23,6
Cu	8-34	15,8	8,4	52,8	6-8	7,0	0,7	10,1
Mn	24-280	125,8	95,7	76,1	65-72	68,3	2,6	3,8
Pb	21-46	32,8	7,8	23,8	37-49	43,8	5,0	11,4
Sr	7-52	32,5	18,2	56,1	8-11	9,5	1,1	11,8
Ti	9-22	15,3	4,6	29,9	15-19	16,5	1,7	10,1
Zn	38-95	69,0	20,4	29,5	26-31	28,8	1,9	6,7

Strefy alkalizowane (Sitkówka, Małogoszcz, Ożarów) – Alkalized areas; Strefa kontrolna (Wymysłów) – Control area

zawartość była nieco mniejsza i zmieniała się od 100 do 480 mg · kg⁻¹ (przy V=46,8%). Większe wartości wskaźników odchylenia standardowego (s) oraz większe wartości współczynników zmienności na powierzchniach alkalizowanych wskazują na większe rozproszenie i zróżnicowanie wyników oraz mniejszą stabilność badanych zawartości pierwiastków.

Igliwie sosny zwyczajnej wykorzystywane jest powszechnie jako dobry wskaźnik antropogenicznych zanieczyszczeń atmosfery [Molski i in. 1983; Dmuchowski, Bytnerowicz 1995; Manninen, Huttunen 1995], natomiast kora sosny była wymieniana jako biowskaźnik zanieczyszczeń atmosfery związkami zakwaszającymi, głównie siarki i azotu [m.in. Grodzińska 1993; Migaszewski 2000]. Okazała się też dobrym indykatorem zanieczyszczeń atmosfery pyłami cementowo-wapienniczymi, co wykazały opracowania Sporcka [1995]. Badania w warunkach zdecydowanie obniżonej emisji alkalicznej potwierdzają przydatność kory sosny do wyznaczenia linii zasięgowych wzmożonego oddziaływania zakładów cementowych.

Podsumowanie i wnioski

Na podstawie pomiarów $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ wyróżniono pięć stref alkalizacji powierzchni leśnych:

- ♣ strefę I, bardzo silnej presji alkalicznej do odległości 0,8 km od emitora z $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ kory w zakresie 7,2-8,5;
- ♣ strefę II, silnej presji alkalicznej do odległości 1,5 km od emitora z $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ kory w zakresie 6,5-7,1;
- ♣ strefę III, obniżonej presji alkalicznej do odległości 2,5 km od emitora z $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ kory w zakresie 5,0-6,4;
- ♣ strefę IV, ekotonową do odległości 4,5 km od emitora z $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ kory w zakresie 4,0-4,9;
- ♣ strefę V, acidofilną z $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ kory <3,9.

Podział ten potwierdza przydatność $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ kory jako biowskaźnika zanieczyszczeń alkalicznych środowiska leśnego (14). W warunkach zanieczyszczeń pyłami następuje przesunięcie $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ kory sosny od naturalnego odczynu kwaśnego do obojętnego i zasadowego. Na podstawie zmian odczynu kory można przeprowadzić w siedliskach borowych izolację stref wpływu eutrofizującego, co może mieć znaczenie przy określaniu szkód spowodowanych przez deponowane pyły cementowe oraz przy szacowaniu stanu jakości środowiska leśnego.

Istnienie stref leśnych o różnym natężeniu przekształceń przez przemysł cementowo-wapienniczy potwierdza również skład mineralny kory, a przede wszystkim zmienna zawartość wapnia, magnezu, potasu, glinu, manganu, cynku i żelaza będąca funkcją odległości od emitora i rzeczywistego opadu pyłów.

Literatura

- Biały K. 1983. Wpływ mineralnego odżywiania sosny pospolitej (*Pinus sylvestris* L.) na jej wzrost w świetle analiz składu chemicznego igieł. Acta Univ. Nicolai Copernici. Biologia XXIX- Nauki Matemat.-Przyrodn. 63: 122-170.
- Borowiec S., Zabłocki Z. 1983. Wpływ niektórych pyłów przemysłowych na właściwości chemiczne gleb leśnych. Roczn. Gleb. 24.3. Warszawa. 3-19.
- Bróż E., Kowalkowski A., Świercz A. 1992. Zmiany warunków siedliskowych oraz roślinności borów sosnowych pod wpływem emisji alkalicznej na terenach Kieleckiego Okręgu Eksploatacji Surowców Węglanowych. W: 49 Zjazd P. T. B. Streszczenia referatów i plakatów. Kielce. 109-110.
- Grodzińska K. 1983. Mchy i kora drzew jako czułe wskaźniki skażeń środowiska gazami i pyłami przemysłowymi. W: J. Fabiszewski [red.]. Biindykacja skażeń przemysłowych i rolniczych. PAN, Wrocław. 67-86.
- Dale W., Ball J. T. 1991. Environmental pollution and impacts on soils and forest nutrition in North America. W: H. W. Zöttl, R. F. Hüttl [red.]. Management of Nutrition in forests under stress. Kluwer Academic Publ. Dordrecht, Boston, London. 3-20.
- Damme M. G., Ernst W. H. 1989. Zanieczyszczenie środowiska substancjami mineralnymi. PWRiL, Warszawa.
- Dmuchowski W., Bytnerowicz A. 1995. Monitoring environmental pollution in Poland by chemical analyses of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) needles. Environm. Pollut. 87: 87-104.
- Kreutzer K. 1995. Effects of forest liming on soil processes. W: L. O Nilsson, R. F. Hüttl, U. T. Johansson [red.]. Nutrient Uptake and Cycling in Forest Ecosystems. Kluwer Academic Publ. Dordrecht, Boston, London. 447-470.
- Manninen S., Huttunen S. 1995. Scots pine needles as bioindicators of sulphur deposition. Can. J. For. Res. 25: 1559-1569.

- Migaszewski M. Z. 2000. Wykorzystanie wskaźników roślinnych do oceny zanieczyszczenia powietrza. W: S. Cieśliński, A. Kowalkowski [red.]. Monografia Świętokrzyskiego Parku Narodowego. Bodzentyn-Kraków. 441-453.
- Migaszewski Z. M., Gałuszka A., Świercz A., Kucharzyk J. 2001. Element concentrations in soils, and plants bioindicators in selected habitats of the Holy Cross Mts, Poland. Water, Air and Soil Pollut. 369-386.
- Molski B., Bytnerowicz A., Dmuchowski W. 1983. Analiza chemiczna igieł sosny zwyczajnej jako metoda oceny zanieczyszczenia środowiska w Polsce. W: J. Fabiszewski [red.]. Bioindykacja skażeń przemysłowych i rolniczych. PAN, Oddz. Wrocław, Kom. Nauk o Ziemi. 149-156.
- Raport o stanie środowiska przyrodniczego w woj. świętokrzyskim w 2000 r. WIOŚ, Kielce 2001.
- Sporek K. 1995. Odczyn kory sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) wskaźnikiem zanieczyszczeń atmosfery pyłami alkalicznymi. Sylwan 139, 9: 97-104.
- Świercz A. 1997. Wpływ emisji alkalicznej na gleby i zbiorowiska borowe w Białym Zagłębiu. PAN-Oddz. w Krakowie, KTN, WSP, Kielce. 1-230.

SUMMARY

Suitability of Pine Bark to Evaluate Pollution Caused by Cement-lime Dust in Świętokrzyski administrative district

Cement plants emitting alkali impurities have a strong influence upon the environment, thus changing its properties. The aim of this paper is to show the application of pine bark to indicate the level of air contamination by cement-lime dust and to determine the impact range of cement plants. The pine bark was analysed in the forested areas with so called. Dicrano-Pinion formed around three cement plants in the Świętokrzyski administrative district. There were 300 samples of bark collected at the breast height diameter. During the investigation pH was tested as was the mineral content in the solution of HCl-HNO₃ (3:1) after the bark had been ground and burned in the temperature of 480°C.

The test results were compared with the results gained from the controlled forested areas, free from alkali contamination. The strongly alkali areas show high pH_{H₂O} of bark in the range of 7,2-8,5 and low coefficient of change V=2,2%. The pine bark values of pH_{H₂O} in the alkali areas are on average 2,5 times as high as those achieved in the controlled area (natural pH of bark shows the range of 2,8-3,5). With the growing distance from the emitter source the fall of cement-lime dust decreases, which is confirmed by the changed pH values of pine bark. On the basis of the measurements of pH_{H₂O} there are five alkali-forested spheres determined. Sphere I – with the strong alkali pressure to the distance of 0,8 km from the emitter with pH_{H₂O} of bark in the range of 7,2-8,5; sphere II – with the strong pressure to the distance of 1,5 km from the emitter with pH_{H₂O} of bark in the range of 6,5-7,1; sphere III – with the decreased alkali pressure to the distance of 2,5 km from the emitter with pH_{H₂O} of pine in the range of 5,0-6,4; sphere IV – ecotone to the distance of 4,5 km from the emitter with pH_{H₂O} of bark in the range of 4,0-4,9; sphere V – acidifying with pH_{H₂O} of bark <3,9.

The existence of those forested areas with various intensification of change caused by cement lime industry is also confirmed by the mineral content of bark, especially with the changed content of lime, magnesium, potassium, aluminium, zinc and iron as the function of the distance from the emitter and the real dust fall.