

*Dr hab. Anita Bokwa
Uniwersytet Jagielloński
Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej
Kraków*



Rola korytarzy/obszarów przewietrzania miasta w kształtowaniu jakości powietrza w miastach - fakty i mity

*Technologie ochrony powietrza i ochrony przed hałasem. Rynek polski i niemiecki
Kraków, 25 września 2018 r.*

1. Od czego zależy jakość powietrza w mieście?

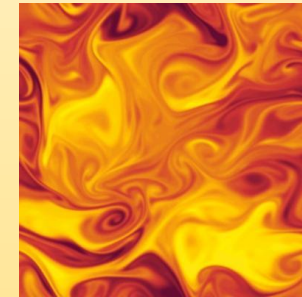
Jakość powietrza w mieście oceniamy poprzez stężenie zanieczyszczeń w danym punkcie i czasie, czyli **emisję**.

Czynniki kształtujące emisję:

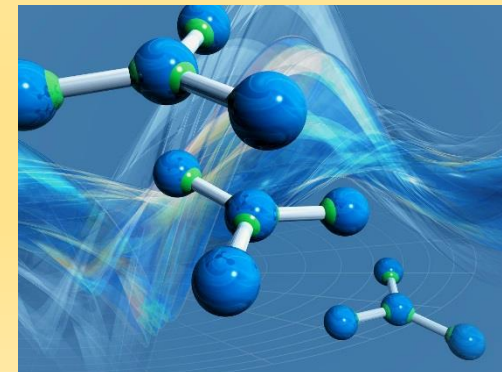
- **emisja** (zależy głównie od ilości zanieczyszczeń przemysłowych i liczby ludności)
- **warunki dyspersji** (rozprzestrzeniania się)
(w tym m.in.: **profil pionowy temperatury powietrza, opady atmosferyczne, turbulencja, wiatr i korytarze przewietrzania**)
- **przemiany chemiczne i fizyczne** zanieczyszczeń zachodzące bezustannie w atmosferze



<http://www.bing.com/images/search?view=detailv2&ccid=q38F0DL5&id=468348821406A132F0D583706B64C4EAFAC1C595&q=air+pollution+dispersion+image&simid=608043409160933091&selectedindex=524&ajahist=0>



<http://www.bing.com/images/search?view=detailv2&ccid=ib7ZN2FW&id=9F0879C463F2C32707C7B6C2D7658866C52&q=turbulence+image&simid=608053777294683100&selectedindex=88&ajahist=0>

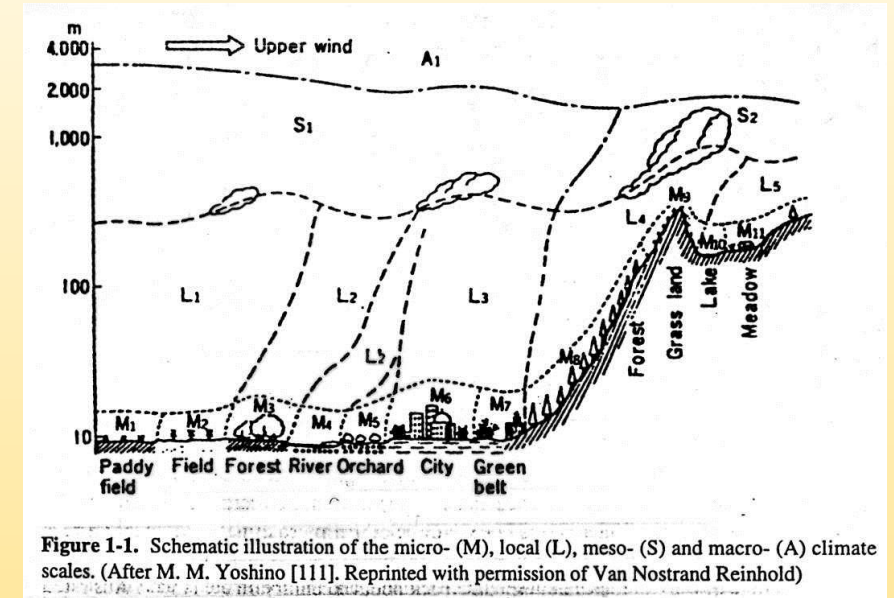


https://www.bing.com/images/search?view=detailv2&ccid=8y0aKz27&id=906218F6AC83F142A1D6A2A241987AABC6A40B&thid=OIP_8y0aKz27_0421_4710dhwQ2uif&mediaurl=http://a37127evlspaper.com/2012/07/20/16ACAC.jpg&exph=1200&exw=1600&q=chemical+reactions+photo&simid=608007354077416898&selectedindex=112&gvv=chemical+reactions+photo&ajahist=0

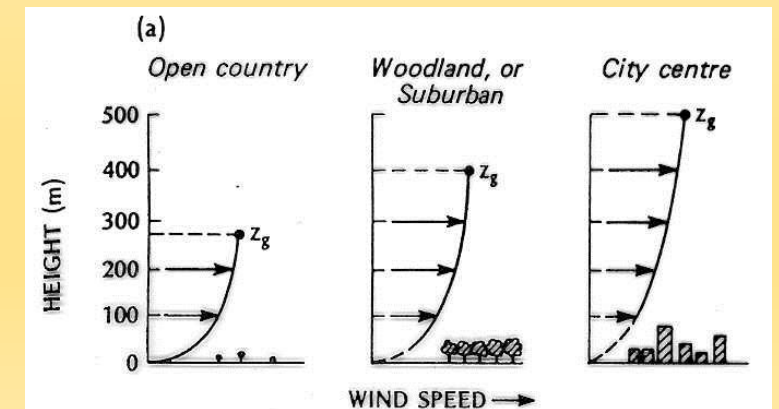
2. Korytarze przewietrzania jako element modyfikacji prędkości i kierunku wiatru przez obszary miejskie

Zróżnicowanie prędkości i kierunku wiatru w mieście, w skali lokalnej, zależy od:

- warunków pogodowych w danym regionie w danym momencie i czynników środowiskowych np. położenia miasta nad brzegiem morza lub w dolinie rzecznej
- wysokości i gęstości zabudowy (tzw. szorstkość aerodynamiczna terenu); średnio prędkość wiatru mniejsza w mieście o 20% nocą i 30% w dzień (**efekt kurtynowy**), różnice szczególnie dobrze widoczne przy dużych prędkościach wiatru regionalnego ($v > 3-5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$).



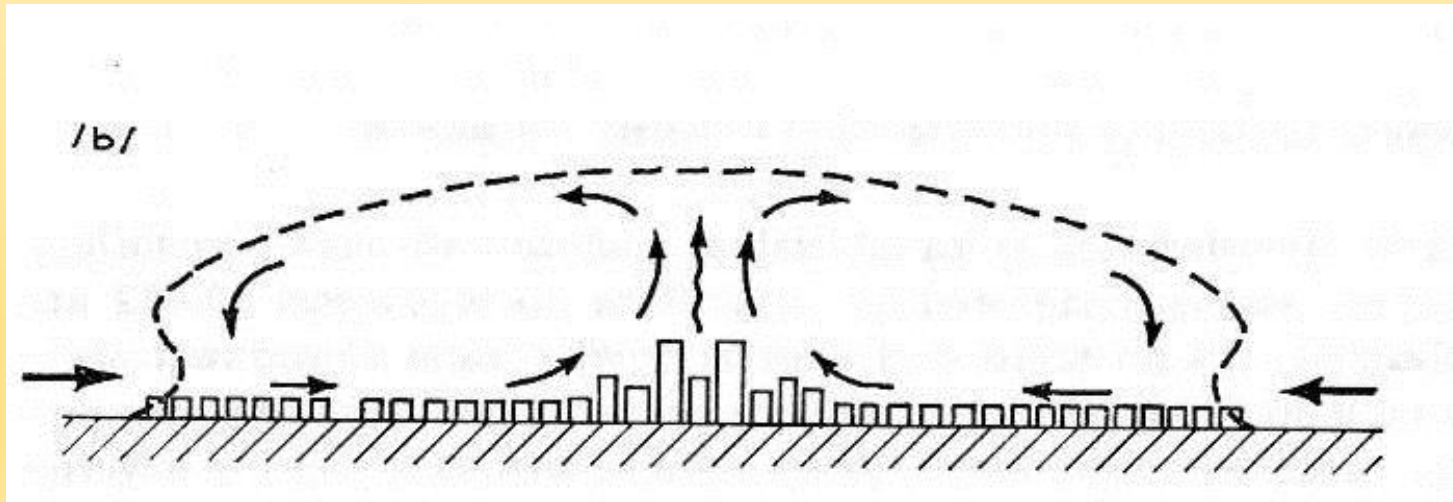
Geiger i in. 1995



Oke 1987

Jeśli wiatr regionalny słaby, do ok. $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, to w mieście może wystąpić zwiększenie prędkości wiatru w skali lokalnej:

- **efekt tunelowy**: układ zabudowy powoduje miejscowe zwiększenie prędkości wiatru w mieście, gdy przepływ powietrza zgodny z przebiegiem ulicy, tzw. kanion miejski działa „jak kanał”
- **bryza miejska**: głównie nocą (zwłaszcza przy pogodzie bezchmurnej i bezwietrznej) powietrze nad centrum miasta cieplejsze niż poza miastem (tzw. miejska wyspa ciepła), jako lżejsze unosi się i powoduje miejscowe obniżenie ciśnienia co generuje zasysanie powietrza z obszarów otaczających miasto



- Jeśli wiatr w skali regionalnej ma relatywnie **dużą prędkość** to w całym mieście naturalna wentylacja zwykle jest dobra (choć nadal będzie występować zróżnicowanie przestrzenne kierunku i prędkości wiatru oraz efekt kurtynowy).
- Zanieczyszczenia powietrza w mieście stanowią problem głównie wtedy gdy prędkość wiatru w skali regionalnej jest **mała**.
- W takich warunkach korytarzom przewietrzania przypisuje się szczególne znaczenie.

Korytarz przewietrzania:

Przestrzeń w obrębie miasta o układzie zbliżonym do liniowego, ułatwiająca docieranie powietrza z terenów otaczających miasto do obszarów wewnątrz miasta, dzięki temu, że zabudowa stawia tam mniejszy opór przepływającemu powietrzu albo jej nie ma – np. koryta rzek

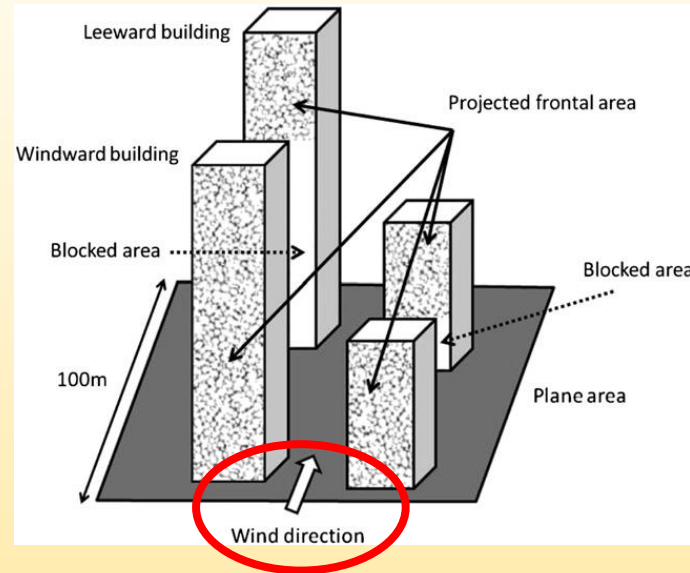
Układ urbanistyczny miasta może sprzyjać temu żeby przy relatywnie dużych prędkościach wiatru zmniejszać efekt kurtynowy a przy małych prędkościach wiatru - żeby efekt tunelowy i bryza miejska przyczyniały się do lepszego przewietrzania miasta.



3. Wyznaczanie korytarzy przewietrzania

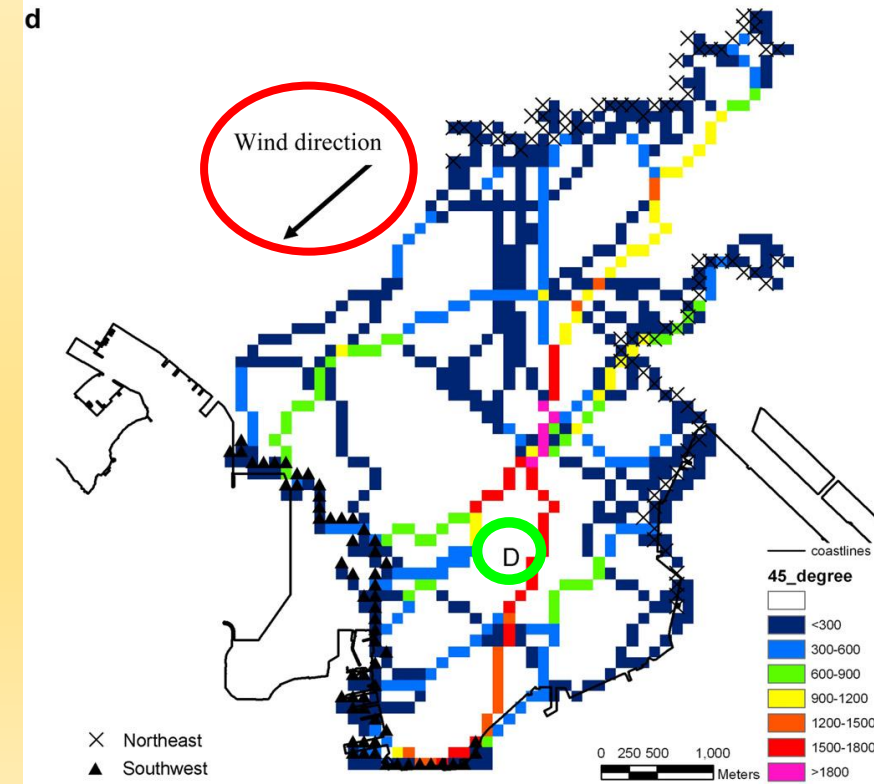
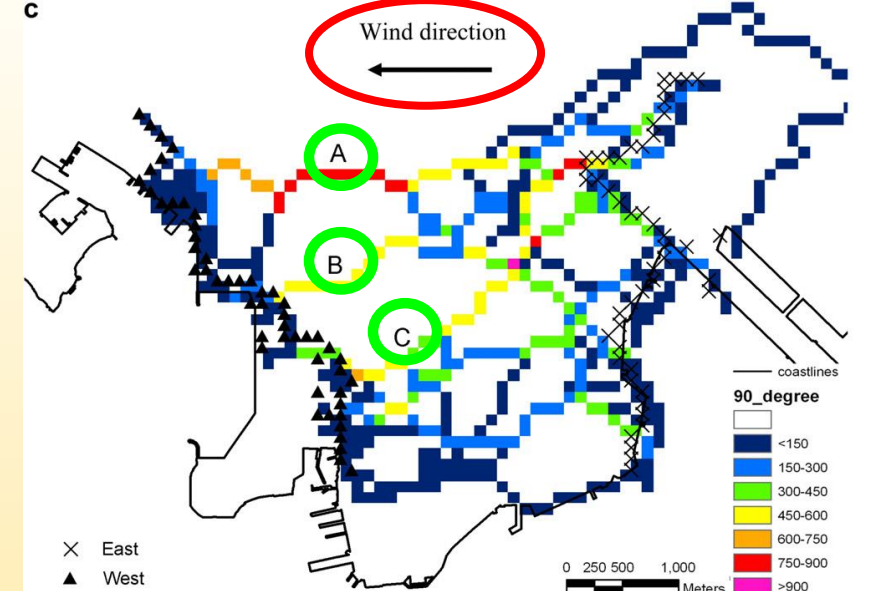
Wybrane metody:

- Wskaźnik „Frontal area index” (stopień zabudowania przestrzeni miejskiej)
- Analiza oporu aerodynamicznego zabudowy („Least cost path (LCP) analysis”)



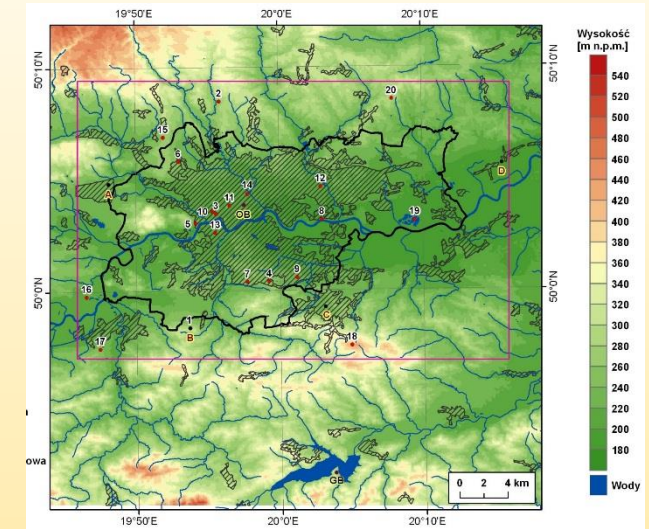
Przykład:

- Analiza dla półwyspu Kowloon w Hong Kongu – **miasto na wybrzeżu**
- Układ korytarzy przewietrzania zależny od kierunku wiatru
- Najbardziej efektywne korytarze: **A** – 30%, **B** – 18%, **C** – 16% i **D** – 28% wszystkich **LCP** dla danego kierunku wiatru
- Pomiary terenowe potwierdziły występowanie większych prędkości wiatru w korytarzach niż poza nimi
- Duża efektywność korytarzy: szerokie arterie komunikacyjne, zabudowa ograniczona z uwagi na bliskość portu lotniczego, rozległe tereny zielone

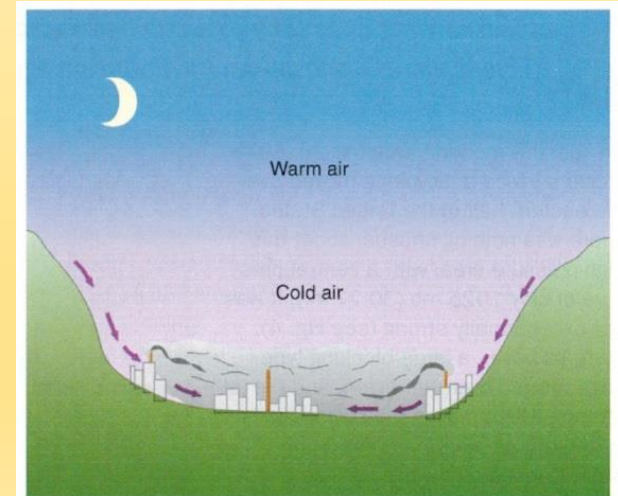
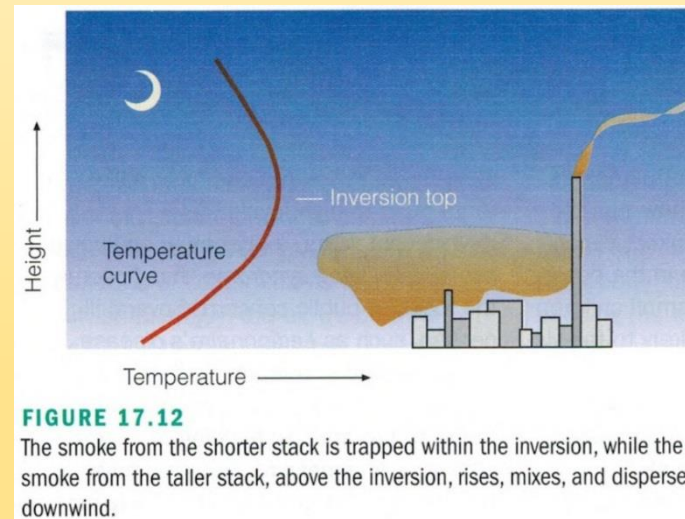


4. Czynniki wpływające na funkcjonowanie korytarzy przewietrzania

- Prędkość i kierunek wiatru w skali regionalnej
- Obecność w pobliżu miasta dużych powierzchni o małej szorstkości aerodynamicznej
- Rzeźba terenu i procesy mezoklimatyczne z tym związane – **przykład Krakowa:**
 - ✓ miasto położone w dolinie Wisły i osłonięte wypukłymi formami terenu od południa, zachodu i północy
 - ✓ cisze atmosferyczne ok. 20–30% dni w roku, przez ok. 50% prędkość wiatru nie przekracza $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
 - ✓ inwersja temperatury powietrza występuje w ok. 70% dni w roku, a przez 20% występuje inwersja całodobowa (Walczewski 1994)
 - ✓ w dolinach i na stokach występują katabatyczne spływy powietrza, co może intensyfikować inwersję powietrza

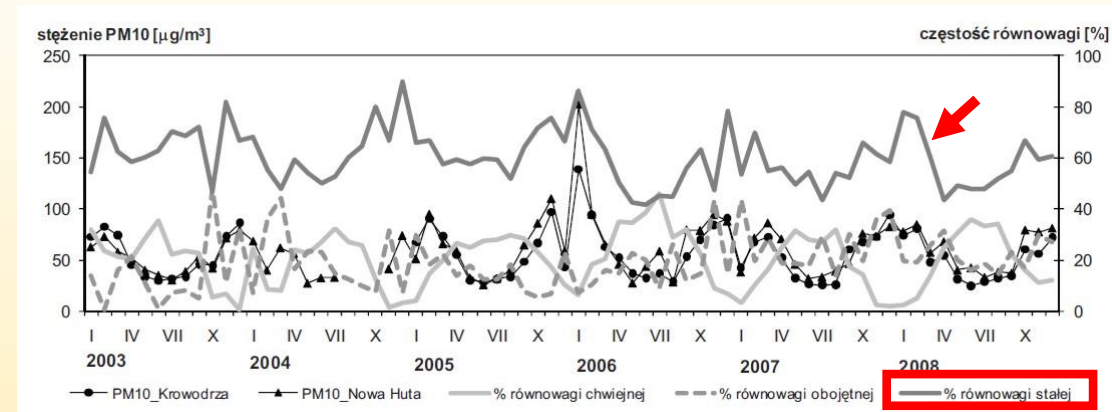


Bokwa 2010



Ahrens 2000

Równowaga stała atmosfery i inwersje temperatury powodują znaczące pogorszenie warunków **naturalnej wentylacji pionowej** i skutecznie **hamują** rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń, co prowadzi do wzrostu ich stężeń.

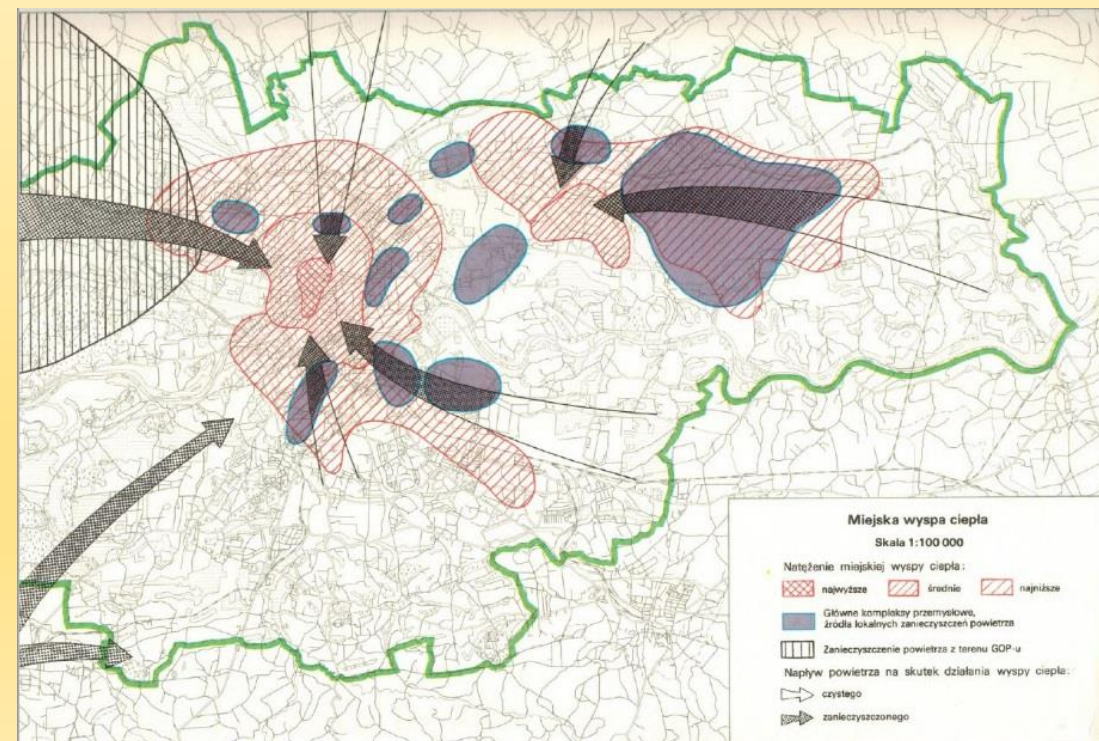


Przebiegi miesięcznych średnich stężeń pyłu zawieszonego PM10 w Krakowie (stacje monitoringu Krowodrza i Nowa Huta) z miesięcznymi częstościami występowania głównych typów równowagi atmosfery

Hajto, Rozwoda 2010

Pierwsze próby wyznaczania korytarzy przewietrzania w Krakowie:

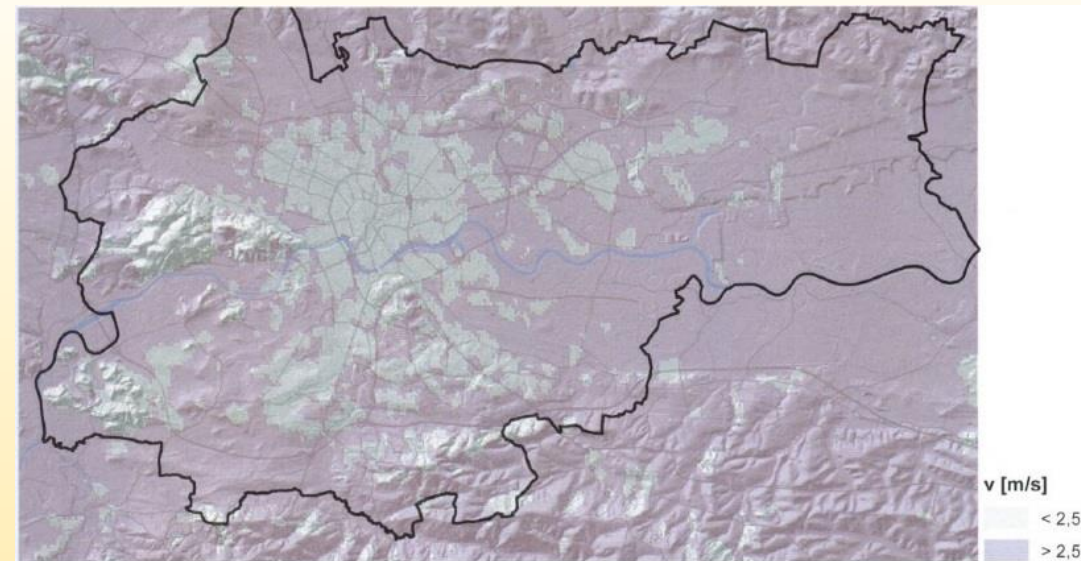
- lata 70. XX w. – znacznie mniejsza zabudowa na stokach
- **analogia** do obszarów górskich – rola dolin
- koncepcja nie oparta na szczegółowych pomiarach terenowych, dane tylko ze stacji meteorologicznych



Atlas... 1988

Wyniki projektu MONIT-AIR:

Przeprowadzone badania nie wskazują na występowanie korytarzy przewietrzania, tylko obszarów wymiany powietrza

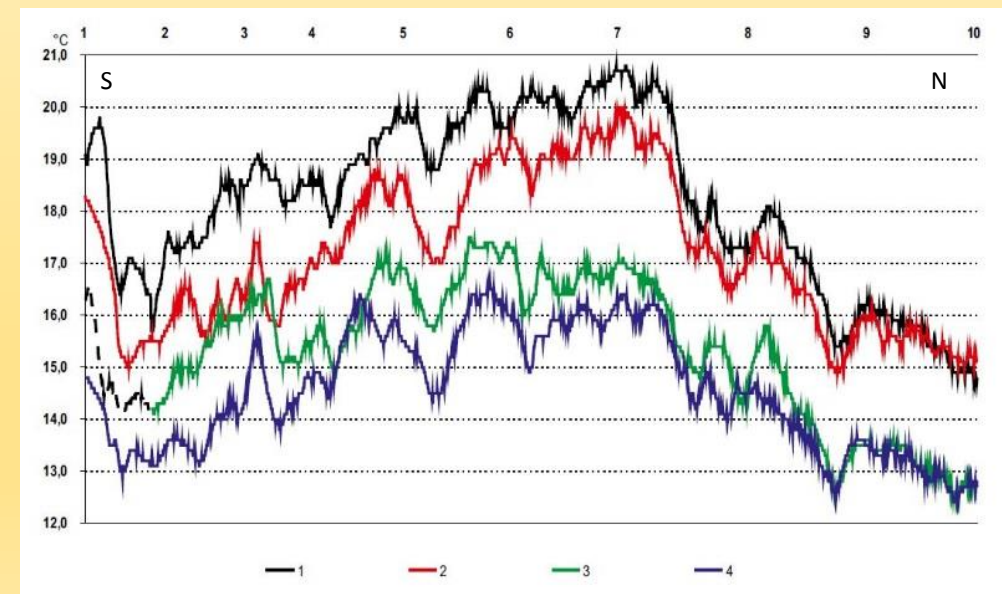


Średnia roczna prędkość wiatru na terenie Krakowa w 2013 r.

Atlas... 2016

Wyniki badań Uniwersytetu Jagiellońskiego:

W czasie równowagi stałej atmosfery (w tym inwersji) spływy katabatyczne sięgają tylko do granicy zwartej zabudowy, nie wnikają do wnętrza miasta



Temperatura powietrza w profilu N-S na terenie Krakowa i okolic, okres nocy, lato, pogoda radiacyjna

Bokwa 2010

5. Wpływ korytarzy przewietrzania na jakość powietrza na terenach sąsiadujących z nimi

Jeśli poza miastem są źródła zanieczyszczeń, np. zakłady przemysłowe – to napływ powietrza stamtąd może **pogarszać** sytuację aerosanitarną miasta.

Ruch powietrza w zabudowie miejskiej jest bardzo **złożony** i powietrze docierające korytarzami przewietrzania może mieć ograniczone oddziaływanie.

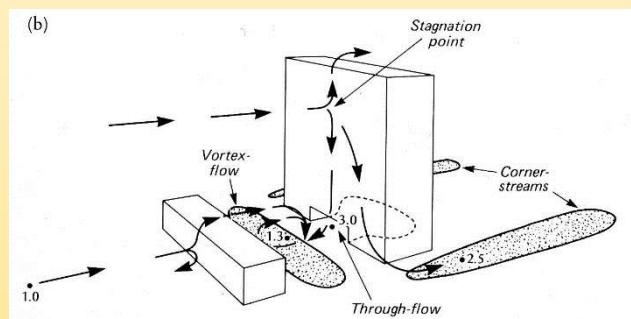


Figure 8.3 Flow around a tall building with lower buildings upwind. (a) Flow over the windward face visualized by the deflection of smoke jets emanating from a wind tunnel model. (b) Illustration of the three main regions of increased wind speed at pedestrian level (stippled), see the text for the meaning of the numbers. (c) Plan view of flow at ground level around a tall building (rectangle on the right) with a low building upwind. Horseshoe pattern is made visible by surface film of pigmented oil around wind tunnel models (photographs after Penwarden and Wise, 1975, Crown copyright by permission of the Director, Building Research Establishment).

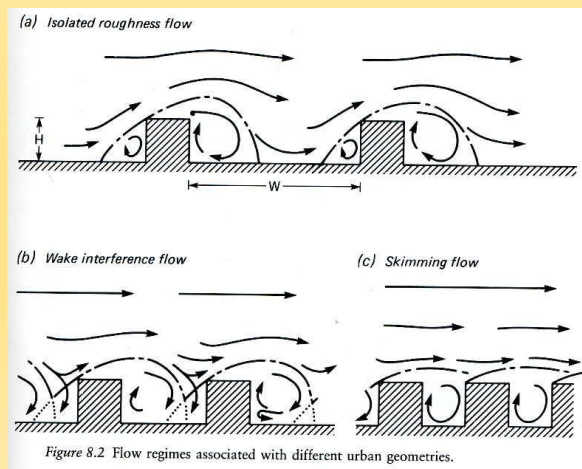
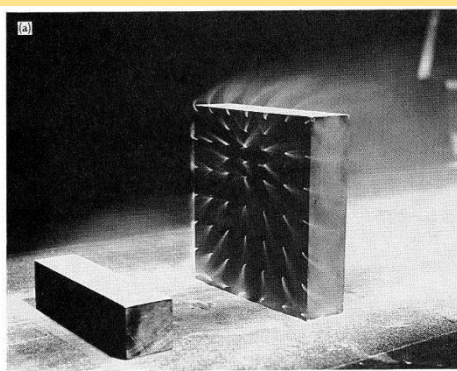


Figure 8.2 Flow regimes associated with different urban geometries.

Przy małych prędkościach wiatru, efekt kurtynowy zabudowy otaczającej korytarz przewietrzania może znacząco obniżyć znaczenie napływu powietrza spoza miasta do jego wnętrza.

6. Podsumowanie

- ❖ Korytarze przewietrzania są zmiennym elementem warunków wiatrowych danego miasta, ich rola zależy w danej chwili od kierunku i prędkości wiatru oraz innych warunków pogodowych.
- ❖ Docieranie powietrza spoza miasta do korytarzy przewietrzania nie gwarantuje dalszej jego dyspersji na tereny otaczające.
- ❖ Korytarze przewietrzania są obecnie badane także pod kątem możliwości obniżania temperatury w mieście, czyli łagodzenia wpływu miejskiej wyspy ciepła na odczucia cieplne ludzi.
- ❖ Korytarze przewietrzania są tylko jednym z elementów dyspersji zanieczyszczeń w mieście, a każde miasto ma swoje cechy szczególne związane tak ze środowiskiem naturalnym, jak też zabudową, dlatego dla każdego miasta konieczna jest indywidualna analiza warunków przewietrzania i możliwości ich poprawy.



Dziękuję za uwagę!

