

**Ekologiczne potencjały alej i jednostronnych szpalerów drzew z uwzględnieniem ozonu, pyłów
drobnych i ochrony gatunkowej na przykładzie Niemiec (D) oraz Meklemburgii-Pomorza
Przedniego (MV)**

dr n. przyr. Ingo Lehmann (I.L.)

Ministerstwo Rolnictwa i Środowiska Meklemburgii-Pomorza Przedniego

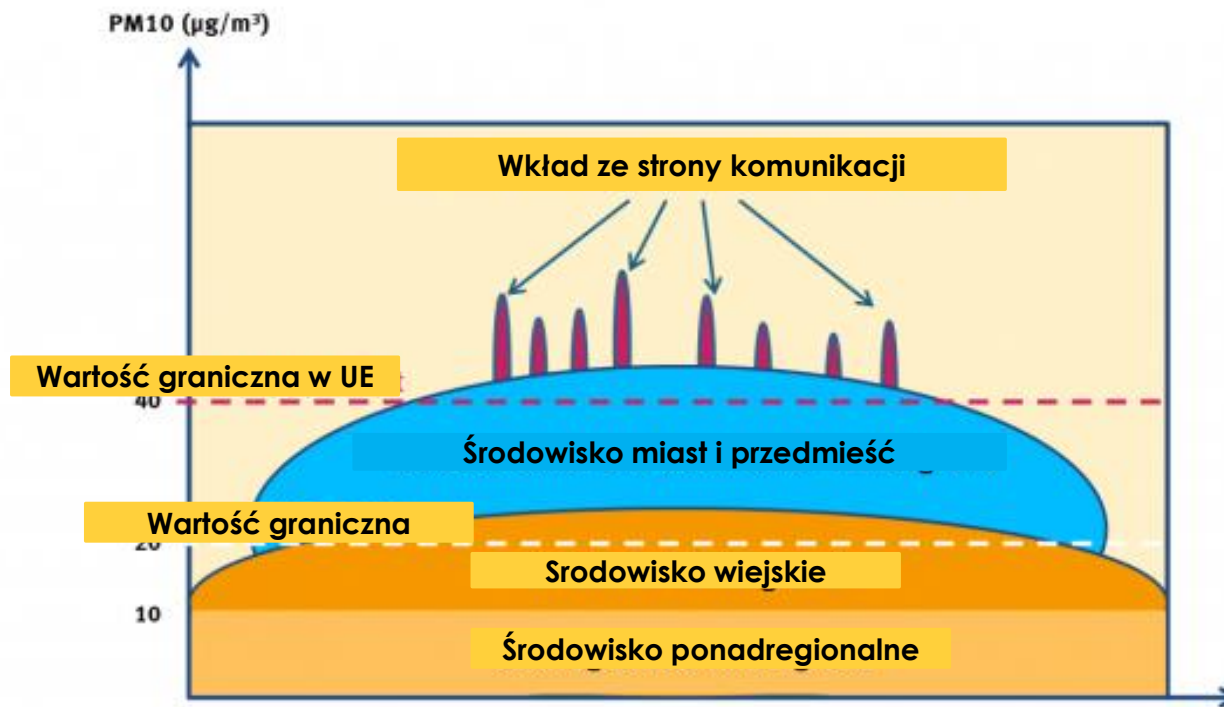
Szczecin (Polska), 04. grudnia 2019 r.



1. Aleje w „hotspotach“ ekspozycji na substancje szkodliwe w i sytuacji globalnych przemian klimatycznych

2

Schematyczna ilustracji podsumowania ekspozycji na pyły zawieszane



Źródło: Umweltbundesamt 2015, modyfikacja nach Loschen et al. 2001.

„Substancje szkodliwe w powietrzu stanowią największe zagrożenie dla zdrowia w Europie” Raport EEA 2018 (EEA 2018 report)

1.1 Drzewo alejowe jako „hot spot“ w sytuacji globalnych zmian klimatycznych



- Globalne stężenie dwutlenku węgla w atmosferze wzrasta z obecnych 409 ppm do 800 ppm w 2100 r.;
- Wzrost średniej temperatury o 1.7 – 4 °C (Grote *i in.* 2016);
- **Skutki:** a) Wzrost częstotliwości i intensywności fal upałów i nasłonecznienia;
- b) Wzrost ilości ozonu wytwarzanego nad ziemią (światło słoneczne + NO_x) do > 40 ppb w strefie umiarkowanej do 2050 (Wittig *i in.* 2007);
- c) Ozon jako ważna substancja szkodliwa dla całej roślinności (Ashmore 2005 *i in.*) staje się dodatkowym czynnikiem śmiertelności.

1.2 Przestrzeń drogowa jako „hot spot” narażenia na substancje szkodliwe

4

- **Skutki:** a) Utrata kontroli nad aparatami szparkowymi np. przez zbyt wysokie stężenie ozonu (Wittig *i in.* 2007 u.a.), połączone z
- b) redukcją pochłaniania NO, NO₂, O₃, SO₂, CO, CO₂.

Główne źródła zanieczyszczeń powietrza w D:

- a) ruch drogowy (NO_x, PM_{2.5});
- b) rolnictwo (CH₄, NH₃, PM₁₀) (EEA12/ 2018, UBA 2019);
- c) 48% wszystkich biotopów otwartych (m.in. alej) w D zagrożonych jest przez „zanieczyszczenie powietrza z wysoką zawartością azotu” z a) + b);
- d) punkt c) dotyczy 61% (2015) wszystkich ekosystemów w Europie (Heinze *i in.* 2019).
- **Reakcja drzew na przemiany klimatyczne:** określone gatunki drzew również zwiększają emisję;
- **Odporność gatunku drzewa na stres** staje się najważniejszym kryterium doboru gatunków drzew w przestrzeniach miejskich i wiejskich.



Zdjęcie po prawej: odporny na upał *Quercus robur* L. w stresie spowodowanym suszą w Domherrenhagen, październik 2019, dr I. Lehmann

1.3.1 Substancje szkodliwe w powietrzu jako przyczyna 67.600 zgonów rocznie w D

5

- **Zgony**
- **U.S.A.:** szczególnie drobne cząsteczki (PM_{10} , $PM_{2.5}$) jako przyczyny zgonów dzieci w wieku < 8-12/16 lat (Dockery i in. 1993; 1996); potwierdzenie dla wszystkich grup wiekowych 8 na 1.000 (0.8-1.0%) mieszkańców (Samet i in. 2000); **130.000 w roku 2005 przez $PM_{2.5}$ + 4.700 przez O_3** (Nowak i in. 2014);
- **D:** 2007-2015 przez PM_{10} + $PM_{2.5}$ rocznie **44.900 + 5.000** zgonów na skutek upałów (UBA 2017) + **17.700** przez O_3 (EEA 12/2018).

- **Wskaźnik umieralności**
- **U.S.A.:** wzrost o 7.3% rocznie (podstawy/metodologia: U.S.A. 2000-2012 60.9 milionów osób posiadających ubezpieczenie zdrowotne) przy wzroście np. $10 \mu g/m^3$ $PM_{2.5}$ (Qian i. in. 2017).

- Zdjęcie po prawej: *Aleja Platanus* koło Krenzow (na południe od Wolgastu) 2015, M. Lawrenz



1.3.2 Potencjały funkcjonalne drzew przydrożnych: zmniejszenie ilości substancji szkodliwych, koszty zdrowotne i zgony

- **Syracus, U.S.A.** (Nowak *i in.* 2014): 35.000 drzew przydrożnych pozwala oszczędzić 1.1 miliona dolarów (pobyty w szpitalach + zgony) i ludzkie życie: przyjęcie 4.7 t NO₂, O₃, SO₂, PM_{2.5}; ok. 37% gatunków drzew stanowią *Acer platanoides* L., *Tilia cordata* MILL. i *Malus* MILL. spp. (USDA Forest Service 2001);
- **U.S.A.** (Nowak *i in.* 2006, 2014); **Londyn, U.K.** (Tiwary *i in.* 2009); **Francja** (Selmi *i in.* 2016): **Pochłanianie wszystkich substancji szkodliwych na każde drzewo w skali roku 167.5 g** przy wielkości korony 5 m x 5 m (U.S.A.: 6.7 g/m²; Strasbourg: 5.89 g/m²);
- **MV: 5.000 km alej z lukami** (100 drzew obustronnie/km po 25 m² powierzchni pod koroną): **Pochłanianie 83.7 t wszystkich substancji szkodliwych rocznie; unikanie przedwczesnych zgonów 18 osób + 19 milionów euro** (leczenie kłopotów z oddychaniem, zgony) – wartości te ulegają podwojeniu w przypadku alej z zachowaną ciągłością (cel: 100 drzew po jednej stronie/km) (hipoteza – I.L.: pochłanianie substancji szkodliwych w ilości 167.000 mg lub 3.340 biedronek/drzewo/rok!).
- Zdjęcie po prawej: Aleja mieszana w in Syracuse (Scottholm), wrzesień 2017, S. Kristalia



1.3.3 F Potencjały funkcjonalne drzew przydrożnych : Reduzierung der Temperatur sowie der Asphaltpflegekosten

7



- ▶ **A)** Redukcja wysp ciepła na drodze poprzez zacienianie przez korony np. dla pieszych, rowerzystów, motocyklistów **a)** Grupy gatunków drzew – aleje *Liquidambar* + aleje *Platanus* dające redukcję temperatury bezpośrednio nad asfaltem 13.8-22.8°C we Florencji/**Włochy** oraz w Richmond koło Melbourne/**Australia** w korelacji z LAI (leaf area index) (Napoli *i in.* 2016);

b) drzewa o dużych koronach (pokrycie 70%): redukcja temperatury powietrza w alejach o kierunku wschód – zachód 2.1 °C oraz 0.9 °C w alejach o kierunku północ-południe (Sanusi *i in.* 2016).

- ▶ **B)** Obniżenie temperatury + kosztów utrzymania asfaltu o 58% przez 30 lat w Modesto (Kalifornia, **U.S.A.**) w alejach drzew *Celtis* i o 17% w alejach obsadzonych *Lagerstroemia indica* Pers. (McPherson & Muchnick 2005).

- ▶ Zdjęcie I.: Drzewo o dużej koronie *Fagus sylvatica* L., dr P. Wernicke (†)

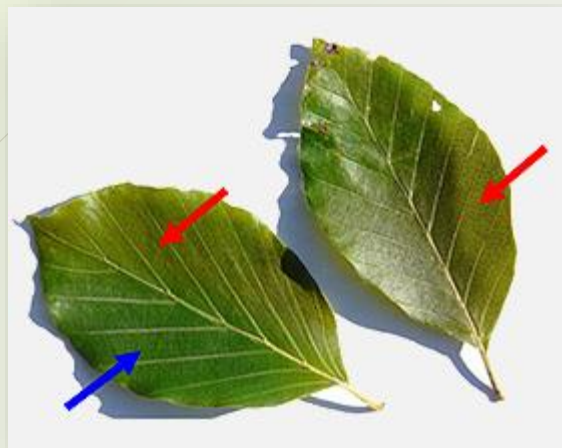
1.4 Redukcja potencjałów przez śmiertelność nasadzeń przydrożnych

Roczny wskaźnik śmiertelności po posadzeniu alej *Acer-Platanus-Prunus-Fraxinus-Pyrus* przy drogach w U.S.A.:

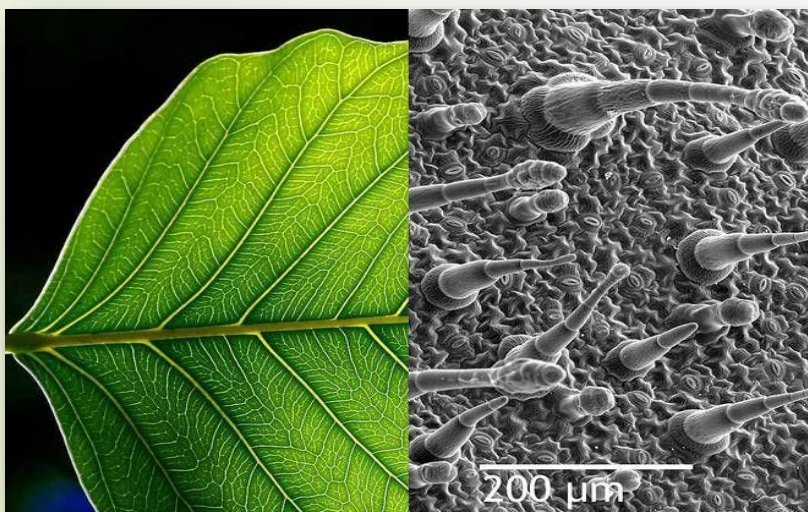
- ❖ 6% do 7.6 cm BHD, od 45.8 cm prawie 0% (Richards 1979);
 - ❖ **3.5 - 5.1%** (Roman & Scatena 2011);
 - ❖ 3.7 % (Roman *i in.* 2013);
 - ❖ młoda generacja alej decyduje o przyszłej wielkości populacji (Maco & McPherson 2002).
-
- ❖ **New York City:** wskaźnik śmiertelności 6% (bez nasadzeń uzupełniających i zastępczych): zasadzony zasób 1 miliona drzew po 100 latach liczyłby tylko 9.200 drzew – wskaźnik śmiertelności drzew przydrożnych rośnie z BHD np. 16 – 46 cm = 2.1%, > 77 cm = 5.4%; zintegrowane zanieczyszczenie powietrza (Morani *i in.* 2011);
 - ❖ **MV:** przy 1 mln drzew przydrożnych i tych samych gatunkach drzew, bez nasadzeń uzupełniających i przy wskaźniku śmiertelności wynoszącym tylko 2%, maksymalnie 92 000 drzew przydrożnych za 100 lat (hipoteza – I.L. + ilustracja 3 w Morani *i in.* 2011).
 - ❖ Po prawo.: *Milvus milvus* L. jst globalnie potencjalnie zagrożonym gatunkiem (BirdLife 2018) i ptakiem gniazdującym w alejach (Kraft & Plachter 2006) w północnej części Europy środkowej i zachodniej
Zdjęcie: dr P. Wernicke (+)



1.4.1 Komponenty kompleksowe: Redukcja potencjału drzew przydrożnych przez ozon



Uszkodzenia wywołane przez ozon na *Fagus sylvatica* L. (Verbräunung, czerwone strzałki); Zdjęcie: M. Günthardt-Georg

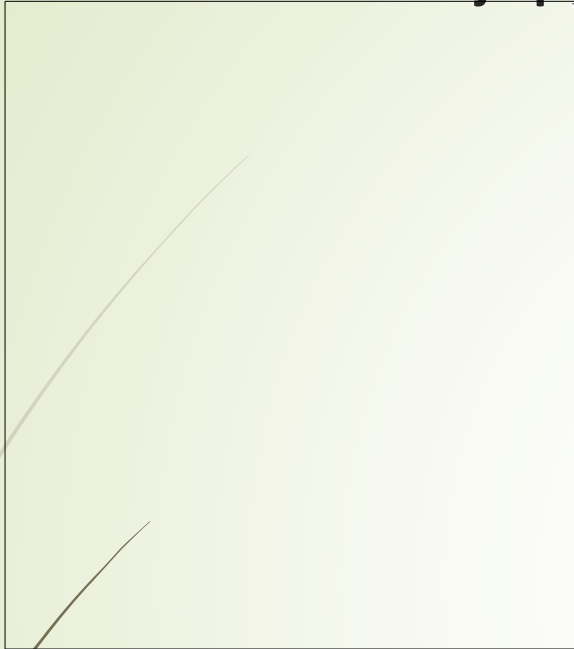


- Ozon wpływa negatywnie na wzrost drzew i przyspiesza wędnięcie liści (Selmi *i in.* 2016);
- Redukcja fotosyntezy o 11-13% u okrytozalążkowych i starszych drzew z powodu nadmiernego poziomu ozonu z utratą kontroli aparatu szparkowego (Wittig *i in.* 2007) a także zmniejszeniem wydzielania pary wodnej i niższą absorpcją CO₂;
- **D:** w 2018 r. wartość dopuszczalna dla ochrony roślinności przed ozonem nie została osiągnięta w żadnej stacji pomiarowej (6000 μg/m³ = 3 ppm na godzinę, AOT40) - w 50% wszystkich stacji pomiarowych na obszarach wiejskich w latach 2016-2018 nie były dotrzymane wartości dopuszczalne dla zdrowia ludzi (UBA 2019).
- Potencjał tworzenia ozonu: średni wskaźnik LAI dla *F. sylvatica* L. jest wysoki i wynosi 6.1; ale nie prowadzi to automatycznie do bardzo wysokiej emisji ozonu (6.1 : 441 g/drzewo/rok) w porównaniu do *Quercus phellos* L. (2.3 : 12.277 g/drzewo/rok) (Tiwary *i in.* 2016; Grote *i in.* 2016). Zdjęcie: C. Harvey

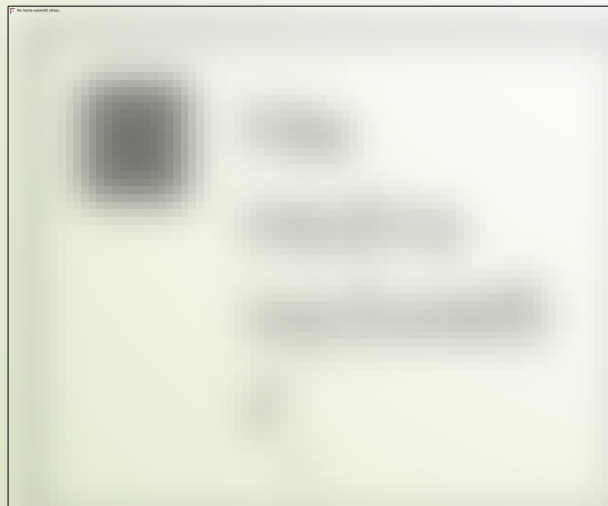
1.4.2 Komponenty kompleksowe:

Redukcja potencjałów drzew przydrożnych poprzez emisję własną

10



Wytwarzanie pyłku przez *Cupressus* L. w Europie Południowej (Grote *i in.* 2016) przy wysokich stężeniach ozonu prowadzi do wzmożenia alergii u ludzi



- Wzrost temperatury + wzrost emisji lotnych substancji organicznych (= BVOCs) + PM;
- Odmiany gatunków *Quercus* L., *Populus* L., *Fagus* L. oraz obficie kwitnące gatunki drzew wytwarzają duże ilości izoprenu (po metanie jeden z najgorszych węglowodorów);
- Odmiany gatunków *Pinus* L. und *Betula* L. wydzielają wyraźnie zwiększone ilości monoterpenu;
- Tym samym przyczyniają się do powstawania ozonu;
- Jednocześnie ograniczone jest pochłanianie ozonu z powietrza (Churkina *i in.* 2015).

- Niski potencjał tworzenia ozonu (OFP), wysoki potencjał zaciemnienia i wysoki potencjał redukcji PM:

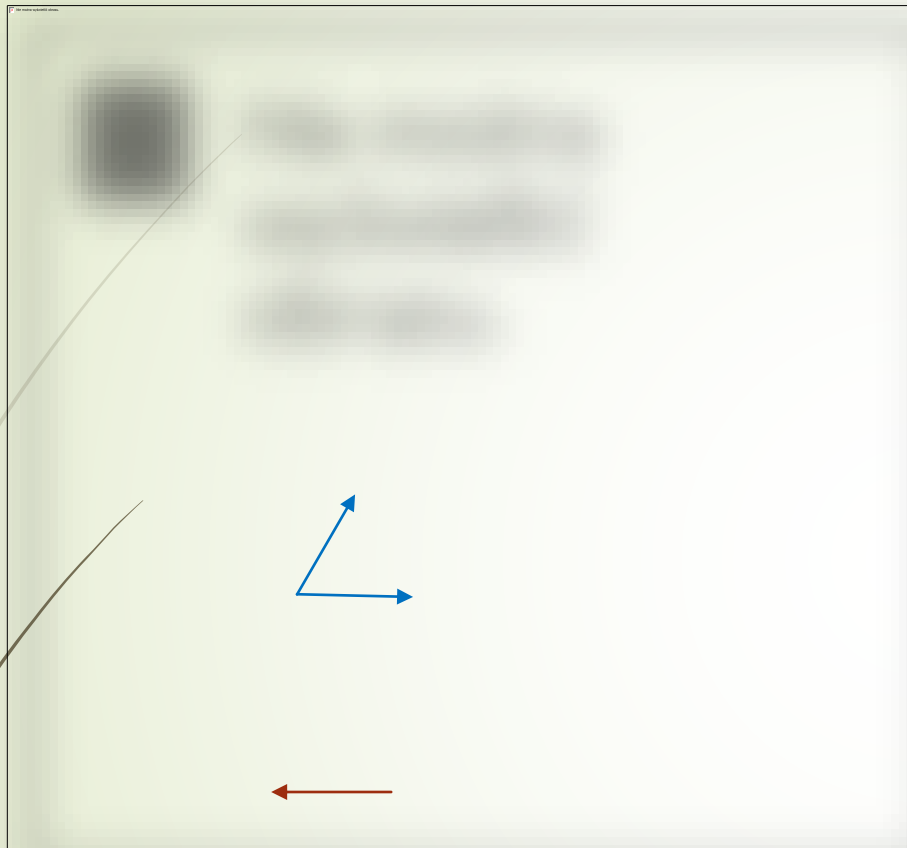
Odmiany gatunków *Tilia* L. (z.B. *T. cordata* MILL., LAI = 3.9 : OFP = 0); *Fraxinus* L. spp. (np. *F. pennsylvanica* MARSHALL, 4.1 : 21); *Prunus* L. spp. (z.B. *Prunus serotina* EHRH., 2.4 : 20) i *Salix* spp. (Grote *i in.* 2016).

Zdjęcie wyżej po lewo *Fraxinus ?angustifolia* VAHL, Tützpätz koło Ivenack, październik 2019, Shimoni Lehmann

1.4.3 Komponenty kompleksowe :

Reduktion der Potenziale von Straßenbäumen durch Feinstäube

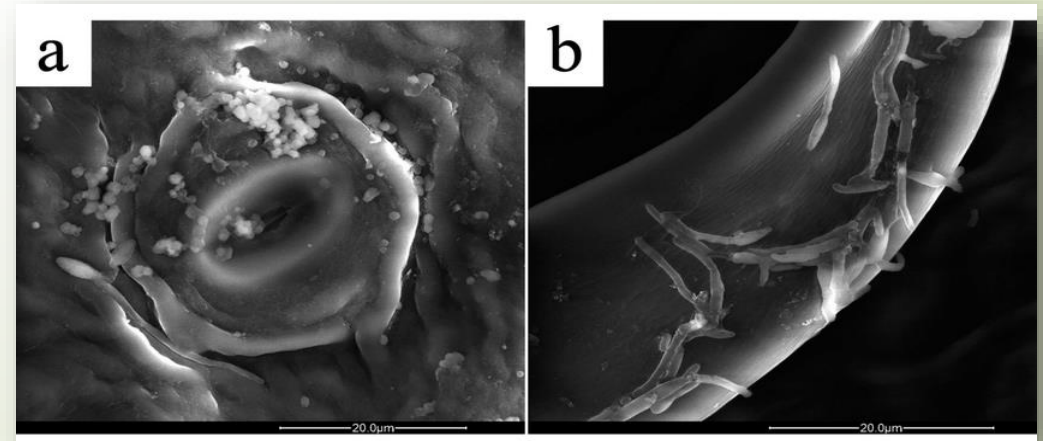
11



U góry: zdjęcie pod skaningowym mikroskopem elektronowym – spodnia strona liścia *Juglans nigra* L. z włoskami (niebieskie strzałki) redukujące padające światło oraz szparki (niebieskie strzałki) służące wymianie gazowej (Grote *i in.* 2016)

Po prawo: sprawnie funkcjonująca szparka liściowa (a) z bakteriami oraz sprawny włoszek (b) pokryty grzybami (V. Stevens 2016)

- Cząstki stałe zwiększają szybkość parowania i prowadzą do przedwczesnego obumierania drzew po zniszczeniach spowodowanych przesuszeniem;
- Warstwy wosku wokół szparek ulegają erozji i pokrywają się skorupą aerozoli atmosferycznych (np. EC, OC) (kraje w Afryce!?!);
- Na skutek tego szparki liści ulegają zamknięciu;
- Drzewa nadal tracą wodę (m.in. na skutek zawartości soli w wodzie w aerozolah atmosferycznych), odparowywanie i niedożywienie;
- Deszcz nie zmywa powstałej skorupy – fakt udokumentowany na przykładach wielu gatunków np. *Pinus* L. i *Quercus* L. (Burkhardt *i in.* 2018);
- Przymuszczalnie jedna z najważniejszych przyczyn obumierania drzew – im bardziej złożona struktura powierzchni liści, tym więcej osadzonych pyłów (Burkhardt *i in.* 2018).





2008

1992

2. Aleje w Meklemburgii-Pomorzu Przednim

2.1 Całe zasoby w porównaniu

2.2 Nasadzenia uzupełniające

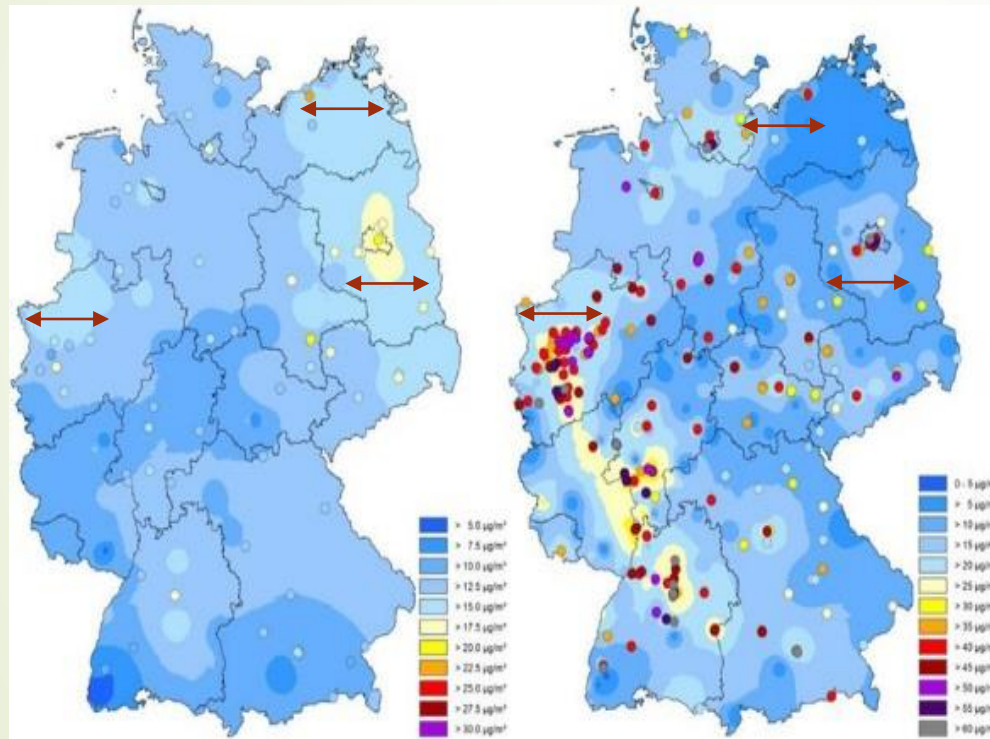
(Nadrenia Północna-Westfalia,

Meklemburgia-Pomorze Przednie, Hamburg)



2.1 Łączne zasoby alej i szpalerów w Meklemburgii-Pomorzu Przednimim Porównanie z resztą obszaru Niemiec jako średnie roczne (2014) w zakresie PM_{2.5} i NO₂ (Źródło: UBA)

13



- Zasoby łączne D: nieznane; **minimum 27.400 km** (Lehmann & Rohde 2006) – najpewniejsze dane co do wartości to obecnie:
- Brandenburgia: 3.727 km przy drogach federalnych + krajowych + powiatowych + gminnych poza obszarami leśnymi od 200 m długości bez dróg polnych (Wilitzki 2017);
- **Meklemburgia-Pomorze Przednie: 4.374 km poza miejscowościami (wszystkie kategorie dróg + drogi polne) od 100 m długości (Lehmann & Schreiber 1997);**
- **Nadrenia Północna - Westfalia: 3.730 km (MULNV NRW 2017);**
- Turyngia: ok. 880 km (SDW Landesverband Thüringen 1996);
- Saksonia-Anhalt: 228.142 drzew przydrożnych (drogi federalne + krajowe + powiatowe; bez Halle, Dessau, Magdeburga; Landtag Sachsen-Anhalt, Drs. 7/3634 2018);
- Berlin: 431.056 drzew przydrożnych, z tego ok. 61.000 w dzielnicy Steglitz-Zehlendorf (Senat Umwelt, Verkehr, Klimaschutz 2018)
- Brema: 72.860 drzew przydrożnych (Umweltbetrieb Bremen pers. Mitt. an I.L. 2019)
- **Hamburg: 222.667 drzew przydrożnych, z tego ok. 60.000 w dzielnicy Wandsbek i 11.339 starszych niż 100 lat (Behörde für Umwelt & Energie 2016; Dickhaut & Eschenbach 2019).**

2.1.1 Ustanowiona prawnie i co najmniej od roku 2008 w sposób wiążący stosowana praktycznie ochrona alej przy wszystkich ulicach i drogach w D

- Meklemburgia-Pomorze Przednie (MV) jako kraj związkowy niebędący,
- Nadrenia Północna-Westfalia (NRW)) jako kraj związkowy niebędący,
- Hamburg (HH) jako wolne miasto;

zdjęcia (NRW):

U dołu po prawo: Nasadzenia uzupełniające *Betula pendula* ROTH przy K 71 od miejscowości Sommersell do Kariensiek, powiat Höxter. Nicole Menden, wrzesień 2019;

U dołu po lewo: Nasadzenia uzupełniające *Quercus* und *Fagus* na długości 2.3 km przy L 937 w rezerwacie Teuteburger Wald-Eggegebirge.



Foto: Naturpark Archiv



- **MV:** Całkowity drzewostan (bez minimalnej długości) przy publicznych lub prywatnych ciągach komunikacyjnych i drogach polnych jest chroniony konstytucyjnie i ustawowo; dodatkowa ochrona drzewostanów za pośrednictwem "funduszu alejowego" od 1994 r.;
- **NRW:** Aleje "co do zasady o długości co najmniej 100 m" przy publicznych i prywatnych ciągach komunikacyjnych oraz drogach do celów gospodarczych są prawnie chronione; dodatkowa ochrona drzewostanu na mocy rozporządzenia z dnia 28.08.2008 r. przy wszystkich drogach i ulicach poprzez nasadzanie uzupełniające + nowe nasadzenia (te ostatnie od 300 m); dotacja: 80% + 750 euro za każde drzewo. ;
- **HH:** Rozporządzenie o ochronie drzew z dnia 17.09.1948 r. chroni wszystkie drzewa, łącznie z alejami i szpalerami drzew; aleje i szpalery drzew mogą w indywidualnych przypadkach zostać objęte ochroną jako chroniony element krajobrazu.

2.2. Nasadzenia uzupełniające w alejach

15

Przykład (negatywny): Saksonia jako kraj związkowy graniczący od południowego zachodu z Polską

zdjęcie, poniżej: Wysoka śmiertelność (sól drogowa, *Pseudomonas syringae* van Hall pathovar *aesculi*) młodych i starych drzew *Aesculus hippocastanum* L. (drzewa o rozproszonych porach, o płytkich korzeniach) in der Moritzburger-Allee, od 1990 wiek heterogenny, objęta ochroną pomnikową S 179 (!), Powiat Meißen, SN. Zdjęcie: LaSuV Sachsen, wrzesień, 2019



2.2.1 Nachanpflanzungen (positiv) in den Bundesländern (NRW)

16



- **NRW: Oświadczenie Minister Środowiska Ursuli Heinen-Esser z dnia 09.10.2019 r. do I.L.:**

„Mój resort wspiera nowe, a szczególnie uzupełniające nasadzenia alej. ... w miarę możliwości także w lukach wynoszących ponad 100 m ... „

- **Toczne wydatki na nowe i uzupełniające nasadzenia wynoszą minimum 100.000 Euro (Nicole Menden informacja ustna z 2019 r.).**
- **Żywotna aleja *Betula pendula* ROTH przy K 71 z miejscowości Sommersell do Kariensiek (powiat Höxter) w porównaniu do *Picea abies* H. KARST. W tle po kilkumiesięcznej suszy. Zdjęcie: Nicole Menden, wrzesień 2019.**



2.2.2 Nasadzenia uzupełniające (pozytywne) w krajach związkowych (MV)

- **MV:** łącznie uzupełniono nasadzenia 2.009 drzew w całym kraju związkowym w lukach przy drogach gminnych + drogach polnych (2012-2019 i bez nowych nasadzeń);
- Koszty: ok. 690.000 euro (2012-2019 bez nowych nasadzeń);
- Jest to odpowiednik alei o długości 10.5 km (obustronnej) lub maksymalnie **0.14 % łącznego drzewostanu gminy w skali roku** (drogi gminne + drogi polne = minimum 175.800 drzew);
- **Rozwój drzewostanu -2.0 do -3.0% rocznie** (hipoteza – I.L.).
wnioski: sadzenie, sadzenie i jeszcze raz sadzenie!
- zdjęcia: S. Guthardt (Kalsow l.o.), dr I. Lehmann (Kasnevitz, Boldevitz po prawu u góry), A. Witt (Crivitz po prawo u dołu), dr H. Straßer (Pansevitz u dołu), S. Stephan (Klein Kubitz po lewo u dołu)



2.2.3 Nachanpflanzungen (positiv) in den Stadtstaaten (HH)

18

zdjęcia od lewej do prawej: żywotna aleja Allee *Tilia x europaea* L. w Langenrehm, Barmbek-Süd; trzyczęściowa aleja z nasadzeniami uzupełniającymi *Tilia* i *Acer platanoides* L., Alter Teichweg, Dulsberg oraz *Sorbus intermedia* (ERHR.) PERR. Gartenstadtweg, Wandsbek, HH. Ogólnie zauważalne liczne nasadzenia uzupełniające. Zdjęcia: dr I. Lehmann, 05 października 2019



- Rezyliencja (dobrze: *Quercus robur* L., *Robinia pseudoacacia* L.);
- Regulacja aparatów szparkowych (źle: *Acer pseudoplatanus* L.);
- Strategia przyrostu korzeni (nieznana).

- HH: Istnieje koncepcja („SiK-Projekt“) rozwoju ponad 885.000 drzew miejskich; w ostatnich 20 latach posadzono ok. 41.000 drzew przydrożnych (część z nich to 5.300 drzew posadzonych z datków od roku 2011);
- Odpowiada to ilości 0.92% łącznego drzewostanu w skali roku (1989 – 2019);
- Drzewa przydrożne w wieku od 40 lat traktowane są jako przyszłościowe i szczególnie godne ochrony;
- Ilości nasadzeń nowych i uzupełniających są zwiększane; mają się one odbywać z użyciem różnych gatunków i gatunków drzew odpornych na wpływy klimatyczne (Dickhaut & Eschenbach 2019);
- „Short-List“ dla HH (stan: maj 2017, patrz wyżej) nie zawiera wszystkich gatunków drzew zalecanych przez Roloffa (2013) dla stanowisk zurbanizowanych np. brak *Acer campestre* L., *Alnus incana* Moench, *Populus tremula* L.

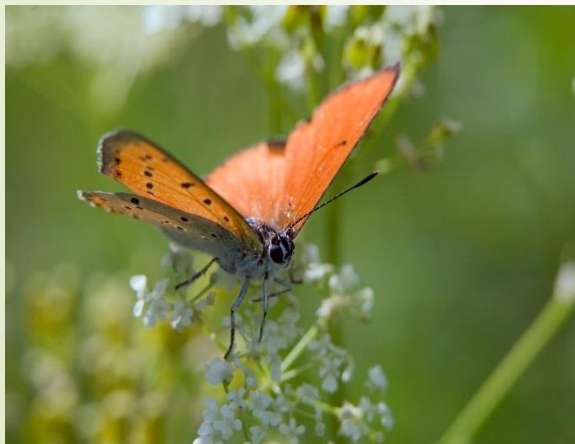


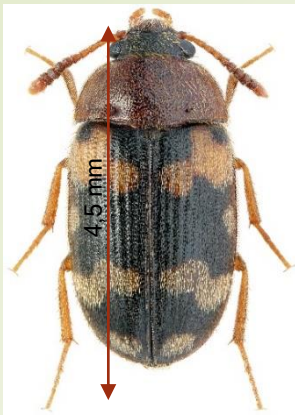


3. Kwestie ochrony gatunkowej w alejach

3.1 Znaczenie alej dla grzybów, chrząszczy (Coleoptera) i porostów w Europie Środkowej

3.2 Fauna Coleoptera w starych alejach *Tilia* w Lübtheen (Meklemburgia)





3.1.1 Znaczenie alej dla gatunków Coleoptera w Europie Środkowej

- ▶ HH: 35 gatunków grzybów na drzewach wzdłuż dróg o dużym nasileniu ruchu (Seehann 1979); owocniki + grzybnia stanowią ważne siedlisko dla chrząszczy drzewnych (także szczególnie suche owocniki!);
- ▶ Bawaria (BY): 82 chrząszcze ksylobiontne (w tym dwa gatunki z czerwonej listy) na drzewach przydrożnych w obciążonym ruchem centrum Augsburga (Beutler & Deuringer 1993);
- ▶ Schleswik-Holsztyn (SH): 195 chrząszczy ksylobiontnych (= 24% iwadów ksylobiontnych w SH) w sześciu alejach: z tego 48 gatunków będących na Czerwonej Liści w alei *Quercus* i cztery gatunki z Czerwonej Listy w alei *Platanus* (wiek ok. 110 lat); liczba gatunków Coleoptera 589 (z 4.027 w SH, Köhler 2011)/Lepidoptera 193 (Gürlich 2009, Roloff 2009);
- ▶ SH/MV: wartość „195” wyraźnie przekracza **wartość średnią „168”** dla gatunków chrząszczy ksylobiontnych w **leśnych rezerwach przyrody (NWR) w MV.**
- ▶ Zbiorowiska organizmów związanych z drzewami (**starodrzew i posusz**) obejmują ok. 5.000 gatunków grzybów (**ok. 1.200 gatunków**), chrząszcze (**do 1.500 gatunków**), bzygowate i lwinkowate, muchowate, roztocza, gąsienicznikowate, mrówki, korowcowate, ćmy (Möller *i in.* 2006);
- ▶ Z tego na drzewach gatunku *Quercus* L. ok. 850 owadów ksylobiontnych (Geiser 1986; Beutler & Deuringer 1993; Möller *i in.* 2006);
- ▶ Z samymi *Laetiporus sulphureus* Murrill ściśle powiązanych jest co najmniej dziesięć gatunków chrząszczy (polyporicol) np. *Mycetophagus salicis* Brisout de Barnevi (por. ilustracja, zdjęcie K.V. Makarov), Czerwona Lista D (Geiser 1998): „mocno zagrożone”; w MV znany z ogrodu zoologicznego w Ivenack;
- ▶ Oleksa *i in.* (2013) wskazują na znaczenie starych (> 50 cm średnicy na wysokości piersi) alej *Alnus* jako **ostoje genetyczne** wielu podgatunków europejskiej pszczoły miodnej (*Apis m. mellifera* L.), sięgające aż do Polski północnej (1 gniazdo na 10 km²).



Xanthoria parietina (L.) Th.Fr. Wymaga kory bogatej w substancje odżywcze i służy jako wskaźnik zanieczyszczenia powietrza e Rostocku (Giersberg 1991). zdjęcie: A.J. Silverside

3.1.2 Znaczenie alej dla porostów w Europie Środkowej

- ▶ Z ok. 1.700 gatunków w Europie Środkowej ok. 95 gatunków żyje na drzewach przydrożnych w MV, w tym 45 znajdujących się na Czerwonej Liście (Schiefelbein & Litterski 2006);
- ▶ W jednym z tych dwóch regionów Meklemburgii-Pomorza Przedniego, w północnozachodniej Meklemburgii (Lehmann & Schreiber 1997), wykazano obecność 63 gatunków drzew przydrożnych;
- ▶ Wszystkie gatunki *Populus* o odmiany hybrydowe w północno-zachodnich Niemczech są dziś siedliskami minimum 66 odmian porostów (De Bruyn & Linders 1999);
- ▶ Rosnące zakwaszenie kory pni przez spaliny i zanieczyszczenie powietrza prowadzi do tworzenia korzystnych warunków dla gatunków żyjących na zakwaszonej korze (Wittig 1991).

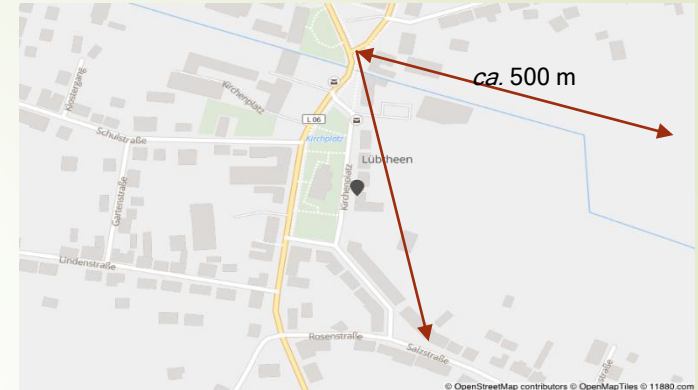


„Zagrożony wymarciem“ jest gatunek *Physcia aipolia* (Ehrh.) Fűrnr. (szeroka strzałka), tu przerośnięty często występującym gatunkiem *Parmelia sulcata* Taylor. Obydwa gatunki są typowymi gatunkami występującymi na przydrożnych drzewach w Meklemburgii-Pomorzu Przednim; *P. aipolia* występuje tylko na *Populus* L., *Quercus* L. i *Ulmus* L.. zdjęcie: A.J. Silverside



3.6 mm

3.2 Fauna Coleoptera w starych alejach *Tilia* w Lübtheen



- MV: Odmowa w sprawie wnioskowanych działań („Fundusz alejowy“) z przyczyn związanych z ochroną przyrody (I.L. 2017);
- Uzasadnienie: najpierw sporządzenie opinii faunistycznej dla trzech alej obsadzonych gatunkiem *Tilia* (+ jedna aleja *Tilia* ze środków własnych miasta Stadt Lübtheen);
- Następnie wykonanie pielęgnacji w alejach stosownie do gatunków;
- Wspieranie przez Fundusz alejowy 2018 – 2020;
- > 50.000 euro (+ środki własne).
- Wyniki (Coleoptera) wyróżniające się na obszarach miejscowości;
- 283 gatunki (5647 egzemplarzy) tylko z sześciu połowów próbnych (maj – sierpień 2018);
- Z tego 40 gatunków znajdujących się na czerwonej liście;
- Ilustracja: *Thamiaraea cinnamomea* Gravenhorst, Czerwona Lista D (Geiser 1998): „zagrożone, zdjęcie: A. Lompe, we wszystkich alejach żyje żywiąc się sokami zranionych drzew – w SH znany w pięciu alejach na obszarach wiejskich;
- ok.11% (minimum 100) gatunków ksylobiontnych (w porównaniu do fauny w zakresie gatunków ksylobiontnych w MV) gdzie występuje 29 gatunków z Czerwonej Listy (Gürlich 2018).

3.2.1 Ocena ilościowa Coleoptera

- Sieć siedlisk gatunku *Tilia* (> 100 lat) o dużej różnorodności strukturalnej (rany, dziuple, grzyby, posuszo) ilustruje wysoki stopień uszkodzeń: w przypadku gatunku *Tilia* co najmniej 44,5 % wszystkich drzewostanów w MV (Lehmann & Schreiber 1997);
- 283 : 1.895 gatunków chrząszczy (3.942 gatunków w MV/6.637 gatunków e Niemczech Köhler 2011) w czterech alejach: 870 ha obszarów naturalnych lasów w MV (spisy 2002-2012) (Gehlhar & Gürlich 2014);
- Fauna w zakresie **chrząszczy drzewnych** w MV obejmuje minimum 877 gatunków, z tego **w czterech alejach na obszarach miejscowości występuje prawie 12% vor**;
- **Pierwszy dowód dla MV** (po prawo): *Rhyncolus punctulatus* Boh. niezwykle rzadki w północnych Niemczech. (zdjęcie: S. Gürlich); gatunek ten występuje w martwych drzewach i zagrzybionych dziuplach drzew; Czerwona Lista D (Geiser 1998): "wysoce zagrożony"; brak dowodów na występowanie w alejach w SH; z "**Pojezierza Pomorskiego**" **brak dowodów w KFP** (Burakowski *i in.* 1987).

5,0 mm



3.2.2.1 Ocena ilościowa Coleoptera

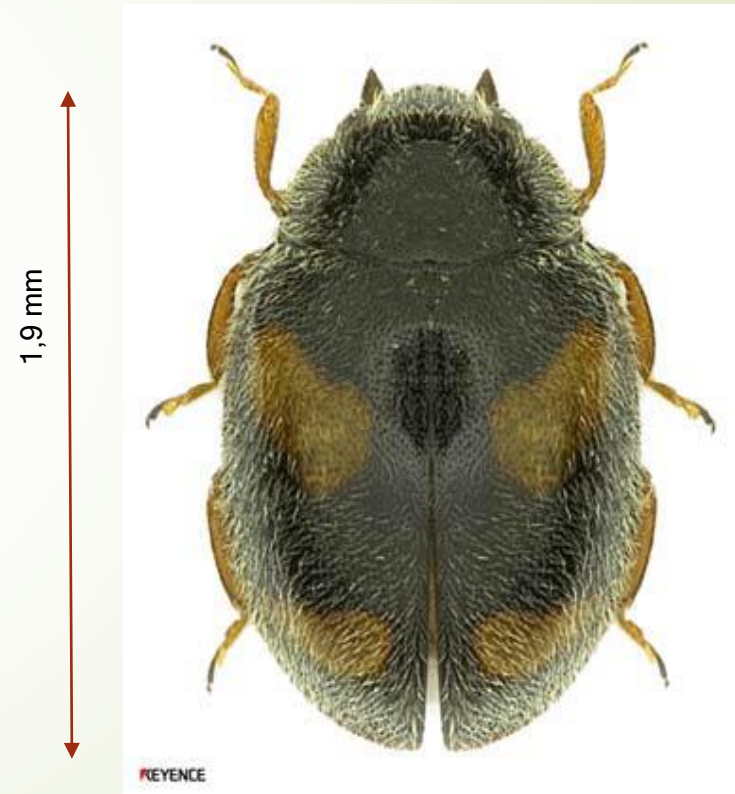
- ▶ Najbardziej zaskakujące jest porównanie do wartości średniej gatunków ksylobiontnych w rezerwach leśnych w MV: >100 : 168 (Köhler 2003) – nie mylić ze „168” gatunkami występującymi w puszczech / relikty puszczańskie (Eckelt *i in.* 2018);
- ▶ Jednym z czterech(!) reliktowych gatunków puszczańskich w Lübtheen (= gatunek bez strategii rozprzestrzeniania w odległościach > 100 m występujące jako relikty na danym terenie / niewystępujący w lasach gospodarczych) jest *Prionychus melanarius* F. (po prawo); gatunek ten jest „zagrożony wymarciem” (Czerwona Lista D, Geiser 1998) i żyje w próchnie drzewa i kory w pęknięciach/szczelinach/dziuplach / „mieszkaniec dziupli drzew”; brak dowodu występowania w alejach w SH; w Nadrenii tylko jedno stwierdzone miejsce występowania na obszarze „Urwald Taben” (Köhler 2012); zdjęcie: S. Gürlich.
- ▶ W Polsce wyżej wymieniony gatunek uznany jest za „rzadki”, znany w nielicznych miejscach stwierdzonego występowania w skali kraju: np. „Pomeranian Lake District” z lat 1922, 1954 i stare stwierdzenie obecności w Szczecinie (rok?) (Burakowski *i in.* 1987, Iwan *i in.* 2010).
- ▶ W porównaniu do 14 obszarów lasów naturalnych (w tym 12 rezerwatów leśnych) w MV w 50% występuj mniej niż cztery puszczańskie gatunki reliktowe (!) (Gürlich 2013);
- ▶ Największa wartość puszczańskich gatunków reliktowych w MV na rezerwat leśny wynosi „14” (Gehlhar & Gürlich 2014); „168” puszczańskich gatunków reliktowych w Europie Środkowej (Eckelt *i in.* 2018).

10,0 mm



3.2.2.2 Ocena ilościowa Coleoptera

- Kolejny wskaźnik wysokiej wartości alej to wysoki udział gatunków ksylobiontnych (>100 : 82 : 19) oraz ksylobiontnych gatunków występujących na czerwonej liście (29 : 2 : 4) **w porównaniu do alej na terenach miejscowości** (Lübtheen : Augsburg/Innenstadt : Kiel/jednak aleja);
- *Nephus quadrimaculatus* Hbst. (po prawo) dopiero **trzeci dowód występowania w MV**; dotychczas tylko jeden dowód występowania w Rostocku (1859!) oraz w NWR Zippelower Holz (39.9 ha, na zachód od Tollensesee) (Gürlich 2013); sposób życia niepewny; w Lübtheen w trzech alejach *Tilia* (Gürlich 2018); „**bardzo rzadki w Polsce**“: **Pierwszy dowód występowania w „Pomeranian Lake District”** w Cedynskim Parku Krajobrazowy (na wschód od miejscowości Oderberg) **2015** (Ceryngier *i in.* 2016);
- Zippelower Holz to jeden z dwóch obszarów naturalnych rezerwatów leśnych w MV, zaliczających się do najcenniejszych w całych Niemczech pod względem występowania gatunków ksylobiontnych – (Gehlhar & Gürlich 2014);
- SH: brak dowodu występowania w sześciu alejach;
- MV: cztery aleje w Lübtheen – **w porównaniu z najlepszymi naturalnymi rezerwatami leśnymi w Niemczech!**





zdjęcia: po lewej u góry. Nasadzenie 392 dzikich drzew owocowych przy L 17 między Markwitz a Eichstädt 2016 (na południowy zachód od Oranienburga, Fundacja przyrodnicza Stiftung NaturSchutzFonds BB); po lewej u dołu. Nasadzenia uzupełniające 277 dzikich drzew owocowych i *Quercus petraea* LIEBL., gmina Steinreich 2018 (za zachód od Golßen, Fundacja przyrodnicza Stiftung NaturSchutzFonds BB); po prawej u góry. Aleja porośnięta *Fraxinus pennsylvanica* MARSHALL, Nova-Photo-Graphik



4. Prognozy

4.1 Grupy gatunków drzew o wysokim potencjale



Gatunki	Odmiana	Potencjał (pozytywny - pochłanianie)	Potencjał emisyjny (negatywny - wydzielanie)	Publikacje
<i>Acer</i>	<i>platanoides</i> L. <i>campestre</i> L.	Pyły zawieszone	niski	Dickhaut & Eschenbach 2019; Grote <i>i in.</i> 2016; USDA Forest Service 2001
<i>Corylus</i>	<i>colurna</i> L.	Pyły zawieszone, tolerancja upałów	niski	Dickhaut & Eschenbach 2019; Grote <i>i in.</i> 2016; Selmi <i>i in.</i> 2016; USDA Forest Service 2001
<i>Fraxinus</i> spp.		Pyły zawieszone, cień, tolerancja upałów	niski	Dickhaut & Eschenbach 2019; Grote <i>i in.</i> 2016; Uehre & Hermann 2015; Selmi <i>i in.</i> 2016
<i>Ginkgo</i>	<i>biloba</i> L.	CO	?	Dickhaut & Eschenbach 2019; Selmi <i>i in.</i> 2016; USDA Forest Service 2001
<i>Liquidambar</i>	<i>styraciflua</i> L.	Cień, obniżenie T	?	Dickhaut & Eschenbach 2019; Livesly <i>i in.</i> 2016; Napoli <i>i in.</i> 2016; USDA Forest Service 2001

4.2 Baumartengruppen mit einem hohen Potential und mit Einschränkungen (rot)

27



Juglans nigra L. (l.o.) zalicza się do bardzo rzadkich gatunków drzew alejowych w MV (Lehmann & Schreiber 1997). zdjęcie Wendy Cutler

Gatunki	Odmiana	Potencjał (pozytywny - pochłanianie)	Potencjał emisyjny (negatywny-wydzielanie)	Publikacje
<i>Juglans</i>	<i>nigra</i> L.	Pyły zawieszone, tolerancja upałów	?	Selmi <i>i in.</i> 2016
<i>Tilia</i>	<i>cordata</i> MILL.	Pyły zawieszone, CO, cień, ochrona gatunkowa, tolerancja suszy	niski	Dickhaut & Eschenbach 2019; Grote <i>i in.</i> 2016; Gürlich 2018; Uehre & Hermann 2015; Selmi <i>i in.</i> 2016; USDA Forest Service 2001
<i>Platanus</i> spp.		Pyły zawieszone, cień, tolerancja upałów	średni	Dickhaut & Eschenbach 2019; Grote <i>i in.</i> 2016
<i>Salix</i> spp.		Pyły zawieszone, cień	niski	Grote <i>i in.</i> 2016
<i>Quercus</i>		Ochrona gatunkowa	Bardzo wysoki, przedwczesne obumieranie na skutek oddziaływania pyłów zawieszonych	z.B. Burkhardt <i>i in.</i> 2018; Churkina <i>i in.</i> 2015; Dietz & Wurst 2019; Geiser 1986; Grote <i>i in.</i> 2016; Seehann 1979

5. Wnioski

➤ **Aleje obniżają:**

- ❖ **Zanieczyszczenie powietrza + upał + ozon** a tym samym liczbę zgonów w roku – w MV minimum 18 osób/rok (podstawa: 650.000 drzew);
- ❖ **koszty opieki zdrowotnej**/pobyty w szpitalach – w MV obecnie minimum 19 milionów euro/rok (podstawa: patrz wyżej);
- ❖ Liczba **67.600 zgonów rocznie w Niemczech** (zanieczyszczenie powietrza + upał + ozon);
- ❖ **Koszty utrzymania asfaltu** ulicznego o > 17% (przy stale rosnących kosztach!);
- ❖ **Wymieranie gatunków** (w alejach występują wartościowe gatunki chronione, w szczególności specjalizujące się w życiu w próchnie w małych i dużych dziuplach drzew, **szczelinach, pęknięciach w starych drzewach**; oraz gatunki zamieszkujące na ziemi / np. gatunki terricole / na ziemi w warunkach środowiskowych w alejach, które są stabilne od > 100 lat).

➤ **Najważniejszymi celami ochrony alej powinno być:**

- ❖ **Miejscowe zmniejszenie zanieczyszczenia powietrza;**
- ❖ **Obniżenie związanych z tym kosztów** wynoszących 1.100 euro/osobę w UE/na tok (563 miliardy euro/rok/UE, Raport EEA 12/2018);
- ❖ **– oraz zachowanie wartościowych rzadkich gatunkw!**

➤ **Potrzeba działania:**

- Zachowanie maksymalnej **powierzchni liści** (np. podczas działań pielęgnacyjnych);
- **Wycinka starych drzew** uszkodzonych przez wiatr tylko w rzadkich przypadkach – **zachowanie** także bez podcinania w celu uzyskania nowych pędów (drzewa dziuplaste należy koniecznie zachowywać!);
- **Nasadzenia uzupełniające + pielęgnacja** alej;
- Nasadzanie drzew z gatunków z **dużymi i wysokimi koronami** (por. punkt 4.1/4.2) np. na terenach występowania emisji (regiony zurbanizowane + rolnicze!);
- **Badania/mocowanie mierników pasywnych w alejach** do zbierania danych na temat: obciążenia substancjami szkodliwymi/ poboru substancji szkodliwych przez drzewa/powodowane przez aleje oszczędności kosztów - podstawy prawne: np. Ambient Air Quality Directives (EU 2004, 2008), CAPE (EU 2013).

Dziękuję za uwagę !

Nasadzenia uzupełniające z roku 1999 drzewami *Tilia* (prywatna aleja) w barokowym ogrodzie w Gützkow przy wyraźnym spadku poziomu wód gruntowych (u dołu z lewej, na północny wschód od miejscowości Ivenack); trzema gatunkami drzew w maju 2000: *Sorbus aucuparia* L., *S. intermedia* PERS., *Quercus robur* L. bei Ulrichshusen (u dołu z prawej, na południowy zachód od miejscowości Basedow). Zdjęcia: dr Ingo Lehmann, październik 2019.



6.1 Literaturverzeichnis

Ashmore, M.R. (2005). Assessing the future global impacts of ozone on vegetation. *Plant, Cell and Environment* **28**, 949-964.

Beutler, A. & Deuringer, B. (1993). Die Bedeutung von Altbäumen im städtischen Raum für die Fauna. In: Seminar des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz „Altbäume - Tierökologische Bedeutung und Empfehlungen für die Baumpflege“ am 23.11.1993 in Wackersdorf. Tagungsband, 5-18.

BirdLife International (2018). *Milvus milvus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018. e.T22695072A131877336. Downloaded on 24 October 2019.

Behörde für Umwelt und Energie (2016). *Fakten zu Hamburgs Straßenbäumen*. Online-Baumkataster. <https://www.hamburg.de/strassenbaeume-online/5421342/strassenbaeume-online-fakten>

Burakowski, B., Mroczkowski, M. & Stefańska, J. (1987). Chrząszcze Coleoptera. Cucujoidea. *Cz.: 3. Katalog fauny Polski* **23(14)**, 1-309.

Burkhardt, J., Zinsmeister, D., Grantz, D.A., Vidic, S., Sutton, M.A., Hunsche, M. & Pariyar, S. (2018). Camouflaged as degraded wax: hygroscopic aerosols contribute to leaf desiccation, tree mortality, and forest decline. *Environmental Research Letters* **13**, 085001. doi.org/10.1088/1748-9326/aad346

Ceryngier, P., Romanowski, J. & Romanowski, M. (2016). Ladybird beetles (Coleoptera: Coccinellidae) of Cedynia Landscape Park. *Entomological News* **35(1)**, 41-58.

Churkina, G., Grote, R., Butler, T.M. & Lawrence, M. (2015). Natural selection? Picking the right trees for urban greening. *Environmental Science & Policy* **47**, 12-17. doi: 10.1016/j.envsci.2014.10.014

De Bruyn, U. & Linders, H.W. (1999). Bedeutung und naturschutzfachliche Bewertung von Hybrid-Pappeln als Trägerbäume für Moos- und Flechtenarten in Nordwestdeutschland. *Drosera* **99(2)**, 95-108.

Dickhaut, W. & Eschenbach, A. (Hrsg.) (2019). *Entwicklungskonzept Stadtbäume - Anpassungsstrategien an sich verändernde urbane und klimatische Rahmenbedingungen*. Hamburg, 110 S.

Dietz, M. & Wurst, C. (2019). Baumbewohnende Arten. In: Dietz, M., Dujesiefken, D., Kowol, T., Reuther, J., Rieche, T. & Wurst, C. (Hrsg.) *Artenschutz und Baumpflege*. Haymarket Media, 151 S.

Dockery, D.W., Pope, C.A., Xu, X., Spengler, J.D., Ware, J.H., Fay, M.E., Ferris, B.G. Jr. & Speizer, F.E. (1993). An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *The New England Journal of Medicine* **329**, 1753-1759. doi: 10.1056/NEJM199312093292401

Dockery, D.W., Cunningham, J., Damokosh, A.I., Neas, L.M., Spengler, J.D., Koutrakis, P., Ware, J.H., Raizenne, M. & Speizer, F.E. (1996). Health effects of acid aerosols on North American children: Respiratory symptoms. *Environmental Health Perspectives* **104(5)**, 500-505.

Eckelt, A., Müller, J., Bense, U., Brustel, H., Bußler, H., Chittaro, Y., Cizek, L., Frei, A., Holzer, E., Kadej, M., Kahlen, M., Köhler, F., Möller, G., Mühle, H., Sanchez, A., Schaffrath, U., Schmidl, J., Smolis, A., Szallies, A., Németh, T., Wurst, C., Thorn, S., Christensen, R.H.B. & Seibold, S. (2018). „Primeval forest relict beetles“ of Central Europe: a set of 168 umbrella species for the protection of primeval forest remnants. *Journal of Insect Conservation* **22(1)**, 15-28.

European Environment Agency (EEA 2018). *Air quality in Europe - 2018 report*. Copenhagen, Denmark, 83 pp.

6.2 Literaturverzeichnis

- Geiser, R. (1998). Rote Liste der Käfer (Coleoptera). *In*: Binot, M. Bless, R. Boye, P. Gruttke, H. & Pretscher, P. (Bearbeiter). Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands. *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz (Bonn-Bad Godesberg)*, **55**, 168-230.
- Giersberg, M. (1991). Die Verbreitung von ausgewählten calciphilen Flechtenarten im Rostocker Raum. *Archiv Freunde für Naturgeschichte Mecklenburg XXXI*, 153-163.
- Gürlich, S. (2009). Die Bedeutung historischer Alleen als Lebensraum für Käfer. *In*: Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein *i in*. (Hrsg.) *Historische Alleen in Schleswig-Holstein - geschützte Biotope und grüne Kulturdenkmale*, 49-82.
- Gürlich, S. (2013). Hutewaldökosystem Ivenacker Tiergarten. Bestandsaufnahme und Bewertung der Holzkäferfauna. Unveröffentlichtes Gutachten, 119 S.
- Gürlich, S. (2018). *Lindenalleen in Lübtheen. Strukturkartierung, Bestandsaufnahme und Bewertung xylobionter Käfer*. Unveröffentlichtes Gutachten, 58 S.
- Grote, R., Samson, R., Alonso, R., Amorim, J.H., Cariñanos, P., Churkina, G., Fares, S., Le Thiec, D., Niinemets, Ü., Mikkelsen, T.N., Paoletti, E., Tiwary, A. & Calfapietra, C. (2016). Functional traits of urban trees: air pollution mitigation potential. *Frontiers in Ecology and the Environment* **14(10)**, 554-550. doi: 10.1002/fee.1426
- Heinze, S., Finck, P., Raths, U., Riecken, U. & Ssymank, A. (2019). Analyse der Gefährdungsursachen von Biotoptypen in Deutschland. *Natur und Landschaft* **94(11)**, 453-462.
- Iwan, D., Kubisz, D. & Mazur, M.A. (2010). The occurrence of Tenebrionidae (Coleoptera) in Poland based on the largest national museum collections. *Fragmenta Faunistica* **53(1)**, 1-95.
- Köhler, F. (2003). *Vergleichende Untersuchung zur Totholzkäferfauna in drei Naturwaldreservaten in Mecklenburg-Vorpommern (Coleoptera). NWR Hinrichshagen, NWR Kronwald, NWR Stephansberg und zugehörige Vergleichsflächen*. Unveröffentlichter Bericht.
- Köhler, F. (2011). 2. Nachtrag zum „Verzeichnis der Käfer Deutschlands“ (Köhler & Klausnitzer 1998) (Coleoptera). *Entomologische Nachrichten und Berichte (Dresden)* **55**, 109-174, 247-254.
- Köhler, M. (2012). Die Veränderung der Schwarzkäferfauna (Coleoptera, Tenebrionidae) im Rheinland in Abhängigkeit von Umweltveränderungen und Klimawandel. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Rheinischer Koleopterologen (Bonn)*, **22(1-4)**, 37-59.
- Kraft, M. & Plachter, H. (2006). Die naturschutzfachliche Bedeutung von Alleen. *In*: Lehmann, I. & Rohde, M. (Hrsg.) *Alleen in Deutschland - Bedeutung, Pflege, Entwicklung*. Edition Leipzig, Leipzig, S. 76-83.
- Landtag von Sachsen-Anhalt (2018). *Der Zustand der Alleen und Baumreihen in Sachsen-Anhalt*. Antwort der Landesregierung auf die Große Anfrage. Drucksache 7/3634 vom 22.11.2018.

6.3 Literaturverzeichnis

- McPherson, E.G. & Muchnick, J. (2005). Effects of street tree shade on asphalt concrete pavement performance. *Journal of Arboriculture* **31(6)**, 303-310.
- Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur-und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MULNV NRW, 2017) (Hrsg.). *Alleen in Nordrhein-Westfalen*. Düsseldorf, 98 S.
- Möller, G., Grube, R. & Wachmann, E. (2006). *Der Fauna - Käferführer I. Käfer im und am Wald*. Band 2. Fauna Verlag, Nottuln, 334 S.
- Morani, A., Nowak, D.J., Hirabayashi, S. & Calfapietra, C. (2011). How to select the best tree planting locations to enhance air pollution removal in the MillionTreesNYC initiative. *Environmental Pollution* **159**, 1040-1047. doi:10.1016/j.envpol.2010.11.022
- Napoli, M., Massetti, L., Brandani, G., Petralli, M., & Orlandini, S. (2016). Modeling tree shade effect on urban ground surface temperature. *Journal of Environmental Quality* **45**, 146-156. doi: 10.2134/jeq2015.02.0097
- Nowak, D.J., Crane, D.E. & Stevens, J.C. (2006). Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening* **4**, 115-123.
- Nowak, D.J., Hirabayashi, S., Bodine, A. & Greenfield, E. (2014). Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. *Environmental Pollution* **193**, 119-129.
- Oleksa, A., Gawroński, R. & Tofilski, A. (2013). Rural avenues as a refuge for feral honey bee population. *Journal of Insect Conservation* **17**, 465-472.
- Qian, D., Wang, Y., Zanobetti, A., Wang, Y., Koutrakis, P., Choirat, C., Dominici, F., Schwartz, J.D. (2017). Air pollution and mortality in the Medicare Population. *The New England Journal of Medicine* **376**, 2513-2522. doi: 10.1056/NEJMoa1702747 (Chinese Translation)
- Richards, N.A. (1979). Modeling survival and consequent replacement needs in a street tree population. *Journal of Arboriculture* **5(11)**, 251-255.
- Roloff, J. (2009). Die Bedeutung historischer Alleen als Lebensraum für Nachtfalter. In: Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein i in. (Hrsg.) *Historische Alleen in Schleswig-Holstein - geschützte Biotope und grüne Kulturdenkmale*, 83-95.
- Roloff, A. (2013). Stadt- und Straßenbäume der Zukunft - welche Arten sind geeignet? In: Roloff, A., Thiel, D. & Weiß, H. (Hrsg.) Aktuelle Fragen der Stadtbaumplanung, -pflege und -verwendung. *Forstwissenschaftliche Beiträge* **14**, 173-187 (Beiheft).
- Roman, L.A. & Scatena, F.N. (2011). Street tree survival rates: Meta-analysis of previous studies and application to a field survey in Philadelphia, PA, U.S.A. *Urban Forestry & Urban Greening* **10**, 269-274. doi:10.1016/j.ufug.2011.05.008

6.4 Literaturverzeichnis

- Sanusi, R., Johnstone, D., May, P. & Livesley, S.J. (2016). Street Orientation and Side of the Street Greatly Influence the Microclimatic Benefits Street Trees can Provide in Summer. *Journal of Environmental Quality* **45**, 167-174.
- Schiefelbein, U. & Litterski, B., (2006). Flechten der Alleen in Mecklenburg-Vorpommern. *Naturschutzarbeit in Mecklenburg-Vorpommern* **49(1)**, 1-9.
- Schutzgemeinschaft Deutscher Wald (SDW, Landesverband Thüringen + Kuratorium Alte liebenswerte Bäume in Deutschland) (1996). *Schutz der Alleen in Thüringen*. Oberdorla & Wiesbaden, 63 S.
- Seehann, G. (1979). Holzerstörende Pilze an Straßen- und Parkbäumen in Hamburg. *Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft*, **71**: 193-221.
- Selmi, W., Weber, C., Rivière, E., Blond, N., Mehdi, L. & Nowak, D. (2016) Air pollution removal by trees in public green spaces in Strasbourg city, France. *Urban Forestry & Urban Greening* **17**, 192-201.
- Senat für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (2018/2019). *Daten und Fakten zu Straßenbäumen / Land Berlin*.
https://www.berlin.de/sennvk/umwelt/stadtgruen/stadtbaeume/de/daten_fakten
- Tiway, A., Sinnott, D., Peachey, C., Chalabi, Z., Vardoulakis, S., Fletcher, T., Leonardi, G., Grundy, C., Azapagic, A. & Hutchings, T.R. (2009), An integrated tool to assess the role of new planting in in PM10 capture and the human health benefits: a case study in London. *Environmental Pollution* **157**, 2645-2653.
- Tiway, A., Williams, I.D., Heidrich, O., Namdeo, A., Bandaru, V., Calfapietra, C. (2016). Development of multi-functional streetscape green infrastructure using a performance index approach. *Environmental Pollution* **208**, 209-220. doi.org/10.1016/j.envpol.2015.09.003
- Uehre, P. & Hermann, S. (2015). Spezifische Hitze- und Trockentoleranz von Bäumen. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. Münster, unveröffentlicht.
- Umweltbundesamt (UBA 2017). Gesundheitsrisiken durch Feinstaub. Erstellt am 23.10.2017, 5 S.
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-gesundheit/gesundheitsrisiken-durch>
- Umweltbundesamt (UBA 2019). *Luftqualität 2018. Hintergrund // Stand styczeń 2019 - Vorläufige Auswertung*. Dessau-Roßlau, 27 S.
- United States Department of Agriculture (USDA Forest Service 2001). *Syracuse Urban Master Plan: Guiding the city's Forest Resource into the 21st century*. Compiled by Nowak, D. J. & O'Connor, P.R. General Technical Report NE-287, 50 S.
- Wilitzki, A. (2017). *Erfassung des Bestandes an Alleen und einseitigen Baumreihen an Straßen und Wegen in der freien Landschaft des Landes Brandenburg auf Basis von Geodaten*. Masterarbeit. Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde. Eberswalde, S. I-XIII + 1-21 + Anhang (XIV) (117)