

**Ochrona
środowiska
w technologii
chemicznej
(OŚTCh)**





Green chemistry – zielona chemia



Zielona chemia

- koncepcja zakładająca projektowanie i przeprowadzanie procesów chemicznych w taki sposób, aby ograniczyć użycie i powstawanie szkodliwych substancji
- zrodziła się w 1991 roku, a za jej ojca uznaje się Paula Anastasa
- filozofia zielonej chemii opiera się na 12 zasadach, sformułowanych przez Anastasa i Warnera





Zielona chemia - 12 zasad

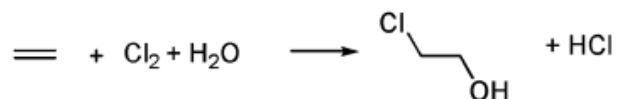
1. **Zapobieganie powstawaniu odpadów** – lepiej zapobiegać powstawaniu odpadów niż je przetwarzać lub oczyszczać po ich powstaniu.
2. **Gospodarka atomowa** – metody syntetyczne powinny być zaprojektowane w taki sposób, aby maksymalnie wykorzystać wszystkie materiały użyte w procesie w produkcie końcowym.
3. **Mniej niebezpieczne syntezy chemiczne** – tam, gdzie jest to możliwe, metody syntetyczne powinny być zaprojektowane w taki sposób, aby wykorzystywać i generować substancje, które są mało toksyczne lub nie są wcale toksyczne dla zdrowia ludzkiego i środowiska.
4. **Projektowanie bezpieczniejszych substancji chemicznych** – produkty chemiczne powinny być projektowane w taki sposób, aby zachować skuteczność działania przy jednoczesnym zmniejszeniu toksyczności.
5. **Bezpieczniejsze rozpuszczalniki i substancje pomocnicze** – stosowanie substancji pomocniczych (np. rozpuszczalników, środków oddzielających itp.) powinno być w miarę możliwości zbędne i nieszkodliwe podczas stosowania.
6. **Projektowanie z myślą o efektywności energetycznej** – wymagania dotyczące energii powinny być uznawane ze względu na ich wpływ na środowisko i gospodarkę oraz powinny być minimalizowane. Metody syntetyczne powinny być prowadzone w temperaturze i ciśnieniu otoczenia.
7. **Stosowanie surowców odnawialnych** – surowiec powinien być możliwie jak najbardziej odnawialny, a nie ulegający wyczerpaniu, gdy jest to technicznie i ekonomicznie wykonalne.
8. **Redukcja pochodnych** – należy ograniczyć do minimum lub w miarę możliwości unikać niepotrzebnej derywatywacji (stosowanie grup blokujących, ochrona, tymczasowa modyfikacja procesów fizycznych/chemicznych), ponieważ takie kroki wymagają dodatkowych odczynników i mogą powodować powstawanie odpadów.
9. **Katalizatory** – odczynniki katalityczne (tak selektywnie, jak to możliwe) są lepsze od odczynników stechiometrycznych.
10. **Projektowanie degradacji** – produkty chemiczne powinny być zaprojektowane w taki sposób, aby po zakończeniu swojej funkcji rozpadały się na nieszkodliwe produkty degradacji i nie utrzymywały się w środowisku.
11. **Analiza w czasie rzeczywistym w celu zapobiegania zanieczyszczeniom** – należy dalej rozwijać metodologię analityczną, aby umożliwić monitorowanie i kontrolę w czasie rzeczywistym, w trakcie procesu, przed powstaniem substancji niebezpiecznych.
12. **Bezpieczniejsza chemia w zapobieganiu wypadkom** – należy wybrać substancje i formę substancji używanej w procesie chemicznym tak, aby zminimalizować możliwość wystąpienia wypadków chemicznych, w tym uwolnień, wybuchów i pożarów.

Zielona chemia - zasada zapobieganiu powstawaniu odpadów

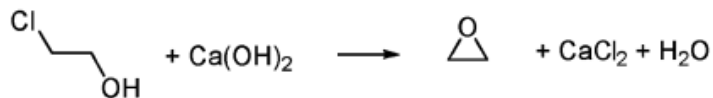
E factor = kg odpadu / kg produktu

Traditional preparation of ethylene oxide

Step 1

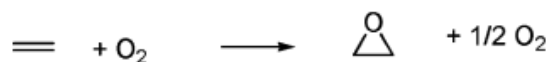


Step 2

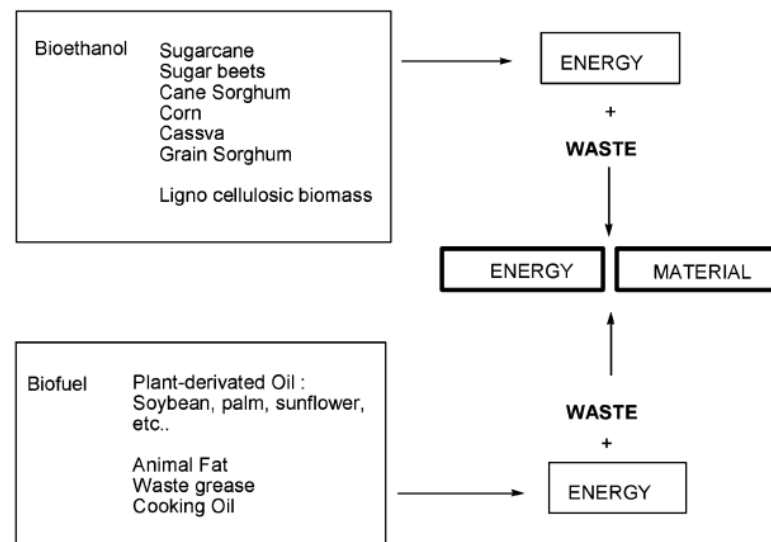


E-factor = 5
over two steps

New route to ethylene oxide



E-factor = 0.3



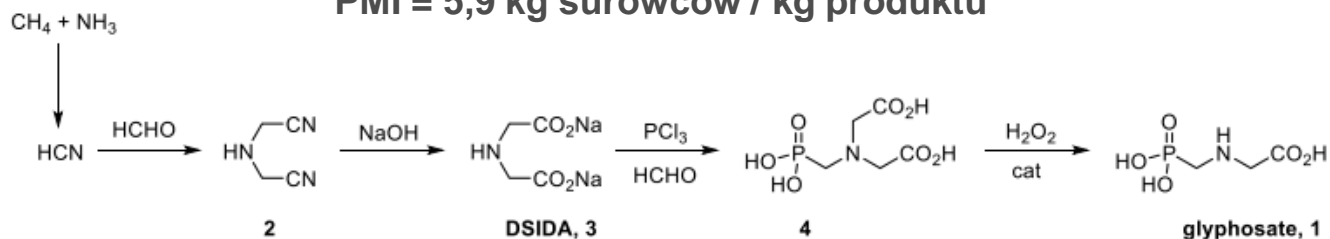
Zielona chemia - zasada zapobieganiu powstawaniu odpadów

PMI = kg surowca / kg produktu

Three Processes Used To Manufacture Glyphosate in China

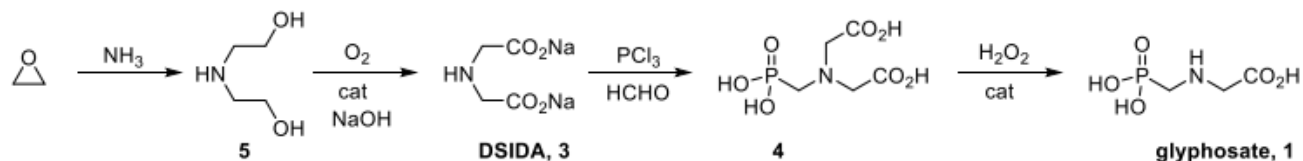
HCN process

PMI = 5,9 kg surowców / kg produktu



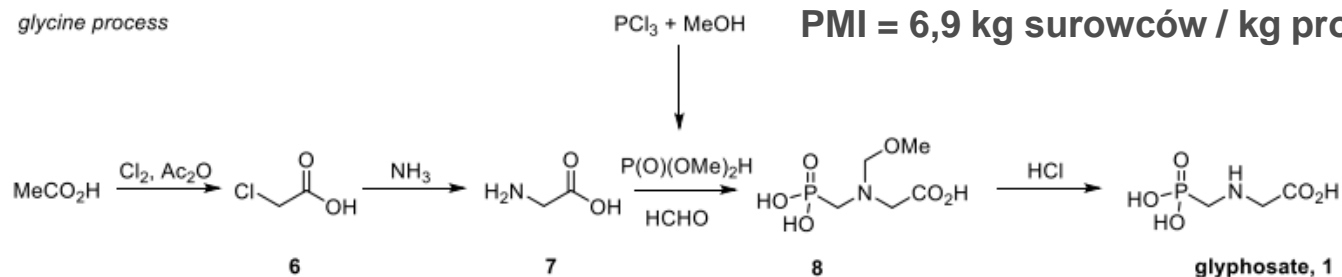
DEA process

PMI = 5,3 kg surowców / kg produktu



glycine process

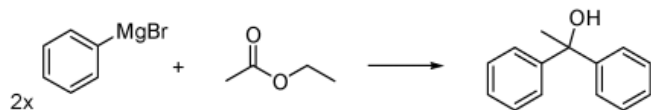
PMI = 6,9 kg surowców / kg produktu



Zielona chemia - zasada gospodarki atomowej

Atom economy (AE) = masa molowa produktu / masa molowa reagentów

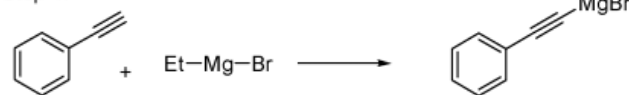
Example of a Grignard reaction



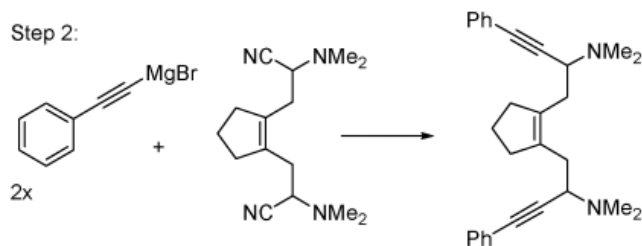
AE = 44.2 %

Grignard reagent,
Application to the synthesis of a propargylic amine

Step 1:

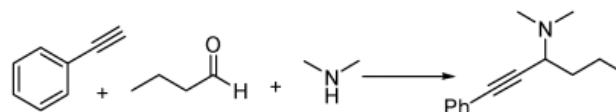


Step 2:



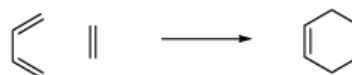
AE = 56.1%
over 2 steps

Alternative synthesis for propargylic amine: A3 Coupling



AE = 92%

Diels-Alder reaction



AE = 100%

The Atom Economy AE and several illustrations.

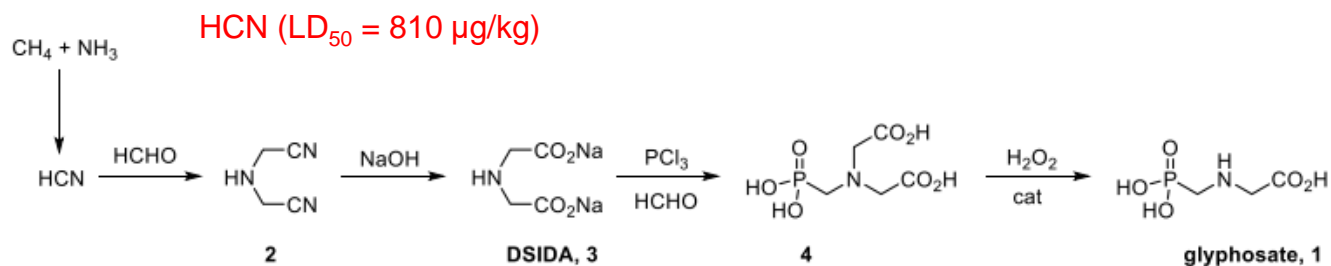


Zielona chemia - zasada mniej niebezpiecznych syntez chemicznych

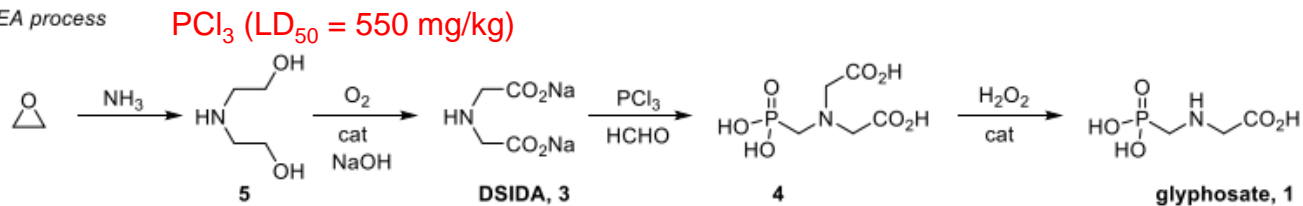
- projektowanie metod syntetycznych w taki sposób, aby wykorzystywać i generować substancje, które są mało toksyczne lub nie są wcale toksyczne dla zdrowia ludzkiego i środowiska
- w miarę możliwości unikanie stosowania szczególnie niebezpiecznych substancji, takich jak np.: chlor, fosgen, izocyjaniany, merkaptany, azydek sodu, cyjanek sodu i HF
- toksyczność syntetycznych półproduktów w procesie chemicznym powinny być oceniane w ramach działań rozwojowych, ponieważ pracownicy mogą być potencjalnie narażeni na te materiały podczas ich produkcji

Three Processes Used To Manufacture Glyphosate in China

HCN process

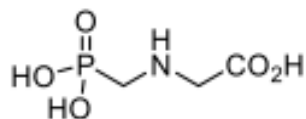


DEA process



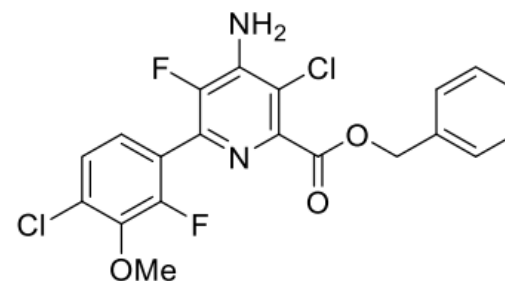
Zielona chemia - zasada projektowania bezpieczniejszych substancji chemicznych

- zrozumienie właściwości związków chemicznych, które mają wpływ na środowisko i przemiany zachodzące w biosferze ma zasadnicze znaczenie dla zrównoważonego rozwoju
- obok kładzenia dużego nacisku na projektowanie chemikaliów o różnych zastosowaniach, nie można pominąć oceny zagrożenia, które jest związane z ich stosowaniem



Glifosat

1,5-2,0 kg/hektar



Rinskor

5-50 g/hektar



Zielona chemia - zasada bezpieczniejszych rozpuszczalników i substancji pomocniczych

- rozpuszczalniki stanowią ważne wyzwanie dla zielonej chemii, ponieważ często stanowią one często zdecydowaną większość masy traconej w syntezach i procesach
- wiele konwencjonalnych rozpuszczalników jest toksycznych, łatwopalnych i/lub żrących
- lotność i rozpuszczalność rozpuszczalników przyczynia się do zanieczyszczenia powietrza, wody i ziemi oraz zwiększają ryzyko dla pracowników narażonych na przewlekłą na nie ekspozycję i doprowadziły do poważnych wypadków.
- odzyskiwanie i ponowne wykorzystanie, chociaż możliwe, ale często wiąże się z energochłonną destylacją, a czasem zanieczyszczeniem krzyżowym.
- nowymi i bezpieczniejszymi rozwiązaniami są układy bezrozpuszczalnikowe, syntezy z roztworów wodnych, **stosowanie rozpuszczalników w stanie nadkrytycznym (SCF), ciecze jonowe**



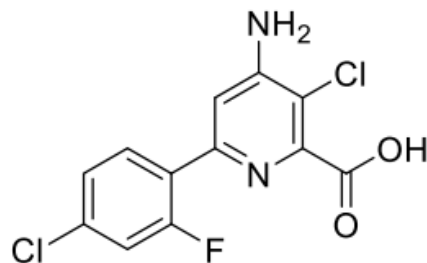
Zielona chemia - zasada bezpieczniejszych rozpuszczalników i substancji pomocniczych

- rozpuszczalniki stanowią ważne wyzwanie dla zielonej chemii, ponieważ często stanowią one często zdecydowaną większość masy traconej w syntezach i procesach
- wiele konwencjonalnych rozpuszczalników jest toksycznych, łatwopalnych i/lub żrących
- lotność i rozpuszczalność rozpuszczalników przyczynia się do zanieczyszczenia powietrza, wody i ziemi oraz zwiększają ryzyko dla pracowników narażonych na przewlekłą na nie ekspozycję i doprowadziły do poważnych wypadków.
- odzyskiwanie i ponowne wykorzystanie, chociaż możliwe, ale często wiąże się z energochłonną destylacją, a czasem zanieczyszczeniem krzyżowym.
- nowymi i bezpieczniejszymi rozwiązaniami są układy bezrozpuszczalnikowe, syntezy z roztworów wodnych, **stosowanie rozpuszczalników w stanie nadkrytycznym (SCF), ciecze jonowe**

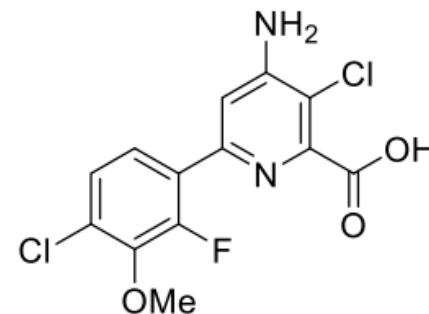


Zielona chemia - zasada projektowania degradacji

Effect of Substituents on the Rate of Metabolism of 6-Arylpicolinate Herbicides



soil $t_{1/2} > 240$ d



soil $t_{1/2} = 10-30$ d



Zielona chemia - zasada projektowania z myślą o efektywności energetycznej

