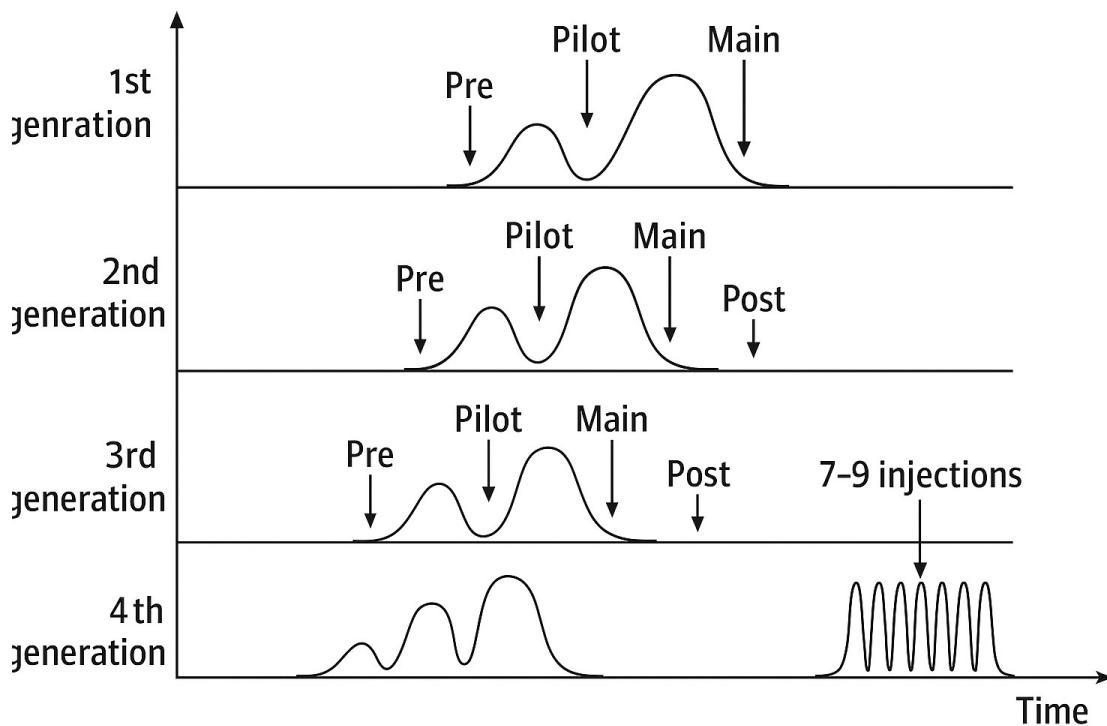


Ewolucja wielofazowego wtrysku paliwa – Wtryskiwacze Denso

Schemat przedstawia cztery generacje systemów wtrysku paliwa Common Rail stosowanych przez firmę Denso w silnikach wysokoprężnych. W kolejnych generacjach widać rosnącą złożoność wtrysku oraz coraz większą precyzję dawkowania paliwa, co wpływa na poprawę spalania, zmniejszenie emisji spalin i hałasu oraz zwiększenie efektywności silnika.



Fazy wtrysku paliwa (dokładnie):

Faza	Opis techniczny	Cel	Dawka (ilość paliwa)
Pre	Przedwstępny	Przygotowuje komorę spalania, poprawia mieszanie	Bardzo mała
Pilot	Wstępny	Podnosi temperaturę i ciśnienie przed głównym wtryskiem – zapobiega hałasowi spalania	Mała
Main	Główny	Dostarcza większość paliwa – odpowiada za moc	Duża
Post	Po głównym	Wspomaga dopalenie sadzy i lepsze spalanie	Mała lub średnia
After	Późny	Wtrysk do filtra DPF (Diesel Particulate Filter) w celu jego regeneracji (dopalenie cząstek stałych)	Zależna od potrzeb

Jak zmieniały się fazy i dawki w czasie (w kolejnych generacjach):

♦ 1. Generacja (1995–2000)

- **Fazy:** tylko **Pilot + Main**
 - **Cel:** ograniczenie hałasu spalania (tzw. diesel knock)
 - **Dawki:**
 - Pilot: niewielka dawka
 - Main: jedna duża dawka
 - Brak elastyczności – silnik mniej precyzyjny w sterowaniu spalaniem.
-

♦ 2. Generacja (2002–2005)

- **Fazy:** **Pre, Pilot, Main, Post, After**
 - **Cel:** lepsza kontrola emisji NOx i sadzy
 - **Dawki:**
 - Pre + Pilot: bardzo małe – do ogrzania komory spalania
 - Main: główna – dopasowywana do obciążenia
 - Post: dodatkowe dopalanie mieszanki
 - After: do regeneracji DPF
 - **Precyzyja czasowa:** nawet 0.1 ms dzięki piezo-wtryskiwaczom
-

♦ 3. Generacja (2007–2008)

- **Fazy:** do **7–9 wtrysków** na cykl (!)
 - **Sterowanie:** elektroniczne, bardzo precyzyjne
 - **Dawki:** bardziej zróżnicowane – mniejsze porcje, częściej
 - **Cel:** maksymalna redukcja NOx i sadzy, lepsza kontrola spalania
-

♦ 4. Generacja (2013+)

- **Ciśnienie:** do 2500 bar – umożliwia **bardzo małe, szybkie dawki**
- **Fazy:** nadal 7–9 faz, ale jeszcze szybsze
- **Dawki:**
 - Nawet mniejsze niż 1 mm³ przy pojedynczym mikro-wtrysku
- **Cel:** spełnienie bardzo rygorystycznych norm Euro 6 (i przyszłych)

 Kluczowe punkty:

Generacja	Ciśnienie [bar]	Typ wtryskiwacza	Wtryski/ cykl	Lata SOP	Normy emisji
1.	1200–1450	Solenoid	2	1995/12, 1999/06	Euro 2, 3
2.	1800	Solenoid / Piezo	5	2002/03, 2005/04	Euro 3–5
3.	2000	Solenoid / Piezo	7–9	2007/07, 2008/07	Euro 4–6
4.	2500	Solenoid	7–9+	2013/02	Euro 6