

Szivattyú-csővezeték rendszer rezgésfelügyelete



Dr. Hegedűs Ferenc (fhegedus@hds.bme.hu)

1. Feladat ismertetése

- Rezgésfelügyeleti módszer kidolgozása szivattyúk nyomásjelére alapozva
- Mérési környezetben való kipróbálás

„A”



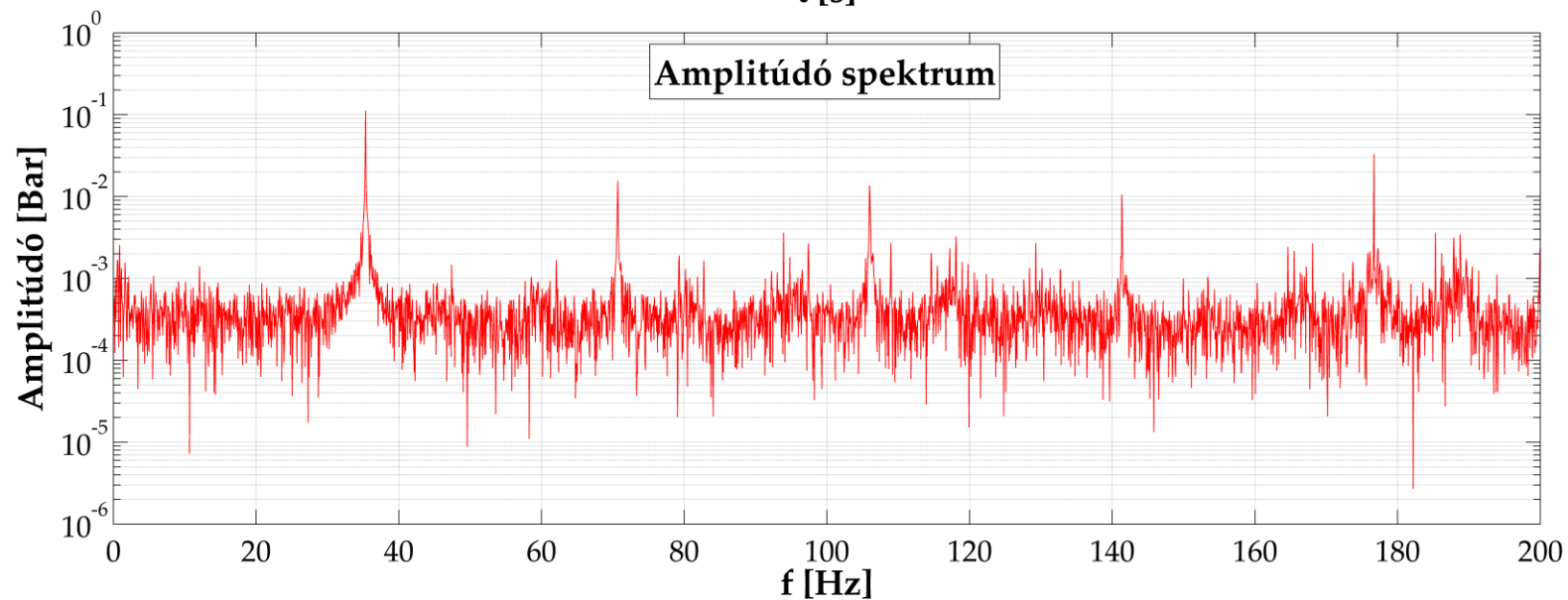
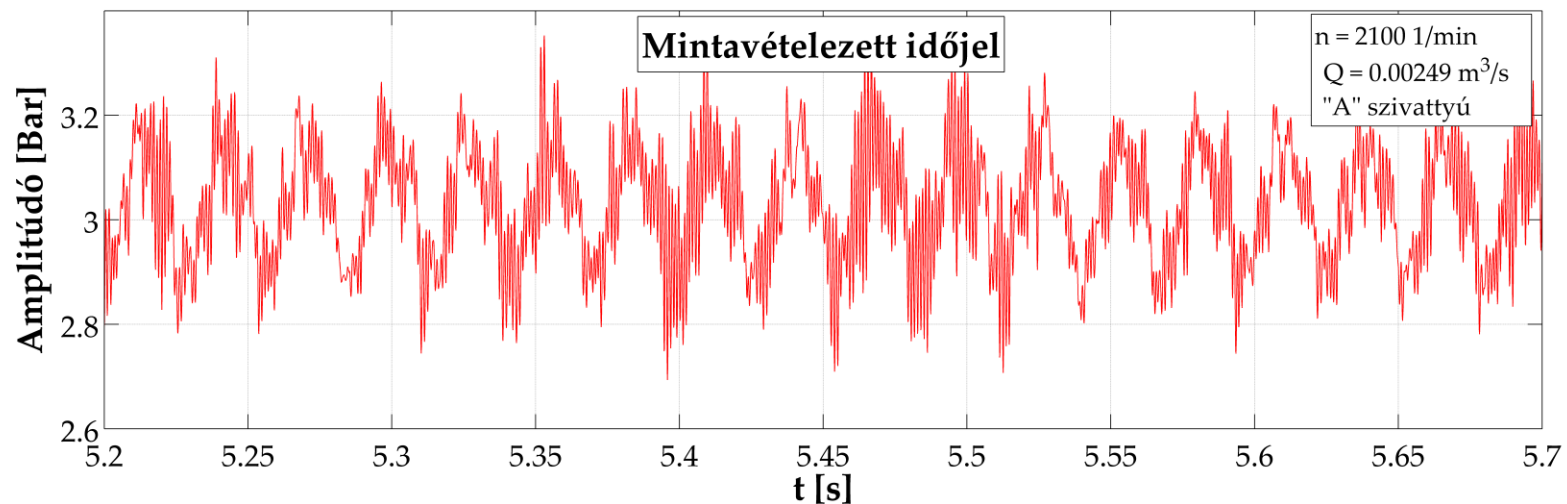
„B”



- Összehasonlítás, következtetések

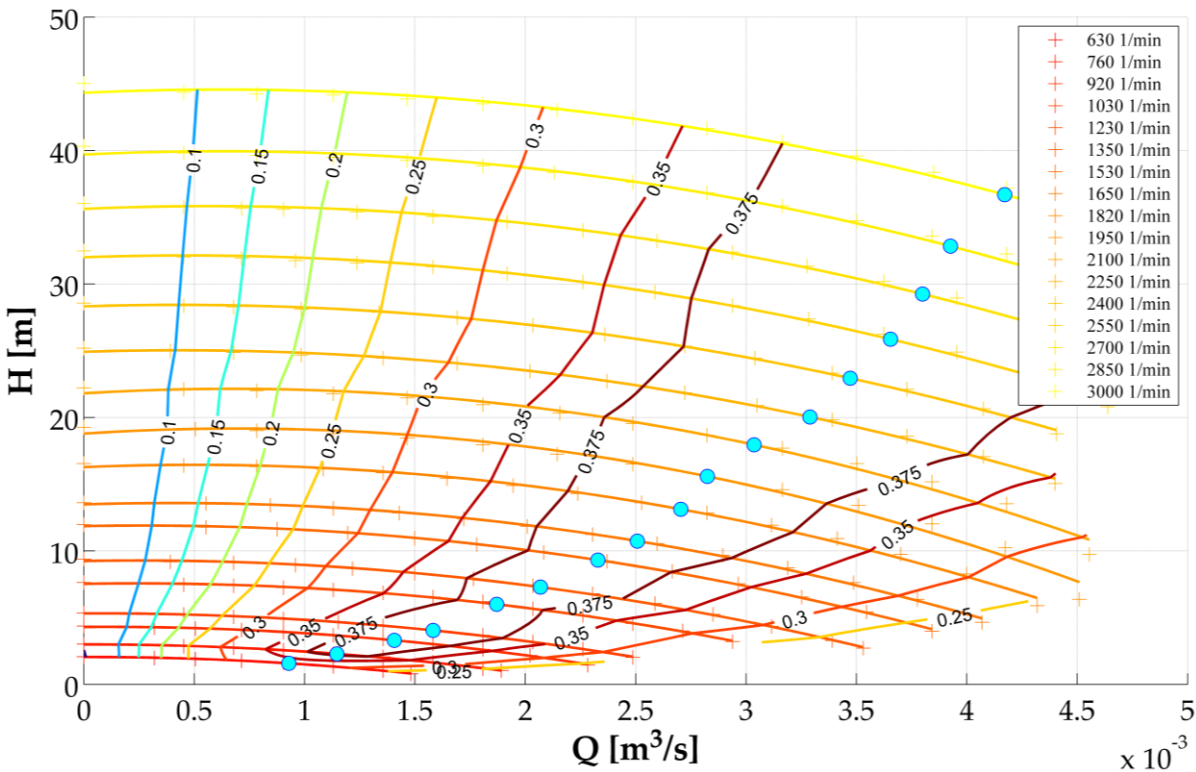
2. Rezgésfelügyelet

- Módszer lényege:
1. Nyomás időjel
 2. Mintavételezés
 3. FFT
 4. Amplitúdó-spektrum

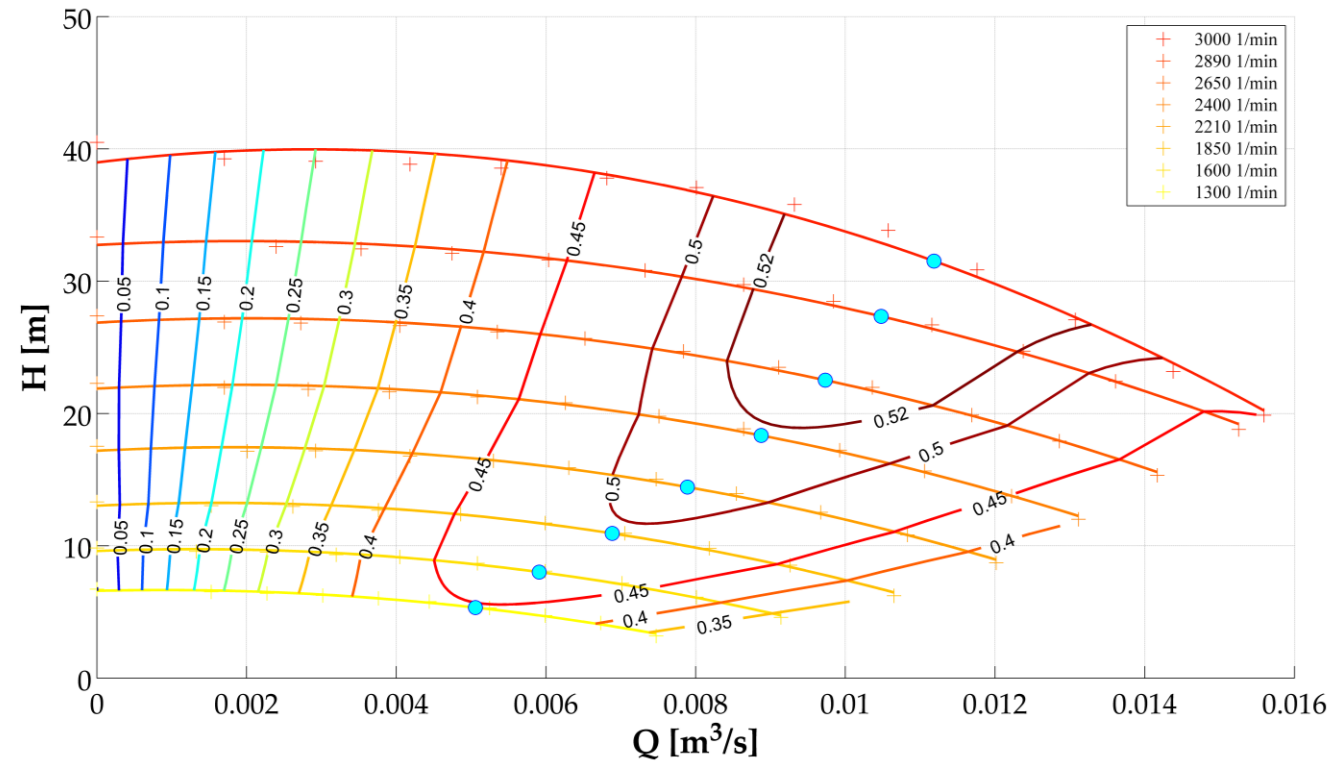


3. Jelleggörbék

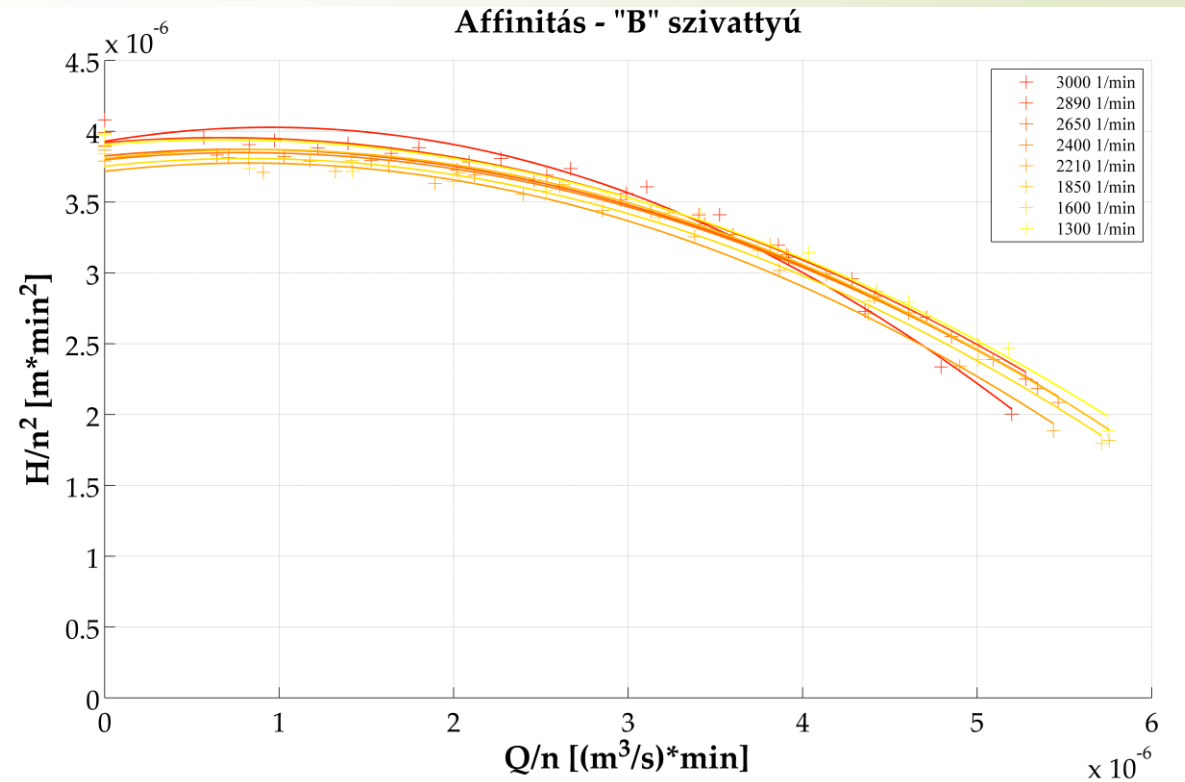
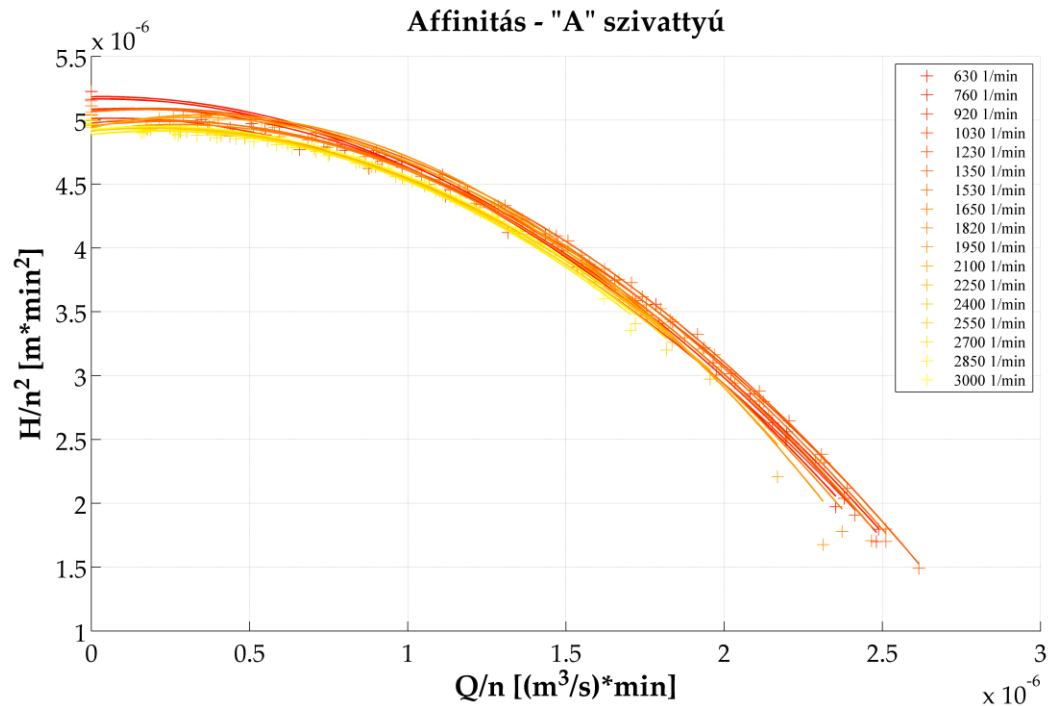
H-Q jelleggörbék - "A" szivattyú



H-Q jelleggörbék - "B" szivattyú



3. Affinitás (csak ellenőrzésre)

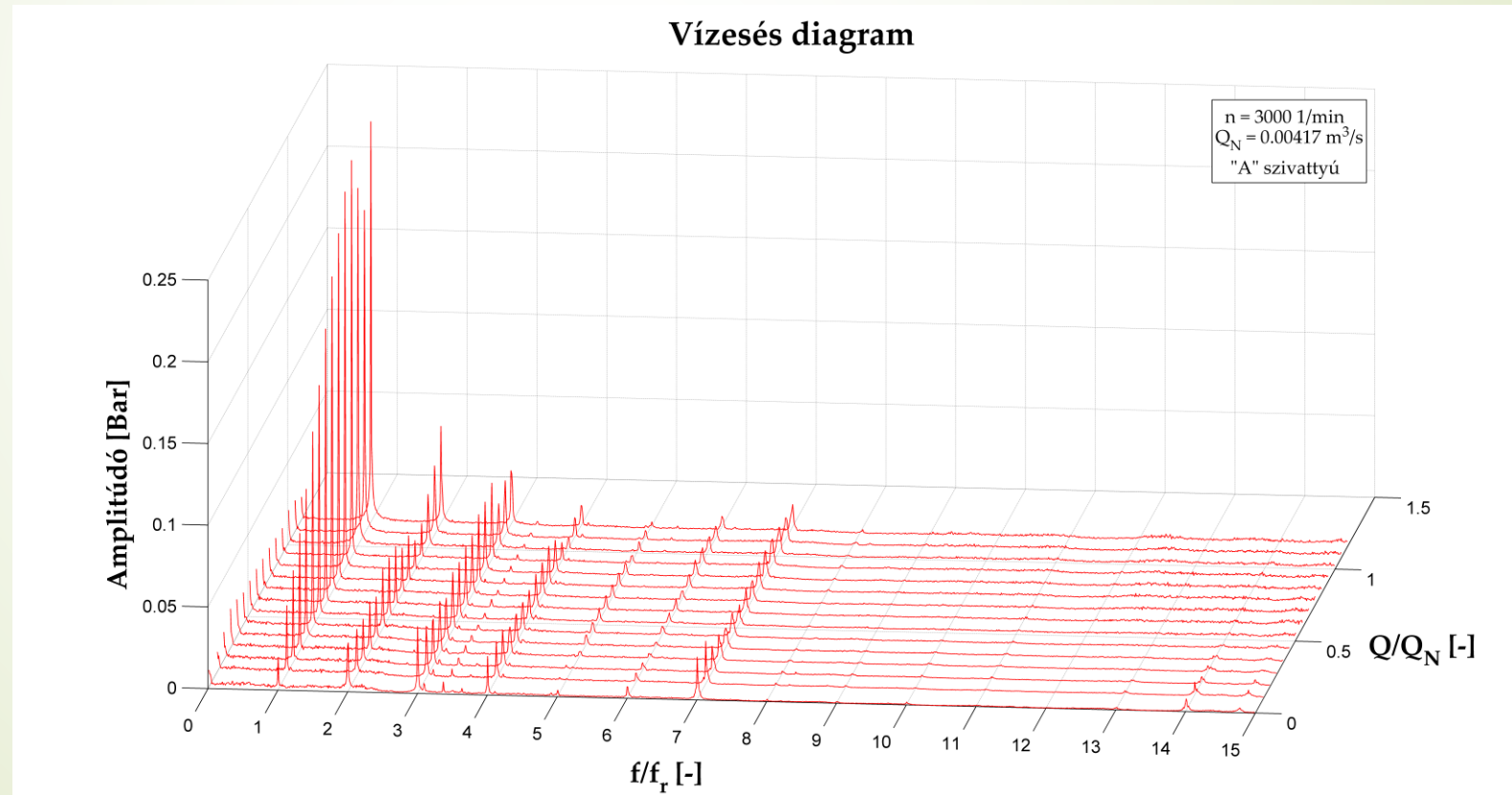


4. Spektrum csúcsainak eredete

	Fizikai hatás	Hol növeli az amplitúdót?
Mechanikai	Kiegyensúlyozatlanság	$f_r (= n/60)$
	Excentricitás	f_r
	Tengely lehajlás	$1 \cdot f_r - 2 \cdot f_r$
	Illesztési hibák	$1 \cdot f_r - 3 \cdot f_r$ (de akár $3 \cdot f_r - 8 \cdot f_r$)
	Csapágyhibák	$1 \cdot f_r - 3 \cdot f_r$
	Alkatrészek játéka	$1 \cdot f_r - 6 \cdot f_r$ (lehet $0,5 \cdot f_r$, $1,5 \cdot f_r$, $2,5 \cdot f_r$ is)
Áramlás- tani	Lapátozás	$f_{BPF} (= f_r \cdot z)$
	Leválás	Alacsony frekvenciás szélessávú zaj
	Kavitáció	Véletlenszerű, szélessávú zaj
Motor	Motor instabilitás	Frekvencia moduláció
	Nemlinearitás hatása	Felharmonikusok

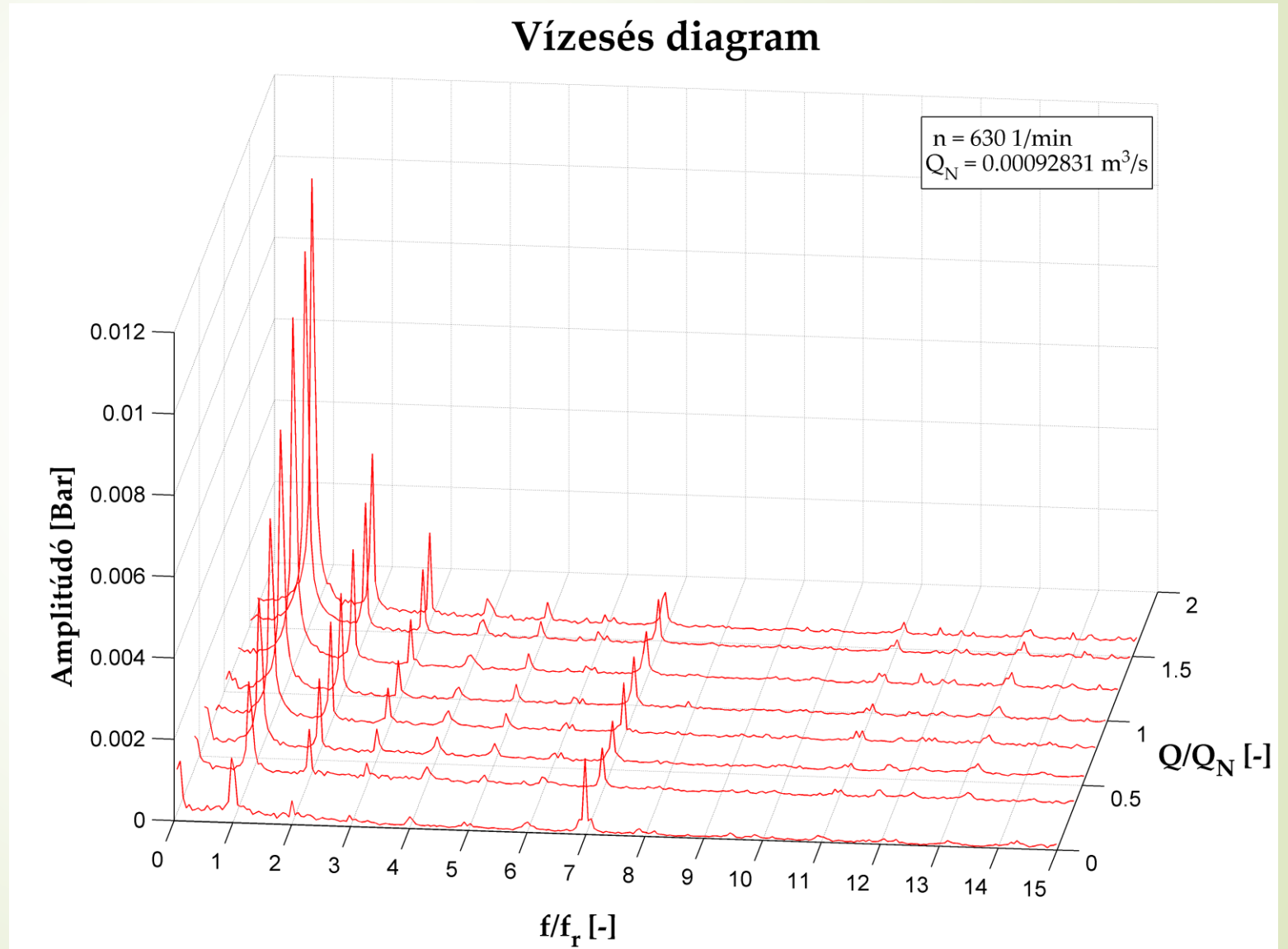
5. Vízesés-diagram egy jelleggörbe mentén

- Azonos fordulatszám, különböző munkapontokban mért spektrumok a térfogatáram függvényében
- Dimenziótlanítás:
 - f/f_r
 - Q/Q_N



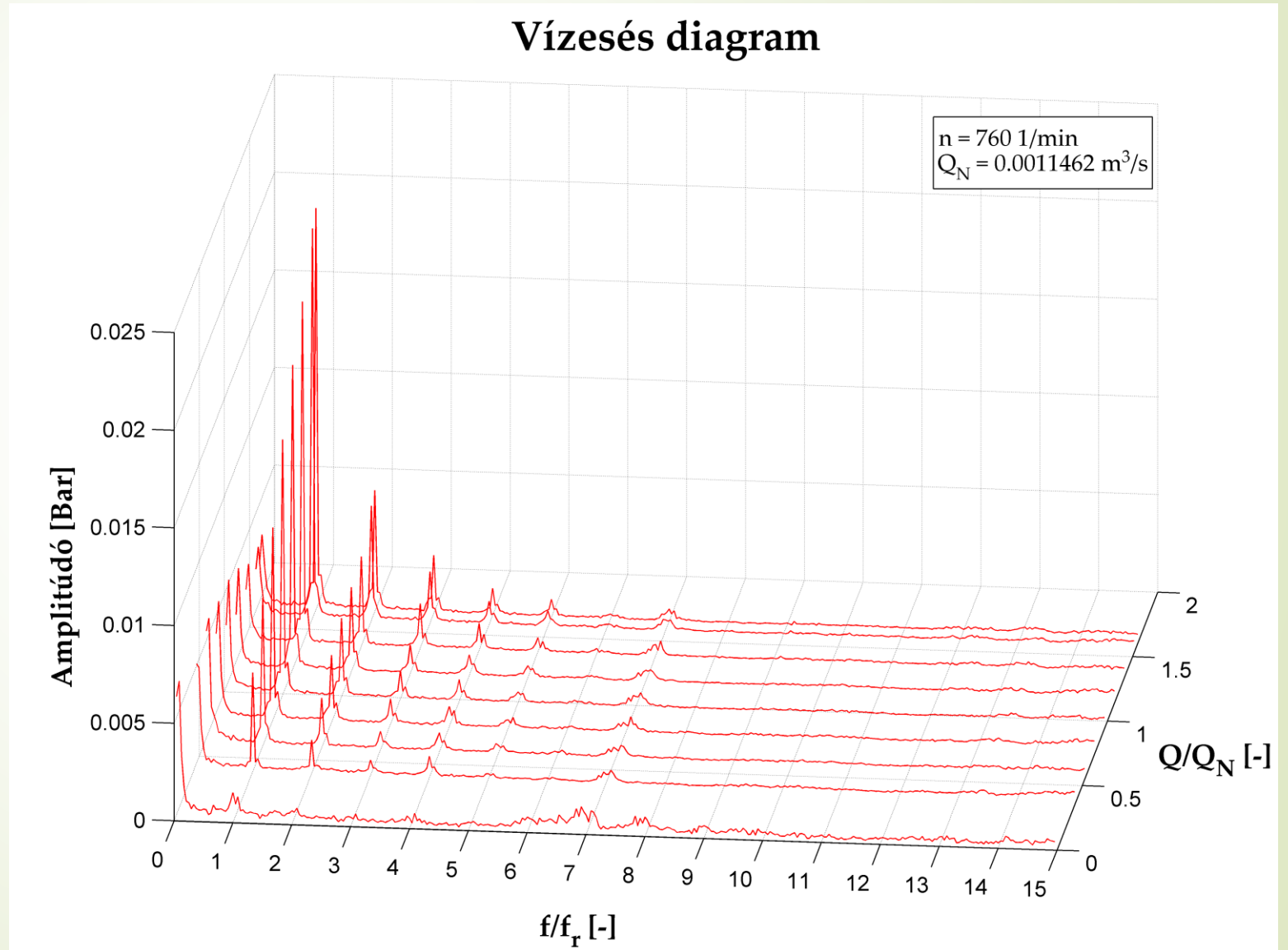
6. (A) szivattyú, $n=630$ 1/min

- ▶ Főként mechanikai eredetű erők: kiegyensúlyozatlanság és excentricitás. Az $f/fr=1$ erősen gerjesztve van.
- ▶ Nemlinearitás hatása jól látszik. (Exponenciális csökkenése a felharmonikusoknak)
- ▶ A lapátszám 7! Az $f/fr=7$ frekvencia a lapátozás miatt gerjesztve van. Ez a csúcs konkrét fizikai hatásra vezethető vissza, nem pedig "csak" egy felharmonikus.



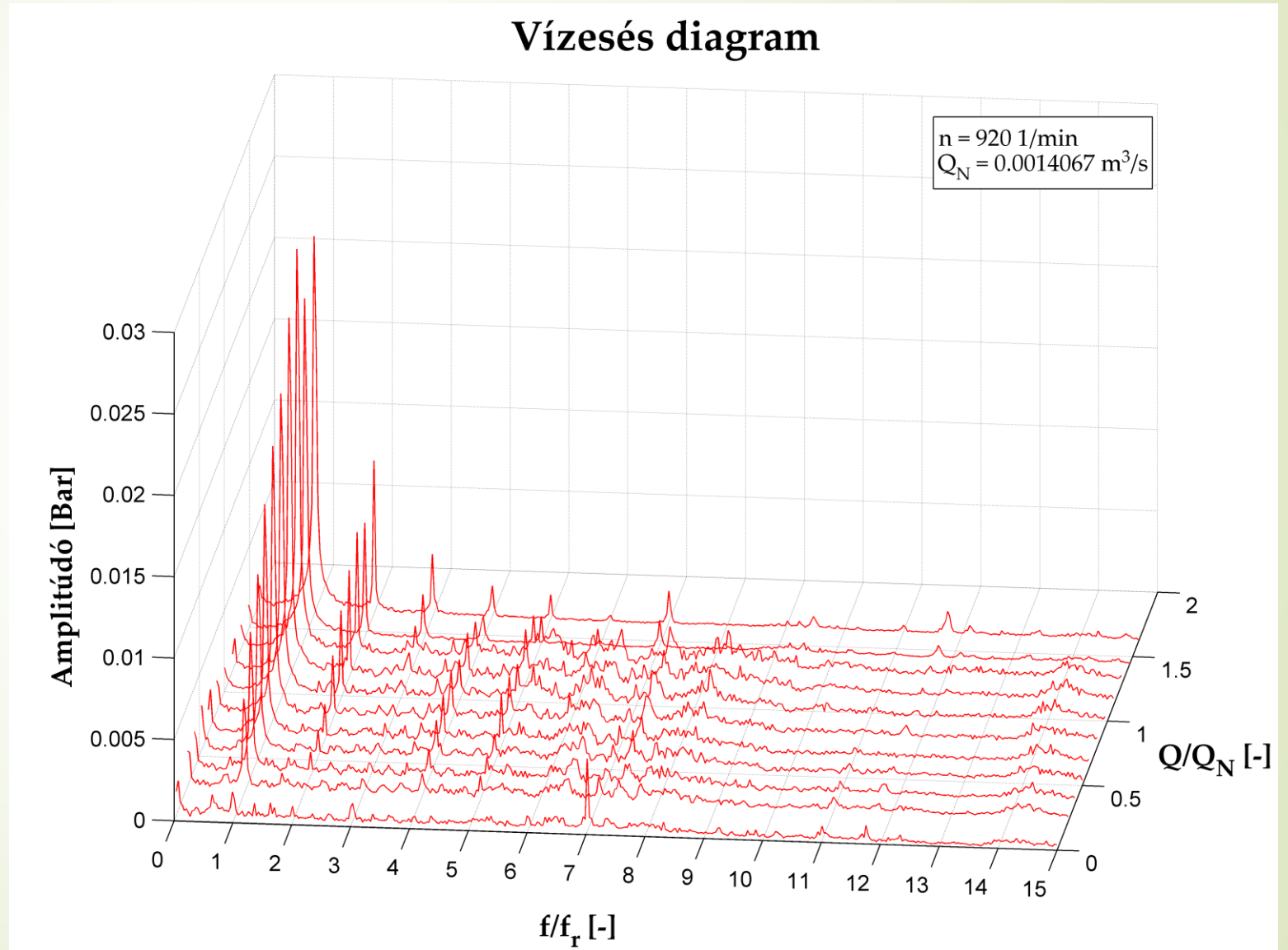
6. (A) szivattyú , $n=760$ 1/min

- ▶ Konklúzió hasonló az előzőhöz!
- ▶ A lapátszámhoz tartozó csúcsot elnyomja az $f/f_r=1$ -hez tartozó csúcs.



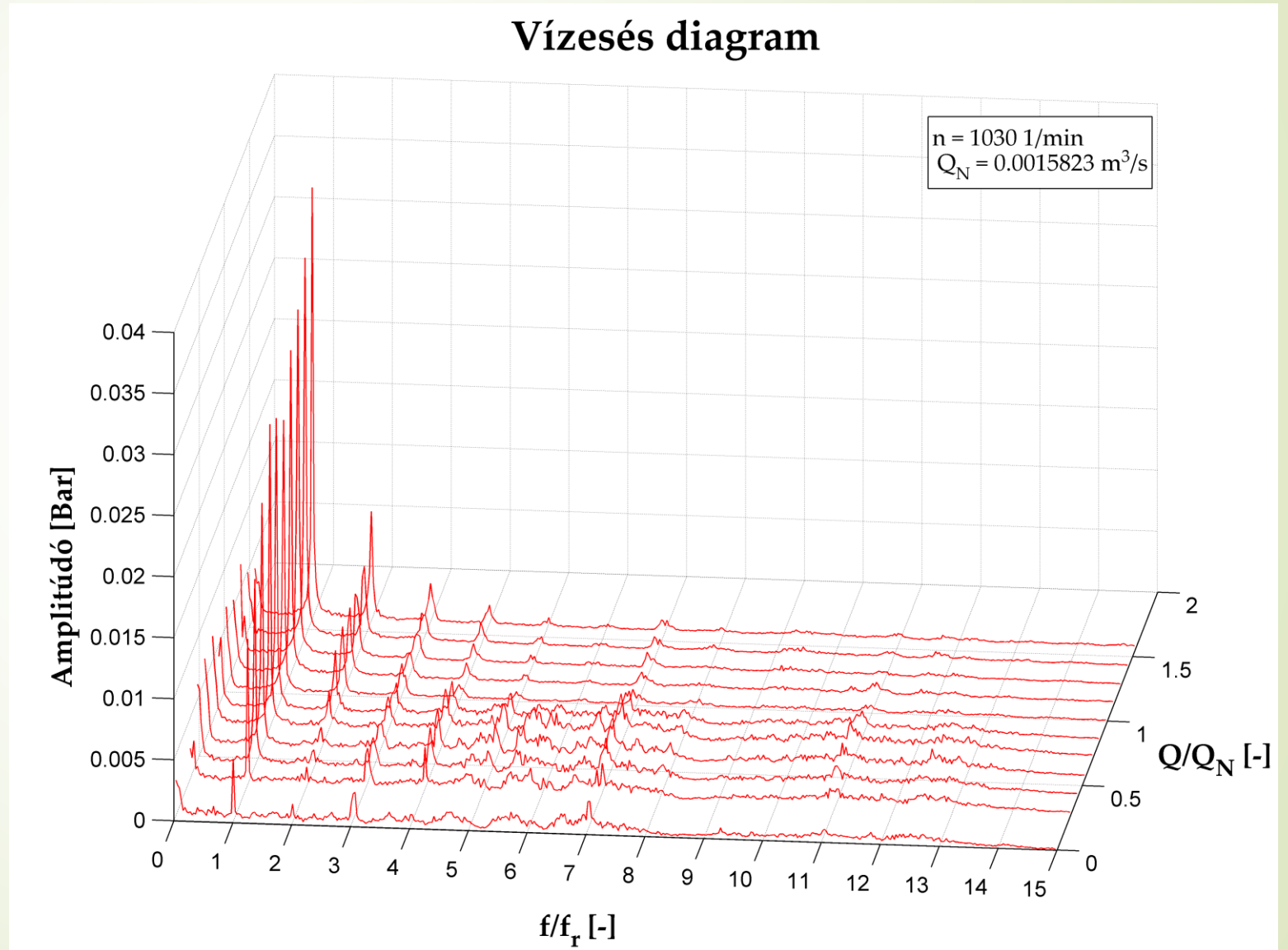
6. (A) szivattyú, $n=920$ 1/min

- Megjelenik egy erős szélessávú zaj, ami $Q/Q_N = 1.4$ felett megszűnik. Itt erősen rezgés/dübörgés volt hallható a szivattyú üzeme közben.
- Látható hogy az erős rezgés a lapátszámhoz tartozó csúcsot "elkeni".
- Megjelennek az $f/f_r=4-5$ értékhez tartozó lokális csúcsok. Ez a mechanikai eredetű erők növekedésére utal: szerelési és illesztési pontatlanságok, tengelyhibák stb...



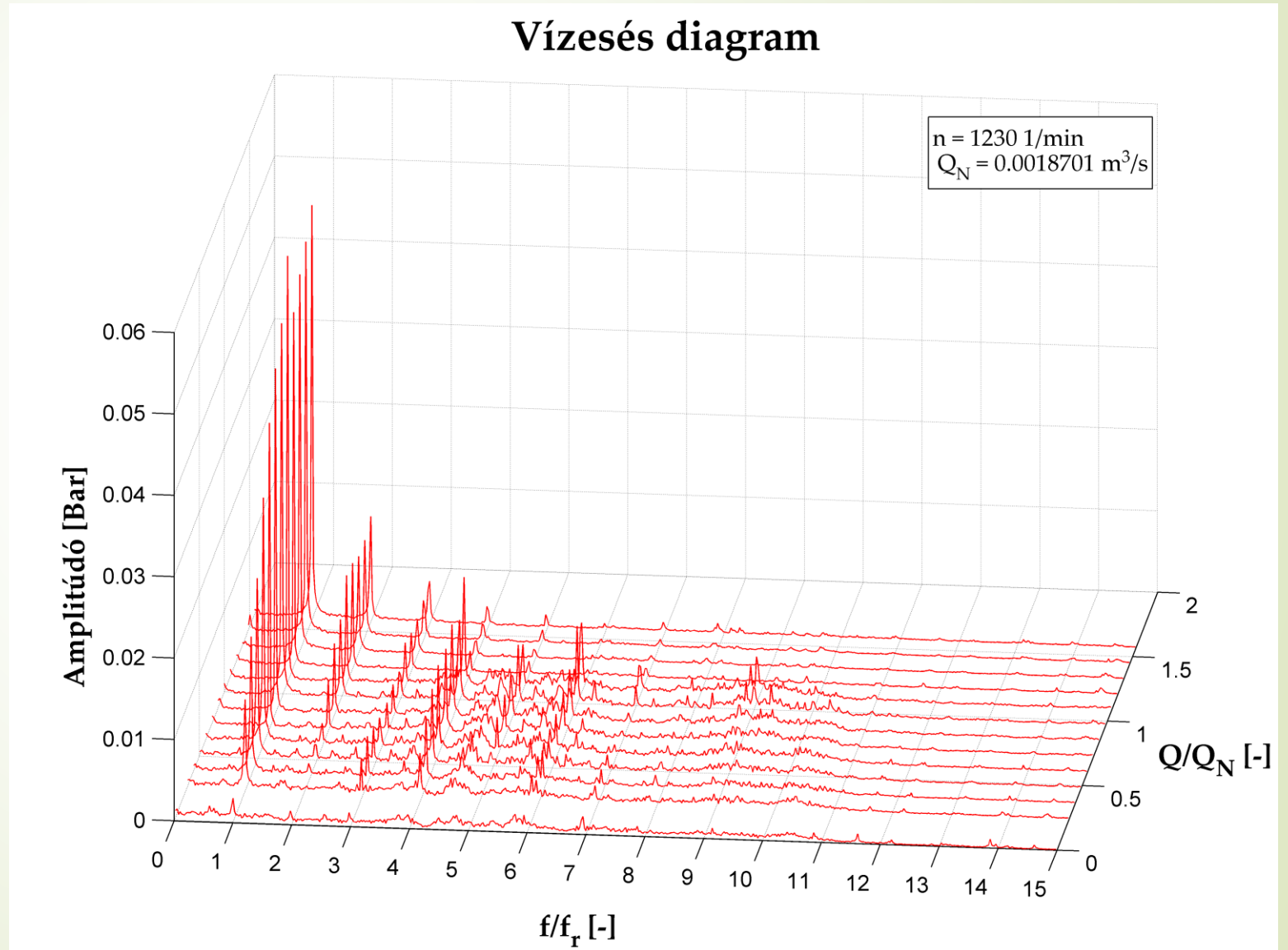
6. (A) szivattyú, $n=1030$ 1/min

► Konklúzió hasonló az előzőhöz!



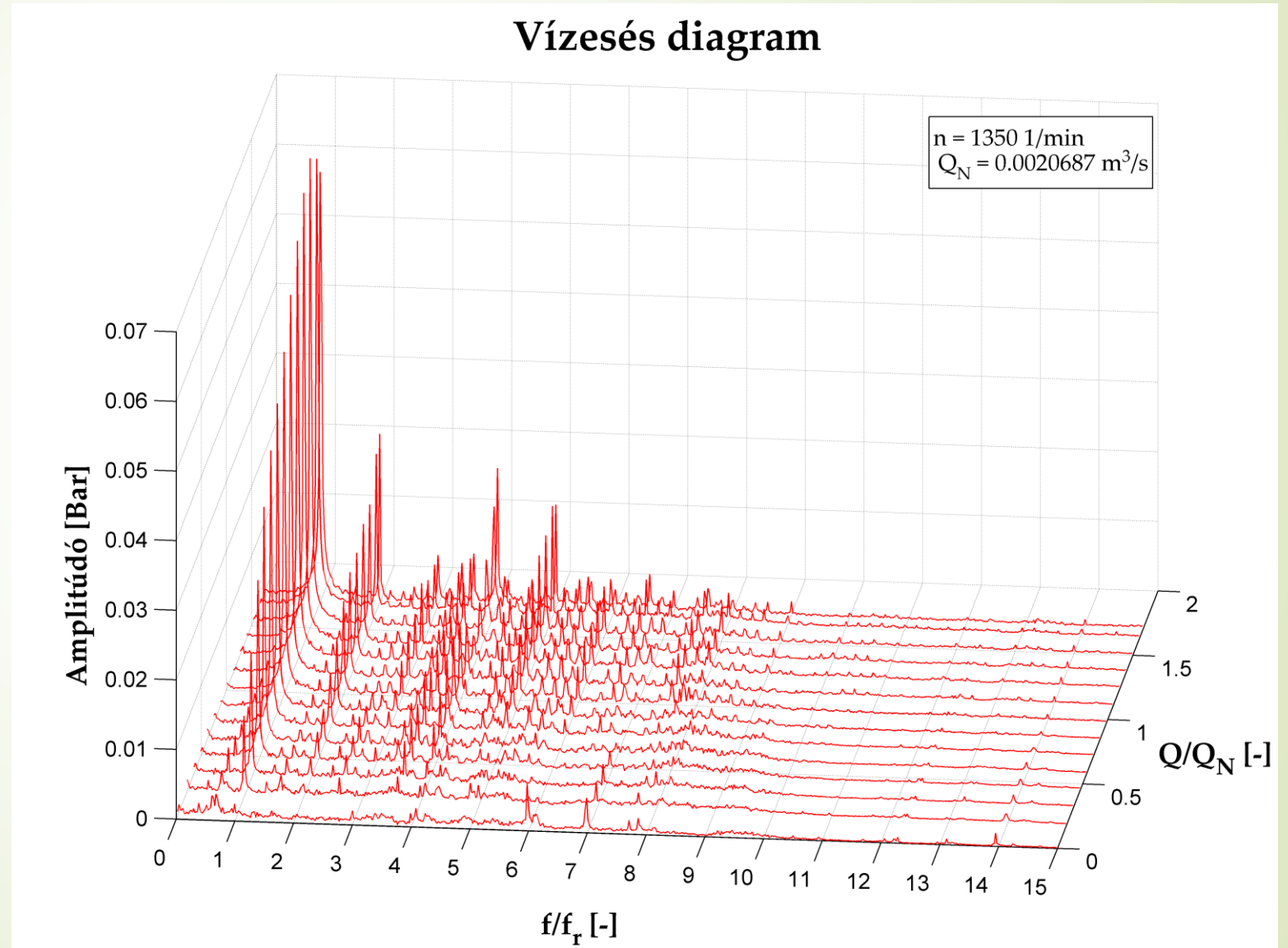
6. (A) szivattyú, $n=1230$ 1/min

- ▶ Konklúzió hasonló az előzőhöz!
- ▶ Jól látszik, hogy $Q/Q_N=1.2$ felett a mechanikai eredetű zajok megszűnnek és a fő gerjesztés az excentricitásból és a kiegyensúlyozatlanából adódik. A további csúcsok ennek a nemlinearitásból eredő felharmonikusai.



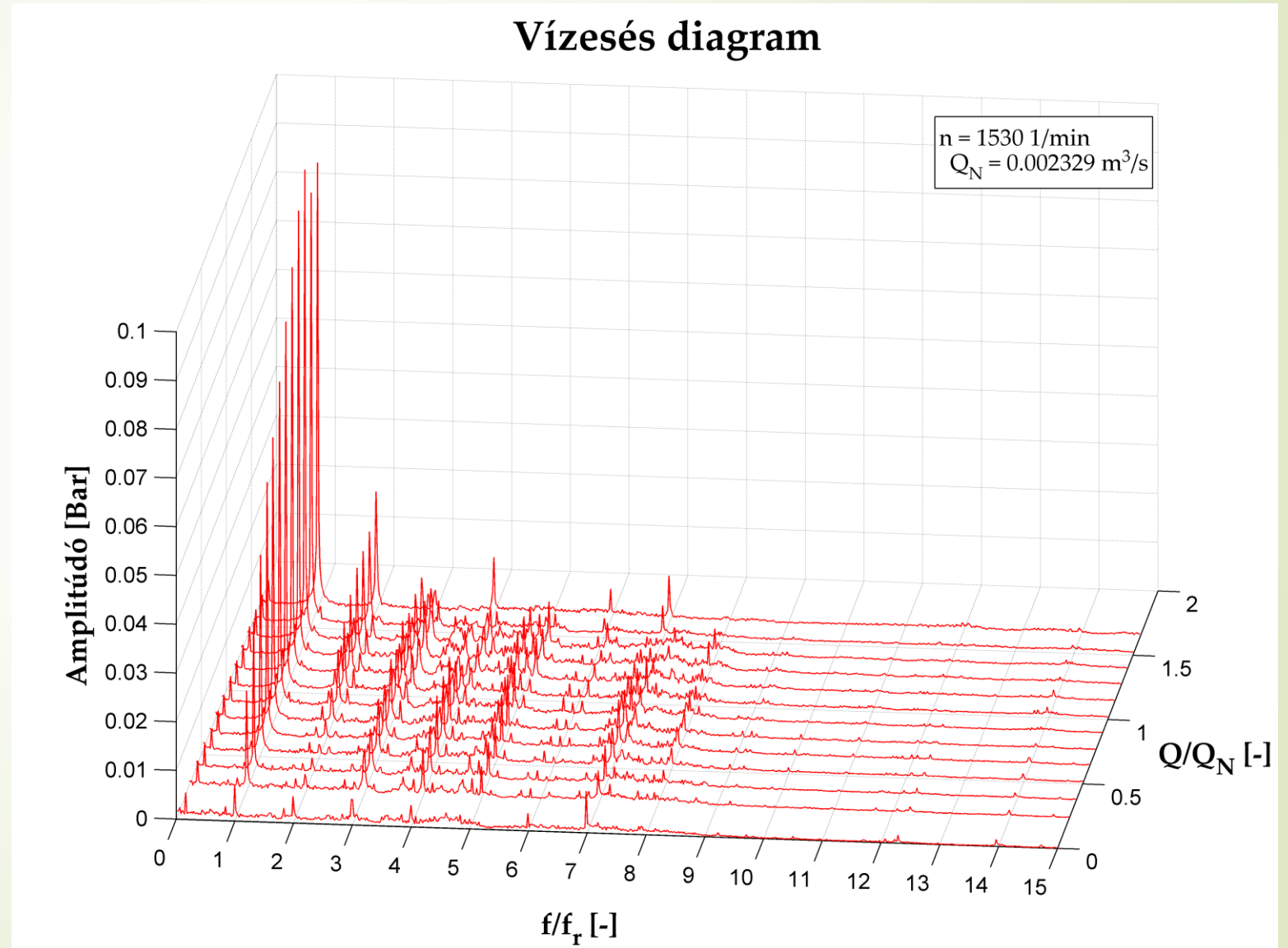
6. (A) szivattyú, $n=1350$ 1/min

- Erős motor instabilitás figyelhető meg frekvencia moduláció formájában.



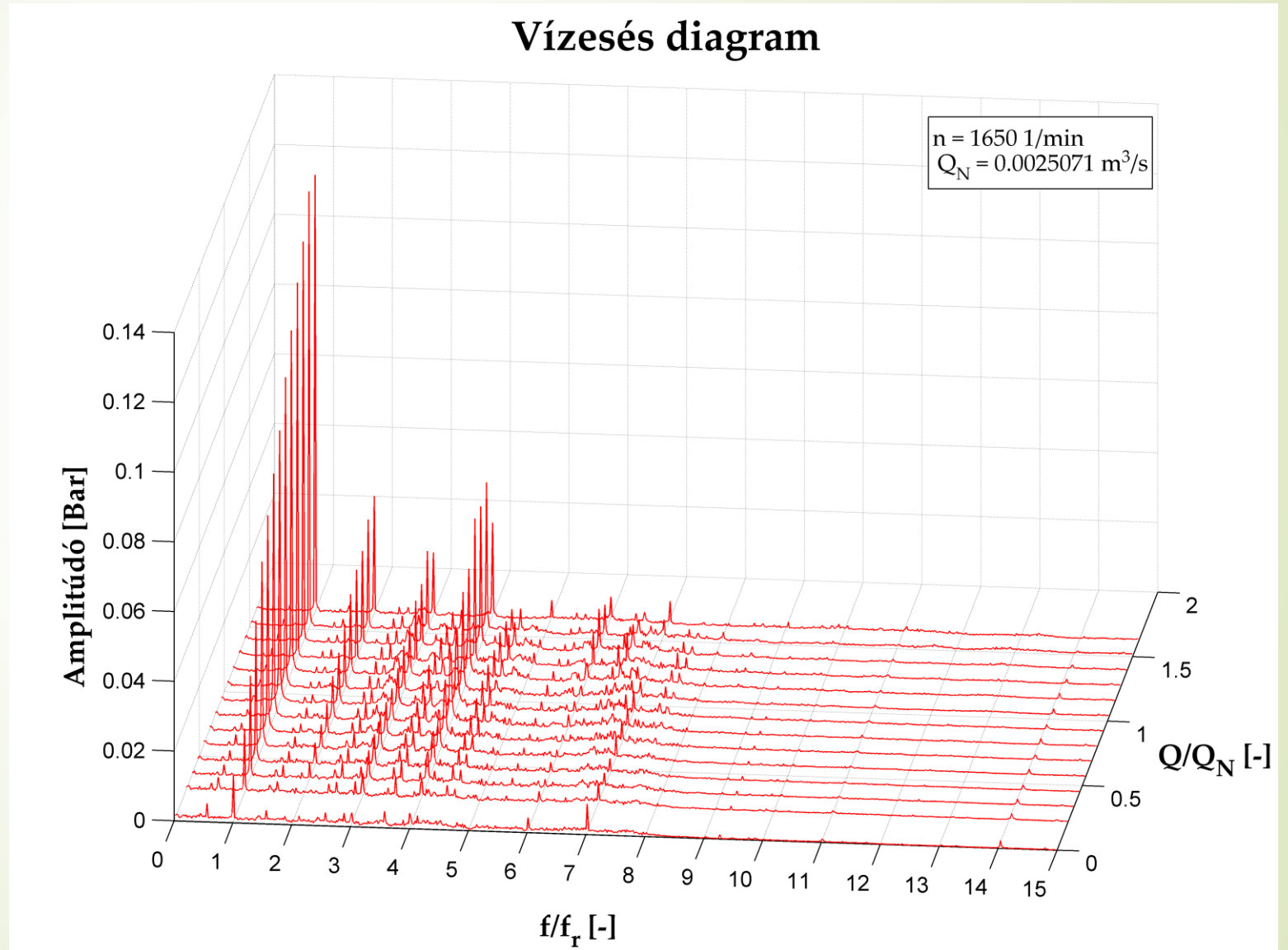
6. (A) szivattyú, $n=1530$ 1/min

- ▶ A motor instabilitása gyengül, a frekvencia moduláció gyenge.
- ▶ Körülbelül $Q/Q_N=1.5$ felett a motor instabilitás megszűnik.



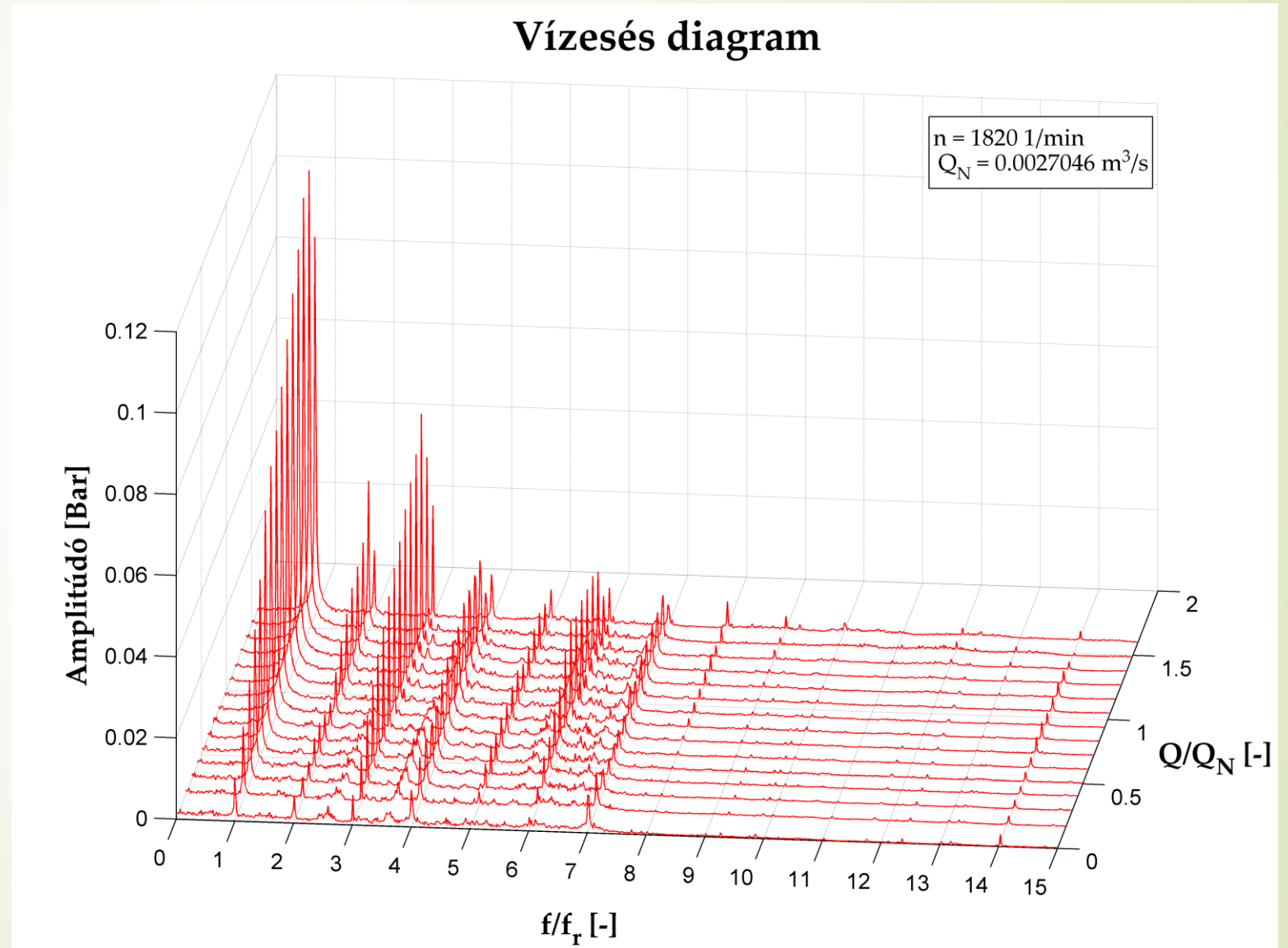
6. (A) szivattyú, $n=1650$ 1/min

- ▶ Mechanikai eredetű zajok erősödnek. (Erősen gerjesztett felharmonikusok)



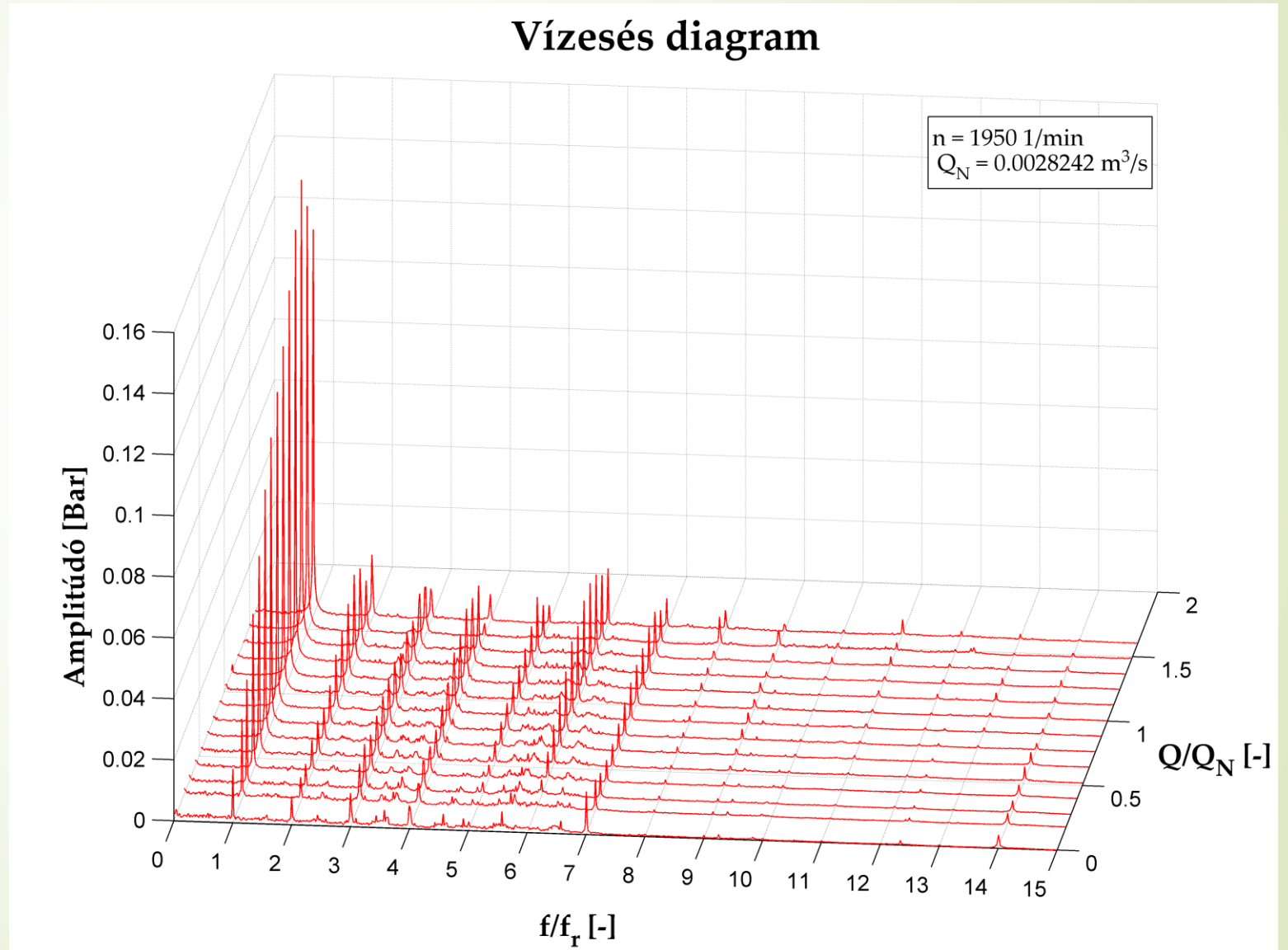
6. (A) szivattyú, $n=1820$ 1/min

- ▶ A mechanikai eredetű zajok tovább erősödnek. Ez nem meglepő hiszen az ilyen típusú erő a fordulatszám négyzetével arányos.



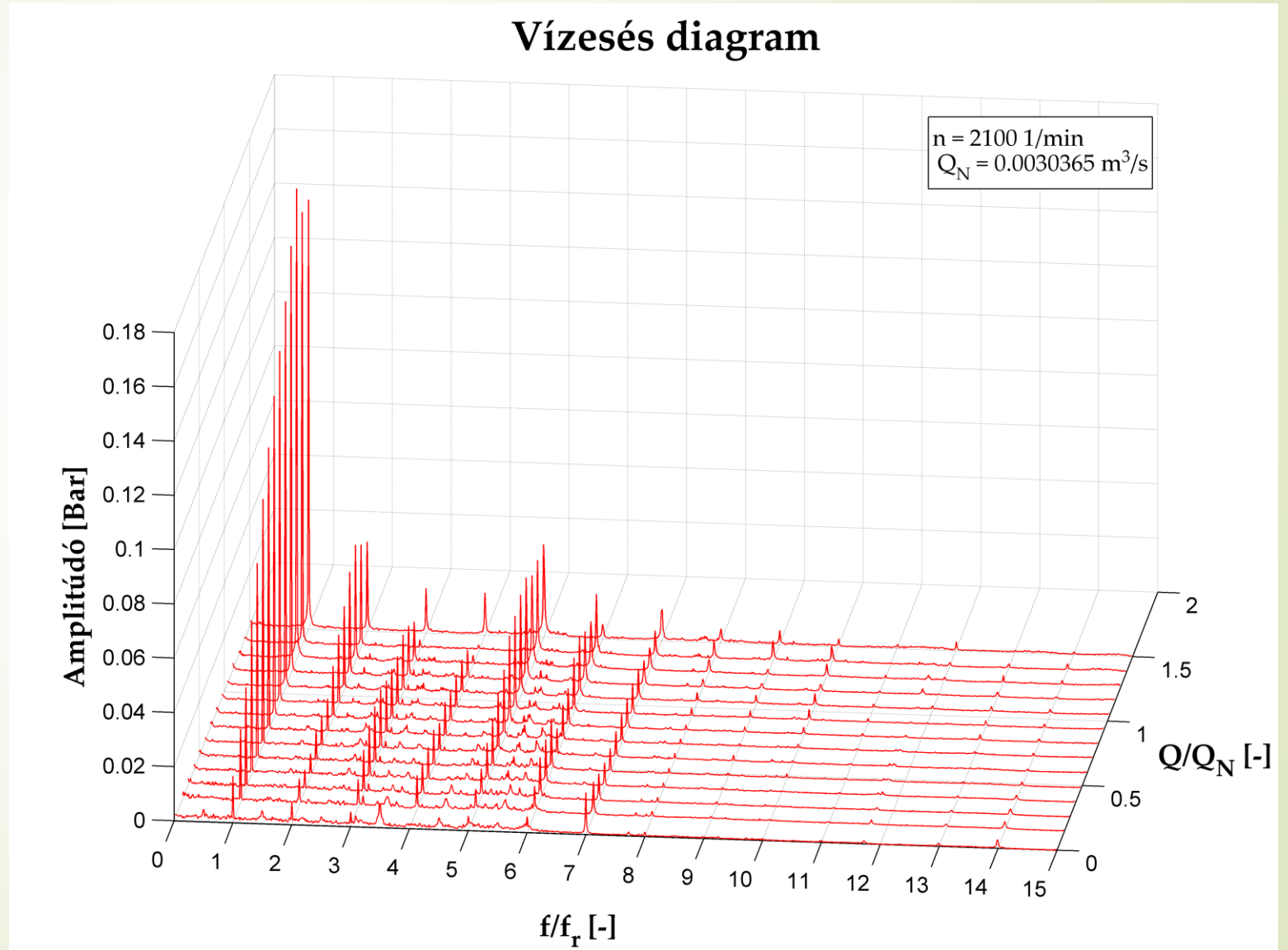
6. (A) szivattyú, $n=1950$ 1/min

- Konklúzió hasonló az előzőhöz!



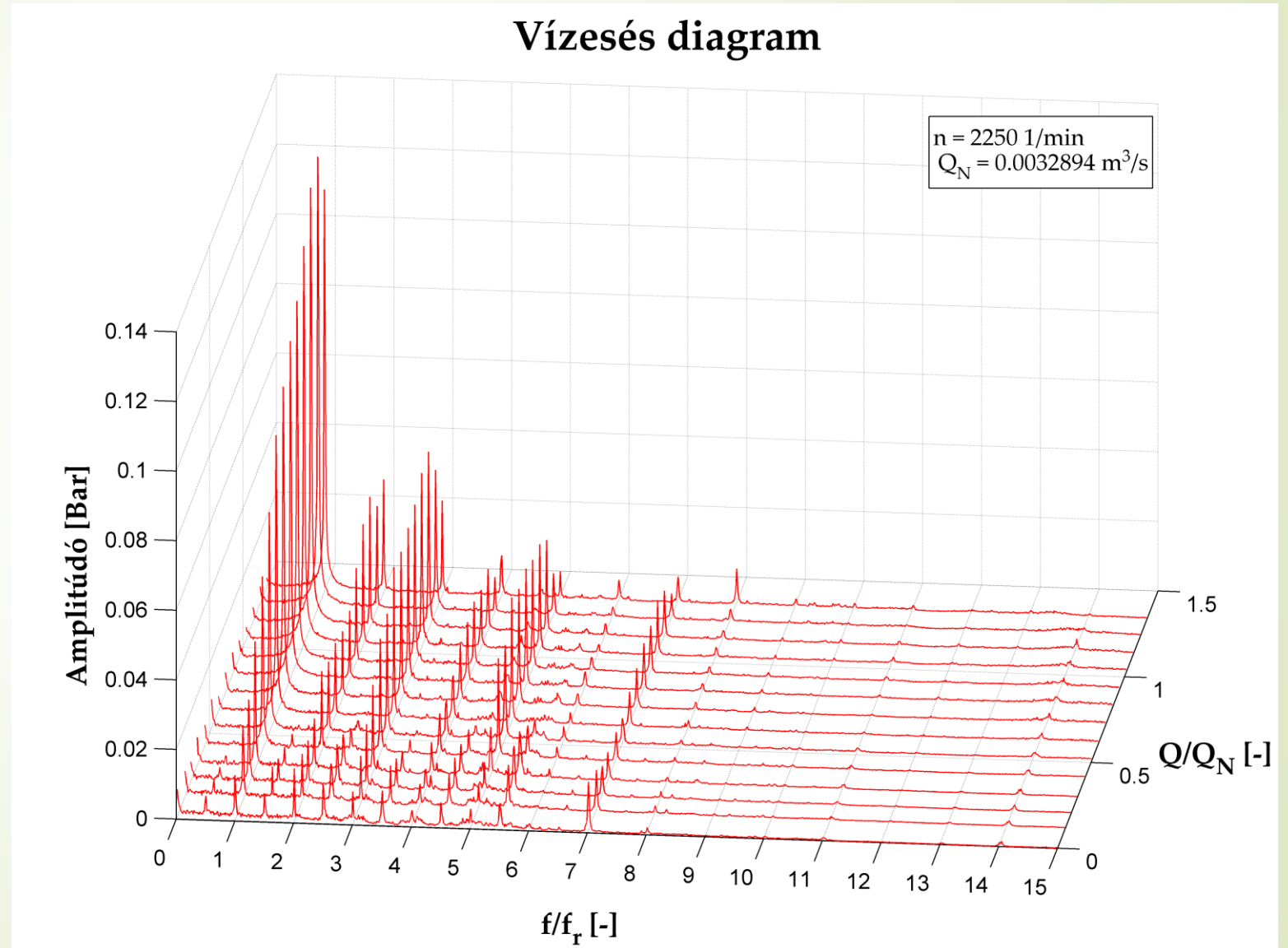
6. (A) szivattyú, $n=2100$ 1/min

► Konklúzió hasonló az előzőhöz!



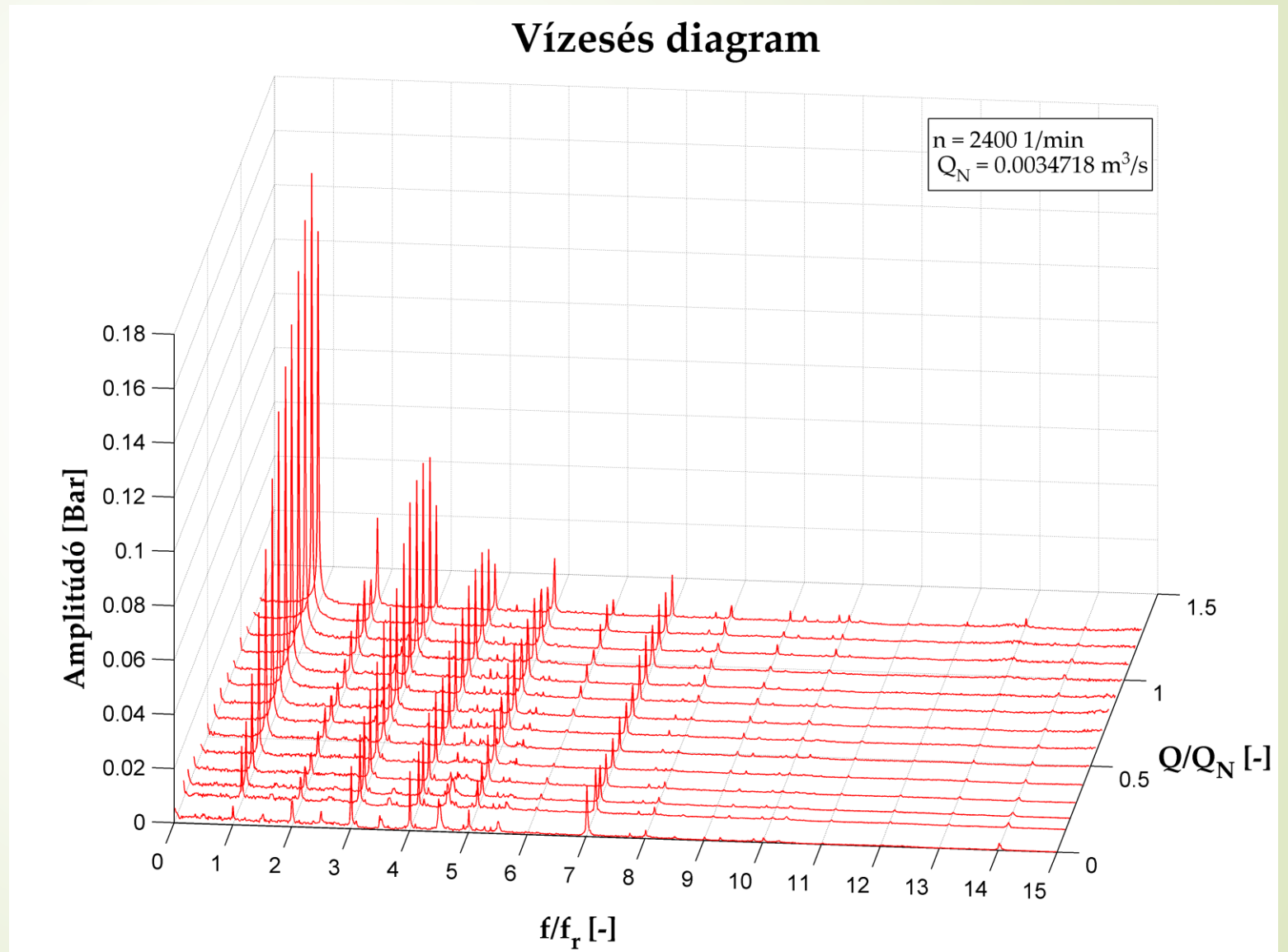
6. (A) szivattyú, $n=2250$ 1/min

- ▶ Konklúzió hasonló az előzőhöz!
- ▶ Alacsony térfogatáramon a “feles” frekvenciák is megjelennek. Ez az alkatrészek játékából adódhat (irodalom alapján).



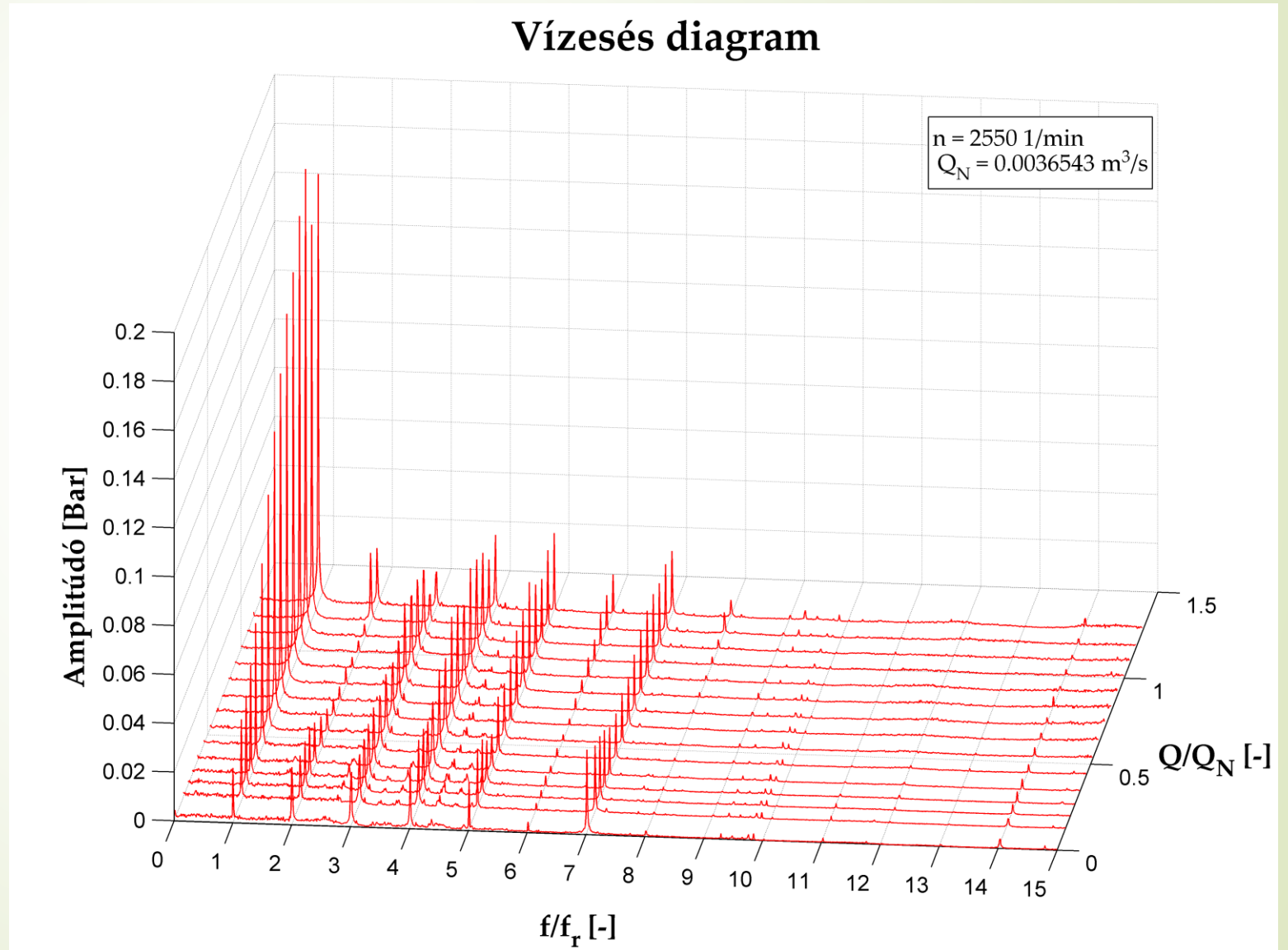
6. (A) szivattyú, $n=2250$ 1/min

► Konklúzió hasonló az előzőhöz!



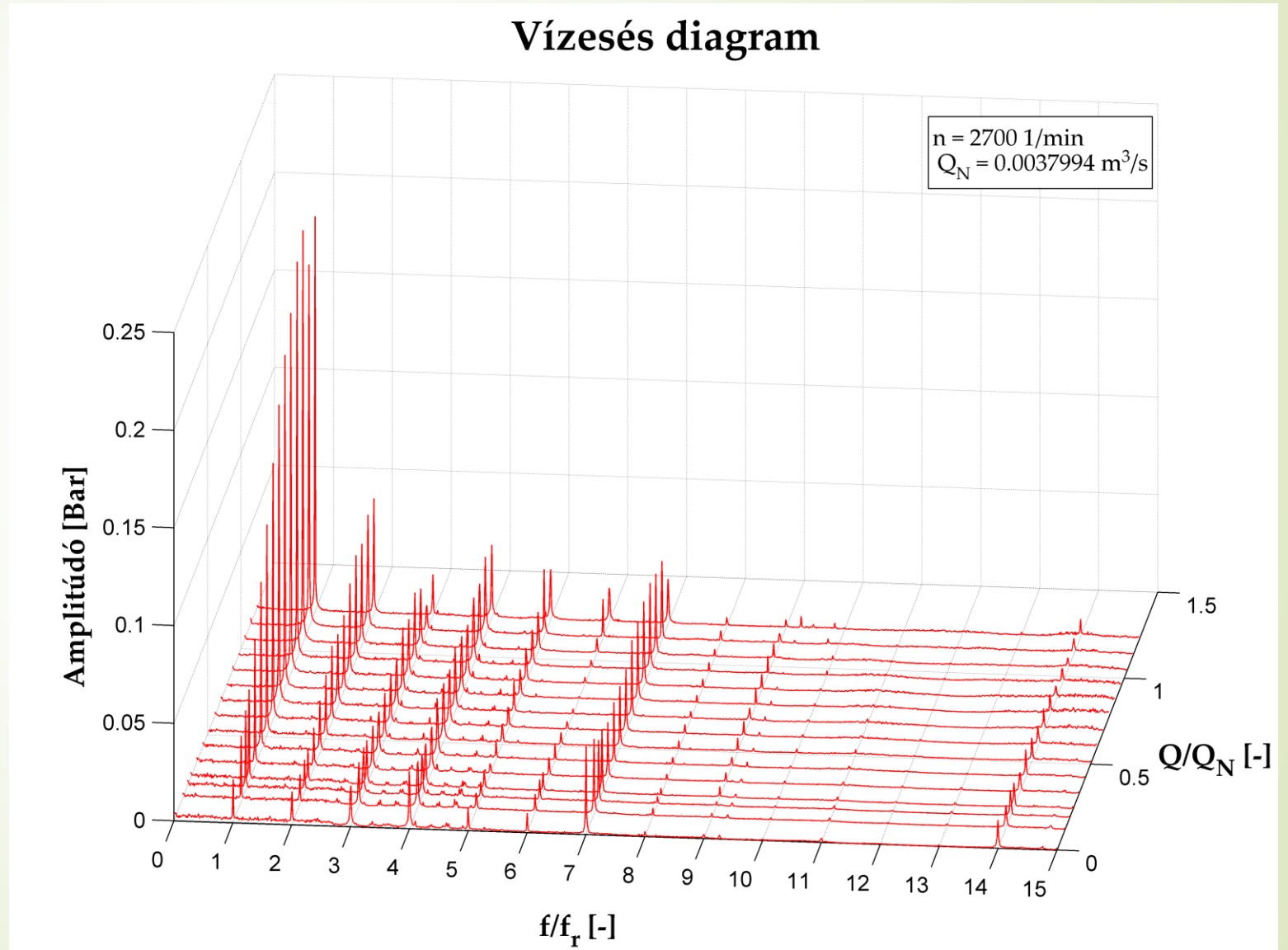
6. (A) szivattyú, $n=2550$ 1/min

► Konklúzió hasonló az előzőhöz!



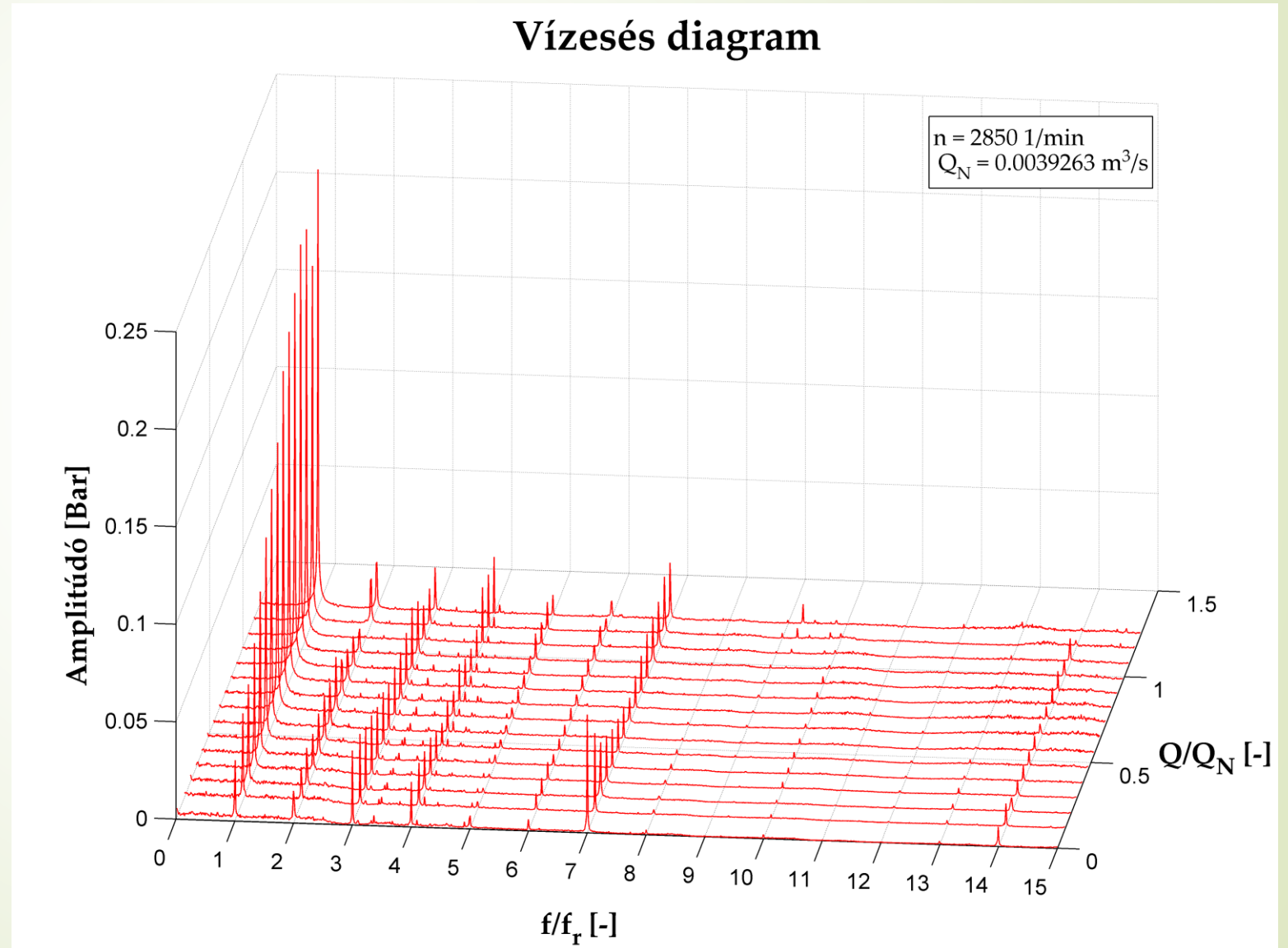
6. (A) szivattyú, $n=2700$ 1/min

► Konklúzió hasonló az előzőhöz!



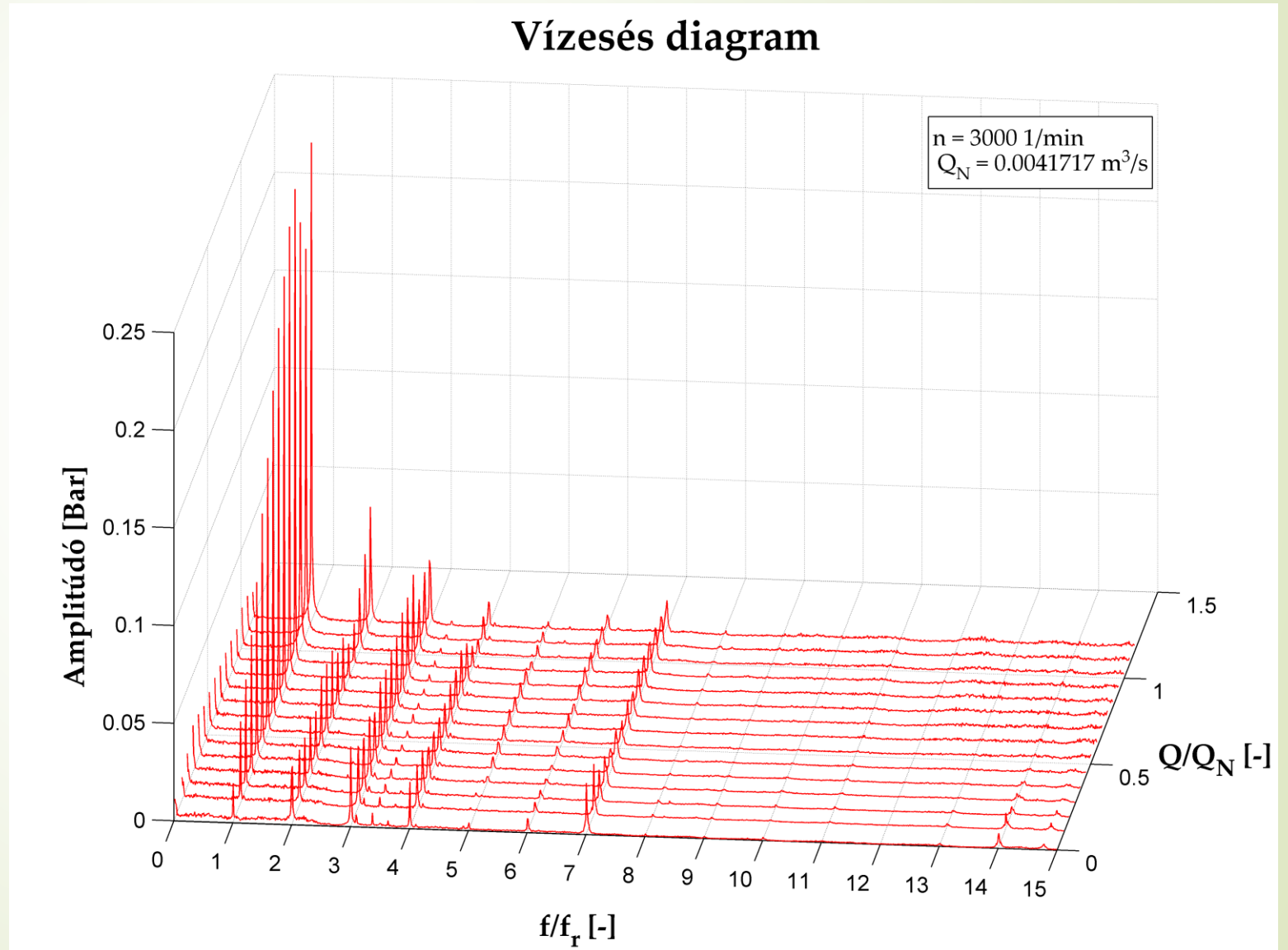
6. (A) szivattyú, $n=2850$ 1/min

► Konklúzió hasonló az előzőhöz!



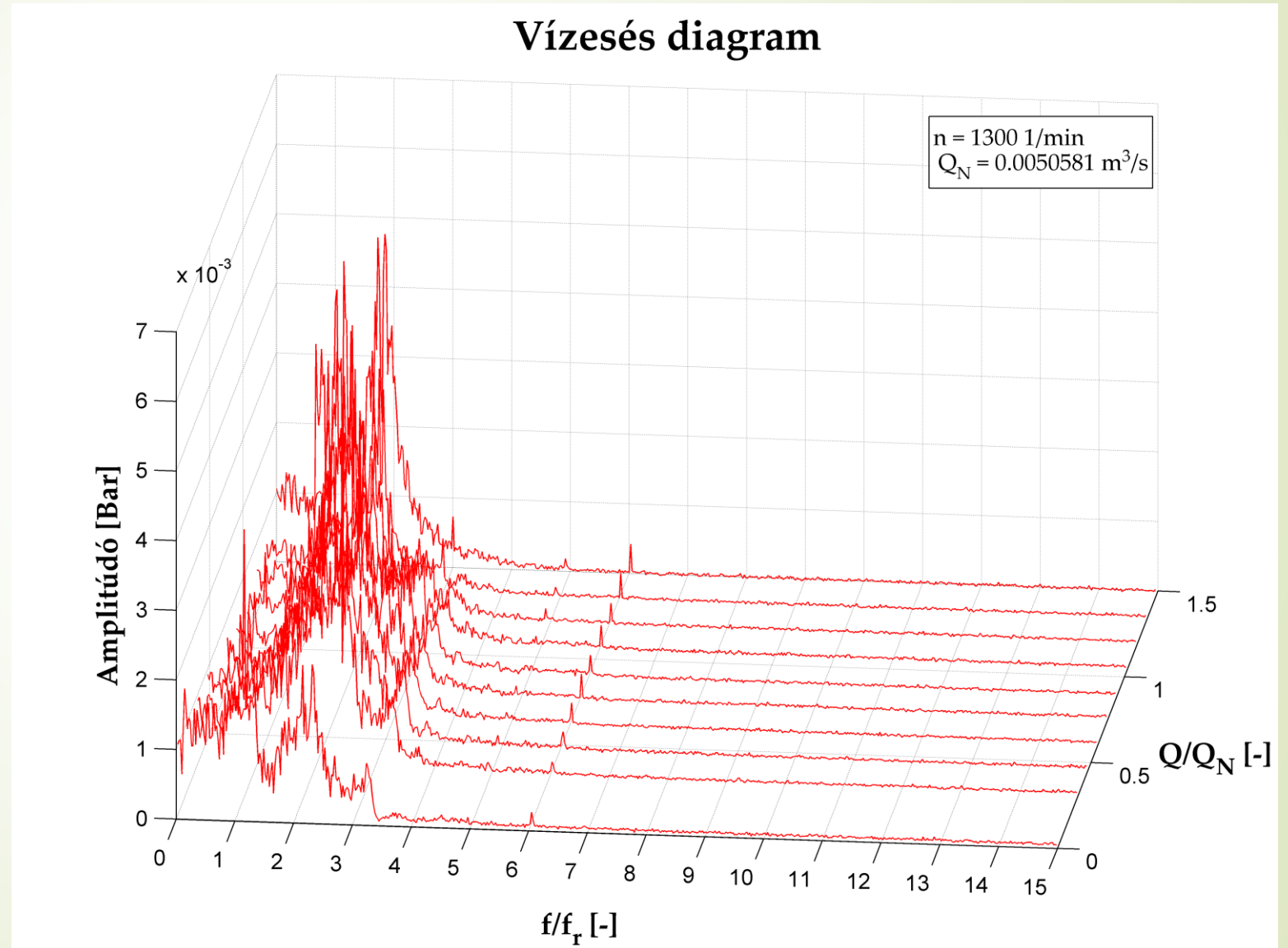
6. (A) szivattyú, $n=3000$ 1/min

► Konklúzió hasonló az előzőhöz!



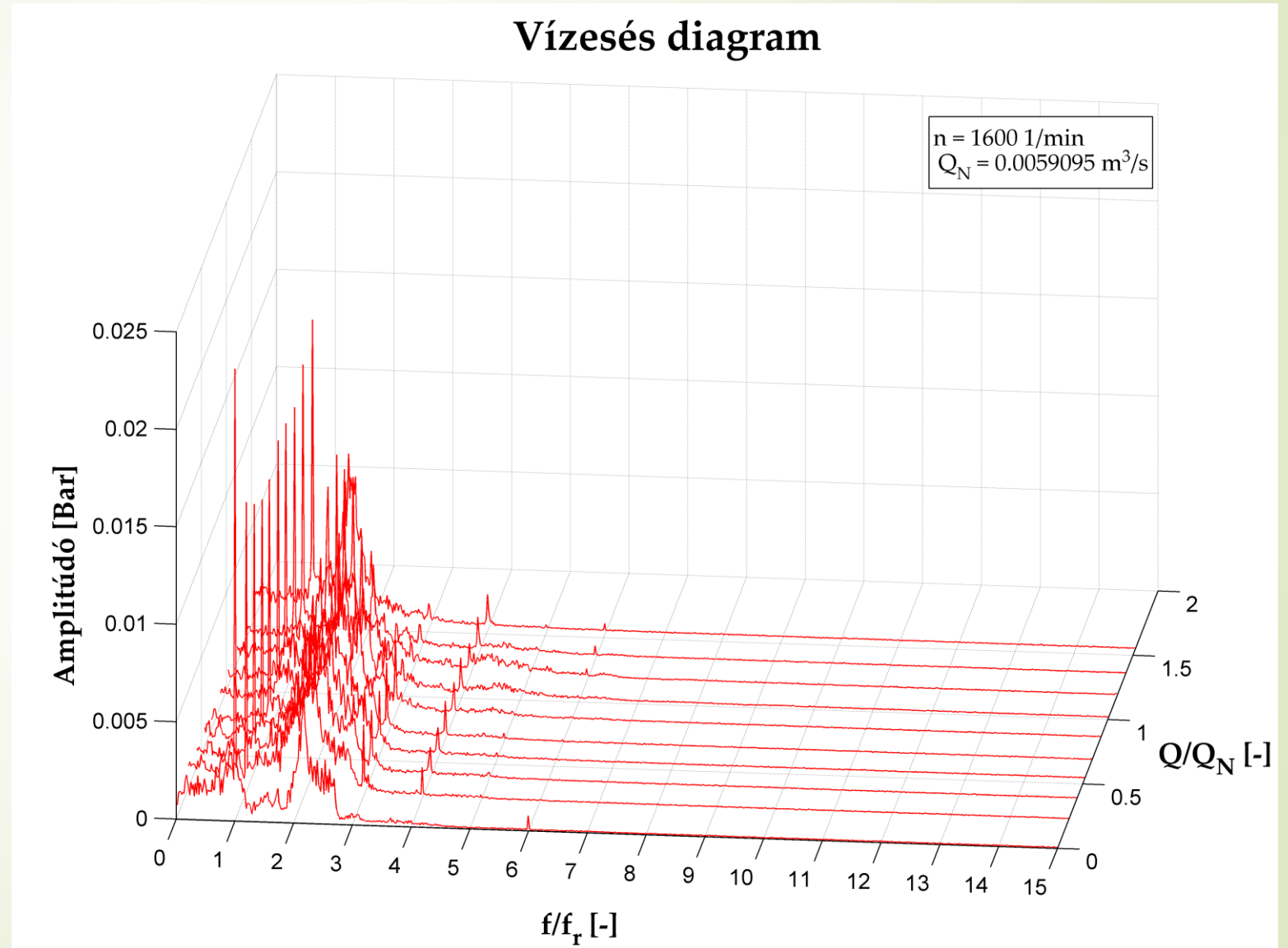
7. (B) szivattyú, $n=1300$ 1/min

- Főként áramlástan eredetű szélessávú zaj.
- A lapátszám 6!
- A kiegyensúlyozatlanságból adódó csúcs nem észrevehető.
- A zajszint nagyságrendekkel alacsonyabb mint az (A) szivattyú esetében!



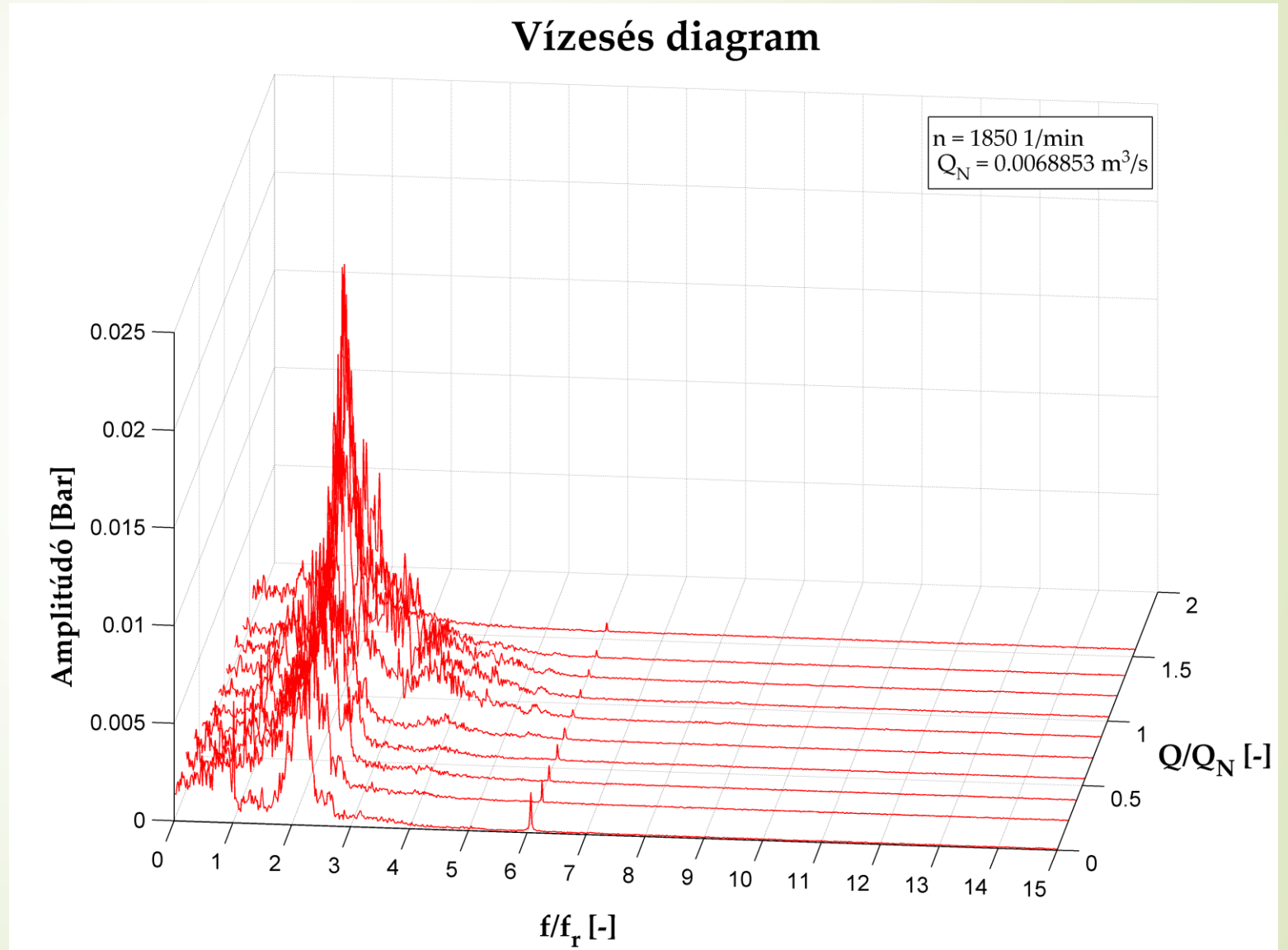
7. (B) szivattyú, $n=1600$ 1/min

- Ennél az 1 fordulatszámnál jelenik meg az excentricitásból és kiegyensúlyozatlanságból adódó csúcs, ami exponenciálisan csökkenő felharmonikusokkal rendelkezik.



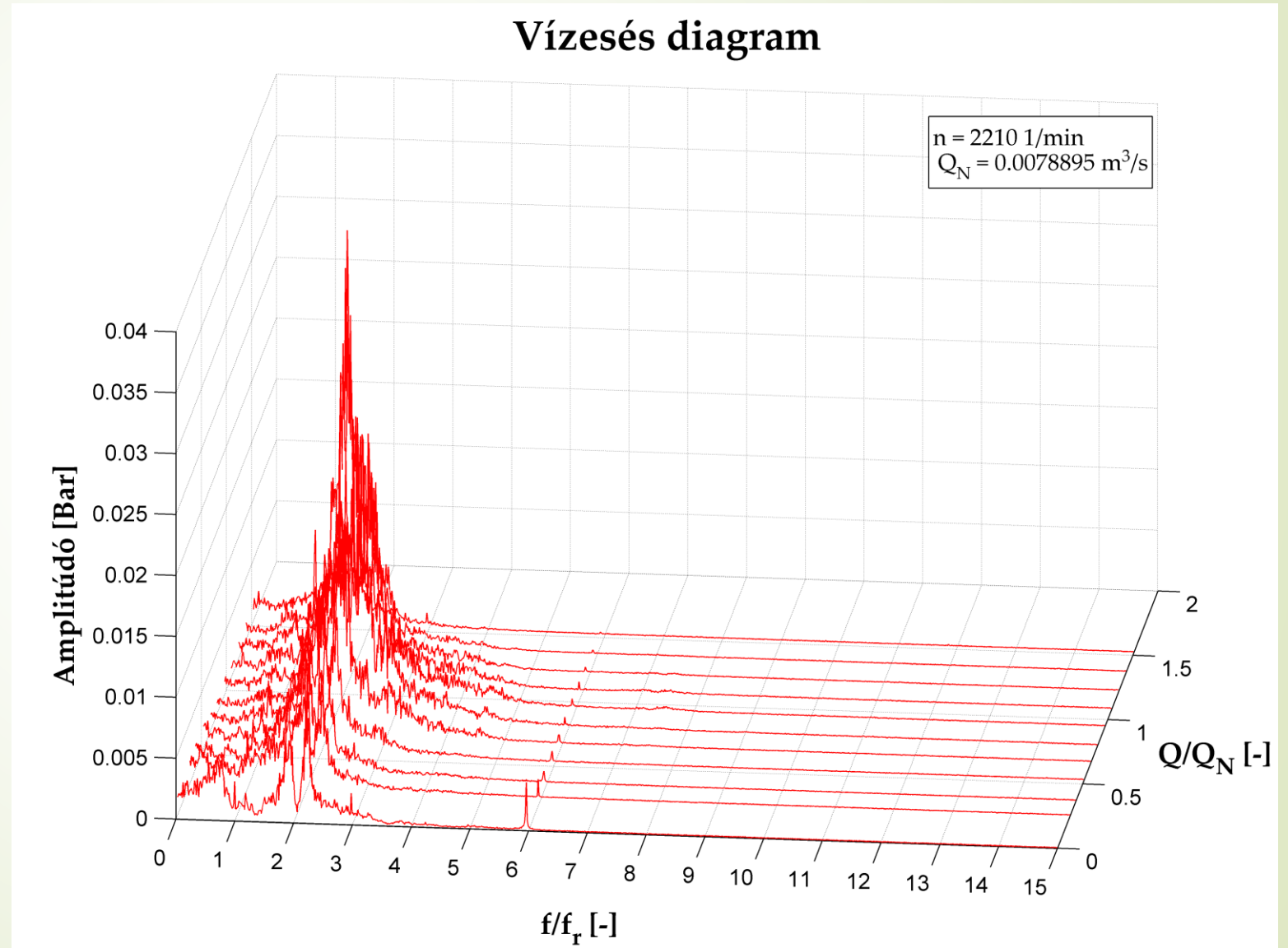
7. (B) szivattyú, $n=1850$ 1/min

- Újból csak áramlástanai eredetű zajok.



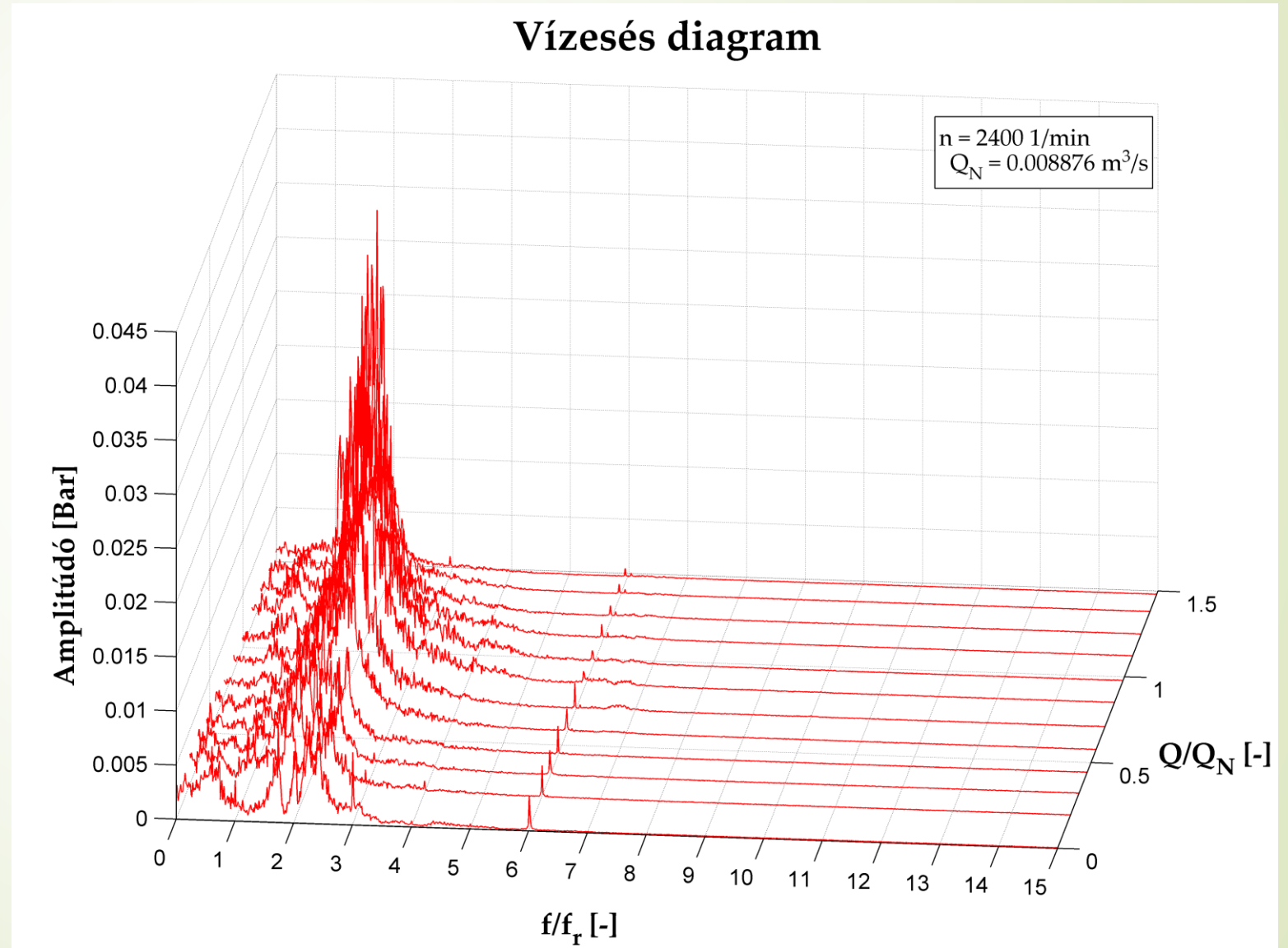
7. (B) szivattyú, $n=2210$ 1/min

► Konklúzió hasonló az előzőhöz!



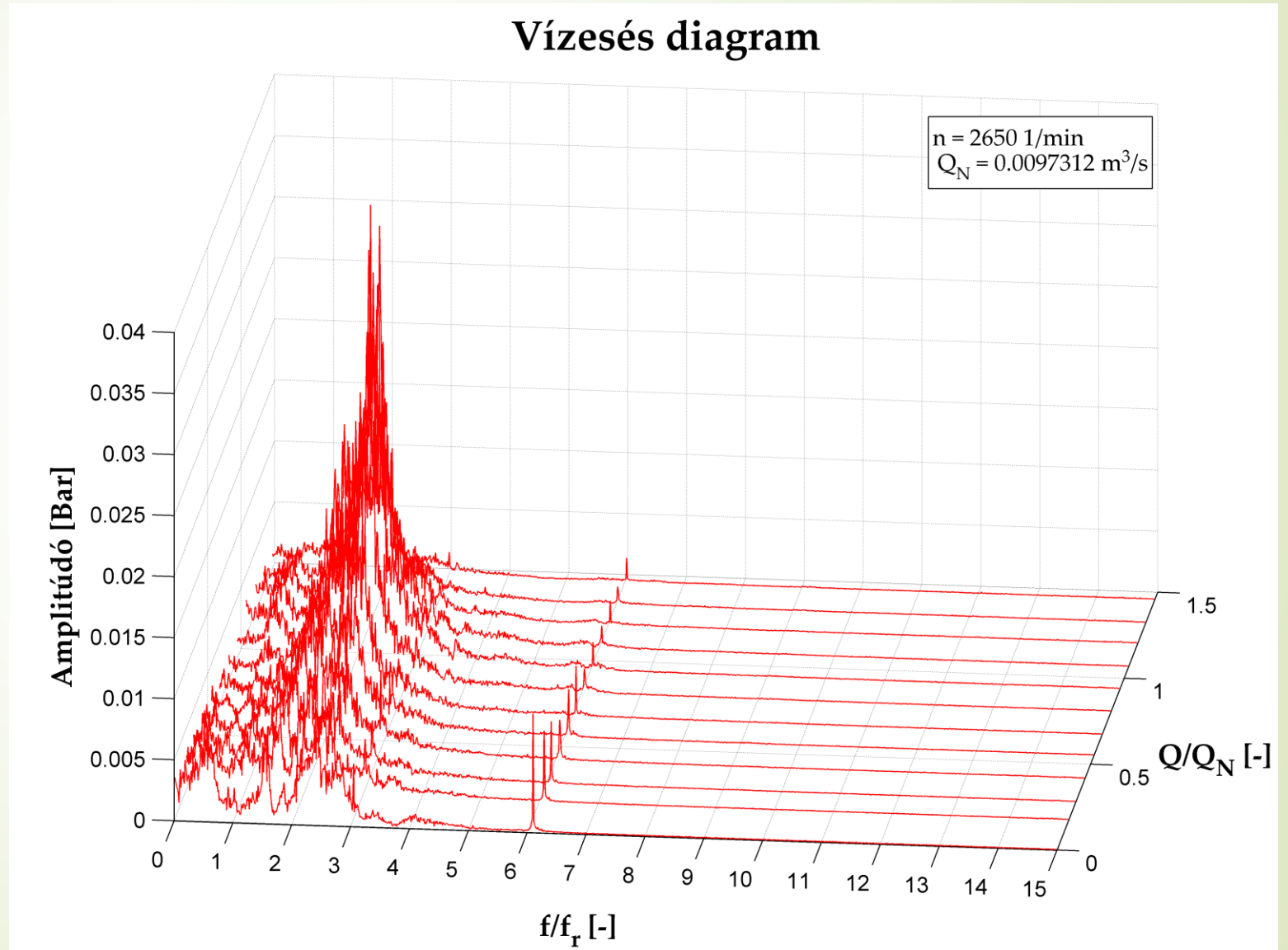
7. (B) szivattyú, $n=2400$ 1/min

► Konklúzió hasonló az előzőhöz!



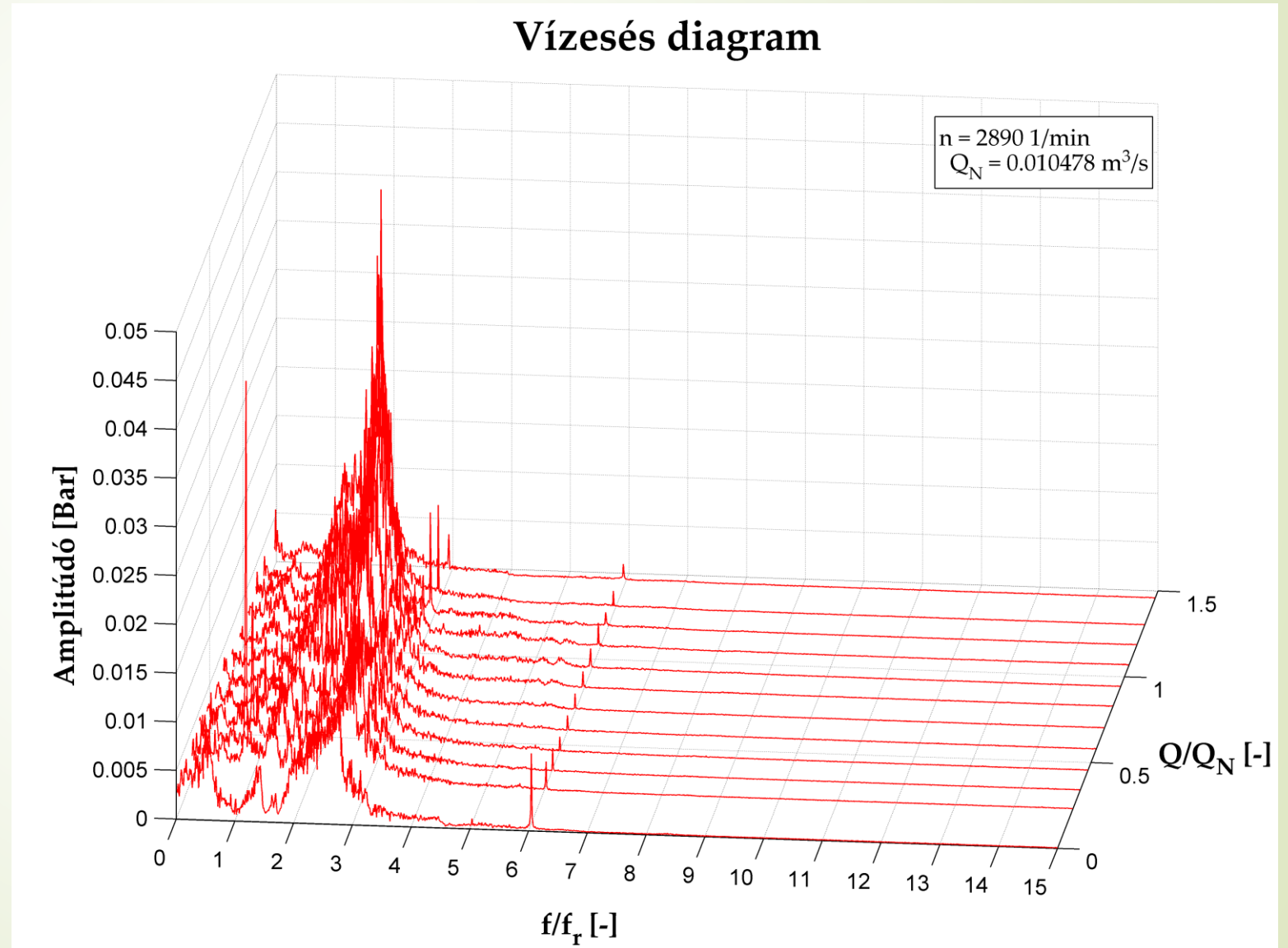
7. (B) szivattyú, $n=2650$ 1/min

► Konklúzió hasonló az előzőhöz!



7. (B) szivattyú, $n=2890$ 1/min

► Konklúzió hasonló az előzőhöz!



7. (B) szivattyú, $n=3000$ 1/min

► Konklúzió hasonló az előzőhöz!

