TABLE 16.2 Interpretation of the Monin–Obukhov Length L with Respect to Atmospheric Stability

L		Stability Condition
Small negative	$-100\ \text{m} < L < 0$	Very unstable
Large negative	$-10^5\ \text{m} \le L \le -100\ \text{m}$	Unstable
Very large (positive or negative)	$\lvert L \rvert > 10^5\ \text{m}$	Neutral
Large positive	$10\ \text{m} \le L \le 10^5\ \text{m}$	Stable
Small positive	$0 < L < 10\ \text{m}$	Very stable

Saatiin siis suureen s pystygradietti

$$\frac{z}{s_*}\frac{\partial s}{\partial z} = \frac{1}{k}\phi_s(\zeta)$$

$s = u, \theta, q$

$s_* = u_*, T_*, q_*$

$\phi_s = \phi_m, \phi_h$

Integrointia varten kirjoitetaan muotoon

$$\frac{\partial s}{\partial z} = \frac{s_*}{kz} \phi_s(\zeta)$$

ja integroidaan puolittain

$$\int_{z_1}^{z_2} \frac{\partial s}{\partial z} dz = \int_{z_1}^{z_2} \frac{s_*}{kz} \phi_s(\zeta) dz$$

$$\int_{z_1}^{z_2} \frac{\partial s}{\partial z} dz = s(z_2) - s(z_1)$$

$$\int_{z_1}^{z_2} \frac{s_*}{kz} \phi_s(\zeta) dz = \frac{s_*}{k} \int_{z_1}^{z_2} \frac{1}{z} \phi_s(\zeta) dz$$

jos olisi $\phi_s = 1$, saataisiin logaritminen tuulilaki.

$$\frac{1}{2}\phi_s(\zeta)$$

Koska ϕ_s kuvaa poikkeaman logaritmisesta tuulilaista, jotenkin houkuttaisi kikkailla integraalikin sellaiseen muotoon josta näkisi erikseen logaritmiprofiilin ja poikkeaman eli korjaustermin.

$$\frac{1}{2}\phi_s = \frac{1}{2}\left(1-1+\phi_s\right) = \frac{1}{2} - \frac{1-\phi_s}{2}$$

$$\frac{S_*}{k}\int_{z_1}^{z_2} \frac{1}{z} - \frac{1-\phi_s}{z} \, dz$$

$$= \frac{S_*}{k}\int_{z_1}^{z_2} \frac{1}{z}\, dz - \frac{S_*}{k}\int_{z_1}^{z_2} \frac{1-\phi_s(\zeta)}{z}\, dz$$

$$= \frac{S_*}{k} \ln \frac{z_2}{z_1}$$

Tähän mennessä siis:

$$\frac{S_*}{k}\left(\ln\frac{z_2}{z_1} - \underbrace{\int_{z_1}^{z_2}\frac{1-\phi_s(\zeta)}{z}\,dz}\right)$$

Korjaustermi on siis saatu erilliseksi. Pitäisi enää osata laskea se...

(Toki voitaisiin vain sijoittaa ϕ:n määritelmä ja laskea integraali suoraan.)

Tapana on kuitenkin käyttää apumerkintöjä: 7

(psi) $$\Psi_s(\xi) = \int_0^{\xi} \frac{1-\phi_s(x)}{x}\,dx$$

Nyt:

$$\Psi_s(\xi_2) - \Psi_s(\xi_1)$$

$$= \int_0^{\xi_2} \frac{1-\phi_s(x)}{x}\,dx - \int_0^{\xi_1} \frac{1-\phi_s(x)}{x}\,dx$$

$$= \int_{\xi_1}^{\xi_2} \frac{1-\phi_s(x)}{x}\,dx$$

Jos lähdetään aiemmasta muodosta

$$\int_{z_1}^{z_2} \frac{1-\phi_s(\zeta)}{z}\,dz = \int_{z_1}^{z_2} \frac{1-\phi_s\left(\frac{z}{L}\right)}{z}\,dz$$

[ja tehdään muuttujanvaihto $\zeta = \frac{z}{L}$

eli $z = \zeta L$, $\frac{dz}{d\zeta} = L \Rightarrow dz = L\,d\zeta$]

$$= \int_{\zeta_1}^{\zeta_2} \frac{1-\phi(\zeta)}{\zeta L}\,L\,d\zeta = \int_{\zeta_1}^{\zeta_2} \frac{1-\phi(\zeta)}{\zeta}\,d\zeta$$

Siis, meillä oli:

$$s(z_2) - s(z_1) = \frac{s_*}{k}\left(\ln\frac{z_2}{z_1} - \int_{z_1}^{z_2} \frac{1-\phi_s\left(\frac{z}{L}\right)}{z}\,dz\right)$$

ja kaiken edellisen jälkeen se saadaan muotoon

$$s(z_2) - s(z_1) = \frac{s_*}{k}\left(\ln\frac{z_2}{z_1} - \psi_s(\zeta_2) + \psi_s(\zeta_1)\right)$$

$$\text{missä} \quad \psi_s(\zeta) = \int_0^{\zeta} \frac{1-\phi_s(x)}{x}\,dx$$

(Prujussa tähän meni vain 1 rivi...)

korjausfunktio: $\psi_s(\zeta) = \int_0^{\zeta} \frac{1-\phi_s(x)}{x}\,dx$

Neutraalissa tilanteessa $L \approx \infty$ ja

$\phi_m(\frac{z}{L}) = \phi_m(0) = 1$ ja korjaus $= 0$.

$\phi_h(0)$ joko on 1 (pruju) tai jokin muu vakio (Stull). Tällöinkin profiili on logaritminen.

esim. $\frac{\partial \theta}{\partial z} = \frac{T_*}{kz} \phi_h(\frac{z}{L})$

$\approx$ vakio, kun $L \approx \infty$

Universaalifunktiot eli Businger-Dyer muodot pmalusta:

$$\phi_m(\zeta) = \phi_h(\zeta) = 1 + 5\zeta \qquad h = h, q$$

$$\Psi_{m,h}(\zeta) = -5\zeta$$

$$\Psi(\zeta) = \int_0^{\zeta} \frac{1-\phi(x)}{x}\, dx$$

$$\phi_m(\zeta) = (1 - 16\zeta)^{-1/4}$$

$$\psi_m = 2\ln\frac{1+x}{2} + \ln\frac{1+x^2}{2} + \frac{\pi}{2} - 2\tan^{-1}x$$

missä $x = \frac{1}{\phi_m} = (1-16\zeta)^{1/4}$

$$\phi_{h,q}(\zeta) = (1 - 16\zeta)^{-1/2}$$

$$\psi_{h,q} = 2\ln\frac{1+y}{2}$$

missä $y = \frac{1}{\phi_{h,q}} = (1-16\zeta)^{1/2}$

<u>Huomautus:</u> koska mukana on termejä muotoa

$$(1-16\xi)^{1/2} = \sqrt{1-16\xi} \quad \text{ja}$$

$$(1-16\xi)^{1/4} = \sqrt[4]{1-16\xi}$$

niin pitäisi olla $\quad 1-16\xi \geq 0$

$$1-16\frac{z}{L} \geq 0$$

mutta nämä olivat epästabiilille tilanteelle jolloin $L < 0$, joten ongelman ei tule.

Laitetaan integrointirajoiksi $z_1 = z_0$, $z_2 = z$,

$$u(z) = \frac{u_*}{k}\left(\ln\frac{z}{z_0} - \psi_m\left(\frac{z}{L}\right) + \psi_m\left(\frac{z_0}{L}\right)\right)$$

$$\theta(z) - \theta_0 = \frac{T_*}{k}\left(\ln\frac{z}{z_{0h}} - \psi_h\left(\frac{z}{L}\right) + \psi_h\left(\frac{z_{0h}}{L}\right)\right)$$

$$q(z) - q_0 = \frac{q_*}{k}\left(\ln\frac{z}{z_{0q}} - \psi_h\left(\frac{z}{L}\right) + \psi_h\left(\frac{z_{0q}}{L}\right)\right)$$

$u(z_0) = 0$, $\theta(z_{0h}) = \theta_0$, $q(z_{0q}) = q_0$

θ_0, q_0 eivät mene nollaan, u menee

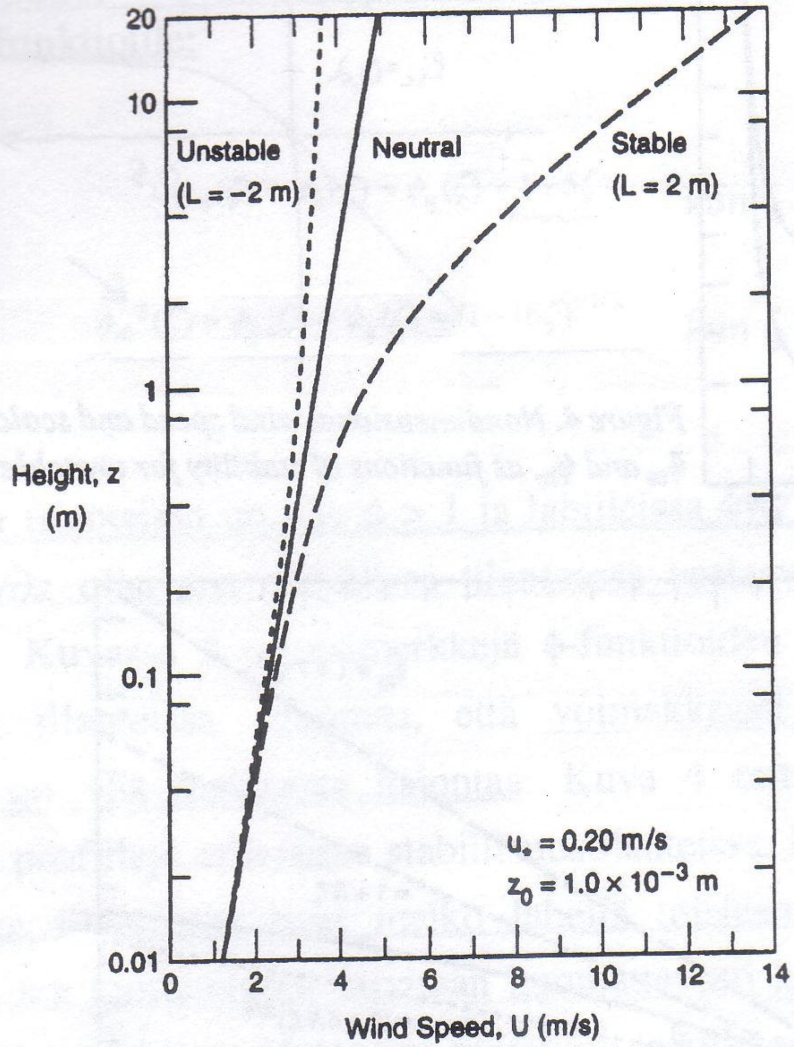


Figure 6. Sample wind speed profiles. Conditions are as labeled. The ψ_m in eq 97 is based on the Businger-Dyer form (eq 79 and Figure 4) for the unstable case and on the Dutch formulation (eq 83 and Figure 5) for the stable case.

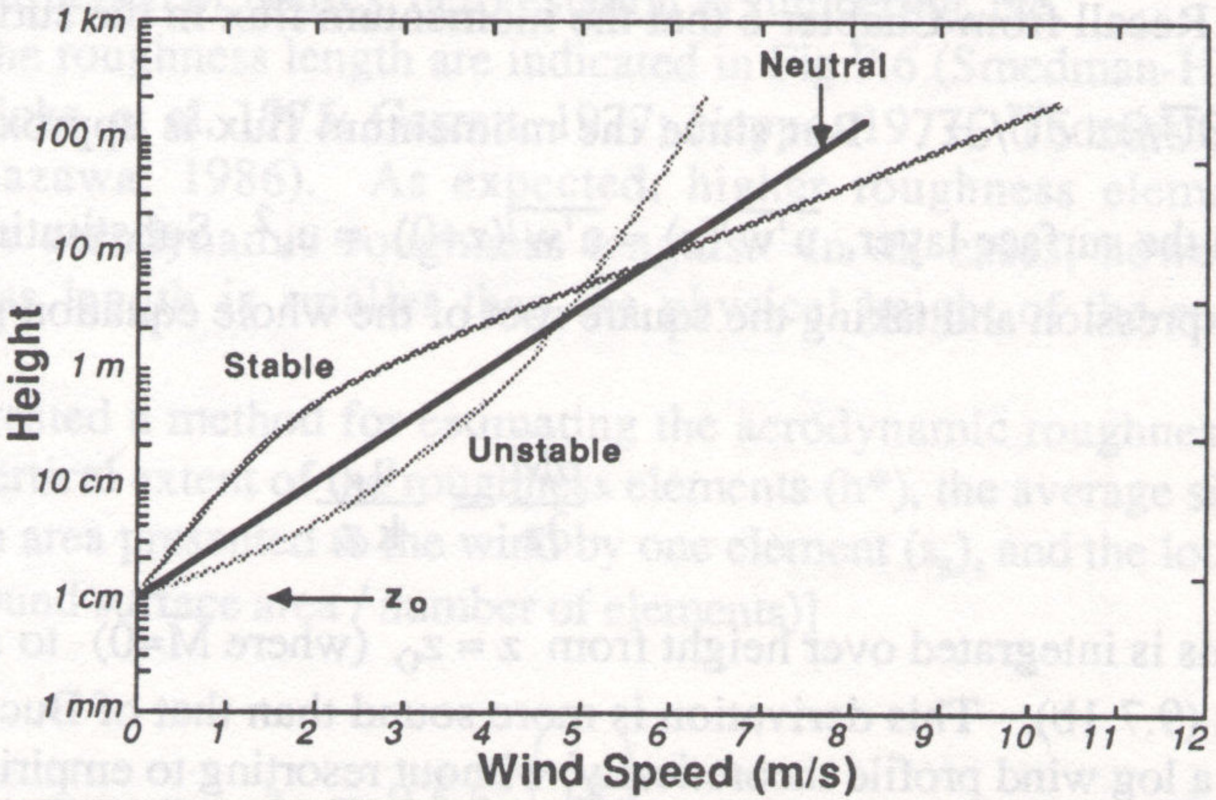


Fig. 9.5 Typical wind speed profiles vs. static stability in the surface layer.

9.7.1 Wind Profile in Statically Neutral Conditions

$$u(z) = \frac{u_*}{k}\left(\ln\frac{z}{z_0} - \psi_m\left(\frac{z}{L}\right) + \psi_m\left(\frac{z_0}{L}\right)\right)$$

$$\ln\frac{z}{z_0} = \ln z - \ln z_0$$

$$u(z_2) - u(z_1) = \frac{u_*}{k}\left(\ln z_2 - \ln z_1 - \psi_m\left(\frac{z_2}{L}\right) + \psi_m\left(\frac{z_1}{L}\right)\right)$$

- ei tarvitse ~~tt~~ tietää z_0:iaa

- jos tiedettäisiin L ja u_2 ja u_1,
  voitaisiin ratkaista u_*

samoin θ:ille ja q:ille,

$\theta(z_2) - \theta(z_1)$

laskemiseksi ei tarvitse tietää

$q(z_2) - q(z_2)$

θ_0, q_0, z_{0h}, z_{0q}

Jos tiedettäisiin L, voitaisiin ratkaista T_* ja q_*.

Voidaan arvata L, $L_1 = \infty$ esimerkiksi laskea u_*^1, T_*^1, q_*^1, laskea näistä uusi L_2, sen avulla uudet u_*^2, T_*^2, q_*^2, jne.

Toivotaan että laskenta konvergoi, ja näin saadaan u_*, T_*, q_* ja L.

Edelleenkään ei tunneta θ_0, z_{0h}

q_0, z_{0q}

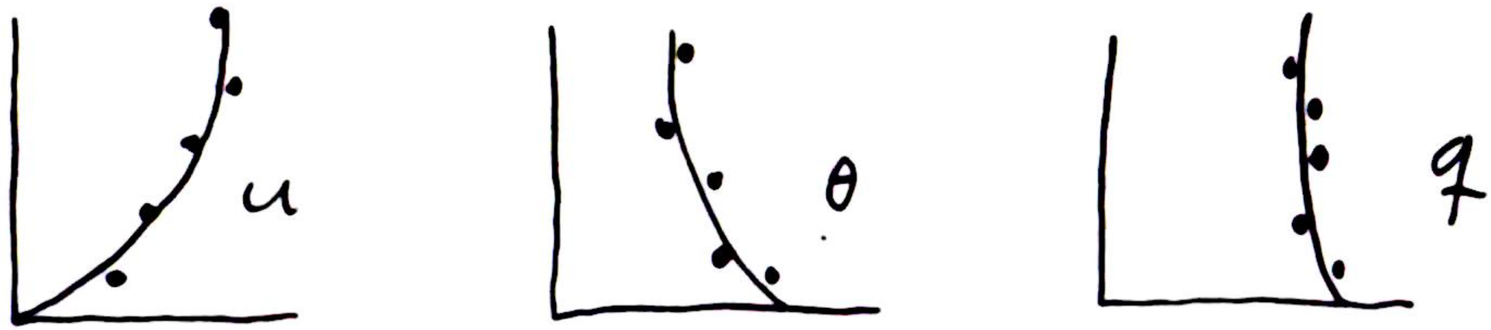
mutta voidaan sopia että $\theta(z_1) = \theta_0$, $z_{0h} = z_1$

$q(z_1) = q_0$, $z_{0q} = z_1$

Nyt tiedetään kaikki ja päästään piirtämään θ:n ja q:n profiilit.

Profiileista voi sitten katsoa uudet arvot näille suureille lähempänä pintaa.

Samoin tuulelle, jos u_* ja L tunnetaan, voidaan etsiä z_0 jossa $u(z_0)=0$.



Jos mittauksia on useammalta korkeudelta, pitää sovittaa käyriä dataan.

Tuntemattomia ovat u_*, T_*, q_*, ja

$L = f(u_*, T_*, q_*)$ joten oikeastaan

kaikki 3 käyrää pitäisi sovittaa dataan yhtäaikaa.

Sisäinen rajakerros

Kun tuuli puhaltaa alustalta toiselle