

# PRODUCTIVITY INDEX MODELİ

Şenay Özden

**Ürün miktarı hem bitkinin genetik yapısının, iklim ve yönetimin ve hemde bitkinin gelişme ortamı olan toprak özelliklerinin ortak bir fonksiyonudur. Verim bitki kök gelişmesinin bir fonksiyonudur. Dolayısıyla toprak ortamının da bir fonksiyonu olmalıdır.**

**Erozyon verimli toprağın yüzey tabakasını uzaklaştırarak toprak üretkenliğini azaltır.**

**Erozyon sonucu uzaklaştırılan üst toprak, kendine has değişik özellikleri ile belirgin bir alt toprak bırakmakta, bu da bazı toprak parametrelerinin yeni değerler almasına sebebiyet vermektedir. Dolayısıyla belirlenen yeni değerler erozyonun ürün kaybındaki etkisini ortaya koymaktadır.**

# PI- PRODUCTIVITY INDEX MODELİ

PI modeli, verimin bitki kök gelişiminin bir fonksiyonu olduğu dolayısıyla toprak ortamının da bir fonksiyonu olmalı prensibinden hareketle bitki kök gelişim profilini tanımlamakta ve gelişmenin derecesi ile üretkenlik arasındaki ilişkiyi kurmaktadır. Farklı toprak derinlikleri için, beş ayrı toprak parametresinin nispi değerlerinin çarpımlarının toplamı, incelemeye konu olan toprak katmanının bitki kök gelişmesi için elverişlilik derecesini ifade eder.

Üretkenlik indeks değeri "0" ile "1" arasında değişmektedir.

Her bir faktör bitki kök gelişmesine olan elverişliliğinin derecesine göre "0" ile "1" arasında nispi değer alır. Herhangi bir toprak parametresi için verilen "1" değeri söz konusu toprak parametresinin bitki kök gelişmesi için ideal durumunu, "0" ise en elverişsiz durumunu ifade eder.

- ] Erozyon ve verimlilik ilişkilerini belirleyen modeller arasında yer alan PI modelinin Ankara da yer alan hakim toprak ordolarında uygulanabilirliğini tespit etmek.
- ] Toprak ordoları bazında izin verilebilir toprak kayıplarını (toprak kayıp toleransı) Model yardımıyla belirleyebilmek

$$\sum (A \times B \times C \times D \times WI)^i$$

**] Burada ;**

**] A = Potansiyel Yarayışlı Su - Tutma Kapasitesinin Elverişliliği**

**] B = Havalanma Elverişliliği**

**] C = Toprak Reaksiyonunun Elverişliliği**

**] D = Elektriksel İletkenliğin Elverişliliği**

**] WI = Kök Fraksiyonunun Tahmini**

# Toprak Parametreleri

1. Yarayışlı su tutma kapasitesi
2. Havalanma (Hacim ağırlığı (Db))
3. Toprak reaksiyonu (pH)
4. Elektriksel iletkenlik (EC)
5. Kök parametresi

# TOPLAM BİTKİYE YARAYIŞLI SU TUTMA KAPASİTESİ

$$\text{TPAWC} = \sum_{i=1}^{\text{NH}} (\text{AWR}_i * (\text{HD}_i - \text{HD}_{i-1})) / \text{RD}$$

$$\text{AWR} = \text{FC} - \text{WP}$$

FC = tarla kapasitesi WP = solma noktası

i = toprak tabakaları sayısı

NH = 1. Katmandan en derin katmana kadar olan derinlik

RD = kök derinliği ve HD = horizon derinliği (cm).

# YARAYIŞLI SU YETERLİLİK PARAMETRESİ

$$\beta \text{ SUFF}^{\text{AWR}} = 1 \quad \leftarrow \text{AWR} \geq \text{AWR}^{\text{CRIT}}$$

$$\beta \text{ SUFF}^{\text{AWR}} = \text{AWR} / \text{AWR}^{\text{CRIT}} \quad 0,03 < \text{AWR} < \text{AWR}^{\text{CRIT}}$$

$$\beta \text{ SUFF}^{\text{AWR}} = 0 \quad \leftarrow \text{AWR} \leq 0,03$$

$$\beta \text{ AWR}^{\text{CRIT}} = 0.20 \text{ m}^3 / \text{m}^3$$




# HAVALANMA

✂  $TP = (1 - BD / PD) - FC$

✂ **BD** : Hacim ağırlığı

✂ **PD** : toprak özgül ağırlığı ( 2.65 gr/cm<sup>3</sup>)

✂  $TP \geq 0.10$       ~~SLIETP~~   $= 1.0$

✂  $TP \leq 0.10$       ~~SLIETP~~   $= TP/TP^{CRIT}$

# pH

$$\delta \text{ Ph} < 2.9 \longrightarrow \text{SUFF}^{\text{PH}} = 0$$

$$\delta 2.9 \leq \text{pH} < 5 \longrightarrow \text{SUFF}^{\text{PH}} = 0,446 \text{ pH} - 1,31$$

$$\delta 5 \leq \text{pH} < 5,5 \longrightarrow \text{SUFF}^{\text{PH}} = 0,12 + 0,16 \text{ pH}$$

$$\delta 5,5 \leq \text{pH} < 6,5 \longrightarrow \text{SUFF}^{\text{PH}} = 1$$

$$\delta 6,5 \leq \text{pH} < 8 \longrightarrow \text{SUFF}^{\text{PH}} = 2,086 - 0,167 \text{ pH}$$

$$\delta \text{ Ph} \geq 8 \longrightarrow \text{SUFF}^{\text{PH}} = 0,75$$

# EC

—  $EC < 0,938 \quad \rightarrow \text{SUFF}^{EC} = 1$

—  $0,938 \leq EC < 3 \quad \rightarrow \text{SUFF}^{EC} = 1.426 - 0,45 EC$

—  $EC \geq 3,0 \quad \rightarrow \text{SUFF}^{EC} = 0$

# WF

$$P \text{ ALAN (i) = } 0.066013 * ((D * \text{Log}_e((R + (R^2 + 6.45)^{0.5}) / (D + (D^2 + 6.45)^{0.5}))) + (D^2 + 6.45)^{0.5})$$

P D : PROFİL DERİNLİĞİ

P R : KÖK DERİNLİĞİ

$$P \text{ WF(i) = Area (i) - Area (i-1) / (Area (R) - Area (0))}$$

- γ Seri bazında etüdü yapılmış olan alanlara ilişkin yapılan araştırma sonucu
- γ Polatlı Devlet Üretme Çiftliği,
- γ Bala Devlet Üretme Çiftliği,
- γ Haymana' da Tarımsal Araştırmanın Uygulama Çiftliği ve
- γ Ankara Üniversitesi' nin Uygulama Çiftliği,
- γ Çubuk,
- γ Zir vadisi civarında ve
- γ Gölbaşı'nda yer alan çiftçi tarlalarında toplam 35 profil açılarak serilerin horizonlarına göre örnekleme yapılmıştır. Her örnekleme noktasında ait GPS ile koordinat değerleri alınmıştır.

# HANGİ ORDOLAR VE ANALİZLER?

- η Entisol,
- η Inceptisol ve
- η Aridisol ordolarına ait serilerin horizonlardan alınan bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinde
- η tarla kapasitesi,
- η solma noktası,
- η EC,
- η pH,
- η bünye (çok ince kum, kum,silt, kil), gibi analizler yapılarak elde edilen veriler her bir lokasyona ait veri dosyası oluşturularak modele yüklenmiştir.

- ε TURTEM –Türkiye Erozyon Tahmin modeli kullanılarak her bir seri için erozyon hesaplamaları yapılmıştır.**
- ε USLE parametre çalışmalarına ait denemeler sonucu elde edilen erozyon oranı olan 10 ton/ha/yıl değeri kullanılarak PI modelinin her bir versiyonu çalıştırılmıştır.**

φ **Versiyon 1' de, PI ( Prodaktivite İndeksi), yararılı su, havalanma porozitesi, pH ve elektriksel kondaktivite yeterlilik parametreleri teorik kök dağılım fonksiyonuna göre ağırlıklı olarak hesaplanmaktadır.**

φ **Versiyon 3' de, PI havalanma porozitesi, pH ve elektriksel kondaktivite yeterlilik parametrelerinin minimumunu teorik kök dağılım fonksiyonu ve toplam bitki yararılı su tutma kapasitesine göre ağırlıklı olarak hesaplanmaktadır.**

φ **Versiyon 4' de, PI yararılı su, havalanma porozitesi, pH ve elektriksel kondaktivite yeterlilik parametrelerinin minimumunu teorik kök dağılım fonksiyonuna göre ağırlıklı olarak hesaplanmaktadır.**



- $\nabla = P_{i0} - P_{it} = \text{Zaman göre produktivitedeki değişim}$
- $d = d_0 - dt = \text{zamana göre derinlikteki değişim}$
- $\blacktriangle = (\nabla / P_{i0}) * 100 = \text{produktivitede izin verilebilir azalma}$
- $\chi = t/cm/ha = (HA, gr/cm^3 * 100)$
- $P_{i0} = PI$  'nde başlangıç değeri
- $P_{it} = PI$  'nde zamana bağlı olan değeri
- $V = (\nabla / d) * 100 = \text{vulnerability indeksi}$
- $T1 = (\blacktriangle P_{i0} * \chi) / V * t$
- $PI$  ve Vulnerability indeksi  $=V$ ' nin kombine edilmesi ile İZİN VERİLEBİLİR TOPRAK KAYBI elde edilmektedir.

- ÇizelgePI

**– TURTEM'de elde edilen K değerlerinin serilere gore değişimi İ kizce serisinde en yüksek K değeri elde edilmiş olup aynı zamanda yüksek erozyon oranına sahip serilerden birisidir. Bu seride PI değerleri tüm versiyonlarda yıllara gore düşüş gostermiştir.**

- **Dumlupınar serisinde K değeri en düşük bulunmuştur. Bu serinin erozyon oranı düşüktür. Yıllara göre PI değerleri incelendiğinde ise çok az değişimler görülmektedir. Ancak bu seride kil miktarının fazla olması dolayısıyla tüm horizonlarda bitki kök gelişimini sınırlayan faktörlerden dolayı düşük PI değeri elde edilmiştir. Bu sınırlayıcı faktörler su ve havalanma sorunu olarak görülmektedir.**
- **Toplam 35 serinin sonuçlarına göre PI1 versiyonunda en düşük değer Kule serisinde 0.0228 olarak, en yüksek olarak ise Polatlı serisinde 0.5627 olarak tespit edilmiştir. 100 yıl sonra ise Çuğlu serisi en düşük (0.000) değere sahip olurken Çayırılı serisi en yüksek değere sahip olmuştur**

- **PI3 versiyonunda en düşük 0.04 değeri ile Bahçe arkası, en yüksek 0.8267 ile Çayırli serisi olmuştur. 100 yıl sonra aynı serilerde en düşük ve yüksek PI değerleri tesbit edilmiştir.**
- **PI4 versiyonunda ise en düşük PI değeri Kule serisinde 0.026 olarak ve en yüksek olarak Küçükdağ serisinde 0.6851 olarak bulunmuştur. 100 yıl sonra yine bu seriler en düşük ve yüksek değerlere sahip olmuşlardır.**
- **Esenboğa serisi en düşük erozyon oranına sahip 3 versiyonda da değişim yıllar itibariyle olmamıştır.**

- İlk versiyonun 10 ton/ha/yıl ve kendi erozyon oranına göre yapılan değerlendirmede Esenboğa, İşletmealtı, Zir ve İkizce serilerinde sınırlayıcı faktörler değişmiştir. Diğerlerinde aynı kalmıştır.
- 3. versiyonda ise Altınova, İşletmealtı, Esenboğa, Yüzükbaşı, Zir, İkizce serilerinde değişim gözlenmiştir.
- 4. versiyonda ise Aktaş, Zir ve İkizce serilerinde sınırlayıcı faktörler değişmiştir. 1.ve 4 versiyonda genel olarak bitki için su problem iken 3. versiyonda pH sorun olarak ortaya çıkmaktadır.

**– Model sonuçları kullanılarak toprak kayıp tolerans denklemi ile her seriye ait izin verilebilir toprak kayıpları da hesaplanmıştır. 10 ton/ha/yıl erozyon oranına göre Aridisol'lerde İşletme altı Kumseki ve Kule serileri hariç tüm serilerde tüm versiyonlar için izin verilebilir toprak kaybı değeri yılda 10 ton/ha olarak belirlenmiştir. Entisol'lerde Mezarlık, Çuğlu ve Omarlı serilerinde tolerans değeri 10 ton/ha/yıl olurken diğer serilerde bu değer değişim göstermiştir. Inceptisollerde ise Kap, Kırbeli ve Polatlı dışındaki seriler yine aynı tolerans değerini vermiştir.**

- **Bu çalışmada ele alınan PI modeline ait üç versiyon verim değerleri ile ordo ve ürün bazında değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre PI1 versiyonu diğerlerine göre yüksek korelasyona sahiptir. Aridisollerin farklı serilerinde yetiştirilen buğday verim değerlerine karşılık PI1 versiyonu arasındaki korelasyon katsayısı  $r=0.78$  dolayında bulunmuş olup 0.05 seviyesinde bu ilişki önemli bulunmuştur. Bu ilişkinin denklemi  $y=1858.4+4985X$  ( $n=7$ ) şeklindedir. Üç versiyon arasında daha yüksek korelasyon değeri veren 1. versiyon önerilmektedir.**



- MODEL VERSION : 3
- LOCATION : HAYMANAIKIZCEIKIZCE
- SOIL TYPE : ARID
- RAIN ZONE :
- SOURCE : SENAY
- PROFILE NUMBER : B22
- PROFILE DEPTH : 104.0 cm
- MAX. ROOT DEPTH: 100.0 cm
- TILLAGE DEPTH : 15.0 cm
- SOIL LOSS RATE : 10.0 t/ha/yr

• TABLE 1 : Profile data for each time increment.

- TIME SOIL CUM.SOIL PROD. LIMITING SOIL FACTORS FOR HORIZONS 1-12
- (yrs) LOSS (cm) LOSS (cm) INDEX 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
- -----
- 0 0.000 0.000 0.4549 P P A
- 5 0.431 0.431 0.4522 P P A
- 10 0.431 0.862 0.4496 P P A
- 15 0.431 1.293 0.4469 P P A
- 20 0.431 1.724 0.4443 P P A
- 25 0.431 2.155 0.4416 P P A
- 30 0.431 2.586 0.4390 P P A
-

# ÖNERİLER

- μ PI model sonuçları ile tarım topraklarının üretkenlik indeks değerinin tahmin edilmesi sonucu sürdürülebilir tarım kavramı için gerekli tedbirlerin toprak koruma anlamında alınması sonucunu ortaya koymaktadır.
- μ Model düşük erozyon oranında toprağın verimlilik potansiyelinde yıllara göre değişme olmayacağını buna karşılık yüksek erozyon oranında tahmini olarak verimli üst katmanların kaç yılda uzaklaşacağını ve buna karşılık verimde de büyük azalmaların meydana gelebileceğini ortaya koyması açısından önemli sonuçlar vermiştir.

- μ Bitki kök gelişimini etkileyen ve etkileyebilecek parametreleri tahmin etmesi ile gelişimi olumsuz etkileyen faktörlerin belirlenmesine yardımcı olabilecek sonuçları sunmaktadır.**
- μ Bir toprak ordosu içinde yer alan en küçük taksonomik birim olan seri bazında toprakların özelliğine bağlı olarak farklı davranacağı bir kez de bu çalışma ile ortaya konmuştur. Koruma planlarının yapılırken bu noktanın önemle dikkate alınması ve erozyon oranlarının mutlaka seri bazında hesaplanması gerekmektedir.**

**μ** Toprak kayıp toleransı konusunda da serilere göre farklı sonuçlar alınmıştır. Yalnız uygulamada planlama yapılırken bu tolerans (PI model sonuçlarından elde edilen Tolerans1 olarak ifade edilen tolerans değeri) havzaya ilişkin diğer kriterleri de dikkate alarak değerlendirme gereği bulunmaktadır. Henüz tam anlamıyla yöntemi ortaya konmayan ve havzanın kirlilik sediment çevre gibi sorunlarına göre çok uzun yıllarda belirlenebilen tolerans değeri için model sonuçlarından elde edilebilen T1 değerinin planlamada seri bazında değerlendirmenin gereğini ortaya koymaktadır.

- μ Sağlıklı veriler ile modellerden elde edilecek veriler de daha sağlıklı olacaktır. Veri tabanlarının hazır olması durumunda bu tür çalışmaların daha kısa sũrede yapılacağı dũřũnũlmektedir.**
- μ Erozyonu önemli derecede etkileyen eğim uzunluğu ve eğim derecelerinden elde edilen topoğrafik faktör-LS faktrũ araziye ait eř yũkselti eğrileri kullanılarak bir arazi parçasını tam olarak temsil edecek şekilde GIS yardımıyla belirlenmelidir.**
- μ Buğday verim değerlerinin aslında ifti bazında da kaydedilmesi bu kayıtların ortalama olarak değerde tarla bazında alınması gerekmektedir.**
- μ Modifiye edilen modeller üzerinde de çalışmaların yũrũtũlmesi daha fazla sayıda örnek alanlarının artırılması bunun içinde yeni sınıflandırmaya göre toprak etũtlerinin yapılması bu çalışma açısından önem taşımaktadır.**

**$\alpha$  PI değerinde 0.05 ile 0.10 arasında bir fark olması erozyonun verimi önemli ölçüde etkilediği, dolayısıyla toprak koruma önlemlerinin alınması gereğini ortaya koymaktadır. Bu anlamda projenin yürütülmesinde çalışılan serilerin çoğunda PI değerlerinde bu sınır değerlerinden fazla değişim bulunan seriler mevcuttur. Dolayısıyla erozyonu azaltmak amacı ile birtakım koruma tedbirleri alınmalıdır.**