

## BASINÇ ÜLSERİNİN ÖNLENMESİNDE KULLANILMAK AMACIYLA GELİŞTİRİLEN BİR MATEMATİKSEL MODEL

Fadime ÖGÜLMÜŞ DEMİRCAN\*<sup>1</sup> İbrahim YÜCEDAĞ<sup>2</sup> Metin TOZ<sup>2</sup> Süleyman ÇAKICI<sup>2</sup>  
Serdar GEDİK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Düzce Üniversitesi, Düzce MYO, Bilgisayar Programcılığı Bölümü, 81000, Düzce, TÜRKİYE

<sup>2</sup> Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilgisayar Müh. Bölümü, 81000, Düzce, TÜRKİYE

\*fadimedemircan@duzce.edu.tr

**Özet-** Basınç ülseri, yatan hastalarda hareketsizlikten dolayı oluşan yaraya denilmektedir. Tüm dünyada yatan hastaları tehdit eden ciddi bir sorundur. İleri boyutlara gelindiğinde tedavisi imkansız hale gelmektedir. Bu nedenle basınç ülserinin önlenmesi için çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada, yatak yaralarının önlenmesi veya oluşumunun geciktirilmesi amacıyla yara oluşmasında etkili olan basınç, nem ve sıcaklık parametrelerinin yanı sıra ıslaklık parametresi de göz önünde bulundurularak bir şilteye ait matematiksel model geliştirilmiştir. Geliştirilen matematiksel model ve simülasyondan elde edilen veriler kullanılarak her bir şilte hücresi için yatak yarası oluşma riski hesaplanmıştır. Bu model sayesinde ülkemizde önemli bir sağlık problemi olan basınç ülserlerinin önlenmesine katkı sağlanması ve bu sayede hastaların basınç ülserlerine bağlı hastanede yatma sürelerinin kısaltılması hedeflenmektedir.

**Anahtar Kelimeler-** Basınç ülseri, Basınç, Sıcaklık, Islaklık ve Nem Sensörleri, Hasta Yatağı Şiltesi

## A DEVELOPED MATHEMATICAL MODEL FOR THE USE OF THE PREVENTION OF PRESSURE ULCERS

**Abstract-** Pressure ulcers are called contusion caused by inactivity of hospitalized patients. It is a serious problem that threatens hospitalized patients all over the world. When it reaches advanced size, its treatment becomes impossible. Therefore, studies are conducted for the prevention of pressure ulcers. In this study, in order to prevent or delay the formation of pressure ulcers, a mathematical model based on not only the pressure, moisture and temperature parameters but also on the wetness was developed. Using developed mathematical model and the data obtained from a performed simulation, the risk of bed sores for each cell of the mattress was calculated. With the help of this model we aimed to, contribution to the works about prevention of pressure ulcers that is an important health problem in our country and also to reduce the time of stay in the hospital that depends on pressure ulcers.

**Key Words-** Pressure Ulcer, Pressure, Temperature, Wetness and Humidity sensors, Mat

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

EPUAP(Avrupa Basınç Ülseri Danışma Paneli) /NPUAP(Uluslararası Basınç Ülseri Danışma Paneli )'a göre basınç ülseri; tek başına, basınç ya da yırtılma ile basıncın bir arada sebep olduğu, genellikle kemik çıkıntılar üzerinde ortaya çıkan bölgesel deri ve /veya deri altı doku hasarıdır [1].

Basınç ülseri dünya çapında hastane ve bakımevlerindeki hastaları etkileyen bir sorundur. Spinal kord, yoğun bakım ve ameliyat olmuş hastalarda görülmektedir. Hastanın hareketliliğini etkileyen omurilik yaralanması, yara ortamını etkileyen idrar kaçırma ve yara iyileşmesini etkileyen diyabet ve damar hastalığı gibi durumlar basınç ülserini olumsuz yönde etkiler ve ilerlemesine neden olur [2-5].

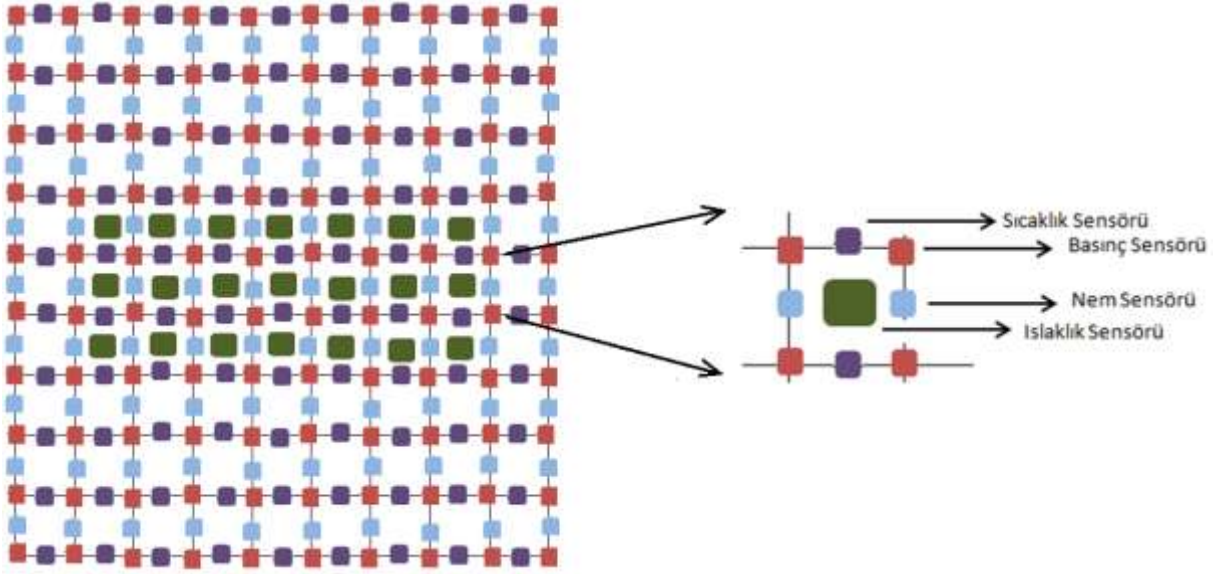
EPUAP/NPUAP' a göre basınç ülseri Basmakla Solmayan Kızarıklık, Dermis Tabakasının Kısmi Kaybı, Deri ve Subkütan Doku Tabakalarında Kayıp ve Tam Kalınlıkta Doku Kaybı olmak üzere 4 evrede incelenmektedir [1]. Basınç ülseri risk değerlendirmesi için Norton, Waterlow, Braden, Gosnell ve Oh Skalası gibi ölçekler geliştirilmiştir[6]. Bu ölçeklerden en çok Braden skalası kullanılmaktadır. Basınç ülserinin gelişmesinde iç ve dış olmak üzere risk faktörleri belirlenmiş ve yapılan bir araştırmada bu risk faktörleri gözden geçirilmiştir[7-8].

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde basınç ülserinin oluşmasında büyük etkiye sahip olan faktörlerden basınç, sıcaklık ve nem değerlerinin ölçülmüş olduğu görülmektedir. Bu değerler için ya Vista Medical Ltd. FSA Hospital Bed System, Wellsense The M.A.P. System, Tekscan, Inc., XSensor Technology Corporation ve Tactilus Mattress System gibi ticari şilteler kullanılmış ya da yazarlar kendi şiltelerini oluşturmuşlardır. Kendi şiltelerini üretmelerindeki birincil neden ticari şiltelerin maliyetlerinin yüksek olmasıdır[9-13].

Bu çalışmada yatak yaralarının önlenmesi veya oluşumunun geciktirilmesi amacıyla yara oluşmasında etkili olan basınç, nem ve sıcaklık parametrelerinin yanı sıra ıslaklık parametresi de göz önünde bulundurularak bir şilteye ait matematiksel model geliştirilmiştir. Literatürde basınç ülserini önlemek için yapılan uygulamalar gözden geçirildiğinde söz konusu 4 parametrenin de bir arada kullanıldığına rastlanmamıştır[14].

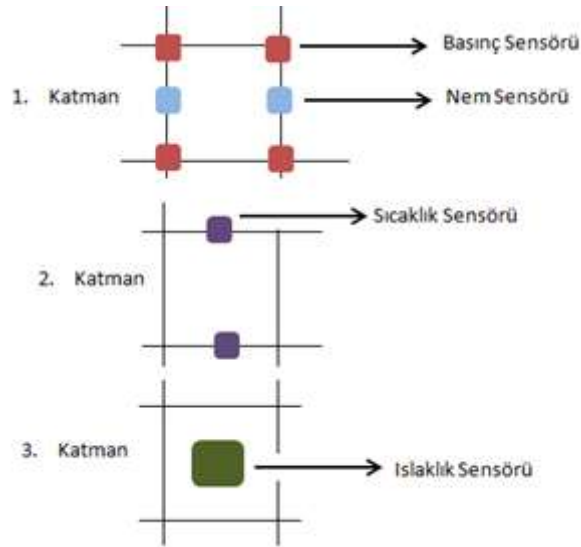
## 2. YÖNTEM (METHOD)

Bu çalışmada [15]'de yer alan modele ıslaklık parametresi eklenerek yeni bir model geliştirilmiştir. Önerilen model yukarıdaki parametreleri ölçebilecek 4 farklı sensör temel alınarak oluşturulmuştur. Sensörler Şekil 1'deki gibi 90x90 cm'lik bir alana 100 basınç, 90 sıcaklık, 90 nem ve 21 ıslaklık olmak üzere toplam 301 adet olarak yerleştirilmiştir. Bu alan toplam 81 hücreye ayrılmış ve geliştirilen matematiksel model ve sensörlerden elde edilen veriler kullanılarak her bir hücre için yatak yarası oluşma riski hesaplanmıştır.



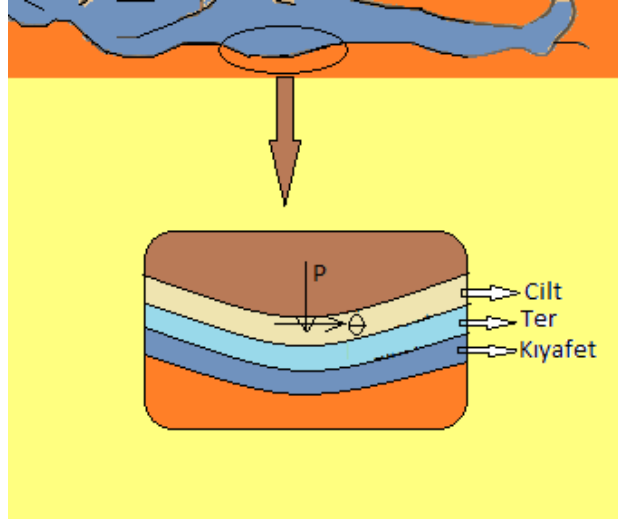
Şekil 1. Sensörlerin yerleşme şekli

Önerilen modelde ayrıca sensörler Şekil 2’deki gibi üç katmanlı olarak yerleştirilmiştir.



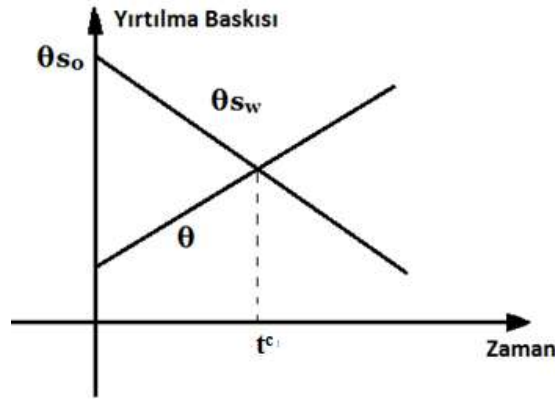
Şekil 2. Sensörlerin üç katmanlı görünümü

Geliştirilen model kullanılarak yatak yarası oluşma riskinin belirlenebilmesi için kişinin şilte ile temas eden tüm kısımları için basınç, sıcaklık, nem ve ıslaklık parametrelerinin tespiti gereklidir. Bu amaçla Şekil 3’te kişi üzerinde etkisi olan parametreler ifade edilmiştir.



Şekil 3. Cilt- destek problemi şeması [15]

Şekil 3'teki P basıncı vücudun şilteye uyguladığı basınç  $\theta$  değeri ise vücudun oluşturduğu yırtılma baskısını ifade etmektedir [15].

Şekil 4. Basınç ülserinin oluşmaya başladığı  $t^c$  zamanı [15]

Şekil 4'te ise yırtılma baskısının artması ve dayanma gücünün azalmaya başlamasıyla basınç ülserinin oluşmaya başladığı  $t^c$  zamanının grafiği görülmektedir [15].

[15]'e göre terleme hacmindeki değişim

$$\frac{\Delta V(t)}{V} = \int_0^t (S_w - E_v - D_r) dt \quad (1)$$

formülü ile ifade edilmektedir. (1)'deki  $S_w$  ve  $E_v$  değerleri için eşitlikler (2) ve (3)'te verilmiştir.

$$S_w = x \frac{T_{ambient} - 30^\circ C}{T_{ambient}^{max} - T_{skin}^{min}} \quad (2)$$

$S_w$ , terleme oranıdır. Ortam ve vücut sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir.  $x$ , ise terleme için sabit bir değerdir [15].

$$E_v = y \frac{T_{ambient} - T_{skin}}{T_{ambient}^{max} - T_{skin}^{min}} (1 - RH) \quad (3)$$

$Ev$ , terlemenin buharlaşma oranıdır.  $Ev$  ortam ve vücut sıcaklığının yanı sıra bağıl neme ( $RH$ ) bağlıdır. Bağıl nem  $0 \leq RH \leq 1$  arasında değer almaktadır. Bağıl nem maksimum değerine ulaştığında buharlaşma sıfır olmaktadır.  $y$ , buharlaşma için sabit bir değerdir.

$Dr$ , bize kumaşın geçirgenliği ile ilgili bilgi vermektedir.  $Dr$  formülde  $z$  ile ifade edilmektedir. Kumaşın naylon olması durumunda terin emilimi olmayacağı için  $z=0$  değeri alınırken pamuklu bir kumaş için  $z = 1$  değerini almaktadır.  $Sw$ ,  $Ev$  ve  $Dr$  değerleri (1)'de yerine konduğunda

$$\frac{\Delta V(t)}{V} = \left[ x \frac{T_{ambient} - 30^{\circ}C}{T_{ambient}^{max} - T_{skin}^{min}} + y \frac{T_{ambient} - T_{skin}}{T_{ambient}^{max} - T_{skin}^{min}} (1 - RH) + z \right] \cdot t \quad (4)$$

eşitliği elde edilir.

[15]'de yırtılma baskısı (5) ve dayanma gücü ise (6) 'daki gibi ifade edilmiştir.

$$\theta = \left[ 0.5 \frac{\Delta V(t)}{V} + 0.4 \right] \cdot P \quad (5)$$

$$\theta_{sw} = \left[ 1 - 0.8 \frac{\Delta V(t)}{V} \right] \cdot \theta_{s0} \quad (6)$$

Şekil 4'teki grafiğe göre  $\theta$  ve  $\theta_{sw}$  değerlerinin birbirine eşit olduğu an basınç ülserinin oluşması için kritik zamanı ifade eden  $t^c$  değerini vermektedir. Bu ifadeler eşitlenerek  $t^c$  değeri çekilirse (7)'deki eşitlik elde edilir [15].

$$t^c = \frac{\theta_{s0} - 0.4P}{(0.5P + 0.8\theta_{s0}) \left\{ \frac{[x - y(1 - RH)]T_a + y(1 - RH)T_s - x \cdot 30^{\circ}C}{T_{ambient}^{max} - T_{skin}^{min}} - z \right\}} \quad (7)$$

Bu çalışmada [15]'de sunulan çalışmadan farklı olarak sadece nem değil kanama ya da idrar kaçırma gibi durumlar düşünülerek ıslaklığın tespit edilmesi de amaçlanmıştır. Bunun nedeni ıslaklığın sadece terlemeye bağlı olmamasıdır. Ortam sıcaklığının düşük olduğu durumlarda da hastaların (genelde basınç ülseri olan hastalar yatakları hastalardır) idrar kaçırması, defakasyona çıkması hatta hastaya bağlı olan ve hastanın tedavisi için kullanılan serum, mama, kan vb. ürünlerin hasta yatağına dökülmesi sonucunda da ıslaklık meydana gelebilmektedir. Bu durumda sadece terlemeye bağlı bir risk faktörü hesaplamak yeterli değildir. Yukarıda belirtilen faktörlerinde hesaba katılması için bu çalışmada ayrıca bir ıslaklık parametresi tanımlanmıştır.

Dolayısıyla bu çalışmada (7)'deki formül şu şekilde değiştirilmiştir.

$$t^c = \begin{cases} \frac{\theta_{s0} - 0.4P}{(0.5P + 0.8\theta_{s0}) \left\{ \frac{[x - y(1 - RH)]T_a + y(1 - RH)T_s - x \cdot 30^{\circ}C}{T_{ambient}^{max} - T_{skin}^{min}} - z \right\}} & , \quad k = 0 \\ 1,1294 & , \quad k = 1 \end{cases} \quad (8)$$

Formülde  $k$  ıslaklığın var olması durumunda 1, olmaması durumunda ise 0 değeri almaktadır. (8) 'deki denkleme bakıldığında ıslaklığın olması durumunda yara oluşma riskinin en yüksek olduğu durumu işaret etmektedir. Islaklık olması yaranın oluşmasına neden olmaktadır.

### 3. BULGULAR (FINDINGS)

Bu çalışmada sunulan matematiksel modelin doğruluğunun değerlendirilebilmesi amacıyla bir insan vücudunun farklı bölgelerine göre basınç, nem, sıcaklık ve ıslaklık değerleri aşağıda verildiği gibi rastgele üretilmiştir.

**Tablo 1.** Rastgele Üretilmiş Sıcaklık Değerleri (°C)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	31	32	31,5	38,5	37,5	38	31	31,5	31,5
2	31	31	31,5	35,5	37,5	35,5	31,5	31,5	31,5
3	31,5	31	36	36	38,5	35,5	33	31,5	31
4	31	31,5	38	36	37,5	36	34,5	31	31
5	31,5	30,5	35	36,5	37,5	35,5	35,5	30,5	31
6	31,5	31	31	35,5	36,5	36	32	30,5	30,5
7	31	31,5	31	35,5	36,5	35,5	32	31	30,5
8	31	30,5	31	37,5	36	36,5	31	31	30,5
9	31	31	31	37,5	36	35,5	31	30,5	30,5

Tablo1’de üretilen sıcaklık değerleri önerilen model kullanılarak geliştirilecek şilte üzerinde hastanın muhtemel konumuna göre üretilmiştir.

**Tablo 2.** Rastgele Üretilmiş Basınç Değerleri (kPa)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,25	0,50	2,62	3,74	3,74	3,74	2,12	1,00	0,75
2	0,25	0,50	2,16	3,58	3,58	3,83	2,16	0,75	0,50
3	0,25	1,10	2,81	3,66	3,66	3,91	2,81	1,35	0,50
4	0,50	1,77	3,29	3,29	3,54	3,54	3,04	2,02	0,75
5	0,75	1,83	2,91	3,16	3,41	3,16	2,66	1,83	1,00
6	0,25	0,92	2,21	3,10	3,10	2,85	2,21	1,42	1,00
7	0,25	0,25	1,27	2,78	3,03	2,78	1,52	0,50	0,50
8	0,25	0,25	1,52	3,28	3,28	3,03	1,52	0,25	0,50
9	0,00	0,00	1,77	3,28	3,03	3,28	2,02	0,50	0,50

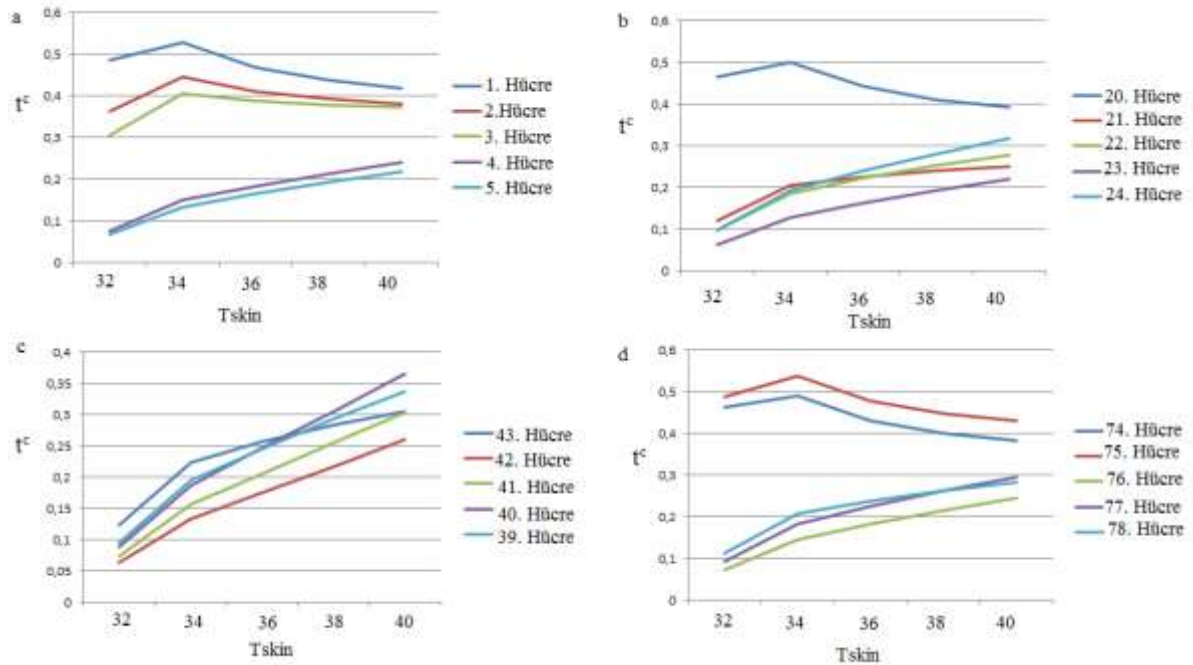
Tablo 2’de gösterilen basınç değerleri, [16]’daki örnek basınç değerleri baz alınarak hesaplanmıştır. [16]’da insan vücudu 4 bölümde incelemiş, her bir bölüm için yüzey alanı ve ağırlık katsayılarına göre denekler üzerinde baş, sırt, gövde ve bacaklar için basınç değerleri hesaplanmıştır.

**Tablo 3.** Rastgele Üretilmiş Nem Değerleri (%)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,1	0,1	0,1	0,55	0,55	0,4	0,35	0,05	0,05
2	0,1	0,05	0,15	0,7	0,85	0,6	0,4	0,05	0,05
3	0,1	0,05	0,1	0,5	0,65	0,7	0,45	0,05	0,05
4	0,05	0,1	0,4	1	1	1	0,3	0,2	0,05
5	0	0	0,4	1	1	1	0,8	0,4	0,05
6	0,1	0,35	0,7	1	1	1	0,4	0	0
7	0,05	0,05	0,2	0,5	0,6	0,8	0,4	0	0,05
8	0,1	0,1	0,3	0,65	0,65	0,65	0,4	0,05	0,1
9	0,05	0	0,15	0,65	0,65	0,35	0,15	0,05	0,1

Tablo 3'te üretilen nem değerleri görülmektedir. Islaklık sensörünün aktif olduğu durumlar 1 ile ifade edilmiştir.

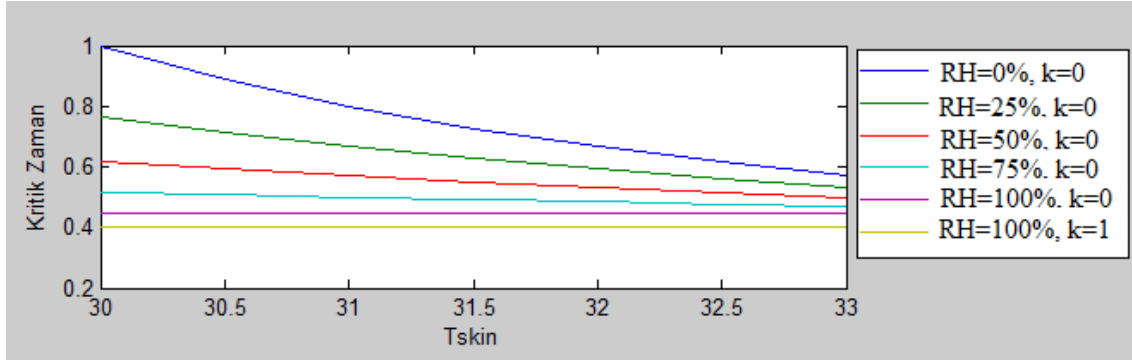
Tüm tablolarda yer alan veriler önerilen model kullanılarak geliştirilecek bir şilte üzerinde yatan bir hastanın konumu düşünülerek üretilmiştir. Tablolarda verilen değerler ve yukarıda önerilen matematiksel model kullanılarak şiltenin seçilen dört farklı bölgesi ve her bölgede yer alan beş farklı hücresi için yatak yarası oluşma riski hesaplanmıştır. Buna göre Şekil 5'teki grafikler elde edilmiştir.

**Şekil 5.** Hücrelerdeki basınç ülseri oluşma riski

Şekil 5'teki grafiklerde vücut sıcaklığı ile risk arasındaki ilişki incelenmiştir. Buna göre seçilen hücrelerde 32, 34, 36, 38 ve 40 derecelik vücut sıcaklıkları için grafikler çizilmiş ve hücrelerin

basınç ülseri riski hesaplanmıştır. Şekil 5a'daki 4. ve 5. hücreler hastanın baş kısmında yer alan hücrelerdir. Bu nedenle yırtılma riskleri yüksek olarak hesaplanmıştır. Ancak daha az basınç altında kalan ve ıslaklık ile sıcaklıktan daha az etkilenen 1. 2. ve 3. hücreler için risk daha az olarak hesaplanmıştır. Son olarak hasta için en yüksek basınç, sıcaklık ve nem değerlerine sahip olan ve Şekil 5c'de gösterilen bölgede yer alan hücrelerde riskin çok yüksek olduğu görülmüştür.

Ayrıca bu çalışmada önerilen ıslaklığın etkisinin detaylı olarak gösterilebilmesi için Şekil 6'da yer alan grafik çizilmiştir.



Şekil 6. Islaklığın yara oluşması üzerindeki etkisi

Bu grafik, bağıl nem (RH) %0, %25, %75 ve % 100 değerlerini alırken ıslaklık k=0 değerini [15] ve bağıl nem %100 iken çalışmamızda önerilen ıslaklık değerini (k=1) alması durumuna göre çizilmiştir. Sonuç olarak bağıl nem %100 olduğunda basınç ülseri oluşma riskinin ıslaklık oluştuğunda (k=1) ıslaklığın olmadığı (k=0) duruma göre arttığı açık olarak görülmektedir.

#### 4. SONUÇ VE TARTIŞMA (CONCLUSION AND DISCUSSION)

Basınç ülseri tüm dünyada yatan hastalar için ciddi bir sorun oluşturmaktadır. İleri boyutlara gelindiğinde tedavisi imkansız hale gelmektedir. Bu nedenle basınç ülserinin önlenmesi için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır.

Bu çalışmada yatak yaralarının önlenmesi veya oluşumunun geciktirilmesi için bir şilteye ait matematiksel model geliştirilmiştir. Basınç ülserinin oluşmasında etkili olan basınç, nem ve sıcaklık parametrelerinin yanı sıra ıslaklık parametresi de göz önünde bulundurulmuştur. Şiltedeki her hücre için rastgele basınç, nem, sıcaklık ve ıslaklık değerleri üretilmiştir. Üretilen değerler matematiksel modele girildiğinde şiltede yer alan her bir hücre için yatak yarası oluşma riski hesaplanmıştır.

Geliştirilen bu model sayesinde önemli bir sağlık problemi olan basınç ülserinin önlenmesinde ıslaklığında basınç, sıcaklık ve nem kadar önemli bir etkiye sahip olduğu gösterilmiştir. Çalışmamız gelecekte yapılacak basınç ülserini önleme çalışmalarına ışık tutmayı ve bu sayede hastaların basınç ülserlerine bağlı hastanede yatma sürelerini kısaltmayı hedeflemektedir.



## 5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. NPUAP, (2015). National Pressure Ulcer Advisory Panel”, <http://www.npuap.org/>
- [2]. Reenalda, J., (2009). *Dynamic Sitting To Prevent Pressure Ulcers In Spinal Cord Injured*, Doktora Tezi, University of Twente, Enschede, the Netherlands.
- [3]. Shahin E.S., Dassen T., Halfens R.J., (2008). Pressure ulcer prevalence and incidence in intensive care patients: a literature review. *Nurs Crit Care* 13: 71–9.
- [4]. Nixon J.E.,(2001). *Predicting and preventing pressure sores in surgical patients*, Doktora Tezi, University of Newcastle.
- [5]. Saha, S, Smith, M.E., Totten, A., Fu, R., Wasson, N., Rahman, B., et al. (2013)., Pressure Ulcer Treatment Strategies: Comparative Effectiveness. *Comparative effectiveness review no. 90. AHRQ publication no.13-EHC003-EF*. Rockville, MD: Agency for Healthcare Research and Quality.
- [6]. Matsushita H. (2011). Innovation in Health Services: Technology Transfer and Diffusion of Risk Assessment Tools for the Treatment of Pressure Ulcer, *Technology Management in the Energy Smart World (PICMET), 2011 Proceedings of PICMET '11*.
- [7]. Lowery M.T., (1995). A pressure sore risk calculator for intensive care patients: ‘the Sunderland experience’. *Intensive Crit Care Nurs* 11:344–353.
- [8]. Garcia-Fernandez, F. P., Agreda, J. S., Verdu, J., & Pancorbo-Hidalgo, P. L. (2014). A new theoretical model for the development of pressure ulcers and other dependence - Related lesions. *Journal of Nursing Scholarship*, 46, 28–38.
- [9]. Vista Medical Ltd., (2015). FSA Hospital Bed System”, <http://www.pressuremapping.com>
- [10]. Wellsense. (2015). The M.A.P. System”, <http://www.themapsystem.com/>
- [11]. Tekscan Inc., (2015). Pressure Mapping, Force Measurement, and Tactile Sensors”, <http://www.tekscan.com/medical.htm>
- [12]. Xsensor, (2015). Full Body Pressure Mapping System”, <http://www.xsensor.com/>
- [13]. Tactilus Mattress System, (2015). <http://www.sensorprod.com>
- [14]. Marchione, F. G., Araujo, L. M. Q., Araujo, L. V., (2015). Approaches that use Software to Support the Prevention of Pressure Ulcer: a Systematic Review, *International Journal of Medical Informatics* 84 725–736.
- [15]. Gefen, A. (2011). How do microclimate factors affect the risk for superficial pressure ulcers: a mathematical modeling study. *J. Tissue Viability* 20, 81–88.
- [16]. Moon, I., Kang, S.-J., Kim, G.-S., Mun, M.-S., (2005). Control of air-cell mattress for preventing pressure ulcer based on approximate anthropometric model, *9th International Conference on Rehabilitation Robotics, 2005. ICORR, 2005, IEEE, 2005*, pp. 164–167