

**TOBB EKONOMİ VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ**

Bilgisayar / Yapay Zekâ Mühendisliği

BİL 495 — YAP 495

Analysis Report

Analiz Raporu

Sistemin modeli: kullanıcı senaryoları, use-case, sınıf modeli, dinamik modeller, UI

Proje Adı	Giyilebilir Cihaz Verileriyle Kişiselleştirilmiş Sağlık Asistanı
Takım Üyeleri	Gülsüm Yıldırım Nurefşan Olfaz Remzi Mert Tehneldere Bektaş Batuhan Kestek
Danışman	-
Akademik Dönem	2026 Yaz
Teslim Tarihi	12.07.2026

İçindekiler

1. Giriş	3
2. Mevcut Sistem	3
3. Önerilen Sistem	4
3.1 Genel Bakış	4
3.2 Fonksiyonel Gereksinimler	5
3.3 Non-Fonksiyonel Gereksinimler	8
3.4 Pseudo Gereksinimler	9
4. Sistem Modelleri.....	10
4.1 Senaryolar	10
4.2 Kullanım Senaryosu Modeli	13
4.3 Nesne ve Sınıf Modeli	17
4.4 Dinamik Modeller	21
4.5 Kullanıcı Arayüzü — Gezinme ve Ekran Taslakları	27
5. Sözlük	29
6. Kaynaklar	31

Şekiller

Şekil 1. Use-case diyagramı	13
Şekil 2. Sınıf diyagramı — veri ve kullanıcı alanı	19
Şekil 3. Sınıf diyagramı — analiz ve yorumlama alanı	20
Şekil 4. Sıra diyagramı — günlük analiz akışı	22
Şekil 5. Sıra diyagramı — azaltılmış mod	23
Şekil 6. Etkinlik diyagramı — anomali tespiti	27
Şekil 7. Ekranlar arası gezinme akışı	27
Şekil 8–9. UI mock-up'ları (6 ekran).....	28–29

Tablolar

Tablo 1. Mevcut sistemlerin kavramsal eksikleri	4
Tablo 2. Fonksiyonel gereksinimler ve kabul kriterleri	8
Tablo 3. Non-fonksiyonel gereksinimler	9
Tablo 4. Pseudo gereksinimler	10
Tablo 5. Use-case açıklamaları	17
Tablo 6. Sözlük	31

1. Giriş

Bu rapor, “Giyilebilir Cihaz Verileriyle Kişiselleştirilmiş Sağlık Asistanı” projesinin analiz modelini tanımlar. Proje Önerisi problemi ve çözüm yaklaşımını, Spesifikasyon Raporu ise sistemin kapsamını, kısıtlarını ve ilk gereksinim listesini ortaya koymuştu. Bu rapor bir adım ileri giderek sorulan soruyu değiştirir: artık “sistem ne yapacak?” değil, “sistem hangi kavramlardan oluşur ve bu kavramlar birbiriyle nasıl etkileşir?” sorusu yanıtlanmaktadır.

Analiz aşaması bir tasarım aşaması değildir. Bu raporda hiçbir veritabanı şeması, sınıf kütüphanesi seçimi, dizin yapısı veya dağıtım kararı yer almaz; bunlar Yüksek Seviye Tasarım (HLD) Raporu’na bırakılmıştır. Buradaki sınıf modeli bir uygulama modeli değil, problem alanının (domain) kavramsal modelidir. Benzer biçimde dinamik modeller belirli bir çatının çağrı yığını değil, nesneler arasındaki sorumluluk akışını gösterir.

Raporun işlevi, geliştirici ekip ile kullanıcı arasındaki kontrattır. Kullanıcı senaryoları sistemin dışarıdan nasıl deneyimleneceğini; use-case modeli sistemin sunduğu hizmetlerin sınırını; sınıf modeli bu hizmetlerin dayandığı kavramları; dinamik modeller ise bu kavramların zaman içinde nasıl işbirliği yaptığını belgelemektedir. Kabul kriterleriyle numaralandırılmış gereksinimler, ilerleyen aşamalarda doğrulanabilir birer sına maddesi işlevi görür.

Raporun yapısı altı bölümden oluşmaktadır. Bölüm 2 mevcut sistemi (ticari ve akademik alternatifleri) özetler; Bölüm 3 önerilen sistemi genel bakış, fonksiyonel gereksinimler, ölçülebilir non-fonksiyonel gereksinimler ve pseudo (teknoloji/platform) gereksinimleri başlıkları altında tanımlar; Bölüm 4, raporun çekirdeği olan sistem modellerini içerir: senaryolar, use-case modeli, nesne ve sınıf modeli, dinamik modeller ve kullanıcı arayüzü akışı; Bölüm 5 sözlük, Bölüm 6 kaynaklardır.

2. Mevcut Sistem

Projenin yerini alacağı, ekibe ait mevcut bir yazılım sistemi bulunmamaktadır; sistem sıfırdan geliştirilecektir. Bununla birlikte kullanıcının bugün fiilen kullandığı bir “mevcut sistem” vardır: giyilebilir cihazın kendi üretici uygulaması (Apple Health, Samsung Health, Fitbit) ve bunlara eklenen üçüncü taraf sağlık koçluğu uygulamaları. Analiz açısından anlamlı olan, bu mevcut düzenin hangi kavramları modelleyemediğidir.

Mevcut düzende fizyolojik değerlendirme büyük ölçüde popülasyon ortalamalarından türetilmiş genel eşiklere dayanır. Oysa dinlenik nabız ve kalp atış hızı değişkenliği (HRV) gibi göstergeler bireyler arasında geniş bir aralıkta değişir; dakikada 48 atımlık bir dinlenik nabız antrenmanlı bir birey için olağanken bir başkası için dikkat çekici olabilir. Kişiselleştirilmiş yaklaşımların genel modellere kıyasla belirgin biçimde daha yüksek doğruluk sağladığı gösterilmiştir (Li vd., 2024; Nkurikiyeyezu vd., 2019). Dolayısıyla mevcut sistemlerin eksikliği bir arayüz eksikliği değil, bir kavram eksikliğidir: modelde “kişisel normal” diye bir nesne yoktur.

İkinci eksik, bağlam kavramıdır. HRV ve dinlenik nabız adet döngüsünün fazlarına göre sistematik biçimde dalgalanır; luteal fazda HRV’nin doğal olarak düştüğü bilinmektedir (Lin vd., 2026). Mevcut uygulamaların çoğu döngü bilgisini anomali değerlendirmesine dahil etmediğinden, kadın kullanıcılar için yapısal bir

yanlış-alarm kaynağı oluşur. Üçüncü eksik ise yorumlama katmanıdır: kullanıcıya sayısal göstergeler ve renk kodlu skorlar sunulur, ancak bunların ne anlama geldiği ve ne yapılması gerektiği söylenmez.

Aşağıdaki tablo, Proje Önerisi'nde ayrıntılandırılan karşılaştırmayı analiz perspektifinden özetler: her satır, bu raporun sınıf modelinde karşılığı olması gereken bir kavramın mevcut sistemlerde bulunup bulunmadığını gösterir.

Sistem	Kişisel baseline	Denetimsiz anomali	LLM açıklama	iOS + Android	Döngü bağlamı	Şeffaf algoritma
Apple Health / Samsung Health	kısmi	X	X	X	X	X
Bevel Health (2025)	✓	X	✓	X (yalnızca iOS)	X	X
Welltory (2025)	✓	X	✓	✓	X	X
Garmin / Firstbeat (2016)	✓	X	X (statik şablon)	✓	X	X
WHOOP (2025)	✓	X	✓ (reaktif)	✓	X	X
Mishra vd. (2020) — akademik	✓	✓	X	—	X	✓
Bu proje (önerilen sistem)	✓	✓	✓ (proaktif)	✓	✓	✓

Tablo 1. Mevcut sistemlerin kavramsal eksikleri (Proje Önerisi, Tablo 1'den uyarlanmıştır).

Sonuç olarak önerilen sistem, mevcut sistemlerin yerini almak yerine onların ürettiği veriyi (HealthKit / Health Connect üzerinden) okuyarak üzerine bir yorumlama katmanı ekler. Bu, sistemin sınırlarını da belirler: veri üretimi mevcut sistemlerin, veri anlamlandırması ise önerilen sistemin sorumluluğundadır.

3. Önerilen Sistem

3.1 Genel Bakış

Önerilen sistem, kullanıcının halihazırda sahip olduğu giyilebilir cihazdan toplanan fizyolojik verileri, kişiye özel bir temel çizgi üzerinden yorumlayan bir mobil sağlık farkındalık asistanıdır. Sistemin ayırt edici kavramı, popülasyon eşiği yerine kullanıcının kendi geçmişinden öğrenilen kişisel normaldir. Sistem bir tıbbi teşhis aracı değil, klinik ortam gerektirmeyen bir karar-destek ve farkındalık asistanıdır.

Sistem, birbirinden kesin biçimde ayrılmış iki çalışma hattı üzerine kuruludur. Çevrimdışı eğitim hattı yalnızca halka açık veri setlerini kullanır ve bir kez çalıştırılır. Çalışma zamanı hattı ise eğitilmiş modelleri kullanarak gerçek kullanıcının cihazından gelen veriyi işler. Bu ayırım sistemin temel gizlilik garantisidir: kullanıcının kişisel verisi model eğitiminde asla kullanılmaz, yalnızca çıkarım anında kişiselleştirme amacıyla işlenir.

Çalışma zamanında sistem beş sorumluluğu yerine getirir. Önce izin verilen çekirdek sinyalleri okuyup günlük bir kayda dönüştürür ve kişisel baseline'ı günceller. Ardından dört analitik bileşen paralel çalışır:

XGBoost (Chen ve Guestrin, 2016) tabanlı stres sınıflandırma, kişisel baseline'dan çok-günlük sapmaları arayan istatistiksel anomali tespiti, Random Forest (Breiman, 2001) tabanlı aktivite tanıma ve kural-tabanlı uyku skoru. Kullanıcı açıkça onay veriyse regl döngüsü fazı, anomali bileşenine bağlam sağlayan opsiyonel bir sinyal olarak devreye girer. Son olarak bir LLM yorumlama katmanı, bu bileşenlerin sayısal çıktılarını tek bir sade paragrafa çevirir; sonuçlar grafiklerle görselleştirilir ve her çıktı bir sorumluluk reddiyle sunulur.

Sistemin sınırları da bu genel bakış kadar önemlidir. Sistem hiçbir zaman belirli bir hastalığı isimlendirmez; yalnızca “vücudunuz olağandışı bir yük altında olabilir” anlamına gelen bir olabilirlik sinyali üretir. Uyarı tek bir anormal okuma üzerine değil, birkaç gün süren kalıcı sapma üzerine verilir; bu kural egzersiz ve akut stres gibi kısa süreli olayları doğal olarak filtreler.

Analiz açısından üç ayırt edici kavram

PersonalBaseline — kullanıcının kendi geçmişinden öğrenilen, 28 günlük kayan pencereye dayalı ve güven değeri taşıyan “normal” nesnesi.

MenstrualCycleContext — anomali değerlendirmesini düzelten, yalnızca açık onayla erişilen ve LLM'e yalnızca sayısal faz kodu (0–3) olarak aktarılan bağlam nesnesi.

AnonymizedPayload — DailyInsight ile LLM arasındaki tek geçiş noktası; ham sinyalin sistemden çıkmasını yapısal olarak engelleyen sınır nesnesi.

3.2 Fonksiyonel Gereksinimler

Fonksiyonel gereksinimler FR1–FR11 olarak numaralandırılmıştır. Her gereksinim bir tanım ve doğrulanabilir kabul kriterleriyle birlikte verilmiştir. Kabul kriterleri, ilerleyen aşamalarda birim ve senaryo testlerine doğrudan çevrilebilecek biçimde yazılmıştır. Spesifikasyon Raporu'ndaki liste bu bölümde kabul kriterleriyle genişletilmiştir.

FR1	Veri erişimi ve izin yönetimi
	Sistem, kullanıcının açık ve veri türü bazında ayrı izniyle HealthKit (iOS) veya Health Connect (Android) üzerinden çekirdek fizyolojik sinyalleri (kalp atış hızı, dinlenik nabız, HRV, uyku, adım, mesafe, aktif kalori) okuyabilmelidir. Kabul kriterleri: - Kullanıcı yalnızca kalp atış hızı iznini verdiğinde sistem yalnızca bu sinyali okur; diğer sinyaller için okuma çağrısı yapılmaz. - İzin verilmemiş bir sinyal için okuma denendiğinde sistem hata fırlatmadan boş küme döndürür ve olayı loglar. - İzin ekranında her sinyal için bağımsız bir açma/kapama denetimi bulunur.
FR2	Kişisel temel çizgi (baseline)
	Sistem, her kullanıcı için 28 günlük kayan pencereye dayalı kişisel bir temel çizgi oluşturmalı ve her yeni günlük kayıtlarla güncellemelidir. Kabul kriterleri:

	- En az 14 günlük veri biriktiğinde baseline “hazır” olarak işaretlenir ve anomali değerlendirmesi devreye girer. 14 günden az veride sistem yalnızca tanımlayıcı özet gösterir; baseline güven değeri (0–1) kullanıcıya sayısal olarak bildirilir. 29. günün verisi eklendiğinde 1. günün verisi pencereden çıkar (kayan pencere davranışı birim testle doğrulanır).
--	---

FR3	Stres sınıflandırma
	Sistem, fizyolojik özniteliklerden (ortalama HR, RMSSD, SDNN) XGBoost tabanlı denetimli bir model ile anlık stres durumunu ikili olarak (stres / stres değil) sınıflandırmalıdır. Kabul kriterleri: - Model WESAD veri seti üzerinde kişi-bazlı bölme ile $\geq 80\%$ doğruluk ve $\geq 0,80$ makro-F1 üretir. - Sınıflandırma çıktısı bir etiket ve $[0,1]$ aralığında bir olasılık içerir. - Gerekli öznitelikler eksikse model çağrılmaz ve stres kartı arayüzde gizlenir.

FR4	Anomali ve hastalık-olabilirlik tespiti
	Sistem, kullanıcının kişisel baseline’ından çok-günlük sapmaları istatistiksel yöntemlerle (z-skor; ileri aşamada RHR-Diff ve HROS-AD) tespit edip olağandışı fizyolojik yükü erken uyarı olarak işaretlemeli, ancak hiçbir koşulda belirli bir hastalık adı vermemelidir. Kabul kriterleri: - Uyarı yalnızca $z \geq 2$ koşulu ardışık en az 3 gün sürdüğünde üretilir; tek günlük sapma uyarı doğurmaz. - Üretilen uyarı metni, sabit bir yasaklı terim listesindeki hiçbir hastalık adını (grip, COVID-19, enfeksiyon vb.) içermez; bu, otomatik bir dize denetimiyle sınanır. - Sağlıklı günlerde yanlış pozitif oranı LifeSnaps doğrulamasında $\leq 10\%$ ölçülür.

FR5	Aktivite tanıma
	Sistem, Random Forest tabanlı bir model ile aktivite türünü ve yoğunluğunu (yatma, oturma, yürüme, koşma) sınıflandırmalı ve bu bağlamı anomali değerlendirmesine katmalıdır. Kabul kriterleri: - Kişi-bazlı bölme ile $\geq 80\%$ doğruluk sağlanır. - Yüksek nabız yoğun aktiviteyle eşzamanlı gözlemlendiğinde anomali bayrağı kaldırılmaz; bu davranış en az bir senaryo testiyle doğrulanır. - Aktivite çıktısı, tür ve yoğunluk olmak üzere iki alan içerir.

FR6	Uyku skoru
	Sistem, uyku verimliliği, toplam uyku süresi, gece uyanma sayısı ve (cihaz destekliyorsa) uyku

	evre oranlarından kural-tabanlı ve açık formüllü bir 0–100 uyku skoru hesaplamalıdır. Kabul kriterleri: • Aynı girdi için skor her zaman aynı değeri üretir (deterministiktir). • Skorun bileşen ağırlıkları arayüzde veya dokümantasyonda görüntülenebilir. • Uyku evre verisi yoksa skor kalan üç metrikten hesaplanır ve “kısmi” olarak işaretlenir.
FR7	Regl döngüsü bağlamı (opsiyonel) Sistem, kullanıcı açıkça izin veriyse regl döngüsü faz bilgisini bağlamsal bir sinyal olarak değerlendirerek anomali bileşeninin yanlış alarmlarını azaltmalıdır. Kabul kriterleri: • İzin verilmediğinde üreme sağlığı verisine hiçbir okuma çağrısı yapılmaz. • Luteal fazda beklenen HRV düşüşü, sapma hesabından önce baseline’den düşülür. • Bu bağlam etkinen kadın kullanıcılarda yanlış alarm oranının, bağlam kapalıyken ölçülen orandan düşük olduğu gösterilir.
FR8	LLM yorumlama Sistem, tüm analitik bileşenlerin sayısal çıktılarını bir büyük dil modeli aracılığıyla tek bir sade, teşhis içermeyen paragrafa dönüştürmelidir. Kabul kriterleri: • LLM API’sine gönderilen yükte hiçbir ham fizyolojik zaman serisi bulunmaz; yalnızca sayısal özet alanlar iletilir. • Üretilen paragraf, sorumluluk reddi metniyle birlikte gösterilir. • Örnek çıktıların $\geq 90\%$’ı ekip değerlendirmesinde “teşhis içermeyen, normalleştirici” olarak işaretlenir.
FR9	Görselleştirme Sistem, fizyolojik verileri ve analiz sonuçlarını grafiklerle görselleştirmeli; kişisel ortalamayı ve $\pm 2\sigma$ bandını trend grafiği üzerinde göstermelidir. Kabul kriterleri: • Trend grafiğinde son 30 günlük seri, kişisel ortalama çizgisi ve $\pm 2\sigma$ bandı birlikte çizilir. • Anomali olarak işaretlenen günler grafikte ayırt edici biçimde vurgulanır. • Grafik, eksik günlerde kesintiye uğrar; eksik veri sıfır olarak çizilmez.
FR10	İzin geri çekilmesi ve azaltılmış mod Sistem, kullanıcının her veri türü için izni ayrı ayrı vermesine ve dilediği an geri çekmesine olanak tanımalı; eksik veriyle azaltılmış (degraded) modda çalışmaya devam edebilmelidir. Kabul kriterleri: • Bir izin geri çekildiğinde ilgili sinyal baseline hesabından çıkarılır ve uygulama çökmez.

	• Azaltılmış modda kullanıcıya hangi analizlerin devre dışı kaldığı açıkça bildirilir. • Geri çekilen izne ait daha önce okunmuş yerel veriler kullanıcı talebiyle silinebilir.
--	--

FR11	Sorumluluk reddi ve uzmana yönlendirme
	Sistem, her analitik çıktının yanında, gerektiğinde kullanıcıyı bir sağlık uzmanına yönlendiren bir sorumluluk reddi (disclaimer) göstermelidir. Kabul kriterleri: • Sorumluluk reddi metni, özet ve uyarı ekranlarının her ikisinde de görünür. • Anomali uyarısı içeren her çıktı, uzmana danışma önerisi içerir. • Sorumluluk reddi kullanıcı tarafından kalıcı olarak kapatılamaz.

Tablo 2. Fonksiyonel gereksinimler ve kabul kriterleri (FR1–FR11).

3.3 Non-Fonksiyonel Gereksinimler

Non-fonksiyonel gereksinimler ölçülebilir hedeflerle ifade edilmiştir; her biri bir sayı, oran veya süre içerir. “Performans iyi olmalıdır” türü niteliksel ifadelerden kaçınılmıştır. Hedef değerler ilgili literatürdeki benzer çalışmaların raporladığı performans aralıkları esas alınarak belirlenmiş olup ilk deney sonuçları doğrultusunda revize edilebilir.

ID	Kategori	Gereksinim	Ölçülebilir hedef
NFR1	Performans	Veri çekiminden sonucun ekranda gösterilmesine kadar uçtan uca gecikme, LLM çağrısı dâhil ≤ 5 saniye olmalıdır (referans cihazda, 50 ölçümün medyanı).	≤ 5 sn
NFR2	Doğruluk	Stres ve aktivite sınıflandırma modelleri, kişi-bazlı bölme ile $\geq \%80$ doğruluk ve $\geq 0,80$ makro-F1 sağlamalıdır.	$\geq \%80$
NFR3	Güvenilirlik	Anomali tespiti, LifeSnaps üzerinde sağlıklı günlerde $\leq \%10$ yanlış pozitif oranıyla çalışmalı; hastalık bildirilen günlerde $\geq \%60$ örtüşme sağlamalıdır.	$\leq \%10 / \geq \%60$
NFR4	Güvenlik ve mahremiyet	Ham fizyolojik veri hiçbir zaman üçüncü taraf LLM API’sine gönderilmemeli; API’ye yalnızca tek başına kimliklendirmeye yetmeyen anonim sayısal çıktılar iletilmelidir. Kişisel veri yerel cihazda tutulur ve model eğitiminde kullanılmaz.	0 ham sinyal
NFR5	Kullanılabilirlik	LLM çıktılarının $\geq \%90$ ’ı teşhis içermeyen, normalleştirici ve anlaşılır bir dilde olmalı; her çıktı sorumluluk reddi ile birlikte sunulmalıdır.	$\geq \%90$
NFR6	Taşınabilirlik	Çekirdek analitik bileşenler, HealthKit ve Health Connect veri modelleriyle uyumlu ve cihaz-bağımsız çalışmalı; platforma özgü kod yalnızca veri erişim katmanında bulunmalıdır.	2 platform

ID	Kategori	Gereksinim	Ölçülebilir hedef
NFR7	Sağlamlık (dayanıklılık)	Sistem, herhangi bir bağlamsal sinyal (SpO ₂ , regl fazı, HRV) eksik olduğunda çökmeden, azaltılmış modda çalışmaya devam etmelidir.	0 çökme
NFR8	Şeffaflık ve açıklanabilirlik	Anomali uyarısı üretildiğinde, uyarıyı tetikleyen metrikler ve z-skorları kullanıcıya gösterilmelidir; uyku skoru formülü açık biçimde belgelenmelidir.	≥ 1 gerekçe/uyarı
NFR9	Bakım yapılabilirlik	Dört analitik bileşen ortak bir arayüz (AnalysisComponent) üzerinden çağrılmalı; bir bileşenin değişmesi diğerlerinin kodunu etkilememelidir.	4/4 bileşen

Tablo 3. Non-fonksiyonel gereksinimler (NFR1–NFR9), ölçülebilir hedeflerle.

NFR4 diğerlerinden farklı bir statüye sahiptir: KVKK ve GDPR kapsamındaki özel nitelikli kişisel veri yükümlülükleri nedeniyle bu gereksinim bir performans hedefi değil, ihlal edilemez bir sınırdır. Sınıf modelinde bu sınır AnonymizedPayload nesnesiyle yapısal olarak zorlanır; LLMInterpreter yalnızca bu tipi kabul eder ve DailyRecord ile HealthSample tiplerine hiçbir erişimi yoktur.

3.4 Pseudo Gereksinimler

Pseudo gereksinimler, problem alanından değil proje bağlamından (teknoloji, platform, hukuk, bütçe) doğan ve çözüm uzayını daraltan kısıtlardır. Bunlar sistemin ne yapacağını değil, hangi sınırlar içinde yapılacağını belirler.

ID	Pseudo gereksinim (teknoloji / platform / hukuk kısıtı)
PR1	Sistem, MVP kapsamında tek bir mobil platformda (iOS veya Android) çalışacaktır; çoklu platform desteği kapsam dışıdır.
PR2	Veri erişimi yalnızca HealthKit (iOS) ve Health Connect (Android) API'leri üzerinden yapılacaktır; doğrudan cihaz SDK'sı veya özel donanım kullanılmayacaktır.
PR3	Modeller yalnızca bir kez, halka açık veri setleri (WESAD, LifeSnaps, Fuller vd. aktivite veri seti) üzerinde çevrimdışı eğitilecek; kullanıcı verisiyle yeniden eğitim yapılmayacaktır.
PR4	Ekip ek bütçe olmaksızın çalıştığından yalnızca açık erişimli veri setleri ve ücretsiz/öğrenci katmanı geliştirme araçları kullanılacaktır.
PR5	Denetimli bileşenler XGBoost (stres) ve Random Forest (aktivite) ile gerçekleştirilecek; ham sinyal üzerinde LSTM/autoencoder gibi derin öğrenme yöntemleri MVP kapsamı dışındadır.
PR6	LLM yorumlama katmanı hazır bir dil modeli API'si ile gerçekleştirilecek; model ince ayarı yapılmayacak, yalnızca yapılandırılmış istem (prompt) tasarımı kullanılacaktır.
PR7	Sistem, KVKK (6698) ve GDPR kapsamındaki özel nitelikli kişisel veri yükümlülüklerine tabidir; her veri türü için ayrı ve açık rıza alınması zorunludur.
PR8	EDA (elektrodermal aktivite), ham ECG/EMG, kan basıncı ve kan şekeri gibi sinyaller, tüketici cihazlarından HealthKit/Health Connect aracılığıyla elde edilemediği için kapsam dışıdır.
PR9	HealthKit'te HRV çoğunlukla yalnızca "Breathe/Mindfulness" egzersizleri sırasında

ID	Pseudo gereksinim (teknoloji / platform / hukuk kısıtı)
	ölçüldüğünden, sistem HRV'ye tek başına bağımlı olmayacak biçimde tasarlanmalıdır.

Tablo 4. Pseudo gereksinimler (PR1–PR9).

4. Sistem Modelleri

Bu bölüm raporun çekirdeğidir. Önce sistemin dışarıdan nasıl deneyimlendiği somut senaryolarla anlatılır; ardından bu senaryolardan damıtılan use-case modeli, kavramsal sınıf modeli ve dinamik modeller sunulur. Son olarak kullanıcı arayüzü akışı ve ekran taslakları verilir.

4.1 Senaryolar

Aşağıda üç mutlu yol ve iki hata yolu senaryosu verilmiştir. Senaryolar, sistemin somut kullanıcılarla somut bir günde nasıl davrandığını anlatan örneklerdir; genelleştirilmiş biçimleri 4.2'deki use-case'lerdir. Her senaryo, karşıladığı gereksinimlerle ilişkilendirilmiştir.

S1 — Sıradan bir günün özeti

Senaryo türü	Mutlu yol
Aktör	Elif, 29, yazılım geliştirici, Apple Watch kullanıcısı
Ön koşul	Elif uygulamayı 6 haftadır kullanıyor; baseline hazır (güven 0,94). Tüm çekirdek sinyaller için izin verilmiş, regl bağlamı kapalı.
Olay akışı	1. Elif sabah uygulamayı açar. 2. Sistem, HealthKit'ten son 24 saatin çekirdek sinyallerini okur ve bir günlük kayıt oluşturur. 3. Kişisel baseline, yeni günlük kayıtla güncellenir; 28 günlük pencere kayar. 4. Dört analitik bileşen paralel çalışır: stres “düşük” olarak sınıflandırılır; hiçbir metrikte $z \geq 2$ sapma yoktur; aktivite “yürüme” olarak tanınır; uyku skoru 74/100 hesaplanır. 5. Sistem, bu dört sayısal çıktıyı anonim bir yüke dönüştürüp LLM'e gönderir. 6. LLM tek bir sade paragraf üretir: dinlenme nabzının kişisel ortalama içinde olduğunu, uyku verimliliğinin bu hafta biraz düşük seyrettiğini belirtir ve erken yatmayı önerir. 7. Uygulama; paragrafı, dört metrik kartını, trend grafiklerini ve sorumluluk reddini gösterir.
Son koşul	Elif günlük özetini görmüştür; hiçbir uyarı üretilmemiştir. Veri çekiminden ekranda gösterime kadar geçen süre 3,1 saniyedir (NFR1 sağlanır).
İlgili gereksinimler	FR1, FR2, FR3, FR5, FR6, FR8, FR9, FR11 · NFR1, NFR4, NFR5

S2 — Belirti öncesi anomali uyarısı

Senaryo türü	Mutlu yol
Aktör	Can, 34, öğretmen, Samsung Galaxy Watch kullanıcısı

Ön koşul	Can'ın baseline'ı hazır. Son beş gündür dinlenik nabız yükselmekte, HRV'si düşmektedir. Can kendini henüz hasta hissetmemektedir.
Olay akışı	1. Zamanlayıcı, günlük senkronizasyonu tetikler. 2. Sistem, Health Connect'ten çekirdek sinyalleri okur ve baseline'ı günceller. 3. Anomali bileşeni, dinlenik nabız için $z = +2,8$ ve HRV için $z = -2,1$ hesaplar; sapma ardışık 5 gündür sürmektedir. 4. Aktivite bileşeni devreye girer: son beş günde yoğun egzersiz kaydı yoktur, dolayısıyla yüksek nabız aktiviteyle açıklanamaz. 5. Regl bağlamı kapalı olduğundan (Can erkek kullanıcı) düzeltme uygulanmaz. 6. Sistem anomali bayrağını kaldırır ve bir uyarı nesnesi üretir. 7. LLM, uyarıyı normalleştirici bir dile çevirir: dinlenme nabzının birkaç gündür kişisel ortalamanın üzerinde olduğunu, bunun vücudun bir şeyle uğraştığının işareti olabileceğini söyler ve belirtiler sürerse uzmana danışmayı önerir. 8. Uyarı detay ekranında, uyarıyı tetikleyen metrikler ve z-skorumları listelenir (NFR8).
Son koşul	Can bir erken uyarı almıştır. Sistem hiçbir hastalık adı vermemiştir; üretilen metin yasaklı terim denetiminden geçmiştir.
İlgili gereksinimler	FR2, FR4, FR5, FR8, FR11 · NFR3, NFR5, NFR8

S3 — Regl döngüsü bağlamı yanlış alarmı önler

Senaryo türü	Mutlu yol
Aktör	Zeynep, 26, doktora öğrencisi, Apple Watch kullanıcısı
Ön koşul	Zeynep, regl döngüsü verisine erişim için açık onay vermiştir. Döngüsünün 21. gününde, yani luteal fazdadır. HRV'si son üç gündür düşüktür.
Olay akışı	1. Sistem günlük kaydı oluşturur ve baseline'ı günceller. 2. Anomali bileşeni ham z-skoru hesaplar: HRV için $z = -2,3$; eşik aşılmıştır ve sapma üç gündür sürmektedir. 3. Sistem, döngü bağlamının etkin olduğunu görür ve HealthKit'ten faz bilgisini okur: luteal (faz kodu 3). 4. Luteal fazda beklenen HRV kayması (-8 ms) baseline'dan düşülür; düzeltilmiş sapma $z = -0,9$ olarak yeniden hesaplanır. 5. Eşik artık aşılmadığından anomali bayrağı kaldırılmaz. 6. LLM'e yalnızca sayısal faz kodu (3) iletilir; ham üreme sağlığı verisi cihazdan çıkmaz. 7. Uygulama, HRV düşüşünün döngünün bu fazında beklenen bir değişim olduğunu normalleştirici bir dille açıklar.
Son koşul	Yanlış alarm önlenmiştir. Zeynep, fizyolojik dalgalanmanın nedenini öğrenmiştir. Gizlilik sınırı (NFR4) korunmuştur.
İlgili	FR4, FR7, FR8 · NFR3, NFR4, NFR5

gereksinimler	
---------------	--

S4 — İznin geri çekilmesi ve azaltılmış mod

Senaryo türü	Hata yolu
Aktör	Elif (S1'deki kullanıcı)
Ön koşul	Elif, HRV verisinin paylaşılmasından rahatsız olur ve bu izni geri çekmeye karar verir. Diğer çekirdek sinyaller açıktır.
Olay akışı	1. Elif, Ayarlar ekranından HRV iznini kapatır. 2. Sistem, izin kümesini günceller ve HRV'yi etkin sinyaller listesinden çıkarır. 3. Bir sonraki senkronizasyonda sistem HRV için okuma çağrısı yapmaz. 4. Baseline, HRV metriğini hesaptan çıkararak yeniden kurulur; güven değeri 0,94'ten 0,61'e düşer. 5. Anomali bileşeni, kalan metrikler (dinlenik nabız, uyku, adım) üzerinden çalışmaya devam eder. 6. Stres sınıflandırıcı, zorunlu HRV özniteliklerini (RMSSD, SDNN) bulamadığından çağrılmaz; çıkarım atlanır. 7. Sistem, azaltılmış modda çalıştığını bildiren bir banner gösterir; stres kartı arayüzden gizlenir; hangi analizlerin devre dışı kaldığı açıkça listelenir.
Son koşul	Uygulama çökmemiştir (NFR7). Elif, kısmi bir özet görmeye devam eder ve hangi yeteneği kaybettiğini bilir. İzni geri açtığına baseline yeniden kurulur.
İlgili gereksinimler	FR1, FR2, FR10 · NFR7, NFR8

S5 — LLM servisi erişilemez

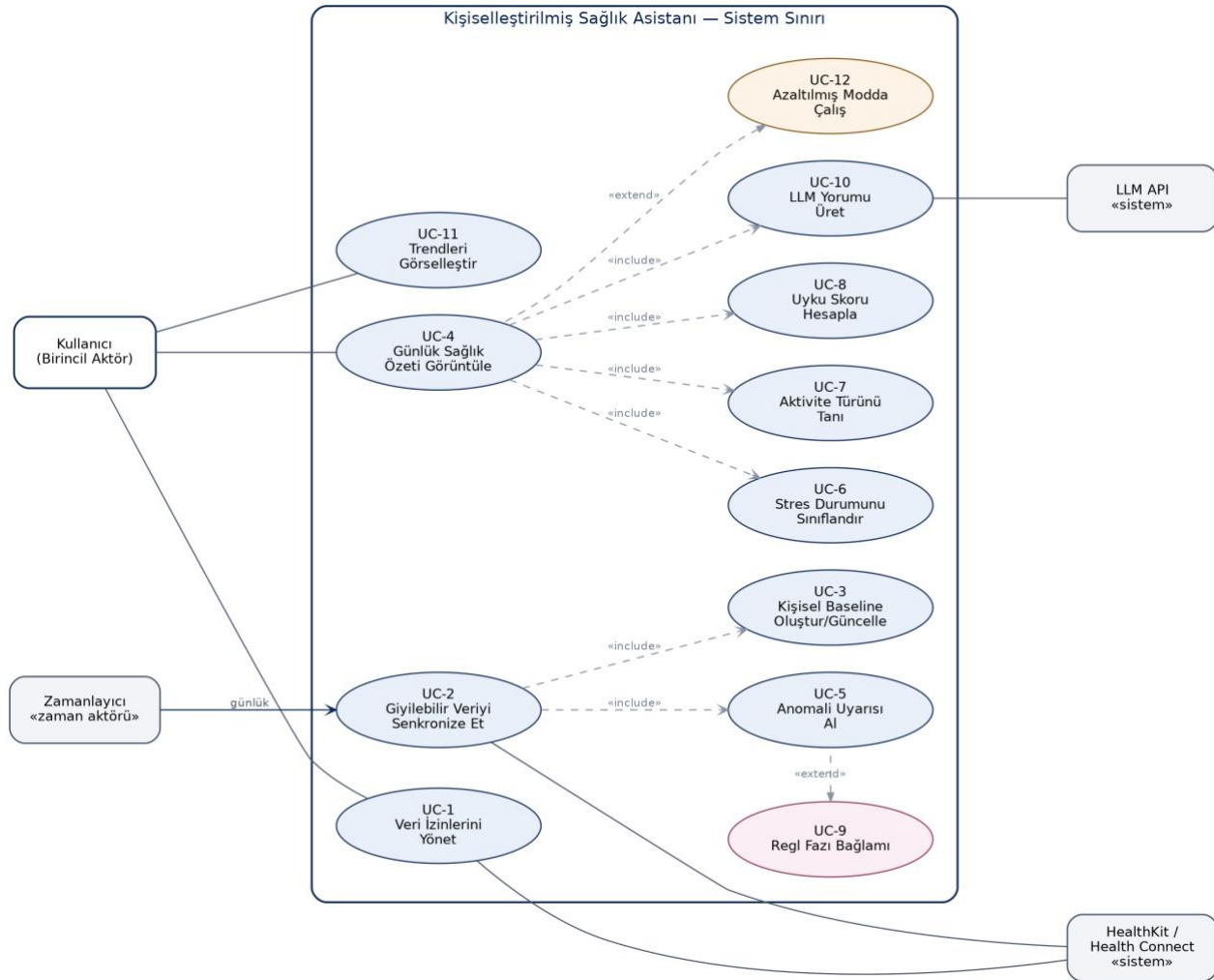
Senaryo türü	Hata yolu
Aktör	Can (S2'deki kullanıcı)
Ön koşul	Sistem analitik bileşenleri başarıyla çalıştırmış, bir anomali bayrağı üretmiştir. Ancak LLM API'si zaman aşımına uğrar.
Olay akışı	1. Sistem, anonim yükü LLM API'sine gönderir. 2. API 5 saniyelik zaman aşımı sınırı içinde yanıt vermez. 3. Sistem bir yeniden deneme yapar; bu da başarısız olur. 4. Yorumlama katmanı devre dışı bırakılır; hiçbir ham veri yeniden gönderilmez. 5. Sistem, önceden tanımlanmış kural-tabanlı bir yedek metne düşer: uyarının hangi metriklerden kaynaklandığını sayısal olarak listeler ve standart sorumluluk reddi ile uzmana yönlendirme metnini gösterir. 6. Kullanıcıya, sade dil açıklamasının bu sefer üretilmediği bildirilir.
Son koşul	Uyarı kaybolmamıştır; yalnızca sunum biçimi sadeleşmiştir. Sistem, LLM erişilemezken dahi güvenli (teşhis içermeyen) çıktı üretmiştir. Uçtan uca akış tamamlanmıştır.

İlgili gereksinimler

FR4, FR8, FR11 · NFR1, NFR5, NFR7

4.2 Kullanım Senaryosu Modeli

Use-case modeli, sistemin dış aktörlere sunduğu hizmetleri ve sistem sınırını belirler. Birincil aktör kullanıcıdır. Zamanlayıcı, günlük senkronizasyonu tetikleyen bir zaman aktörü; HealthKit/Health Connect ve LLM API ise sistemin bağımlı olduğu sistem aktörleridir. Sistem sınırı içinde on iki use-case yer alır; bunlardan UC-3, UC-6, UC-7, UC-8, UC-10 ve UC-12 doğrudan kullanıcı tarafından başlatılmayan, diğer use-case'lere «include» ile bağlanan iç use-case'lerdir.



Şekil 1. Use-case diyagramı — aktörler, sistem sınırı, «include» ve «extend» ilişkileri.

Diyagramdaki iki ilişki türü ayırt edilmelidir. «include», temel akışın her zaman içerdiği zorunlu bir alt davranışı gösterir: örneğin UC-4 her çalıştığında UC-6, UC-7, UC-8 ve UC-10 da çalışır. «extend» ise yalnızca belirli bir koşulda devreye giren isteğe bağlı davranışı gösterir: UC-9 (regl bağlamı) yalnızca kullanıcı onay verdiğinde UC-5'i genişletir; UC-12 (azaltılmış mod) yalnızca çekirdek sinyal eksikse UC-4'ü genişletir.

Aşağıda on iki use-case'in tamamı; aktörleri, ön ve son koşulları, temel ve alternatif akışlarıyla birlikte açıklanmıştır. Her use-case, karşıladığı fonksiyonel ve non-fonksiyonel gereksinimlere izlenebilirlik satırıyla bağlanmıştır.

UC-1	Veri İzinlerini Yönet
Aktörler	Kullanıcı (birincil), HealthKit / Health Connect (sistem aktörü)
Ön koşul	Uygulama kurulmuş ve ilk kez açılmıştır.
Temel akış	1. Kullanıcı izin ekranını açar. 2. Sistem, her sinyal türünü kategorisiyle (çekirdek / bağlamsal / hassas) listeler. 3. Kullanıcı, istediği sinyaller için izni tek tek açar. 4. Sistem, platform izin diyalogunu çağırır ve sonucu izin kümesine yazar. 5. Sistem, verilen izinlere göre etkin sinyal listesini günceller.
Alternatif akış	4a. Kullanıcı platform diyalogunu reddederse: sistem ilgili sinyali kapalı işaretler ve azaltılmış modu tetikler (bkz. UC-12).
Son koşul	İzin kümesi kalıcılaştırılmıştır; sistem yalnızca izin verilen sinyalleri okuyabilir.
İzlenebilirlik	FR1, FR10

UC-2	Giyilebilir Veriyi Senkronize Et
Aktörler	Zamanlayıcı (zaman aktörü), HealthKit / Health Connect
Ön koşul	En az bir çekirdek sinyal için izin verilmiştir.
Temel akış	1. Zamanlayıcı günlük senkronizasyonu tetikler. 2. Sistem, izin verilen çekirdek sinyalleri son 24 saat için okur. 3. Okunan örnekler geçerlilik denetiminden geçirilir. 4. Geçerli örneklerden bir günlük kayıt (DailyRecord) oluşturulur. 5. «include» UC-3: kişisel baseline güncellenir.
Alternatif akış	2a. Çekirdek sinyaller yetersizse: sistem azaltılmış moda geçer (UC-12) ve akış sonlanır.
Son koşul	O güne ait bir günlük kayıt oluşturulmuş ve baseline güncellenmiştir.
İzlenebilirlik	FR1, FR2, FR10 · NFR7

UC-3	Kişisel Baseline Oluştur / Güncelle
Aktörler	Sistem (iç use-case)
Ön koşul	En az bir günlük kayıt mevcuttur.
Temel akış	1. Sistem, son 28 günün kayıtlarını kayan pencere olarak toplar. 2. Her metrik için ortalama ve standart sapma hesaplanır. 3. Pencere içindeki gün sayısına göre bir güven değeri (0–1) türetilir. 4. Gün sayısı ≥ 14 ise baseline “hazır” olarak işaretlenir.
Alternatif akış	4a. Gün sayısı < 14 ise baseline hazır sayılmaz; anomali değerlendirmesi devre dışı

	kalır ve kullanıcıya güven değeri bildirilir.
Son koşul	Güncel bir kişisel baseline ve güven değeri mevcuttur.
İzlenebilirlik	FR2 · NFR8

UC-4	Günlük Sağlık Özeti Görüntüle
Aktörler	Kullanıcı (birincil)
Ön koşul	O güne ait bir günlük kayıt ve hazır bir baseline mevcuttur.
Temel akış	1. Kullanıcı ana ekranı açar. 2. «include» UC-6, UC-7, UC-8: dört analitik bileşen paralel çalıştırılır. 3. Sistem, sonuçları bir günlük içgörü (DailyInsight) nesnesinde toplar. 4. «include» UC-10: sayısal çıktılar LLM ile sade dile çevrilir. 5. Sistem; paragrafı, metrik kartlarını, grafikleri ve sorumluluk reddini gösterir.
Alternatif akış	2a. Bir bileşenin girdisi eksikse ilgili kart gizlenir ve «extend» UC-12 devreye girer.
Son koşul	Kullanıcı günlük özetini ve sade dilde yorumu görmüştür.
İzlenebilirlik	FR3, FR5, FR6, FR8, FR9, FR11 · NFR1, NFR5

UC-5	Anomali Uyarısı Al
Aktörler	Kullanıcı (bildirimi alan), Sistem (tetikleyen)
Ön koşul	Baseline hazırdır ve en az 3 günlük geçmiş sapma verisi vardır.
Temel akış	1. Sistem, her metrik için baseline'a göre z-skoru hesaplar. 2. «extend» UC-9: regl bağlamı etkinse beklenen faz kayması düşülür. 3. $z \geq 2$ koşulu ardışık ≥ 3 gün sürüyorsa aday sapma işaretlenir. 4. Sistem, aktivite bağlamıyla sapmanın egzersizle açıklanıp açıklanmadığını denetler. 5. Açıklanamıyorsa anomali bayrağı kaldırılır ve bir uyarı üretilir. 6. Uyarı, LLM ile normalleştirici bir dile çevrilerek kullanıcıya bildirilir.
Alternatif akış	4a. Sapma egzersizle açıklanıyorsa uyarı üretilmez; yalnızca günlük özet gösterilir.
Son koşul	Kullanıcı, hiçbir hastalık adı içermeyen bir erken uyarı ve gerekçe listesi almıştır.
İzlenebilirlik	FR4, FR5, FR8, FR11 · NFR3, NFR8

UC-6	Stres Durumunu Sınıflandır
Aktörler	Sistem (iç use-case)
Ön koşul	Günlük kayıt, HRV türevli öznitelikleri (RMSSD, SDNN) içermektedir.
Temel akış	1. Sistem, kısa zaman pencerelerinden öznitelik vektörünü çıkarır. 2. XGBoost modeli çağrılır. 3. Model, ikili bir etiket ve bir olasılık değeri döndürür.
Alternatif akış	1a. HRV öznitelikleri eksikse model çağrılmaz; sonuç boş döner ve stres kartı gizlenir.

Son koşul	Bir stres sonucu (etiket + olasılık) üretilmiştir.
İzlenebilirlik	<i>FR3 · NFR2, NFR7</i>

UC-7	Aktivite Türünü Tanı
Aktörler	Sistem (iç use-case)
Ön koşul	Günlük kayıt; kalp atış hızı, adım, mesafe ve kalori alanlarını içerir.
Temel akış	1. Sistem, dakika bazlı öznitelikleri hazırlar. 2. Random Forest modeli çağrılır. 3. Aktivite türü ve yoğunluk düzeyi döndürülür. 4. Sonuç, anomali değerlendirmesine bağlam olarak iletilir.
Alternatif akış	2a. Adım verisi yoksa yalnızca nabız temelli kaba bir yoğunluk tahmini yapılır.
Son koşul	Aktivite türü ve yoğunluğu belirlenmiştir.
İzlenebilirlik	<i>FR5 · NFR2</i>

UC-8	Uyku Skoru Hesapla
Aktörler	Sistem (iç use-case)
Ön koşul	Günlük kayda bağlı bir uyku oturumu mevcuttur.
Temel akış	1. Sistem; uyku verimliliği, toplam süre ve uyanma sayısını okur. 2. Cihaz destekliyorsa uyku evre oranları eklenir. 3. Metrikler açık bir formülle ağırlıklandırılır. 4. 0–100 aralığında deterministik bir skor üretilir.
Alternatif akış	2a. Evre verisi yoksa skor kalan üç metrikten hesaplanır ve “kısmi” işaretlenir.
Son koşul	Bir uyku skoru ve bileşen dökümü mevcuttur.
İzlenebilirlik	<i>FR6 · NFR8</i>

UC-9	Regl Fazı Bağlamını Kullan
Aktörler	Kullanıcı (onay veren), Sistem
Ön koşul	Kullanıcı üreme sağlığı verisi için açık onay vermiştir.
Temel akış	1. Sistem, HealthKit/Health Connect üreme sağlığı bölümünden döngü verisini okur. 2. Güncel faz (regl, foliküler, ovulasyon, luteal) belirlenir. 3. Faza karşılık gelen beklenen HRV kayması baseline’den düşülür. 4. «extend» UC-5: düzeltilmiş sapma ile anomali yeniden değerlendirilir. 5. LLM’e yalnızca sayısal faz kodu (0–3) iletilir.
Alternatif akış	1a. Onay yoksa bu use-case hiç çalıştırılmaz; hiçbir okuma çağrısı yapılmaz.
Son koşul	Anomali değerlendirmesi faz bağlamıyla düzeltilmiş; ham üreme verisi cihazdan çıkmamıştır.
İzlenebilirlik	<i>FR7 · NFR3, NFR4</i>

UC-10	LLM Yorumu Üret
Aktörler	Sistem, LLM API (sistem aktörü)
Ön koşul	Bir günlük içgörü nesnesi hazırır.
Temel akış	1. Sistem, içgörüyü anonim sayısal bir yüke dönüştürür. 2. Yükün ham sinyal içermediği denetlenir. 3. Yapılandırılmış istem ile LLM API'si çağrılır. 4. Dönen metin, yasaklı terim listesine karşı denetlenir. 5. Metin, sorumluluk reddiyle birlikte kullanıcıya sunulur.
Alternatif akış	3a. API zaman aşımına uğrarsa sistem kural-tabanlı yedek metne düşer (bkz. S5). 4a. Metin bir hastalık adı içeriyorsa çıktı reddedilir ve yedek metin gösterilir.
Son koşul	Teşhis içermeyen, normalleştirici bir paragraf üretilmiştir.
İzlenebilirlik	FR8, FR11 · NFR4, NFR5

UC-11	Trendleri Görselleştir
Aktörler	Kullanıcı (birincil)
Ön koşul	En az iki günlük kayıt mevcuttur.
Temel akış	1. Kullanıcı Trendler sekmesini açar. 2. Sistem, seçilen metriğin son 30 günlük serisini çizer. 3. Kişisel ortalama çizgisi ve $\pm 2\sigma$ bandı grafiğe eklenir. 4. Anomali olarak işaretlenmiş günler vurgulanır.
Alternatif akış	2a. Eksik günler varsa seri kesintili çizilir; eksik değer sıfır olarak gösterilmez.
Son koşul	Kullanıcı, kişisel normaline göre konumunu görsel olarak görmüştür.
İzlenebilirlik	FR9 · NFR8

UC-12	Azaltılmış Modda Çalış
Aktörler	Sistem (iç use-case)
Ön koşul	Bir çekirdek sinyal eksiktir veya baseline hazır değildir.
Temel akış	1. Sistem, eksik sinyalleri tespit eder. 2. Eksik sinyale bağlı bileşenler devre dışı bırakılır. 3. Baseline, kalan metriklerle yeniden kurulur ve güven değeri düşürülür. 4. Kullanıcıya hangi analizlerin çalışmadığı açıkça bildirilir.
Alternatif akış	—
Son koşul	Uygulama çökmeden kısmi bir özet sunmaya devam eder.
İzlenebilirlik	FR10 · NFR7, NFR8

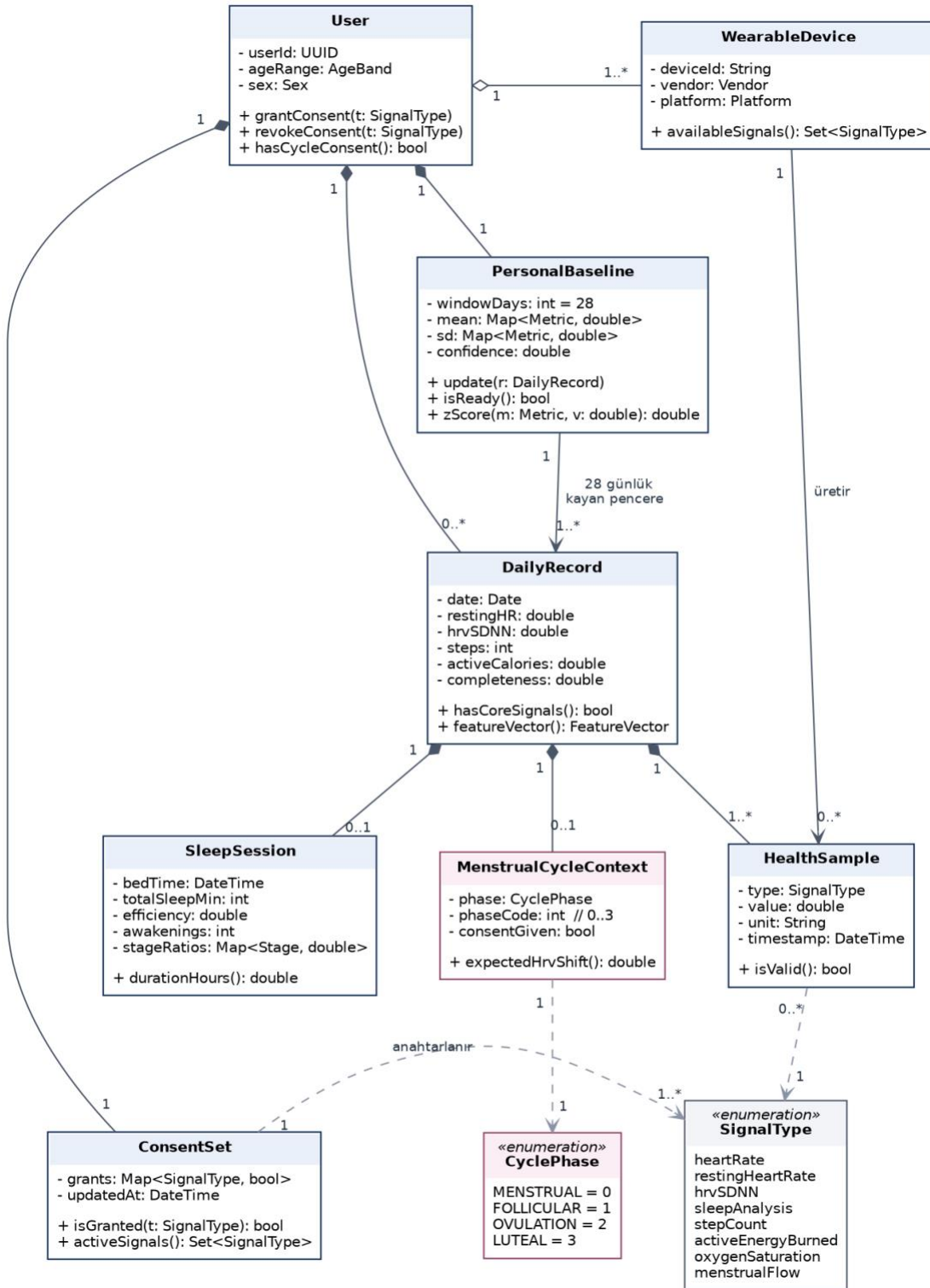
Tablo 5. Use-case açıklamaları (UC-1 – UC-12).

4.3 Nesne ve Sınıf Modeli

Bu bölümdeki sınıf modeli bir veritabanı şeması değil, problem alanının kavramsal modelidir. Sınıflar, kullanıcıların ve alan uzmanlarının konuşurken kullandığı kavramlara karşılık gelir; nitelikler ise bu kavramların ayırt edici özellikleridir. Kalıcılık, indeksleme, yabancı anahtarlar gibi konular tasarım aşamasına aittir ve burada bilinçli olarak dışarıda bırakılmıştır.

Model, okunabilirlik açısından iki tamamlayıcı görünüme ayrılmıştır. İlk görünüm veri ve kullanıcı alanını (kim, hangi izinle, hangi ölçümü üretir), ikinci görünüm ise analiz ve yorumlama alanını (bu ölçümler nasıl anlamlandırılır) modeller. PersonalBaseline ve MenstrualCycleContext sınıfları iki görünümde de görünür; bunlar iki alanı birbirine bağlayan köprü kavramlardır.

4.3.1 Veri ve kullanıcı alanı



Şekil 2. Sınıf diyagramı — veri ve kullanıcı alanı (çokluklar işaretlidir).

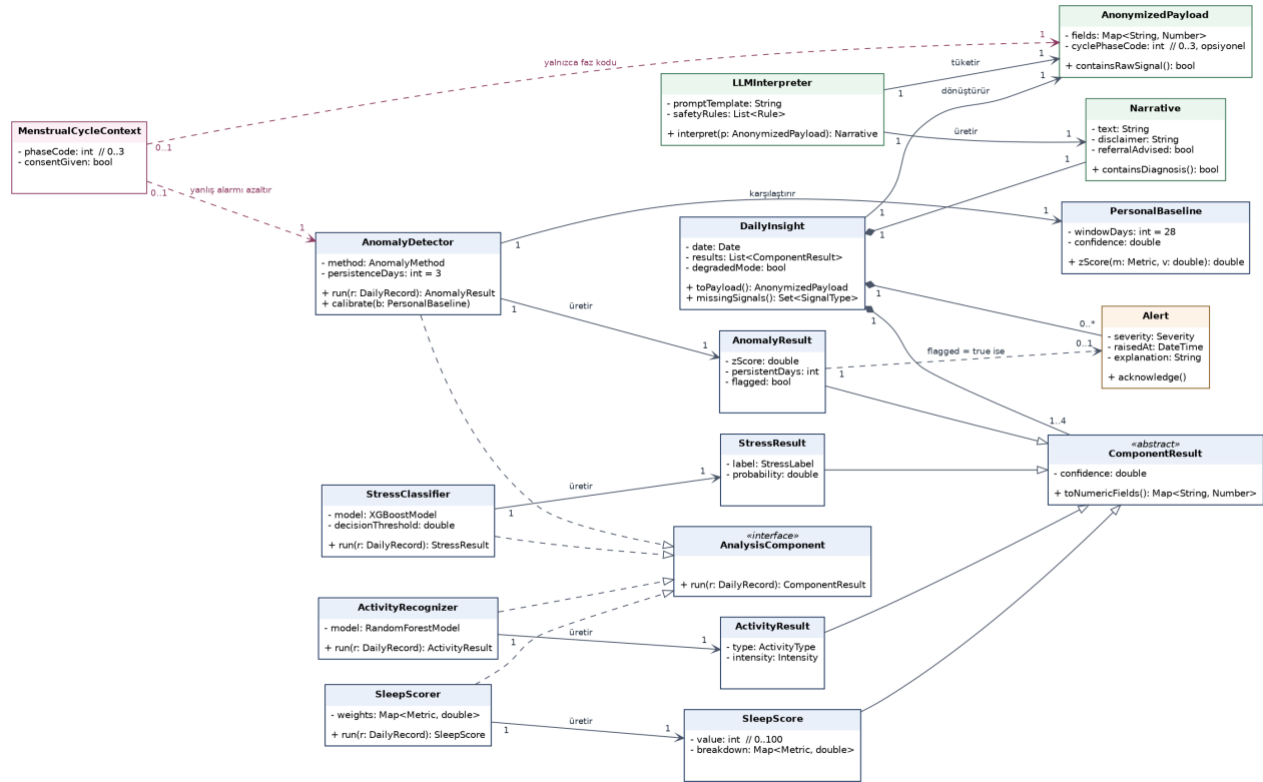
Modelin merkezinde User bulunur. Kullanıcı tam olarak bir ConsentSet ve tam olarak bir PersonalBaseline'a sahiptir; bunlar kullanıcının varlığına bağımlı olduğundan kompozisyon (dolu eşkenar

dörtgen) ile modellenmiştir: kullanıcı silindiğinde izin kümesi ve temel çizgi de anlamsızlaşır. Buna karşılık WearableDevice ile ilişki bir toplama (agregasyon, boş eşkenar dörtgen) ilişkisidir; cihaz kullanıcıdan bağımsız olarak vardır ve bir kullanıcı birden çok cihaza sahip olabilir (1..*).

DailyRecord, bir güne ait ölçümlerin toplandığı merkezî kavramdır. Bir kullanıcının sıfır veya daha çok günlük kaydı (0..*) olabilir; her günlük kayıt en az bir HealthSample içerir (1..*). Uyku oturumu ve döngü bağlamı isteğe bağlıdır (0..1): kullanıcı o gece uyku takibi yapmamış ya da regl verisine izin vermemiş olabilir. Bu 0..1 çoklukları, azaltılmış mod davranışının (NFR7) model düzeyindeki karşılığıdır.

PersonalBaseline ile DailyRecord arasındaki ilişki bir hesaplama ilişkisidir: temel çizgi, 28 günlük kayan pencere içindeki bir veya daha çok günlük kayıttan (1..*) türetilir. Baseline'ın confidence niteliği, pencerede kaç günlük veri bulunduğunu yansıtır ve arayüzde kullanıcıya bildirilir. MenstrualCycleContext yalnızca sayısal faz kodunu (0–3) ve bir onay bayrağını taşır; ham üreme sağlığı kayıtları modelde hiç yer almaz — bu, mahremiyet kısıtının kavramsal modele yansıtılmış hâlidir.

4.3.2 Analiz ve yorumlama alanı



Şekil 3. Sınıf diyagramı — analiz ve yorumlama alanı; gizlilik sınırı yeşil sınıflarla gösterilmiştir.

Dört analitik bileşen (StressClassifier, AnomalyDetector, ActivityRecognizer, SleepScorer) ortak bir AnalysisComponent arayüzünü gerçekleştirir. Bu, NFR9'un model düzeyindeki karşılığıdır: bileşenler birbirini tanımaz, yalnızca ortak arayüz üzerinden çağrılır; birinin değişmesi diğerlerini etkilemez. Her bileşen, soyut ComponentResult sınıfından türeyen bir sonuç nesnesi üretir.

DailyInsight bir kompozisyon köküdür: bir ile dört arasında bileşen sonucu (1..4 — azaltılmış modda bazı bileşenler çalışmaz), sıfır veya daha çok uyarı (0..*) ve tam olarak bir anlatı içerir. AnomalyResult'ın

flagged niteliği true olduğunda bir Alert üretilir; bu koşullu ilişki diyagramda kesikli çizgiyle ve 0..1 çokluğuyla gösterilmiştir.

Modelin en önemli yapısal kararı gizlilik sınırındır. LLMInterpreter, DailyInsight'ı ya da DailyRecord'u değil, yalnızca AnonymizedPayload tipini kabul eder. AnonymizedPayload yalnızca sayısal alanlardan (Map<String, Number>) ve opsiyonel bir faz kodundan oluşur; ham zaman serisi taşıyamaz. Böylece NFR4, bir çalışma zamanı denetimine bırakılmak yerine tip sistemiyle güvence altına alınmıştır. MenstrualCycleContext'ten AnonymizedPayload'a giden kesikli ok, üreme sağlığı verisinin sistemden yalnızca 0–3 aralığında bir tamsayı olarak çıkabileceğini belirtir.

Sınıf modelinde kodlanan üç değişmez (invariant)

AnonymizedPayload.containsRawSignal() her zaman false döndürmelidir.

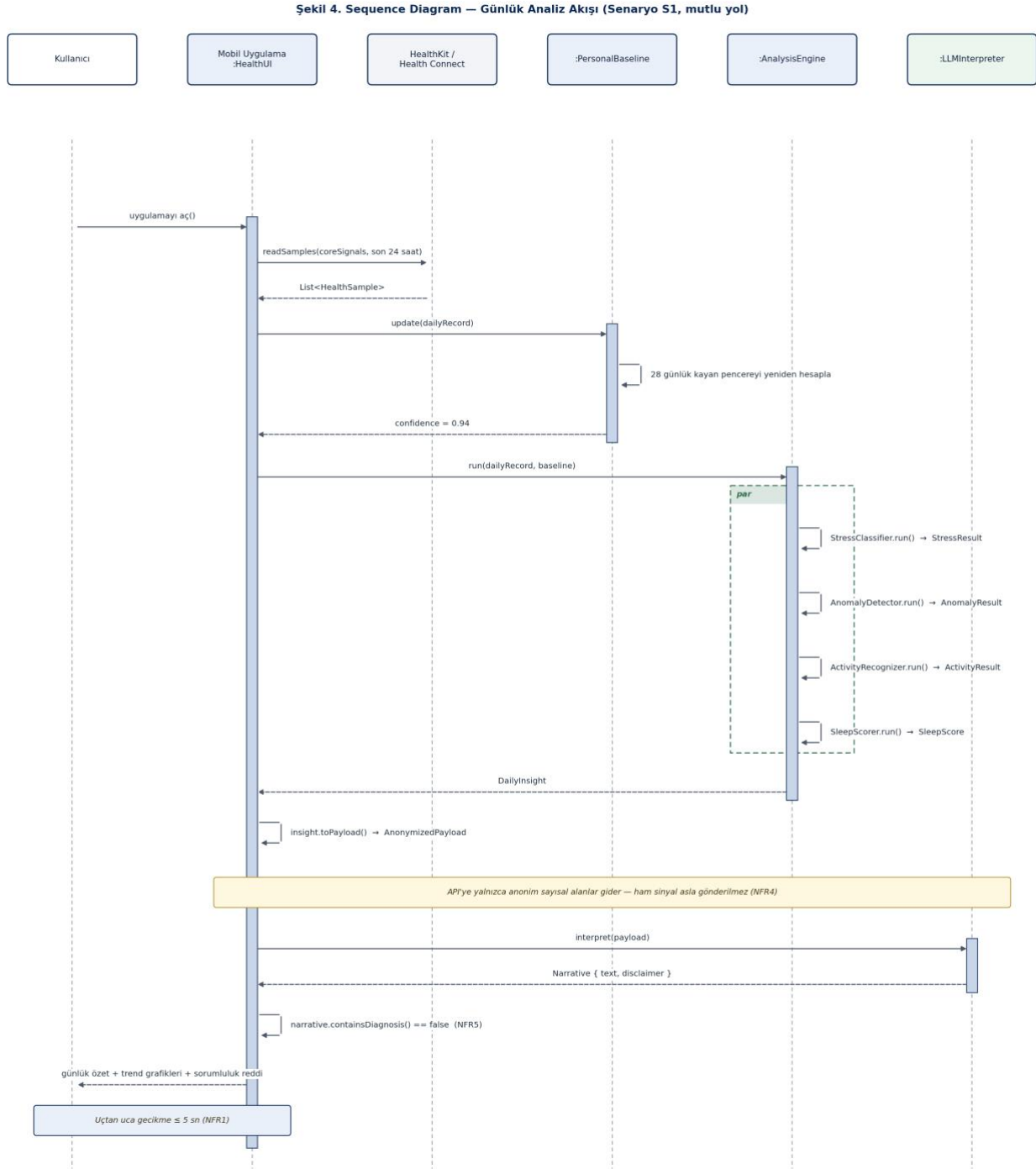
Narrative.containsDiagnosis() her zaman false döndürmelidir; aksi hâlde anlatı reddedilir ve yedek metin kullanılır.

MenstrualCycleContext.consentGiven false iken bu nesne hiç oluşturulmaz; AnomalyDetector düzeltmesiz çalışır.

4.4 Dinamik Modeller

Dinamik modeller, 4.3'teki nesnelerin zaman içinde nasıl işbirliği yaptığını gösterir. İki sıra diyagramı nesneler arası mesaj alışverişini, bir etkinlik diyagramı ise anomali tespitinin karar mantığını modellemektedir. Diyagramlarda UML 2.5 notasyonu kullanılmıştır: dolu ok senkron çağrıyı, kesikli ok dönüş değerini, dikey dikdörtgenler etkinleştirme (activation) sürelerini gösterir; par ve alt birleşik parçaları (combined fragments) sırasıyla paralel ve koşullu yürütmeyi belirtir.

4.4.1 Sıra Diyagramı — Günlük analiz akışı (S1)



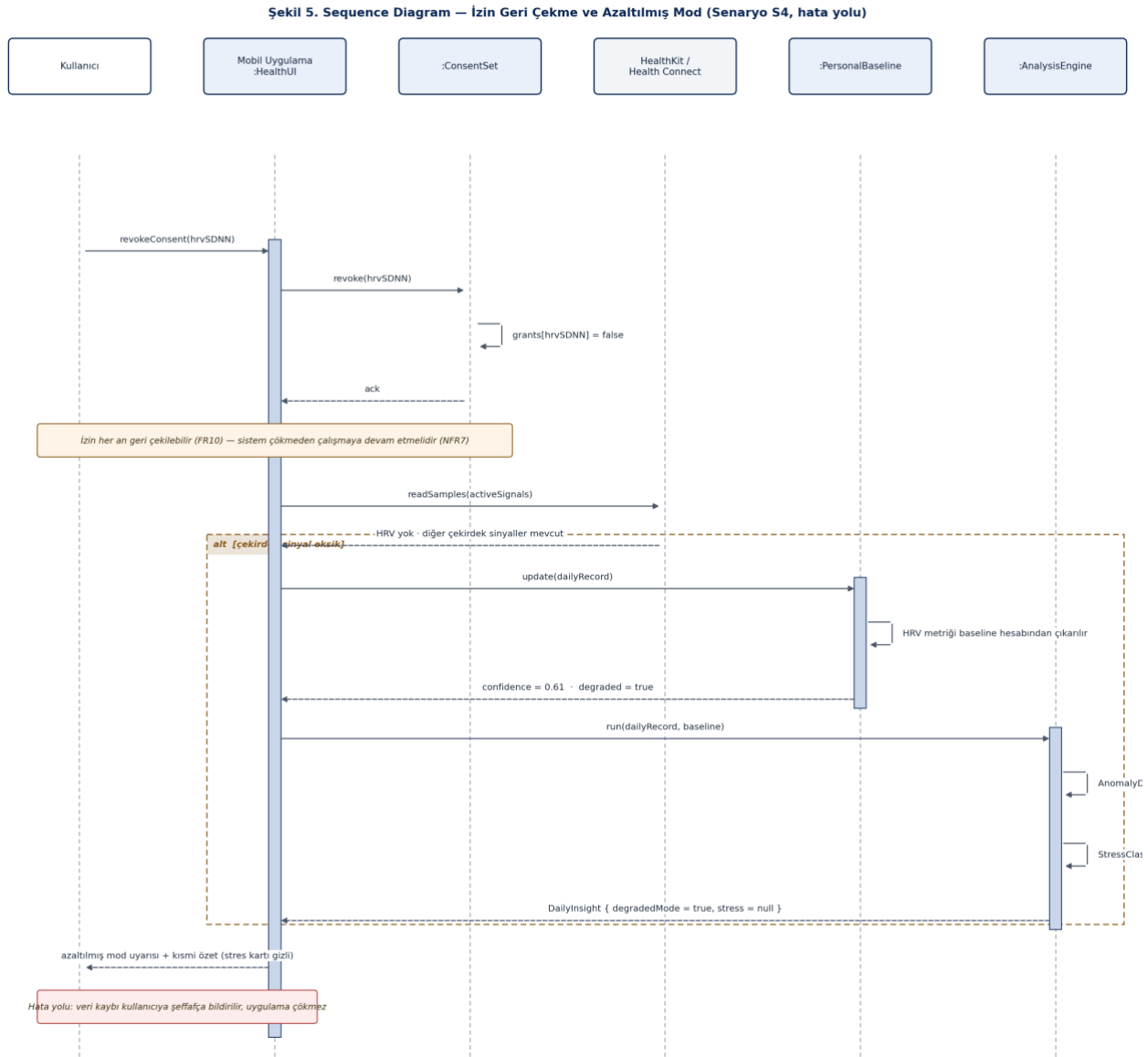
Şekil 4. Sıra diyagramı — S1 senaryosunun nesne etkileşimleri (mutlu yol).

Diyagram, kullanıcının uygulamayı açmasıyla başlayan tam bir günlük döngüyü izler. Mobil uygulama önce HealthKit/Health Connect'ten izin verilen çekirdek sinyalleri okur, ardından PersonalBaseline'a günlük kaydı iletir; baseline kendi üzerinde 28 günlük pencereyi yeniden hesaplayan bir öz-çağrı (self-call) yapar ve güncel güven değerini döndürür.

AnalysisEngine'in par birleşik parçası, dört analitik bileşenin birbirinden bağımsız ve eşzamanlı çalıştığını gösterir; hiçbirinin çıktısını girdi olarak beklemez. Bu, NFR1'deki 5 saniyelik uçtan uca gecikme hedefinin karşılanabilmesinin temel nedenidir. Bileşenler tamamlandığında motor tek bir DailyInsight nesnesi döndürür.

Diyagramdaki sarı not, sistemin en kritik mimari sınırını işaretler: uygulama, LLMInterpreter'a DailyInsight'ı değil, toPayload() ile üretilmiş AnonymizedPayload'ı gönderir. LLM'den dönen anlatı, kullanıcıya sunulmadan önce containsDiagnosis() denetiminden geçirilir (NFR5). Akış, sorumluluk reddiyle birlikte ekrana çizimle sona erer.

4.4.2 Sıra Diyagramı — İzin geri çekme ve azaltılmış mod (S4)

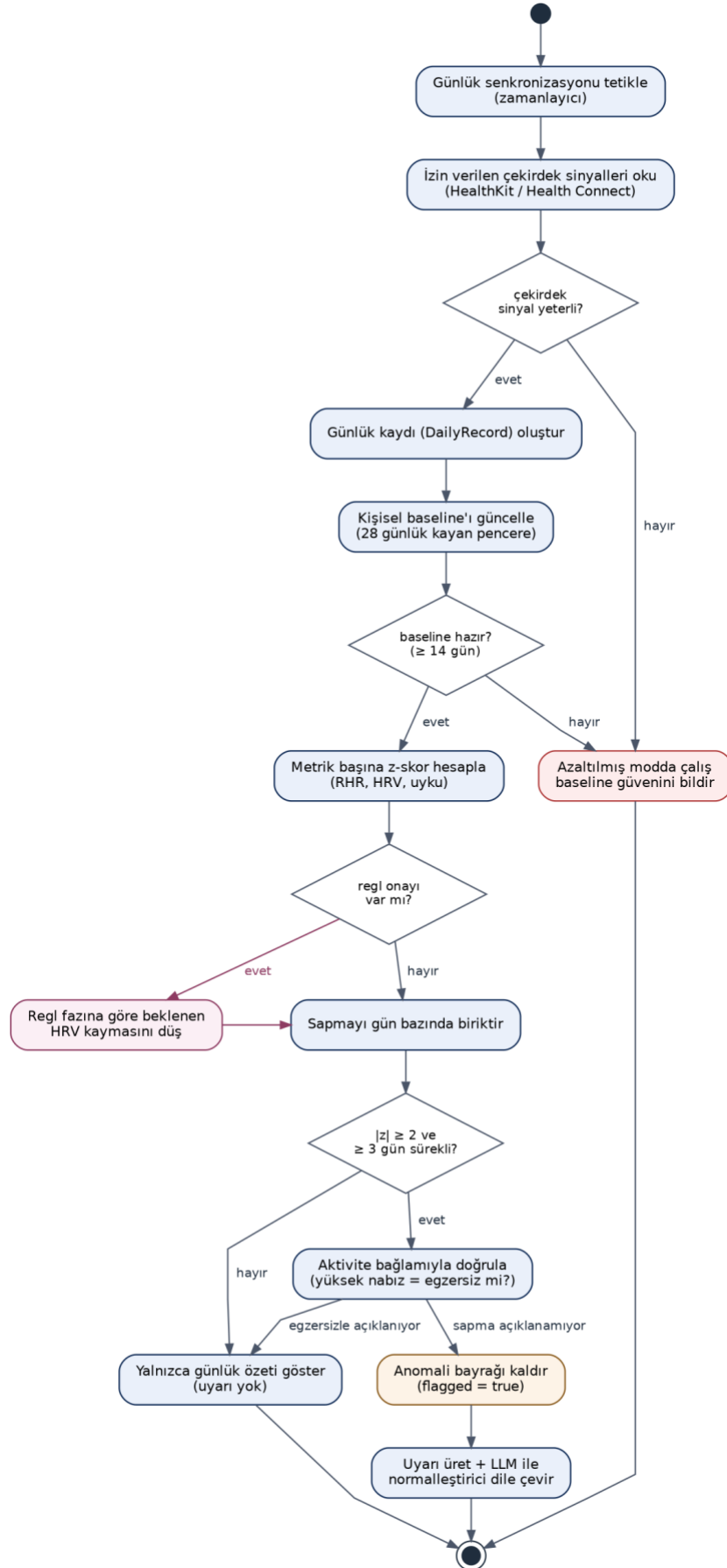


Şekil 5. Sıra diyagramı — S4 hata yolu; alt parçası eksik çekirdek sinyal dalını gösterir.

Bu diyagram, sistemin hata karşısındaki davranışını modeller. Kullanıcı HRV iznini geri çektiğinde ConsentSet güncellenir ve bir sonraki okumada HRV verisi gelmez. Kritik nokta, sistemin bu durumu bir istisna olarak değil, beklenen bir durum olarak ele almasıdır: alt birleşik parçası, çekirdek sinyalin eksik olduğu dalı açıkça modellemektedir.

PersonalBaseline, HRV metriğini hesaptan çıkararak yeniden kurulur ve güven değeri 0,94'ten 0,61'e düşer. AnalysisEngine, kalan metriklerle anomali tespitini sürdürürken StressClassifier'ı hiç çağırır; çünkü modelin zorunlu öznitelikleri (RMSSD, SDNN) mevcut değildir. Sonuç nesnesi degradedMode = true ve stress = null alanlarıyla döner. Uygulama çökmez (NFR7), stres kartını gizler ve kullanıcıya hangi yeteneğin kaybedildiğini açıkça bildirir (NFR8).

4.4.3 Etkinlik Diyagramı — Anomali tespiti karar akışı



Şekil 6. Etkinlik diyagramı — anomali tespiti karar mantığı (UC-5, UC-9, UC-12).

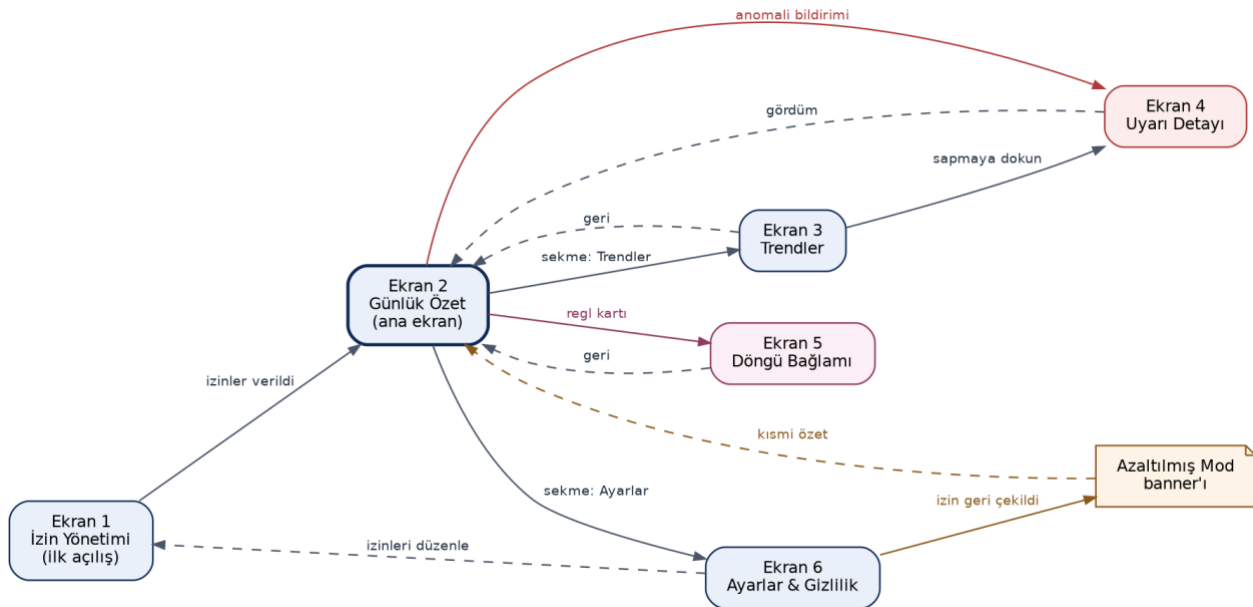
Etkinlik diyagramı, sistemin en çok yanlış pozitif üretme riski taşıyan bileşeninin karar mantığını açar. Akış dört karar noktası içerir. İlk ikisi ön koşulları denetler: çekirdek sinyal yeterli değilse ya da baseline henüz hazır değilse (< 14 gün) sistem doğrudan azaltılmış moda dallanır ve anomali değerlendirmesi hiç yapılmaz.

Üçüncü karar noktası, kullanıcının regl bağlamı için onay verip vermediğini sorgular. Onay varsa, faz için beklenen HRV kayması sapma hesabından önce düşülür; bu, S3 senaryosunda gösterilen yanlış alarm önleme mekanizmasıdır. Onay yoksa bu adım tamamen atlanır ve üreme sağlığı verisine hiçbir erişim gerçekleşmez.

Dördüncü karar noktası projenin temel tasarım ilkesini kodlar: uyarı, $|z| \geq 2$ koşulunun ardışık en az üç gün sürmesini gerektirir. Tek günlük bir sapma —yoğun bir antrenman, kötü geçen bir gece— hiçbir zaman uyarı doğurmaz. Bu eşik aşılsa bile akış son bir doğrulamadan geçer: aktivite bağlamı, yüksek nabzın egzersizle açıklanıp açıklanmadığını denetler. Yalnızca sapma açıklanamadığında anomali bayrağı kaldırılır ve LLM ile normalleştirici bir uyarıya çevrilir.

4.5 Kullanıcı Arayüzü — Gezinme ve Ekran Taslakları

Arayüz, altı ekrandan ve bunlar arasındaki gezinme akışından oluşur. Tasarımın üç yönlendirici ilkesi vardır. Birincisi, hiçbir ekran teşhis dili kullanmaz; kullanıcıya her zaman kendi kişisel referansına göre konumu gösterilir. İkincisi, sistemin ne bilmediği de gösterilir: baseline güven değeri ve azaltılmış mod durumu gizlenmez. Üçüncüsü, hassas veri (regl döngüsü) arayüzde de görsel olarak ayrı bir kategori olarak işaretlenir ve her zaman kapatılabilir.

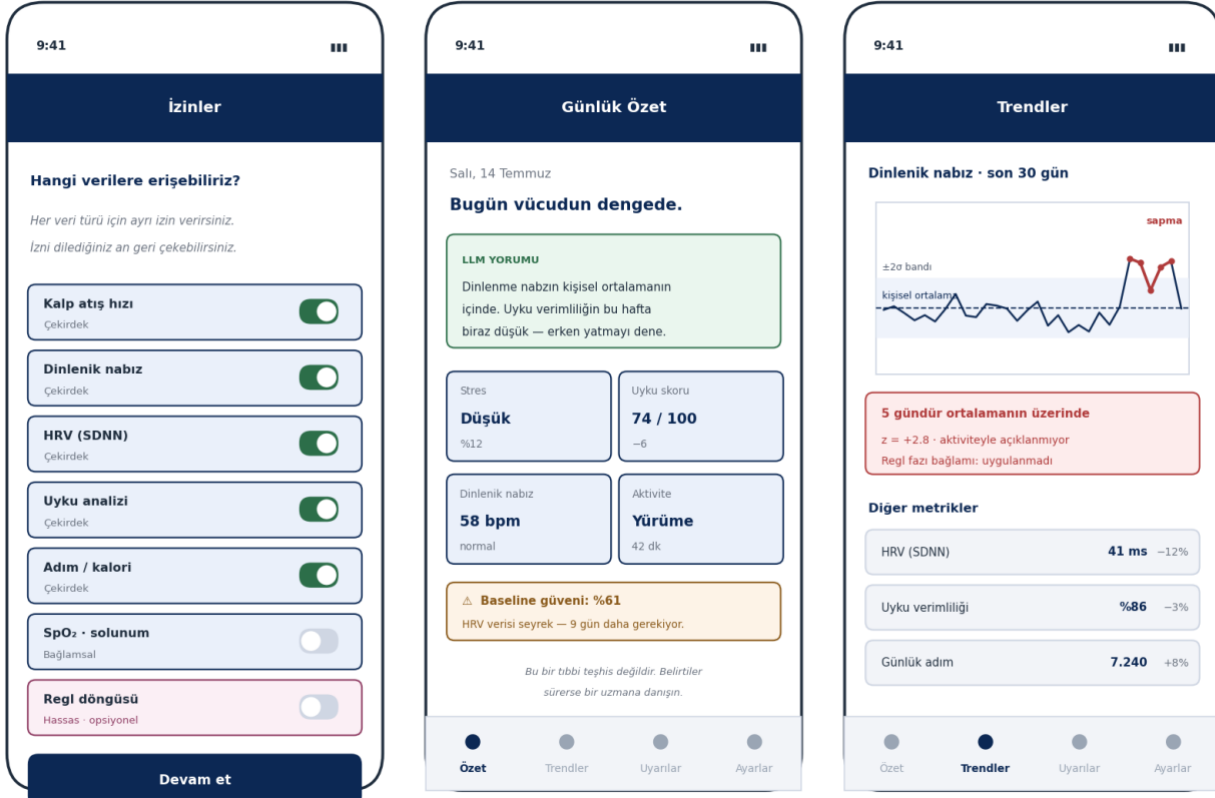


Şekil 7. Ekranlar arası gezinme akışı; Ekran 2 (Günlük Özet) ana ekrandır.

Gezinme akışı, ilk açılışta izin ekranından (Ekran 1) başlar ve ana ekrana (Ekran 2) geçer. Ana ekrandan alt sekmelerle trendlere ve ayarlara ulaşılır. İki yol koşulludur: anomali bildirimi kullanıcıyı doğrudan uyarı

detayına (Ekran 4) taşır; ayarlardan bir izin geri çekildiğinde azaltılmış mod banner'ı devreye girer ve ana ekran kısmi özete düşer. Regl bağlamı ekranına (Ekran 5) yalnızca onay verilmişse ulaşılabilir.

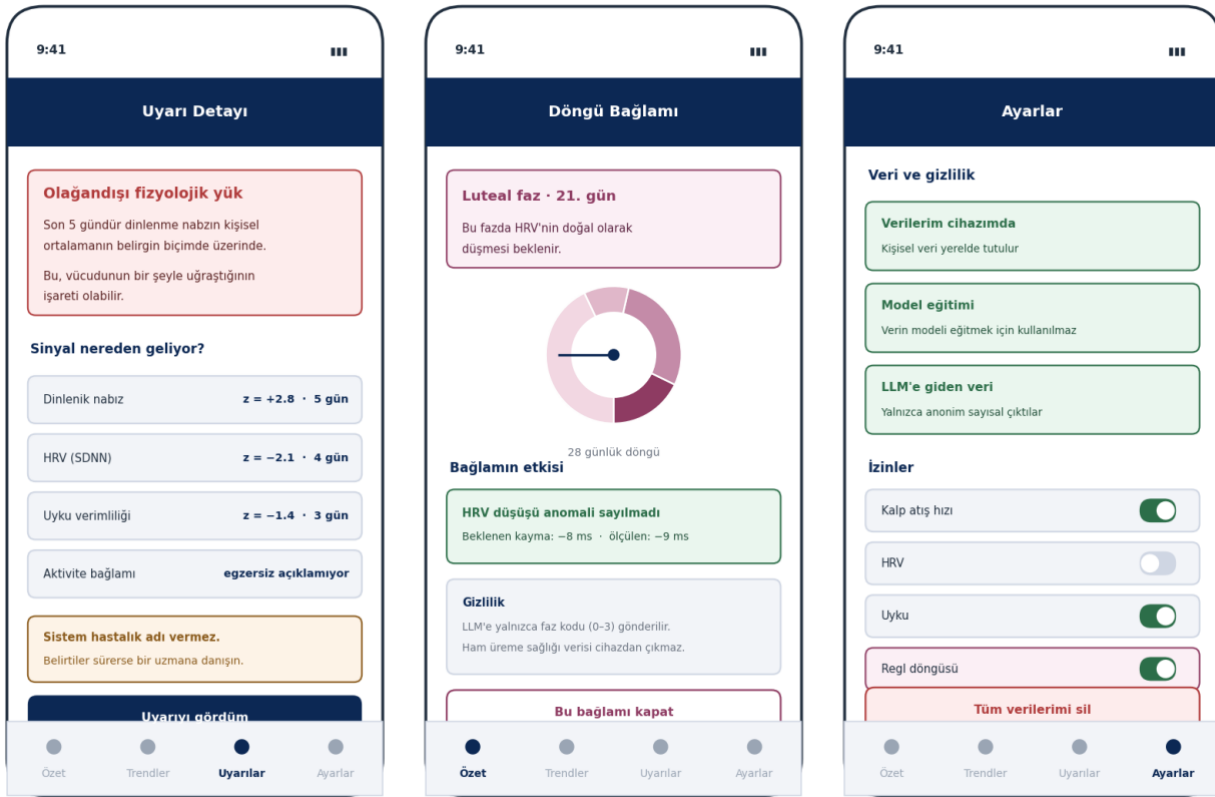
Şekil 7. UI Mock-up — Ekran 1-3: İzin yönetimi, günlük özet, trendler



Şekil 8. UI mock-up'ları — Ekran 1: izin yönetimi, Ekran 2: günlük özet, Ekran 3: trendler.

Ekran 1 (izin yönetimi), her sinyal için bağımsız bir denetim sunar ve sinyalleri çekirdek, bağlamsal ve hassas olarak etiketler; regl döngüsü satırı görsel olarak ayrıştırılmıştır. Ekran 2 (Günlük özet) ana ekrandır: en üstte LLM'in ürettiği sade paragraf, altında dört metrik kartı, ardından baseline güven değeri uyarısı ve en altta kapatılamayan sorumluluk reddi yer alır. Ekran 3 (Trendler), seçilen metriğin son 30 günlük serisini kişisel ortalama çizgisi ve $\pm 2\sigma$ bandıyla birlikte çizer; anomali olarak işaretlenen günler vurgulanır (FR9, NFR8).

Şekil 8. UI Mock-up — Ekran 4-6: Uyarı detayı, döngü bağlamı, ayarlar & gizlilik



Şekil 9. UI mock-up'ları — Ekran 4: uyarı detayı, Ekran 5: döngü bağlamı, Ekran 6: ayarlar ve gizlilik.

Ekran 4 (Uyarı detayı), NFR8'in doğrudan karşılığıdır: uyarıyı tetikleyen her metrik, z-skoru ve süresiyle listelenir; aktivite bağlamının sapmayı açıklamadığı açıkça belirtilir. Ekran, sistemin hastalık adı vermediğini yineleyen bir kutuyla biter. Ekran 5 (Döngü bağlamı) yalnızca onay verilmişse erişilebilir; faz halkası güncel fazı gösterir, bağlamın anormali değerlendirmesini nasıl düzelttiği sayısal olarak açıklanır ve LLM'e yalnızca faz kodunun gönderildiği kullanıcıya bildirilir. Ekran 6 (Ayarlar), gizlilik garantilerini üç kartta özetler, izinlerin tek tek geri çekilmesine izin verir ve tüm verilerin silinmesi seçeneğini sunar (FR10).

5. Sözlük

Aşağıdaki terimler bu raporda, projenin problem alanına özgü anlamlarıyla kullanılmıştır. Genel yazılım mühendisliği terimleri için Bruegge ve Dutoit (2010), UML notasyonu için OMG (2017) esas alınmıştır.

Terim	Tanım
Anomali (anomaly)	Kullanıcının kişisel temel çizgisinden istatistiksel olarak anlamlı ve birkaç gün süren sapma. Bu projede anomali bir hastalık değil, olağandışı bir fizyolojik yük sinyalidir.
Azaltılmış mod (degraded mode)	Bir veya daha fazla çekirdek sinyalin eksik olduğu durumda sistemin çökmeden, yalnızca mevcut sinyallerle çalışmaya devam ettiği işletim kipi.
Bağlamsal sinyal	Cihaz sağladığında ve kullanıcı izin verdiğinde kullanılan, analizi zorunlu

Terim	Tanım
	olarak beslemeyen ama isabetini artıran sinyal (SpO_2 , solunum hızı, cilt sıcaklığı, regl fazı).
Çekirdek sinyal	Sistemin çalışması için gereken temel fizyolojik ölçümler: kalp atış hızı, dinlenik nabız, HRV, uyku, adım, mesafe ve aktif kalori.
DailyInsight	Bir güne ait dört analitik bileşenin sonuçlarını, azaltılmış mod bilgisini ve üretilen anlatıyı bir arada tutan alan nesnesi.
Health Connect	Android platformunda sağlık ve fitness verilerine standart erişim sağlayan Google API'si.
HealthKit	iOS platformunda sağlık ve fitness verilerine standart erişim sağlayan Apple API'si.
HROS-AD	Heart Rate Over Steps — kalp atış hızının adım sayısına oranlanmasıyla türetilen ve aktivite etkisini normalize eden anomali tespiti özneteliği (Mishra vd., 2020).
HRV (heart rate variability)	Ardışık kalp atımları arasındaki süre farklılığı. Bu projede zaman-alanı metrikleri RMSSD ve SDNN kullanılır.
Kabul kriteri	Bir gereksinimin karşılandığını nesnel olarak doğrulayan, ölçülebilir veya sınanabilir koşul.
Kişi-bazlı bölme (subject-wise split)	Aynı kişinin verisinin hem eğitim hem test kümesinde bulunmasını engelleyen değerlendirme yöntemi; kişiselleştirme çalışmalarında gerçekçi performans için zorunludur.
Kişisel temel çizgi (personal baseline)	Kullanıcının kendi geçmiş verisinden, 28 günlük kayan pencereyle öğrenilen normal aralık. Sistemin popülasyon eşiği yerine kullandığı referanstır.
KVKK	6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu. Sağlık ve biyometrik veriyi özel nitelikli kişisel veri olarak sınıflandırır.
LifeSnaps	71 katılımcıdan dört ay boyunca gerçek yaşam koşullarında Fitbit Sense ile toplanmış çok-modlu açık veri seti (Yfantidou vd., 2022).
LLM (büyük dil modeli)	Bu projede yalnızca yorumlama katmanı olarak kullanılan, sayısal çıktıları sade dile çeviren hazır dil modeli. Teşhis koyma yetkisi yoktur.
Luteal faz	Adet döngüsünün ovulasyon ile bir sonraki regl arasındaki evresi. Bu fazda HRV'nin doğal olarak düşmesi beklenir (Lin vd., 2026).
MVP (minimum viable product)	Projenin dönem sonunda teslim edilmesi taahhüt edilen çekirdek işlevsellik kümesi.
Pseudo gereksinim	Problem alanından değil proje bağlamından (teknoloji, platform, hukuk, bütçe) doğan ve çözüm uzayını daraltan kısıt.
RHR-Diff	Dinlenik nabızın kişisel ortalamadan sapmasını standartlaştırılmış kalıntılarla ölçen anomali tespiti yöntemi (Mishra vd., 2020).
SDNN / RMSSD	HRV'nin zaman-alanı metrikleri: sırasıyla NN aralıklarının standart sapması ve ardışık farkların karekök ortalaması.
Sorumluluk reddi	Sistemin tıbbi teşhis aracı olmadığını belirten ve gerektiğinde uzmana

Terim	Tanım
(disclaimer)	yönlendiren, kapatılamayan uyarı metni.
WESAD	15 katılımcıdan laboratuvar protokolüyle toplanmış, etiketli stres verisi içeren çok-modlu açık veri seti (Schmidt vd., 2018).
XGBoost	Ağaç tabanlı gradyan artırma yöntemi; öznitelik mühendisliğiyle hazırlanmış tablo verisinde güçlü performans gösterir (Chen ve Guestrin, 2016).
z-skor	Bir ölçümün kişisel ortalamadan kaç standart sapma uzakta olduğunu gösteren standartlaştırılmış değer. Bu projede $ z \geq 2$ ve ≥ 3 gün süreklilik anomali eşliğidir.

Tablo 6. Sözlük — problem alanı terimleri.

6. Kaynaklar

- Apple Inc. (t.y.). HealthKit. Apple Developer Documentation. <https://developer.apple.com/documentation/healthkit>
- Bevel. (2025). Bevel Health — The connected health coach. <https://www.bevel.health>
- Breiman, L. (2001). Random forests. Machine Learning, 45(1), 5–32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
- Bruegge, B., & Dutoit, A. H. (2010). Object-oriented software engineering: Using UML, patterns, and Java (3rd ed.). Prentice Hall.
- Chen, T., & Guestrin, C. (2016). XGBoost: A scalable tree boosting system. Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 785–794. <https://doi.org/10.1145/2939672.2939785>
- Firstbeat Technologies. (2016). Heart rate variability and stress. <https://www.firstbeat.com/wp-content/uploads/2016/07/FSN-ARTICLE.pdf>
- Fuller, D., Rahimipour Anaraki, J., Simango, B., Dorani, F., Bozorgi, A., Luan, H., & Basset, F. (2020). Using machine learning methods to predict physical activity types with Apple Watch and Fitbit data using indirect calorimetry as the criterion [Veri seti]. Harvard Dataverse. <https://doi.org/10.7910/DVN/ZS2Z2J>
- Google. (t.y.). Health Connect. Android Developers. <https://developer.android.com/health-and-fitness/guides/health-connect>
- Li, X., Dunn, J., Salins, D., Zhou, G., Zhou, W., Schüssler-Fiorenza Rose, S. M., & Sonecha, R. (2024). A comparison of personalized and generalized approaches to emotion recognition using consumer wearable devices. JMIR AI, 3, e52171. <https://doi.org/10.2196/52171>
- Lin, G., Li, J. Y., Kalani, K., Truong, K. N., & Mariakakis, A. (2026). A longitudinal dataset of physiological, hormonal, metabolic, and self-reported menstrual health data. Scientific Data, 13, 411. <https://doi.org/10.1038/s41597-026-06805-3>
- Mishra, T., Wang, M., Metwally, A. A., Bogu, G. K., Brooks, A. W., Bahmani, A., ... Snyder, M. P. (2020). Pre-symptomatic detection of COVID-19 from smartwatch data. Nature Biomedical Engineering, 4, 1208–1220. <https://doi.org/10.1038/s41551-020-00640-6>

Nkurikiyeyezu, K., Yokokubo, A., & Lopez, G. (2019). The effect of person-specific biometrics in improving generic stress predictive models. arXiv. <https://arxiv.org/abs/1910.01770>

Object Management Group. (2017). OMG Unified Modeling Language (OMG UML), version 2.5.1. <https://www.omg.org/spec/UML/2.5.1>

Schmidt, P., Reiss, A., Dürichen, R., Marberger, C., & Van Laerhoven, K. (2018). Introducing WESAD, a multimodal dataset for wearable stress and affect detection. Proceedings of the 20th ACM International Conference on Multimodal Interaction, 400–408. <https://doi.org/10.1145/3242969.3242985>

Welltory. (2025). Welltory — Manage your stress levels. <https://welltory.com>

WHOOP. (2025). WHOOP recovery: How it works, key metrics, and tips. <https://www.whoop.com/us/en/thelocker/how-does-whoop-recovery-work-101>

Yfantidou, S., Karagianni, C., Efstathiou, S., Vakali, A., Palotti, J., Giakatos, D. P., ... Girdzijauskas, Š. (2022). LifeSnaps, a 4-month multi-modal dataset capturing unobtrusive snapshots of our lives in the wild. Scientific Data, 9, 663. <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01764-x>

Araçlar ve Yöntem

Bu raporun taslak hazırlığında, metin akışının düzenlenmesi, diyagramların üretilmesi ve biçimlendirme amacıyla yapay zekâ destekli bir dil modelinden yararlanılmıştır. UML diyagramları Graphviz ve Matplotlib ile programatik olarak üretilmiş, ardından ekip tarafından notasyon doğruluğu açısından gözden geçirilmiştir. Üretilen tüm içerik ekip tarafından denetlenmiş, projeye özgü bilgilerle düzenlenmiş ve doğrulanmıştır. İçeriğin doğruluğundan ekip sorumludur.