Sonuç Raporu

Kapsadığı Dönem – 13/05/2019 – 30/11/2019

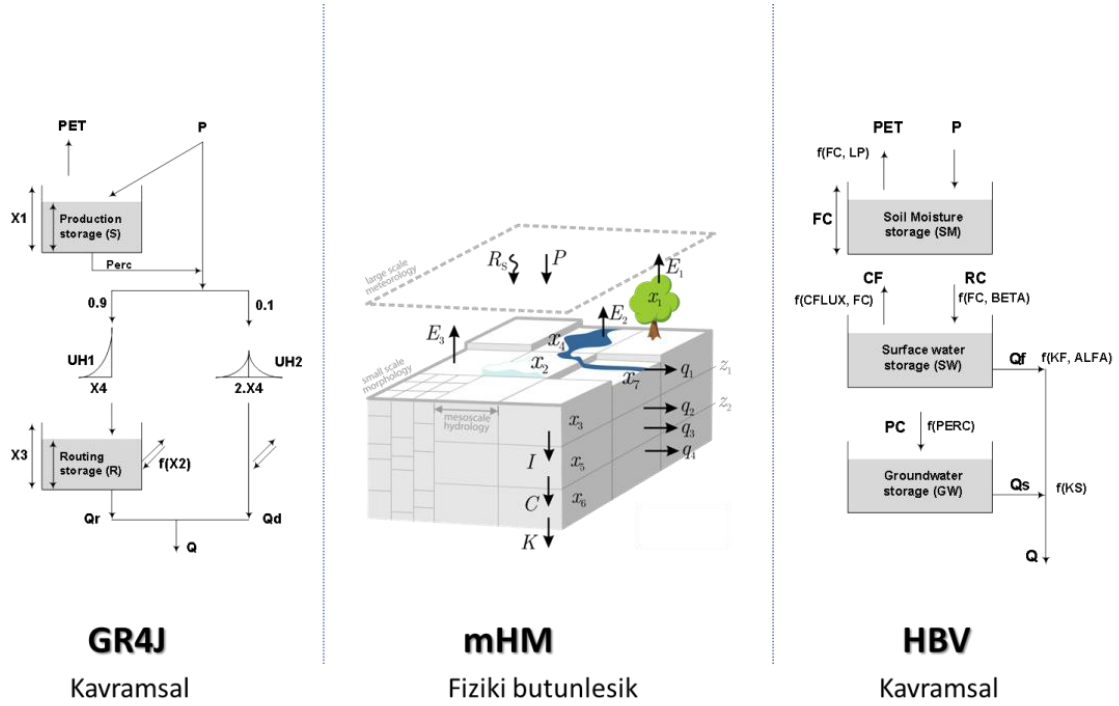
Araştırmanın Başlığı: Hidrolojik modellerde farklı belirsizlik kaynaklarının modelin taşkın ve kuraklık benzetim başarımına etkisi

Adayın Adı Soyadı:	Doç. Dr. Mehmet Cüneyd Demirel
Telefon No:	0212-2857426
Cep No:	0553-7511945
E-mail Adresi:	demirelmc@itu.edu.tr
Koordinatörün Adı Soyadı:	Prof. Dr. Ercan Kahya
Telefon No:	0212-2853002
Cep No:	0531-2970353
E-mail Adresi:	kahyae@itu.edu.tr

Not: Gelişme raporlarının taranmış imzalı PDF kopyaları http://e-bideb.tubitak.gov.tr adresine giriş yapıldığında ana sayfada linki bulunan Gelişme Raporu yükleme alanına yüklenmelidir. Sistemin oluşturduğu formun gönderilmesine gerek yoktur. Gelişme Raporlarının ıslak imzalı kopyaları gerekli görülürse talep edilecektir.

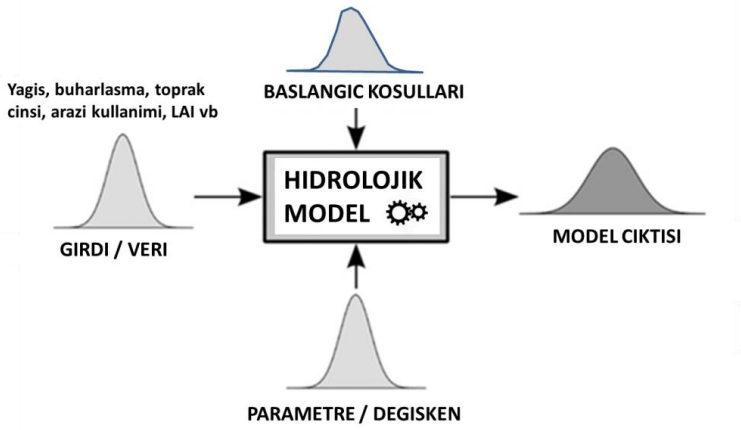
1. Araştırma Konusu (En çok 1000 kelime)

Hidrolojik modeller taşkın ve kuraklık olaylarının ofis ortamında benzetimi, kısa/mevsimsel öngörümü ve iklim degişiminin su kaynaklarına etkilerinin ortaya konmasinda kullanılan fizik temelli araçlardır (Şekil 1). Ozellikle taşkınlar ani gelişen, ciddi maddi kayıplara neden olan ve insan hayatına kastedebilen afetler sınıfina girdiği icin kuraklığa göre daha çok ilgi görmüş ve modellenmiştir.



Şekil 1 Projede kullanilmasi planlanan hidrolojik modeller

Bu modellerin çıktılarının güvenilirliği modelin kullancısından başlayarak yapısı, girdileri, parametreleri, başlangıç koşulları gibi bir çok etkene bağlıdır (Şekil 2). Bu parçalardan birindeki belirsizlik (hata) model çıktılarında silsile halinde katlanarak etkisini gösterir ve model sonuçlarının anlamlılığı ve güvenilirliğini doğrudan etkiler. Bu durum, yükseltileri, ormanları bol olan, taşkın ve kuraklık olaylarıyla yoğun şekilde ugraşan ülkemiz icin önemlidir.



Şekil 2 Başlıca belirsizlik kaynakları

Bu projenin amacı belirsizlik analizi ile karşılaştırılan farklı hidrolojik modeller arasindan taskin ve kuraklik benzetimleri icin ayri ayri en uygun modeli tespit etmektir. Bu hedefi gerçekleştirmek için:

1) Taskin ve kuraklik icin onemli fiziksel havza mekanizmalari, secilen havzada irdelenir.

2) Halihazirda erisimi mumkun olan acik kaynakli modellerin yapilari, yetenekleri ve kisitlari incelenerek aday modeller secilir ve calismaya dahil edilir.

3) Model degiskenleri ve girdileri icin PEST (Doherty, 2005) hassasiyet analizi uygulanir, taskin ve kuraklik icin en onemli (hassas) degisken ve girdiler sonraki adimlara aktarilir. Dolayisiyla hassas olmayan degisken ve girdiler kalibre edilmez ve belirsizlik analizine dahil edilmezler.

4) Adim 2'de secilen modellerin Adim 3'te tespit edilen hassas parametreleri, iyi bilinen evrensel bir yontemle, Shuffle Complex Evolutionary Algorithm (SCE-UA) ile kalibre edilir. Bunu yaparken hem yuksek debi hem de dusuk debi performanslari sirasiyla oncelenir ve bunlara uygun amac fonsiyonlari (NSElog ve KGE gibi) kullanilir (Gupta et al., 2009; Nash and Sutcliffe, 1970).

5) Adim 3'te tespit edilen hassas girdi ve degiskenler belirsizlik analizine tabi tutulur.

6) Model ciktilarindaki belirsizliklere gore en uygun taskin ve kuraklik modelleri tespit edilir. Belirsizliklerin onem siralamasi, model benzetim basarimina etkileri olasilik yogunluk fonksiyonlari, guven araliklari, mevsimsellik indeksleri, model performans endeksleri gibi betimleyici istatistiklerle ortaya konur.

Bu projenin kuraklik ve taskin uzerine yapilmis oncekilerinden temel farkliligi, fiziki butunlesik havza model ve kavramsal modelleri taskin ve kuraklik yonuyle analiz etmesidir. Bunu yaparken butunlesik havza modelinin meteorolojik ve jeomorfolojik

girdileri detayli sekilde incelenecektir. Onemli (hassas/duyarlı) model parametreleri PEST (Doherty, 2005) duyarlılık analizi yontemi ile tespit edilecektir.

2. Rapor Döneminde Yapılan Çalışmalar

- Farklı Hidrolojik Modellerin (HBV, GR4J, XAJ ve mHM) Taşkın ve Kuraklık için Parametre Duyarlılık Analizi
- Farklı Belirsizlik Kaynaklarının (Girdi, Parametre, Başlangıç Koşulu, Spin-up süresi, alansal girdi çözünürlüğü) model başarımına etkilerinin irdelenmesi
- Geliştirilen amaç fonksiyonu (SPAEF) ulusal ve uluslararası akademik iş birlikleri ile yazılan bölüm 3.2 de listelenen makalelerde kullanılarak literatürde yaygınlaştırılmıştır.
- XAJ modelinin R dilinde kurulması (https://github.com/Sibada/XAJ) ve parametre duyarlılık analizi yapıldı.
- HBV ve GR4J modellerinin Matlab'ta, R'da ve Octave'da kuruldu ve parametre duyarlılık analizleri yapıldı.
- Duyarlıklık analizlerinde hem kurak dönem akım hem de taşkın debilerini önceleyen farklı amaç fonksiyonu (performans metrikleri) kulanıldı.

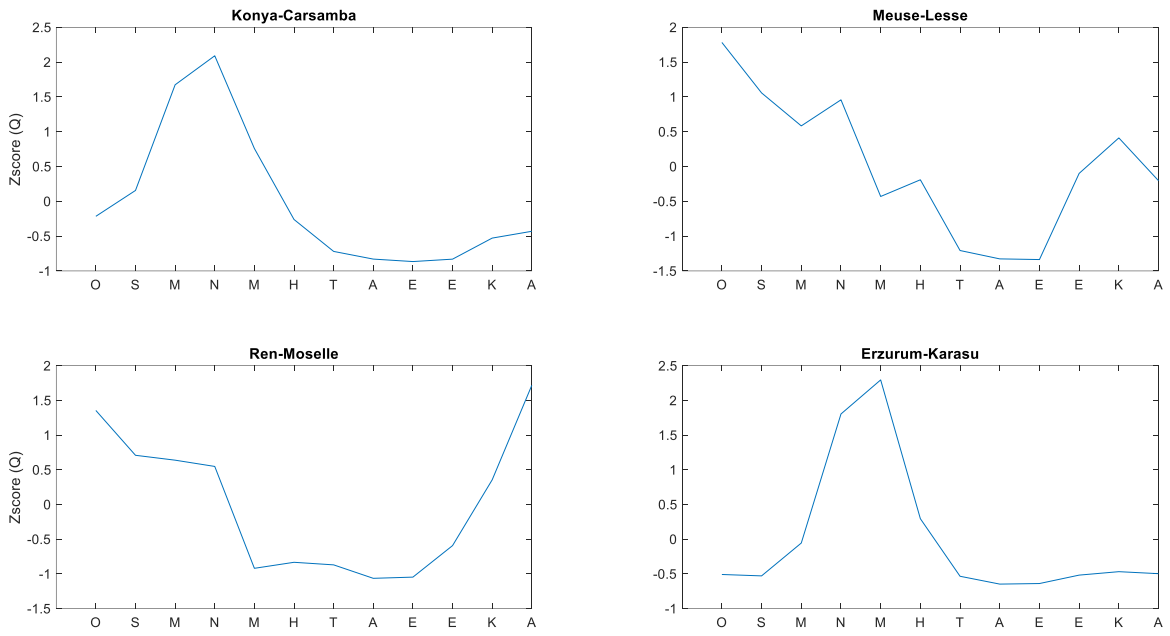
3. Araştırma Sonuçları ve Çıktılar

Bu araştırmada proje önerisinde sunulan beş araştırma sorusu yanıtlanmaya çalışılmıştır.

S1. Seçilen nehir havzasında önemli yüksek ve düşük debi mekanizmaları nelerdir?

Çalışmamızda çoğunlukla Kuzey Avrupa'dan Skjern (DK), Moselle (FR) ve Lesse (BE) nehirleri üzerinde analizler yapıldı. Bazı alt çalışmalara Türkiye'den Konya-Çarşamba (HBV ve GR4J modelleri ile) ve Erzurum-Karasu akarsuları da (mHM modeli) dahil edildi. Şekil 3 te görüldüğü üzere Moselle ve Lesse nehirleri yağışın sene boyu uniform olduğu bir bölgededir ve düşük akımlar senenin farklı dönemlerinde görülebilir. Fakat kurak dönem akımları genellikle Ren nehrinin rejimine uygun Ağustos ve Eylül aylarının sonunda İsviçre Alpleri'ndeki kar erimesinin nehir rejimine etkisi sonrasında gözlenir. Kış aylarında ve ilk baharda ise yüksek akımlar gözlenir.

Aynı şekildeki Konya-Çarşamba ve Erzurum-Karasu havzalarında karasal iklime bağlı olarak soğuk karlı kış ardından, kar erimesi ile bahar aylarında (Nisan-Mayıs) akımlarda yükselme net bir şekilde görülür. Kurak dönem yaz sonlarında



Şekil 3: Moselle ve diğer Ren nehri kollarının akarsu yıllık rejimleri

S2. Halihazırdaki modellerin taşkın ve kuraklık benzetimindeki yetenekleri ve kısıtları nelerdir?

Şekil 1 gösterilen GR4J, mHM ve HBV modellerin tümünde yer altı suyu basit lineer rezervuar yöntemine dayalı olduğu için yer altısuyu akımının ve taban akımının benzeşiminde mutlaka yetersizlik gösterirler. Üç boyutlu Richard denklemleri fizik tabanlı MIKE-SHE gibi modellerde bulunmaktadır (Rujner et al., 2018). Ayrıca bu projede de kullandığımız mHM modelinin yeni versiyonlarında kapsamlı yeraltı suyunu benzeştiren modüller yer alacaktır (Jing et al., 2018).

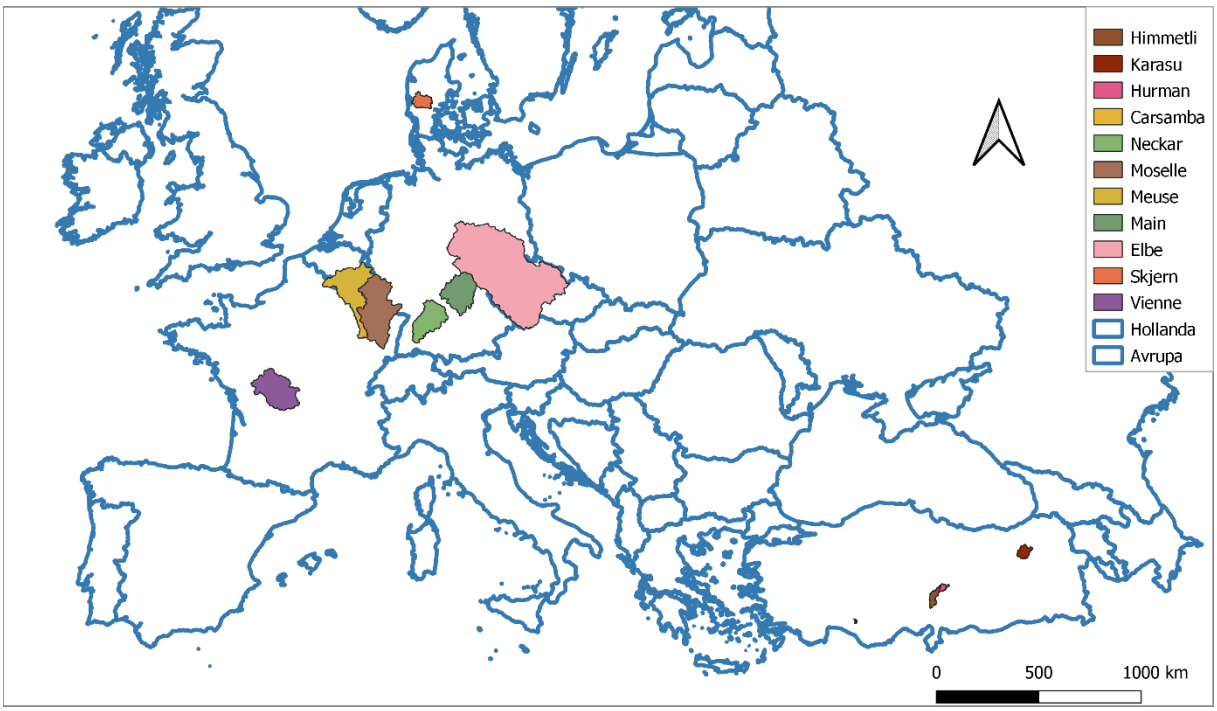
HBV (Lindström et al., 1997) ve GR4J (Perrin et al., 2003) modelleri özellikle taşkın tahmini için geliştirilmişlerdir ve yüzey akışını genellikle yeterli başarı ile benzeştirirler (simüle ederler) (NSE>0.5). Orta ölçekli havzalar için HBV ve VIC modellerinin fiziki alt yapısına dayalı geliştirilmiş olan mesoscale Hydrologic Model - mHM (Samaniego et al., 2010) yayılı bir modeldir ve Fortran tabalı olduğu için açık kaynaklı ve hızlı işlem süresine sahiptir. SWAT modeli yarı dağınık (HRU) CBS tabalı bir modeldir ve yaygın kullanıma sahiptir. Şekil 7, Şekil 8ve Şekil 9 da örnek 3 Türkiye havzasına ait model çıktı hidrografları ve AGİ gözlenen akımlar verilmiştir. Genel itibariyle modelsonuçları yüksek başarıya sahiptir (NSE>0.81). Ancak dikkatli bakıldığında Himmetli de modelin hem taşkın pik debilerini hem de düşük akımları yüksekten benzeştirdiği (over-estimation) görülür. Karasu'da bu durum daha net gözlenir. Himmetli gözlenen akım değerlerinde tekrar eden günlük akım değerleri gözlem yapılan dönemdeki veri güvenilirliğini sorgulatmaktadır.

S3. Taşkın ve kuraklık için alternatif modeller nelerdir?

Tablo 1 de 12 havza için kurduğumuz farklı beş model listelenmiştir. Bu modeller akım performansını önceleyecek şekilde kalibre edildiler. Bu havzaların (Lesse hariç) harita üzerindeki yerleri Şekil 4'te verilmiştir.

Tablo 1 Farklı havzalarda kurulan modellerin çeteresi

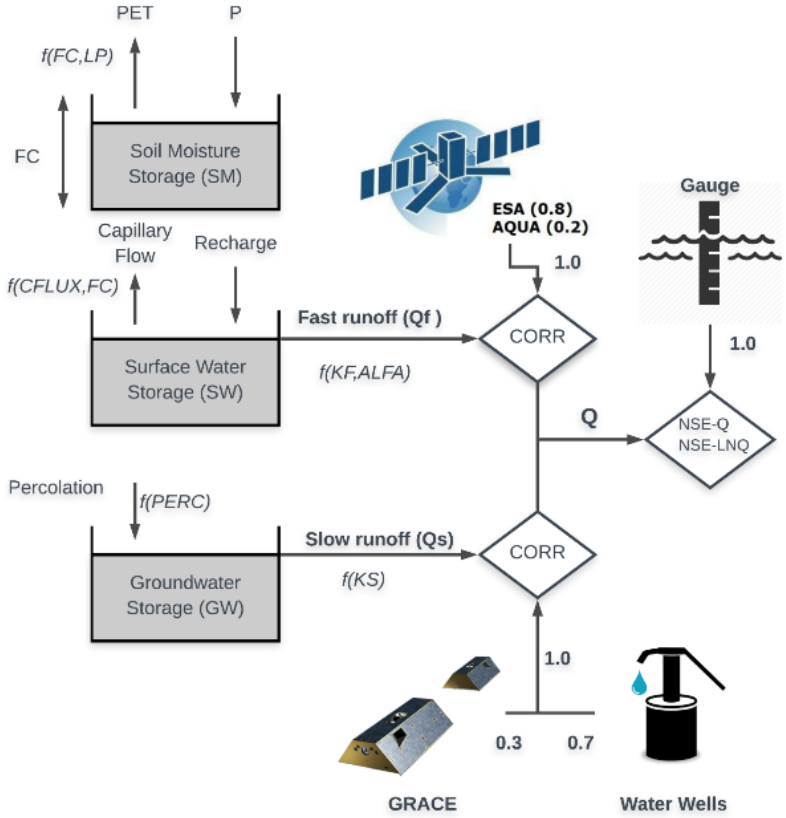
#	Havza	XAJ	GR4J	HBV	mHM	SWAT
1	Skjern (DK)				X	
2	Moselle (FR)	X			X	
3	Lesse (BE)		X	X		
4	Elbe (DE)				X	
5	Main (DE)				X	
6	Meuse (NL)				X	
7	Neckar (DE)s				X	
8	Vienne (FR)				X	
9	Karasu (TR)				X	
10	Himmetli (TR)				X	
11	Hurman (TR)				X	
12	Çarşamba (TR)		X	X		X



Şekil 4: Tübitak 2232 projem ile Türkiye'ye aktarılan modelleme bilgisinin alansal kapsama alanı. Envanterimizde Avrupa'dan 7 havza ve Türkiye'den 4 havza için farklı modeller bu proje desteği ile kurulmuştur.

S4. Bu alternatif modellerin sonuclarina hata ve belirsizlikler nasil etkiler yapar?

Ekim 2019'da Water dergisinde yayınlanan makalemizde HBV modeli özelinde analizler yapıldı (Demirel et al., 2019). Şekil 5'te çalışmamızda kullanılan uydu verileri ESA ve AQUA ile kuyu seviyeleri çalışmaya dahil edilmiştir. Tablo 2 de düşük akımlar ve taşkın debilerine ek olarak, HBV modelinin simüle ettiği toprak nemi ve yeraltı suyu uydu verileri ile kıyaslanmıştır.



Şekil 5: HBV modelinin yüzey akışı ve yearaltısuyu akışındaki belirsizliklerin uydu verileri ve yersel verilerle analizi (Demirel et al., 2019).

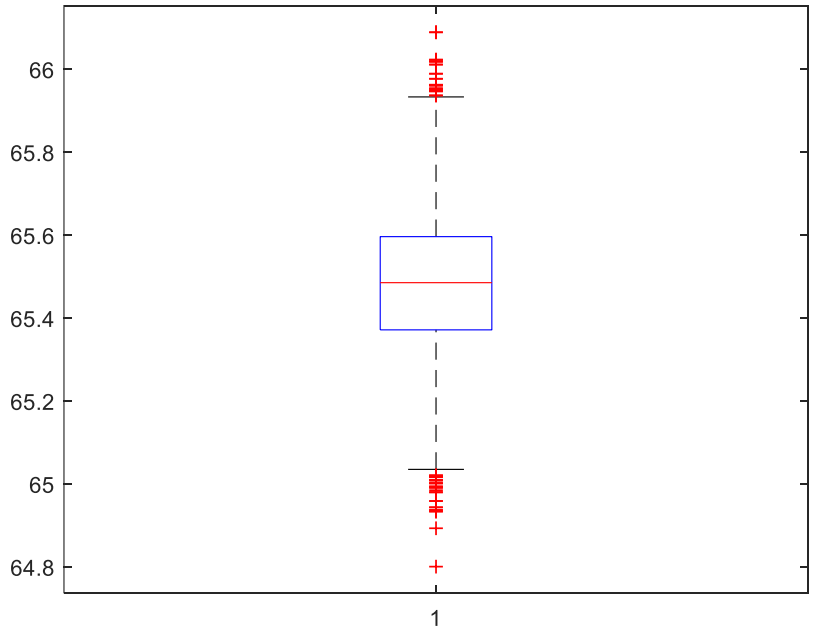
Tablo 2 Farklı amaç fonksiyonlarının, kalibrasyon yöntemlerinin kurak dönem ve taşkın debileri üzerine etkisi (Moselle nehri HBV modeli, Water, 2019 makalesinden).

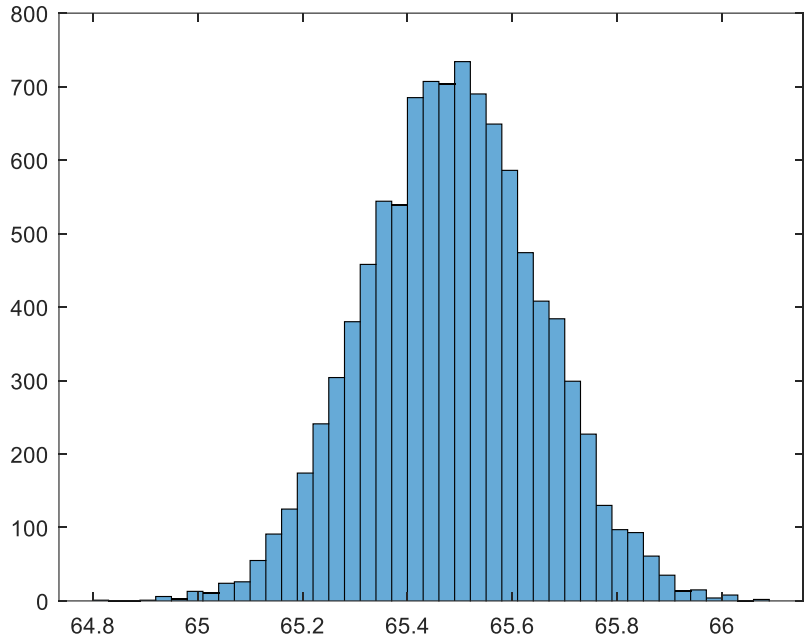
			CAL			VAL		
Case	**Processes**	**Objective Function**	**PEST_LM**	**SCE-UA**	**CMAES**	**PEST_LM**	**SCE-UA**	**CMAES**
1	Q—High flows	CORR_GWG	−0.14	−0.36	−0.38	0.02	−0.05	−0.03
		CORR_GWY	0.51	0.71	0.73	0.61	0.67	0.68
		CORR_SM	0.82	0.83	0.78	0.68	0.67	0.67
		NSE-Q	0.77	0.90	0.89	0.77	0.90	0.89
		NSE-LNQ	0.53	0.86	0.85	0.44	0.84	0.84
	Q—Low flows	CORR_GWG	−0.38	−0.38	−0.36	−0.03	0.07	0.03
		CORR_GWY	0.73	0.62	0.72	0.66	0.75	0.73
		CORR_SM	0.82	0.79	0.78	0.69	0.64	0.67
		NSE-Q	0.84	0.84	0.81	0.84	0.84	0.81
		NSE-LNQ	0.81	0.80	0.82	0.81	0.79	0.76
2	GW—Only	**CORR_GWG**	−0.37	−0.28	−0.27	−0.07	−0.10	−0.05
		CORR_GWY	0.73	0.75	0.75	0.63	0.70	0.75
		CORR_SM	0.79	0.83	0.84	0.68	0.61	0.58
		NSE-Q	0.88	−286	0.72	0.88	−286	0.72
		NSE-LNQ	0.85	−0.68	−0.91	0.83	−1.18	−0.48
	SM—Only	CORR_GWG	−0.05	−0.38	0.18	−0.04	0.01	−0.08
		CORR_GWY	0.48	0.69	0.25	0.58	0.75	0.37
		CORR_SM	0.83	0.85	0.85	0.71	0.65	0.66
		NSE-Q	0.82	−26.7	0.20	0.82	−26.7	0.20
		NSE-LNQ	0.63	0.17	−1.39	0.54	−0.24	−1.39
3	Q + GW	**CORR_GWG**	−0.11	−0.37	−0.31	−0.03	0.00	−0.04
		CORR_GWY	0.54	0.72	0.73	0.61	0.72	0.67
		CORR_SM	0.80	0.83	0.82	0.69	0.66	0.65
		NSE-Q	0.45	0.87	0.85	0.45	0.87	0.85
		NSE−LNQ	0.64	0.84	0.83	0.57	0.78	0.82

		CORR_GWG	−0.36	−0.38	−0.36	0.10	0.00	0.01
		CORR_GWY	0.68	0.72	0.68	0.70	0.74	0.75
	Q + SM	**CORR_SM**	0.84	0.83	0.84	0.64	0.66	0.66
		NSE-Q	0.85	0.88	0.87	0.71	0.88	0.87
		NSE-LNQ	0.81	0.79	0.67	−0.69	0.73	0.62
		CORR_GWG	−0.15	−0.37	−0.34	−0.02	−0.06	−0.07
		CORR_GWY	0.55	0.73	0.73	0.64	0.67	0.65
4	Q + GW + SM	**CORR_SM**	0.83	0.84	0.83	0.69	0.68	0.66
		NSE-Q	0.80	0.88	0.87	0.80	0.88	0.87
		NSE-LNQ	0.58	0.86	0.83	0.50	0.82	0.81

Bunlara ek olarak model girdilerine ve modelciye bağlı olarak değişen spin up tercihlerinin model çıktılarına olan etkileri araştırılmıştır. Bu sonuçlar HİDRO2020 Bartın da sunulacaktır.

- Latin Hybercube ile oluşturulan 10000 LAI haritalarının model çıktısına etkisi incelendi. mHM modelinde LAI haritası PET düzeltmesinde kullanıldığı için debi çıktılarına etkisi ciddi seviyede olmuştur. Diğer modellerde P ve PET dışında model girdisi yoktur, LAI kullanılmaz.





Şekil 6: mHM test havzasında (Moselle'nin alt kolu) sadece 9. gün debisi için 10.000 LHS sonucunda elde edilen değerin dağılımı verilmiştir. Gözlenen debi bu değerlerden çok farklı olarak 80 m^3/s^{-1} dir.

- Model spin-up uzunluğu etkisinin model kalibrasyon performansına etkileri incelenmiştir. Modeli ısındırmak için (spin-up) 0, 1, 3 ve 5 yıl uzunlukta günlük değerler ile test edilmiştir. Fizik tabanlı ve kavramsal modeller üzerine yapılan ön çalışmalarda 1 ila 3 yıl arasında değişen bir sürenin modeli havza koşullarına eriştirdiği görülmüştür.

- Modele ait alansal veri çözünürlüklerinin (500x500m yersel veri çözünürlüğü 24km meteorolojik veri çözünürlüğü arasında değişen) model kalibrasyonuna etkisi halen incelenmektedir. Ön araştırma sonuçlarımızda 500x500m çözünürlüklü model koşturmasının (hidrolojik ve akım öteleme) sahip olduğumuz ofis bilgisayarında (AMD Ryzen 1900X 8-Core, 3.8GHz, 16 GB ram) uzun sürdüğü ve çoklu kalibrasyon çalışmalarında bunun dikkatle incelenmesi gerektiği anlaşılmıştır.

- Kalibrasyonda veri uzunluğunun model performansına etkisi incelendi. mHM modeli için en az 5 yıl günlük verinin model koşturma süresi açısından yeterli olduğu görüldü. 3000 iterasyonlu bir kalibrasyon çalıştırılacaksa çok uzun kalibrasyon süresi toplam koşturma süresini olumsuz etkilemiştir. Araştırmamızda 2001-2005 arasında model koşturmalarını farklı girdi alansal çözünürlükleri ile birlikte inceledik. Çözünürlük yüksek (2 x 2 km) ve zaman serileri de çok uzunsa (>15 yıl) optimizasyonda toplam model koşturma süreleri katlanarak artmaktadır ve model performansı da kötüleşmektedir.

- Başlangıç koşulları (initial conditions) ve amaç fonksiyon seçimleri de önemli belirsizlik kaynaklarındandır. Yaptığımız testlerde özellikle kalibrasyon yönteminin (search algorithm) başarılı bir kalibrasyonda en önemli tercihlerin başında geldiği görülmüştür. Tablo 3'te önemli detaylar sergilenmektedir. Bunlar

1) PEST (Levenberg Marquardt) yöntemi SPADF1 (NSE) hariç lokal minimumda takılmış ve çözüm uzayında farklı noktalarda durmuştur. **2)** Evrensel (metheuristic) yöntemlerden SCE-UA ve CMAES test amaçlı kurgulanan kalibrasyonda değerleri gizlenen 15 parametreyi bulmakta başarılı sonuçlara ulaşmıştır. **3)** SCE-UA genelde CMAES'ten başarılıdır. **4)** Bu proje kapsamında geliştirdiğimiz SPAEF'in türevi olan metriklerin (SPADF 1 - 2, SPAMD) literatürde yaygın olarak kullanılan SSIM metriğinden başarılı olduğu ortaya konmuştur. Bölüm 3.1'de yeni geliştirdiğimiz denklemler detaylıca verilmiştir. Bu tabloyu da içeren taslağımızı basıma hazırlamaktayız.

Tablo 3 PEST, CMAES ve SCE-UA yöntemlerindeki ve farklı amaç fonksiyonlarındaki belirsizliklerinin model optimizasyonuna (model performansına) etkileri

PEST	**Objective Function**				
Other metrics	**SPAEF**	**SPADF1**	**SPADF2**	**SPAMD**	**SSIM**
SPAEF	-0.18	0.79	-0.19	-0.29	-0.41
SPADF1	-20.90	0.82	-20.12	-20.46	-13.19
SPADF2	-0.17	0.93	-0.17	-0.27	-0.39
SPAMD	-0.16	0.91	-0.15	-0.26	-0.38
SSIM	0.67	0.96	0.66	0.61	0.69

CMAES	**Objective Function**				
Other metrics	**SPAEF**	**SPADF1**	**SPADF2**	**SPAMD**	**SSIM**
SPAEF	0.94	0.82	0.70	0.86	0.28
SPADF1	0.95	0.98	0.77	0.86	-1.31
SPADF2	0.96	0.96	0.93	0.96	0.43
SPAMD	0.98	0.94	0.91	0.98	0.42
SSIM	0.99	0.99	0.94	0.98	0.78

SCE-UA	**Objective Function**				
Other metrics	**SPAEF**	**SPADF1**	**SPADF2**	**SPAMD**	**SSIM**
SPAEF	0.96	0.98	0.91	0.97	0.99
SPADF1	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00
SPADF2	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
SPAMD	0.99	1.00	0.98	1.00	1.00
SSIM	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00

S5. Secilen havza icin alternatif modellerden hangisi taskin ve/veya kuraklik icin uygundur?

Aşağıda verilen tablolarda (Tablo 4'ten Tablo 7'ye) farklı modellerin parametre duyarlılık analiz sonuçları verilmiştir. Kurak dönem akımları için NSE (Nash and Sutcliffe, 1970) ve KGE (Gupta et al., 2009) metriklerinin orjinal hali, logaritmitk akım değerlerine uygulanan halleri ve sadece belirlenen eşik değerlerin (Q5 ve Q95) üzerinde ve altında hesaplanan metrikler kullanılmıştır.

Tablolarda gösterilen normalize edilmiş hassasiyet değerleri 0 ile 1 arasında değişmektedir. Farklı amaç fonksiyonları için (akım rejimleri için) farklı parametrelerin öne çıktığı, farklı hidrolojik süreçler için farklı parametrelerin önemli olduğu bu analizler sonucunda ortaya konmuştur.

Tablo 4 XAJ - Moselle model parametrelerinin farklı amaç fonksiyonlarına göre normalize edilmiş duyarlılık analiz sonuçları

Parameter	Min	Max	BIAS	KGE	NSE	KGE_highflows	NSE_highflows	KGE_log	NSE_log	KGE_lowflows	NSE_lowflows
NK	1	6	1	1	1	1	1	0	0.4524	1	1
KC	0.2	1.5	0.1987	0.0842	0.0810	0.0159	0.0224	0.0868	0.0250	0.1664	0.1982
N	0.1	5	0.1000	0.0606	0.0540	0.0591	0.0607	0.0237	0.0255	0.0305	0.0356
SM	10	60	0.0715	0.0742	0.0784	0.0379	0.0385	0.4635	0.4979	0.1404	0.1400
KG	0.01	0.7	0.0296	0.0304	0.0319	0.0173	0.0176	0.2640	0.2806	0.0531	0.0528
KI	0.01	0.7	0.0296	0.0276	0.0290	0.0150	0.0154	0.1561	0.1731	0.0486	0.0493
B	0.1	0.6	0.0123	0.0015	0.0026	0.0008	0	0.1432	0.1334	0.0128	0.0083
EX	0.5	2	0.0054	0.0154	0.0173	0.0088	0.0083	0.0006	0.0007	0.0330	0.0312
WUM	5	20	0.0027	0.0022	0.0023	0	0	0.0128	0.0126	0.0128	0.0126
WDM	10	60	0.0018	0.0003	0.0005	0.0001	0	0.0249	0.0217	0.0026	0.0018
CG	0.95	0.998	0.0006	0.0157	0.0159	0.0138	0.0128	1	1	0.0228	0.0204
WLM	10	90	0.0002	0.0017	0.0019	0.0001	0	0.0236	0.0220	0.0084	0.0079
IM	0	0.05	0	0.0001	0.0001	0	0	0.0006	0.0005	0.0002	0.0002
CI	0.5	0.9	0	0.0035	0.0039	0.0028	0.0025	0.0952	0.1022	0.0064	0.0058
C	0.05	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tablo 5 GR4J - Moselle model parametrelerinin farklı amaç fonksiyonlarına göre normalize edilmiş duyarlılık analiz sonuçları

Parameter	Min	Max	BIAS	KGE	NSE	KGE_highflows	NSE_highflows	KGE_log	NSE_log	KGE_lowflows	NSE_lowflows
X1	10	2000	0.374	0.485	0.605	0.570	0.727	0.025	0.002	0.322	0.064
X2	-8	6	1.000	1.000	1.000	1.000	0.808	1.000	1.000	0.507	0.931
X3	10	500	0.613	0.716	0.360	0.548	1.000	0.017	0.247	1.000	1.000
X4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tablo 6 HBV - Moselle model parametrelerinin farklı amaç fonksiyonlarına göre normalize edilmiş duyarlılık analiz sonuçları

Parameter	BIAS	KGE	NSE	KGE_highflows	NSE_highflows	KGE_log	NSE_log	KGE_lowflows	NSE_lowflows
fc	1.000	0.717	0.568	0.619	0.544	0.056	0.211	1.000	0.844
lp	0.227	0.018	0.032	0.031	0.033	0.319	0.323	0.100	0.293
beta	0.516	0.310	0.155	0.241	0.165	1.000	1.000	0.230	0.928
cflux	0.070	0.065	0.051	0.050	0.046	0.005	0.016	0.081	0.065
alfa	0.004	0.681	0.686	0.702	0.707	0.168	0.184	0.141	0.216
kf	0.059	1.000	1.000	1.000	1.000	0.342	0.424	0.435	0.580
ks	0.003	0.022	0.007	0.005	0.003	0.257	0.343	0.108	0.456
perc	0.045	0.087	0.051	0.040	0.033	0.575	0.741	0.255	1.000

Tablo 7 mHM – Skjern model parametrelerinin farklı amaç fonksiyonlarına göre normalize edilmiş duyarlılık analiz sonuçları

Parameter	Min	Max	KGE	KGE_lowflows
rotfrcofclay	0.9	0.999	1.0000	1.0000
ptfksconst	-1.5	-1.2	0.1562	0.2290
rotfrcoffore	0.9	0.999	0.1408	0.1359
ptfkssand	0.0042	0.01	0.1121	0.1638
pet_ap	0.3	1.3	0.0811	0.2116
rechargcoef	0	50	0.0706	0.0765
intstorcapf	75	200	0.0554	0.0101
slwintreceks	1	30	0.0309	0.0722
intrecesslp	0	10	0.0240	0.0353
ptfhigconst	0.5	0.7	0.0202	0.0390
expslwintflw	0.05	0.3	0.0175	0.0312
infshapef	1	4	0.0128	0.0251
geoparam3	1	1000	0.0108	0.0209
pet_af	0.3	1.3	0.0103	0.0291
geoparam1	1	1000	0.0089	0.0172
ptfhigdb	-0.2	-0.09	0.0058	0.0113
orgmatperv	0	4	0.0045	0.0080
orgmatforest	0	20	0.0038	0.0064
ptfkscurvslp	51	56	0.0027	0.0020
snotrestemp	-2	2	0.0024	0.0037
ptfksclay	0.003	0.0129	0.0023	0.0033
degdayforest	0.0001	4	0.0011	0.0003
rotfrcofsand	0.0001	0.09	0.0009	0.0009
fstintrecfor	1	3	0.0008	0.0001
orgmatimper	0	1	0.0006	0.0010
incddfbyp	0.1	0.9	0.0006	0.0002
ptfhigclay	-0.0055	0.005	0.0004	0.0008
canintfact	0.15	0.4	0.0003	0.0020
degdayperv	0	2	0.0002	0.0001
maxddfperv	0	8	0.0001	0.0000
strcelerity	0.1	15	0.0001	0.0008
maxddfforest	0	8	0.0000	0.0000
pet_bb	0	1.5	0.0000	0.0000
pet_cc	-2	0	0.0000	0.0000
degdayimper	0	1	0.0000	0.0000
maxddfimper	0	8	0.0000	0.0000
ptflowconst	0.6462	0.9506	0.0000	0.0000
ptflowclay	0.0001	0.0029	0.0000	0.0000
ptflowdb	-0.3727	-0.1871	0.0000	0.0000
rotfrcofimp	0.9	0.999	0.0000	0.0000
rotfrcofperv	0.9	0.999	0.0000	0.0000
impstorcapa	0	5	0.0000	0.0000

rcfactkars	-5	5	0.0000	0.0000
glosgwkars	0.1	10	0.0000	0.0000
muskttconst	0.31	0.35	0.0000	0.0000
muskttrivl	0.07	0.08	0.0000	0.0000
muskttrivslp	1.95	2.1	0.0000	0.0000
muskttimper	0.09	0.11	0.0000	0.0000
muskatrivslp	0.01	0.5	0.0000	0.0000
pet_ai	0.3	1.3	0.0000	0.0000
thetanormc1	0.2	1	0.0000	0.0000

3.1 Sonuçlar: Proje döneminde geliştirilen formüller

Bu projemde, 2018 yılında geliştirdiğim ve hidrolojik modellemede yaygınlaşan SPAEF metriğini (Demirel et al., 2018b) geliştirme çabalarına da yer verdim ve aşağıdaki 3 yeni türevi (SPADF-NSE, SPADF-FRE ve SPAMD) geliştirdim. Bu metriklerin görüntü işleme, yüz tanıma gibi alanlarda sık kullanılan SSIM metriği (Wu et al., 2018) ile kıyaslamaları yapıldı ve yerli, yeni geliştirdiğim metriklerimin SSIM'den daha iyi sonuç verdiğini ortaya koyduk. Bu raporlayan makalemiz yayına hazırlanmaktadır. Aşağıdaki formül açıklamaları, makalemizden alınmıştır ve çevirideki aksaklıklara karşı kısmen İngilizcedir.

Spatial efficiency metric (SPAEF)

Pearson correlation coefficient

$$\propto = \frac{\sum_{i=1}^{N}(o_i - \mu_o)(s_i - \mu_s)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(o_i - \mu_o)^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(s_i - \mu_s)^2}} \quad (1)$$

coefficient of variations ratio

$$\beta = \frac{\sigma_o}{\mu_o} / \frac{\sigma_s}{\mu_s} \quad (2)$$

histogram match percentage

$$\gamma = \frac{\sum_{i=1}^{N} min(K_i - L_i)}{\sum_{i=1}^{N} K_i} \quad (3)$$

formulated where μ_o, μ_s are means, $\sigma_o$and σ_s are variance of observed data and simulated data, respectively. Histogram match term indicates that intersection of histogram K of observed map and histogram L simulated map. In case of perfect consistence between observation and simulation, three component is equal to 1.

SPAEF calculated based on the euclidean distance from the perfect modeling condition $[\propto, \beta, \gamma] = [1, 1, 1]$.

$$SPAEF_{o,s} = 1 - \sqrt{(\propto -1)^2 + (\beta - 1)^2 + (\gamma - 1)^2} \quad (4)$$

Spatial density function metric (SPADF-NSE)

$\propto$ $(alfa)$ ve β $(beta)$ kısımları SPAEF metriği ile aynıdır. Dağılımı ölçen γ $(gama)$ kısmında değişikliğe gidilmiştir. Histogram örtüşmesi yerine NSE (Nash and Sutcliffe, 1970) metriği kullanılmıştır.

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N}(o_i - s_i)^2}{\sum_{i=1}^{N}(o_i - \mu_o)^2} \quad (5)$$

$$SPADF - NSE_{o,s} = 1 - \sqrt{(\propto -1)^2 + (\beta - 1)^2 + (NSE - 1)^2} \quad (6)$$

o: gözlenen, s: benzeştirilen 2D raster veri

Spatial density function metric (SPADF-FRE)

SPADF-FRE metriğinde SPAEF ten farklı olarak "histogram örtüşmesi" yerine Frechet indeksini (Dowson and Landau, 1982) kullandık.

$$FRE = \min\{\max \mathrm{d}(o_{\propto i}, s_{\beta i})\} \quad (7)$$

Cumulative distribution function of $o_i = (o_1, o_2, \dots, o_N)$ observation and $s_i = (o_1, o_2, \dots, o_M)$ simulation are mapped by pairs in new sequence r = $\{(o_{\propto 1}, s_{\beta 1}), (o_{\propto 2}, s_{\beta 2}) \dots, (o_{\propto p}, s_{\beta p})\}$ preserving the order. In the condition $o_{\propto 1} = o_1$, $o_{\propto p} = o_N$ and $s_{\beta 1} = s_1$ and $s_{\beta p} = s_M$.

SPADF-FRE metriğinin son hali?

$$SPADF - FRE_{o,s} = 1 - \sqrt{(\propto -1)^2 + (\beta - 1)^2 + (FRE)^2} \quad (8)$$

Spatial movers distance metric (SPAMD)

SPAEF metriğinden farklı olarak histogramların örtüşmesi bu metrikte "Earth Movers" uzaklığı ile ölçülür.

$$EMD = \frac{\sum_{i=1}^{K} \sum_{i=1}^{L} f_{i,j} d_{i,j}}{\sum_{i=1}^{K} \sum_{i=1}^{L} f_{i,j}} \quad (9)$$

$f_{i,j}$is flow cost of transfer ith term of histogram K of observed map to jth histogram L simulated map at distance $d_{i,j}$. EMD is the ratio of work done through the total optimal flow and the total flow. The value of EMD is zero indicates the perfect consistency between two histogram.

SPAMD fonksiyonu

$$SPADF_{o,s} = 1 - \sqrt{(\propto -1)^2 + (\beta - 1)^2 + (EMD)^2} \quad (10)$$

3.2 Sonuçlarda Makale – Konu İlişkisi

- Water 2018 makalesi: Yeni tür duyarlılık analizi geliştirildi. Parametrelerin mekansal duyarlık analizi yapıldı. Kuraklık ve taşkının mekansal boyutu önemli ve artık göz ardı etmeden zamansal analiz yanına mekansal da eklendi **(Demirel et al., 2018a).**

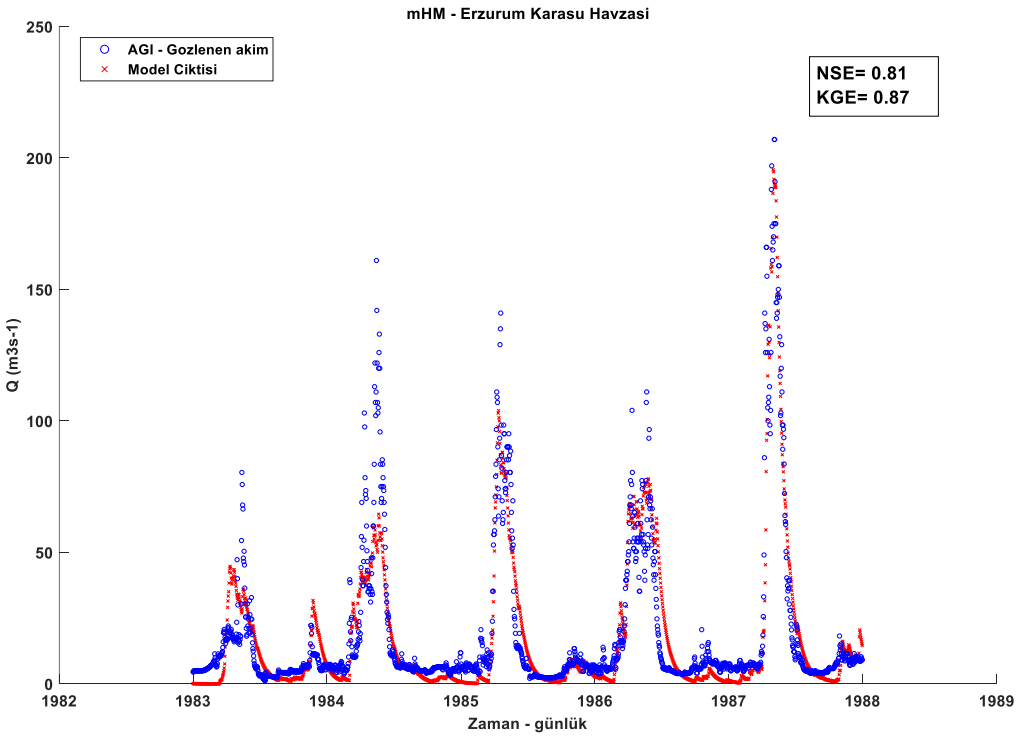
- Hydrogeology 2019 makalesi: Yeraltı suyu , belirsizlik, trend, mekansal hata metriği SPAEF **(Ahmed et al., 2019b).**

- Water 2019 makalesi: Uydu ve yersel verilerle model belirsizlik analizi ve optimizasyonu **(Demirel et al., 2019).**

- Processes 2019 makalesi: SPAEF metriğinin hidrodinamik modellerin belirsizlik analizi / optimizasyonunda test edilmesi **(Koşucu et al., 2019).**

- HESS 2019 makalesi: GCM modellerinin performans ölçümlerinde SPAEF metriğinin kullanılması **(Ahmed et al., 2019a).**

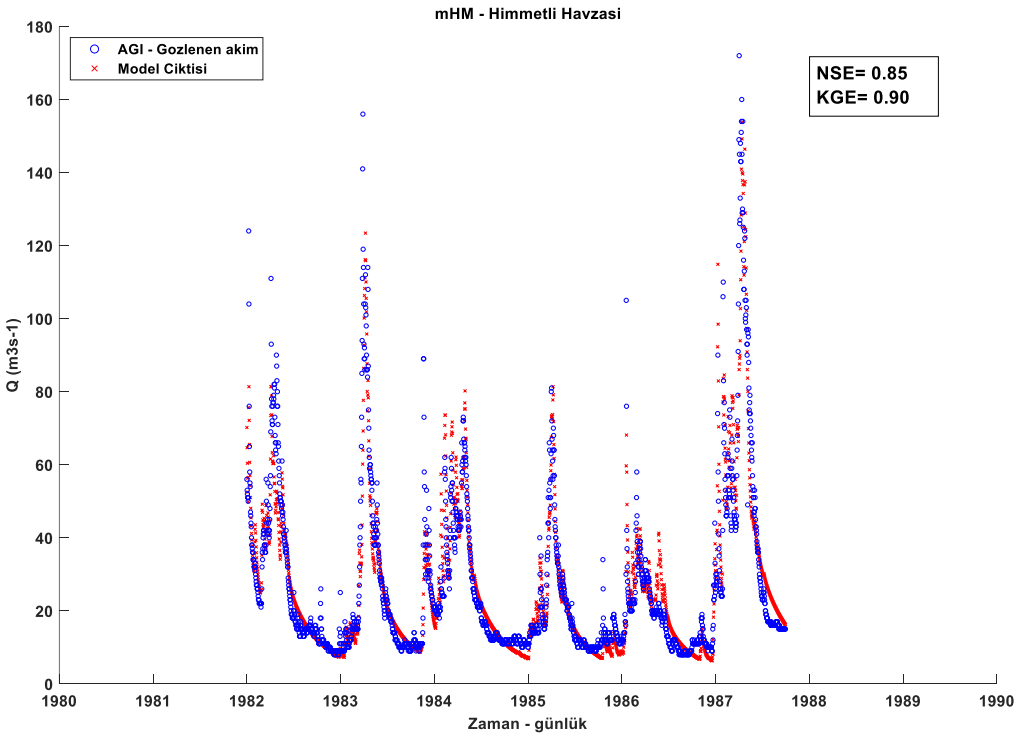
EK 1: mHM – Erzurum Karasu Havza modeli çıktıları




```
Finished Initialization of mRM

Log-file written to test_basin/6695500/output_era5_def/ConfigFile.log

Run mHM
Executing MPR ...
in     0.128 seconds.
OUTPUT: saved netCDF file for basin         1
  to test_basin/6695500/output_era5_def/
OUTPUT: saved netCDF file for basin         1
  to test_basin/6695500/output_era5_def/
  in        3.553 seconds.

Write restart file
  Writing Restart-file: test_basin/6695500/output_era5_def/mHM_restart_001.nc ...
  in     0.033 seconds.
  Writing mRM restart file to test_basin/6695500/output_era5_def/mRM_restart_001.nc ...

OUTPUT: saved daily discharge file for basin 1
  to test_basin/6695500/output_era5_def/discharge.nc
  KGE of daily discharge (gauge #1): 0.87327
  NSE of daily discharge (gauge #1): 0.81441

Done      67824 time steps.
Finished at 02.12.2019 12:10:41.
```

Şekil 7: mHM – Erzurum Karasu (#6695500 no lu istasyon) model sonuçları üstte: hidrograf, altta: model arayüzü ve NSE, KGE değerleri verilmiştir.

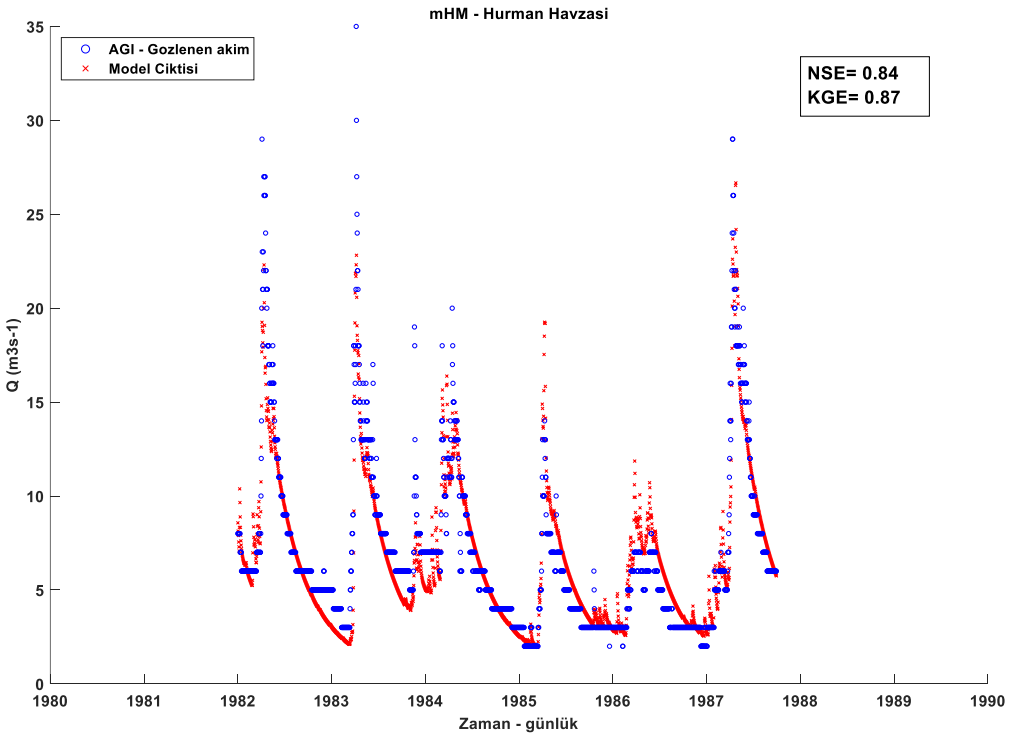
EK 2: mHM – Himmetli Tanır Havza modeli çıktıları




```
Finished Initialization of mRM

Log-file written to test_basin/6691800/output_era5_def/ConfigFile.log

Run mHM
Executing MPR ...
in      0.036 seconds.
OUTPUT: saved netCDF file for basin          1
  to test_basin/6691800/output_era5_def/
OUTPUT: saved netCDF file for basin          1
  to test_basin/6691800/output_era5_def/
  in        2.907 seconds.

Write restart file
  Writing Restart-file: test_basin/6691800/output_era5_def/mHM_restart_001.nc ...
  in      0.045 seconds.
  Writing mRM restart file to test_basin/6691800/output_era5_def/mRM_restart_001.nc ...

OUTPUT: saved daily discharge file for basin 1
  to test_basin/6691800/output_era5_def/discharge.nc
  KGE of daily discharge (gauge #1): 0.87460
  NSE of daily discharge (gauge #1): 0.84515

Done      324336 time steps.
Finished at 02.12.2019 12:13:12.
```

Şekil 8: mHM – Göksu Himmetli (#6691800 no lu istasyon) model sonuçları üstte: hidrograf, altta: model arayüzü ve NSE, KGE değerleri verilmiştir.

EK 3: mHM – Hurman-Tanır Havza modeli çıktıları




```
  Finished Initialization of mRM

  Log-file written to test_basin/6691700/output_era5_def/ConfigFile.log

  Run mHM
  Executing MPR ...
  in      0.088 seconds.
  OUTPUT: saved netCDF file for basin          1
    to test_basin/6691700/output_era5_def/
  OUTPUT: saved netCDF file for basin          1
    to test_basin/6691700/output_era5_def/
    in         7.958 seconds.

  Write restart file
    Writing Restart-file: test_basin/6691700/output_era5_def/mHM_restart_001.nc ...
    in      0.066 seconds.
    Writing mRM restart file to test_basin/6691700/output_era5_def/mRM_restart_001.nc ...

  OUTPUT: saved daily discharge file for basin 1
    to test_basin/6691700/output_era5_def/discharge.nc
    KGE of daily discharge (gauge #1): 0.90084
    NSE of daily discharge (gauge #1): 0.85534

Done      324336 time steps.
Finished at 02.12.2019 14:12:01.
```

Şekil 9: mHM – Hurman Tanır (#6691700 no lu istasyon) model sonuçları üstte: hidrograf, altta: model arayüzü ve NSE, KGE değerleri verilmiştir.

Kaynakça

Ahmed, K., Sachindra, D. A., Shahid, S., Demirel, M. C. and Chung, E.-S.: Selection of multi-model ensemble of GCMs for the simulation of precipitation based on spatial assessment metrics, Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss., 1–35, doi:10.5194/hess-2018-585, 2019a.

Ahmed, K., Shahid, S., Demirel, M. C., Nawaz, N. and Khan, N.: The changing characteristics of groundwater sustainability in Pakistan from 2002 to 2016, Hydrogeol. J., 27(7), 2485–2496, doi:10.1007/s10040-019-02023-x, 2019b.

Demirel, M., Koch, J., Mendiguren, G. and Stisen, S.: Spatial Pattern Oriented Multicriteria Sensitivity Analysis of a Distributed Hydrologic Model, Water, 10(9), 1188, doi:10.3390/w10091188, 2018a.

Demirel, M. C., Mai, J., Mendiguren, G., Koch, J., Samaniego, L. and Stisen, S.: Combining satellite data and appropriate objective functions for improved spatial pattern performance of a distributed hydrologic model, Hydrol. Earth Syst. Sci., 22(2), 1299–1315, doi:10.5194/hess-22-1299-2018, 2018b.

Demirel, M. C., Özen, A., Orta, S., Toker, E., Demir, H. D., Ekmekcioğlu, Ö., Tayşi, H., Eruçar, S., Sağ, A. B., Sarı, Ö., Tuncer, E., Hancı, H., Özcan, T. İ., Erdem, H., Koşucu, M. M., Başakın, E. E., Ahmed, K., Anwar, A., Avcuoğlu, M. B., Vanlı, Ö., Stisen, S. and Booij, M. J.: Additional Value of Using Satellite-Based Soil Moisture and Two Sources of Groundwater Data for Hydrological Model Calibration, Water, 11(10), 2083, doi:10.3390/w11102083, 2019.

Doherty, J.: PEST: Model Independent Parameter Estimation. Fifth Edition of User Manual, Watermark Numerical Computing, Brisbane., 2005.

Dowson, D. C. and Landau, B. V.: The Fréchet distance between multivariate normal distributions, J. Multivar. Anal., doi:10.1016/0047-259X(82)90077-X, 1982.

Gupta, H. V., Kling, H., Yilmaz, K. K. and Martinez, G. F.: Decomposition of the mean squared error and NSE performance criteria: Implications for improving hydrological modelling, J. Hydrol., 377(1–2), 80–91, doi:10.1016/j.jhydrol.2009.08.003, 2009.

Jing, M., Heße, F., Kumar, R., Wang, W., Fischer, T., Walther, M., Zink, M., Zech, A., Samaniego, L., Kolditz, O. and Attinger, S.: Improved regional-scale groundwater representation by the coupling of the mesoscale Hydrologic Model (mHM v5.7) to the groundwater model OpenGeoSys (OGS), Geosci. Model Dev., 11(5), 1989–2007, doi:10.5194/gmd-11-1989-2018, 2018.

Koşucu, M. M., Demirel, M. C., Kirca, V. O. and Özger, M.: Hydrodynamic and Hydrographic Modeling of Istanbul Strait, Processes, 7(10), 710, doi:10.3390/pr7100710, 2019.

Lindström, G., Johansson, B., Persson, M., Gardelin, M. and Bergstrom, S.: Development and test of the distributed HBV-96 hydrological model, J. Hydrol., 201(1–4), 272–288, 1997.

Nash, J. E. and Sutcliffe, J. V.: River flow forecasting through conceptual models part I — A discussion of principles, J. Hydrol., 10(3), 282–290, doi:10.1016/0022-1694(70)90255-6, 1970.

Perrin, C., Michel, C. and Andréassian, V.: Improvement of a parsimonious model for streamflow simulation, J. Hydrol., 279(1–4), 275–289 [online] Available from: http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V6C-49507JG-1/2/c9654f1418557e3106055320abca339a, 2003.

Rujner, H., Leonhardt, G., Marsalek, J. and Viklander, M.: High-resolution modelling of the grass swale response to runoff inflows with Mike SHE, J. Hydrol., 562, 411–422,

doi:10.1016/j.jhydrol.2018.05.024, 2018.

Samaniego, L., Kumar, R. and Attinger, S.: Multiscale parameter regionalization of a grid-based hydrologic model at the mesoscale, Water Resour. Res., 46(5), W05523, doi:10.1029/2008WR007327, 2010.

Wu, Y., Rivenson, Y., Zhang, Y., Wei, Z., Günaydin, H., Lin, X. and Ozcan, A.: Extended depth-of-field in holographic imaging using deep-learning-based autofocusing and phase recovery, Optica, 5(6), 704, doi:10.1364/optica.5.000704, 2018.

3.2 Çıktılar

Yayın Bilgisi Tablosu

Yayın Türü	Hazırlık aşamasında (adet)	Hakem Sürecinde (adet)	Kabul edildi (adet)	Yayınlandı (adet)
Makale	**1**	**1**		**5**
Tebliğ				**1**

Yukarıdaki tabloda sayılarını girdiğiniz yayınların tebliğ künyelerini yazınız

(Künyelerini yazdığınız yayınları Sonuç Raporuna ayrıca ekleyiniz.)

Destek (Funding/Acknowledgement) kısmında TÜBİTAK 2232 projemin (118C020) verildiği makalelerim:

1. Ahmed, K., Sachindra, D. A., Shahid, S., **Demirel, M. C.** and Chung, E.-S.: Selection of multi-model ensemble of GCMs for the simulation of precipitation based on spatial assessment metrics, Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss., 1–35, doi:10.5194/hess-2018-585, **2019a**.

2. Ahmed, K., Shahid, S., **Demirel, M. C.**, Nawaz, N. and Khan, N.: The changing characteristics of groundwater sustainability in Pakistan from 2002 to 2016, Hydrogeol. J., 27(7), 2485–2496, doi:10.1007/s10040-019-02023-x, **2019b**.

3. **Demirel, M. C.**, Özen, A., Orta, S., Toker, E., Demir, H. D., Ekmekcioğlu, Ö., Tayşi, H., Eruçar, S., Sağ, A. B., Sarı, Ö., Tuncer, E., Hancı, H., Özcan, T. İ., Erdem, H., Koşucu, M. M., Başakın, E. E., Ahmed, K., Anwar, A., Avcuoğlu, M. B., Vanlı, Ö., Stisen, S. and Booij, M. J.: Additional Value of Using Satellite-Based Soil Moisture and Two Sources of Groundwater Data for Hydrological Model Calibration, Water, 11(10), 2083, doi:10.3390/w11102083, **2019.**

4. **Demirel, M.C.**, Koch, J., Mendiguren, G. and Stisen, S.: Spatial Pattern Oriented Multicriteria Sensitivity Analysis of a Distributed Hydrologic Model, Water, 10(9), 1188, doi:10.3390/w10091188, **2018.**

5. Koşucu, M. M., **Demirel, M. C.**, Kirca, V. O. and Özger, M.: Hydrodynamic and Hydrographic Modeling of Istanbul Strait, Processes, 7(10), 710, doi:10.3390/pr7100710, **2019.**

Tebliğ (Tam metinli):

6. Başakın, E. E., Sağ, A. B., Kartal, E., Avcuoğlu, M. B. and **Demirel, M. C.**: Calibration of Conceptual Hydrological Model Parameters using Heuristic Algorithms, in 3. International UNIDOKAP Black Sea Symposium (ISBN 978-605-80568-1-7), edited by M. Gül, Y. Acungil, D. Bozdoğan, and Ü. Şimşek, pp. 730–741, Tokat, Türkiye. [online] Available from: www.dokapsempozyum.org, 2019.

Hazırlanan Makaleler:

7. **Demirel, M. C.** and Kartal, E.: Comparison of SPAEF and SSIM metrics on spatial calibration of a distributed hydrologic model, Prep., 2019.Demirel, M. C. and Kartal, E.:

Comparison of SPAEF and SSIM metrics on spatial calibration of a distributed hydrologic model, (to be submitted to Remote Sensing), 2019.

Hakem İncelemesindeki Yayınlar:

8. Oriani, F., Stisen, S., **Demirel, M. C.** and Mariethoz, G.: Recovering missing rainfall data for distributed hydrological models: can data-pattern resampling lead to a more realistic hydrological response?, J. Hydrometeorol., (under review), 2019.

4. Araştırma Çalışmasının Yürütülmesi ile İlgili Karşılaşılan Güçlükler

2019 Yaz okulunda 2 ders verdim. 2019-2020 Güz döneminde İTÜ'de lisans ve lisansüstü düzeyde dört ders veriyorum ve hem ders hem araştırma yapmak zor yürüyor.

- Hydrology (BSc) : 2 sınıf 26 + 27 öğrenc sayısı (Yaz okulunda)
- Water Supply and Environmental Sanitation (BSc): 1 sınıf 39 kişi
- Su temini ve Çevre Sağlığı I: 1 sınıf 50 kişi
- Hydrologic Modeling With Remote Sensing (MSc): 1 sınıf 15 kişi
- Calibration of Land Surface Models (PhD): 1 sınıf 5 kişi

5. Diğer Kişi ve/veya Kurumlar Tarafından Sağlanan Maddi Destekler

(Eğer varsa bursiyerin yaşam giderlerine ve/veya araştırmanın gerçekleştirilmesine destek sağlamak için araştırma çalışmalarının yürütüldüğü kurum dışında diğer kişi ve kurumlardan sağlanan maddi destekler hakkında bilgi veriniz.)

Başka destek alınmamaktadır.

6. Araştırma Önerisinde Yer alan İş Paketlerinin Gerçekleşme Yüzdesi

(Araştırma Önerinizde yer verdiğiniz tüm iş paketlerini içerecek şekilde aşağıdaki tabloya giriniz)

İş Paketleri ve Gerçekleşme Yüzdesi*

İş Paketi	Dönem İçi Gerçekleşme Yüzdesi	Toplam Gerçekleşme Yüzdesi
1. İş paketi (ilk 2 ay)	**%100**	**%100**
2. İş paketi (3. - 7. ay arası)	**%100**	**%100**
3. İş paketi (8. - 12. ay arası)	**%100**	**%100**
4. İş paketi (9. - 12. ay arası)	**%100**	**%100**
5. İş paketi (11. - 15. ay arası)	**%100**	**%100**
6. İş paketi (13. - 19. ay arası)	**%100**	**%100**
7. İş paketi (13. - 19. ay arası)	**%100**	**%100**

*: İhtiyacınıza göre satır sayısını artırabilirsiniz.

Proje Önerimdeki İş Paketleri (8 adet) bir sonraki sayfada detaylıca verilmiştir. Proje önerim 24 ay için planlanmasına rağmen 18 ay destek verilmiştir. Bu süreye sığdırılan iş paketleri yukarıda verilmiştir. Diğer adımlar sürmektedir. Öngörülen iki senede 2 makale yerine seçkin dergilerde beş makale yayınlanmıştır.

Ilk yil (2017 - 2018)														
Is Paketleri (IP)	Is Tanimi	Agu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Oca	Sub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Hedeflenen Ciktilar
IP-1	Detayli proje planinin hazirlanmasi, literatur taramasi ve hidrolojik model secimi													Aday fiziki ve kavramsal 3 model belirlenir
	Koordinator toplantisi - fikir alisverisi	x			x			x			x			
IP-2	Secilen modellere veri hazirlanmasi													Aday modeller calisir hale getirilir
IP-3	Belirsizlik analizinin sinirlarinin belirlenmesi icin model degiskenlerinin hassasiyet analizi (PEST yardimi ile)													Hangi parametereler cok hassas, ortaya cikar
IP-4	Model girdilerinin hassasiyet analizi ve belirsizlik analizi icin en onemlilerinin secimi													Hangi model girdileri nehir debisini cok etkiliyor, ortaya cikar
IP-5	Taskin ve kuraklik icin model degisken ve girdi hassasiyet sonuclarinin makale formatinda hazirlanmasi													Makale
	Konferans katilimi (AGU/EGU/IAHS)					x				x				Poster veya sozlu sunum
	Proje raporu - birinci yil sonuclari													

		Ikinci yil (2019 - 2020)												
Is Paketleri (IP)	Is Tanimi	Agu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Oca	Sub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Hedeflenen Ciktilar
	Makale yaziminin sonuclandirilmasi ve dergiye gonderimi													
IP-6	GLUE/Monte Carlo belirsizlik analizi - taskin benzetimi													Belirsizligin taskin benzetim basarimina uzerine etkisi belli olur
IP-7	GLUE/Monte Carlo belirsizlik analizi - kuraklik benzetimi													Belirsizligin kuraklik benzetim basarimina uzerine etkisi belli olur

Şekil 10 Proje önerimin 25 ve 26. Sayfalarında verilen İş Paketleri zaman çizelgesi

Proje Önerimin tamamını görmek için tıklayınız
http://web.itu.edu.tr/~demirelmc/tubitak2232/proje_onerisi.pdf

MALİ RAPOR TABLOSU
RAPOR DÖNEMİNDE GERÇEKLEŞEN HARCAMALAR

PROJE NO	**:**	**18C020**
RAPOR NO ve DÖNEMİ	**:**	**3-Sonuç raporu ve dönem 13/05/2019 – 30/11/2019**
YÜRÜTÜCÜ ADI SOYADI	**:**	**Doç. Dr. Mehmet Cüneyd Demirel**
KURULUŞU	**:**	**İstanbul Teknik Üniversitesi**
PROJE ADI	**:**	**Hidrolojik modellerde farklı belirsizlik kaynaklarının modelin taşkın ve kuraklık benzetim başarımına etkisi**

EKONOMİK SINIFLANDIRMA KODLARI						**PROJE SÜRESİ BOYUNCA GERÇEKLEŞEN HARCAMA (TL)**	**HARCAMALARA İLİŞKİN GEREKÇELER/AÇIKLAMALAR**
SARF GİDERLERİ (Tüketime Yönelik Mal Ve Malzeme Alımları)							
03	2	1	01		Kırtasiye ve Büro Malzemeleri Alımları	0 (Sıfır) TL	Harcama yapılmadı, iade edildi.
03	2	1	05		Baskı ve Cilt Giderleri	“	“
03	2	1	90		Diğer Kırtasiye ve Büro Malzemesi Alımları:	“	“
03	2	6	01		Laboratuvar, Kimyevi, Temrinlik ve Tıbbi Malzeme ile İlaç Alımları	“	“
03	2	9	90		Diğer Tüketim Mal ve Malzemesi Alımları	“	“
SEYAHAT GİDERLERİ (Yol, Gündelik ve Konaklama Giderleri)							
03.3.1.01			Yurtiçi Geçici Görev Yollukları			0 (Sıfır) TL	Harcama yapılmadı, iade edildi.
03.3.3.01			Yurtdışı Geçici Görev Yollukları			“	“
HİZMET ALIMLARI							

03	5	1	01		Etüt-Proje Bilirkişi Ekspertiz Giderleri	0 (Sıfır) TL	Harcama yapılmadı, iade edildi.
03	5	1	02		Araştırma ve Geliştirme Giderleri	‘‘	‘‘
03	5	5	01		Dayanıklı Mal ve Malzeme Kiralaması Giderleri	‘‘	‘‘
03	5	5	02		Taşıt ve/veya İş Makinesi Kiralaması Giderleri	‘‘	‘‘
03	5	5	10		Bilgisayar ve Bilgisayar Sistemleri ve Yazılımları Kiralaması Giderleri	‘‘	‘‘
03	5	9	90		Diğer Hizmet Alımları	‘‘	‘‘
MAKİNE VE TEÇHİZAT GİDERLERİ (MAMUL MAL ALIMLARI) (Alınan teçhizatların tek tek dökümü yapılarak cihazların fiyatları ayrı ayrı belirtilmelidir.)							
03.7.1.02			Büro ve İşyeri Makine ve Teçhizat Alımları:				
			1				
			2				
			3				
03.7.2.01			Bilgisayar Yazılım Alımları ve Yapımları				
			1				
			2				
			3				
03.7.3.02			Makine Teçhizat Bakım ve Onarım Giderleri				
			1				
			2				
			3				
GENEL TOPLAM							

(Yukarıda verilen tablo doldurulurken ‘‘Bütçe Rehberi‘‘ başlıklı metinden faydalanılabilir.)

Not: Mali Rapor tablosunu doldurarak eklediğinizden emin olunuz.

	Adı ve Soyadı	Tarih	İmza
Araştırmacı:	Doç. Dr. Mehmet Cüneyd Demirel	29.11.2019	
Koordinatör:	Prof. Dr. Ercan Kahya	29.11.2019	

Not: Ara raporda verilen uzun linkler pdf formatında kolayca açılabilsin diye sadece imza bölümü cep telefonu ile taranmış Word dökümana aktarılmıştır. İmza teyitleri ilk sayfada yer alan araştırmacı (demirelmc@itu.edu.tr) ve koordinatör (kahyae@itu.edu.tr) e-posta adresleri veya telefon numaraları aracılığı ile alınabilir. Gerekli görülürse, raporun orijinal hali posta yoluyla da gönderilebilir.