



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**BAZI İLAÇ ETKEN MADDELERİNİN
SULU ORTAMDA VE YÜZEY AKTİF MADDELER
VARLIĞINDA ADSORPSİYONUNUN İNCELENMESİ**

**Kimya Müh. Elif ÇALIŞKAN
Kimya Anabilim Dalı
Fiziksel Kimya Programı**

**Danışman
Prof.Dr. Mehmet MAHRAMANLIOĞLU**

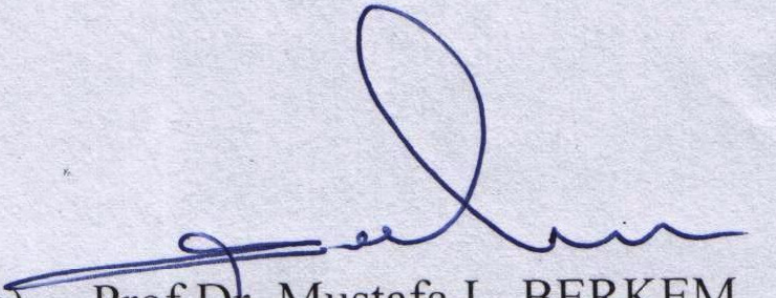
Ekim, 2011

İSTANBUL

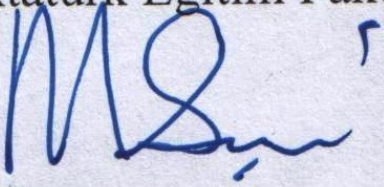
2602070031 öğrenci numaralı Elif ÇALIŞKAN tarafından hazırlanan bu çalışma 18/10/2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Kimya Anabilim Dalı Fiziksel Kimya programında Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

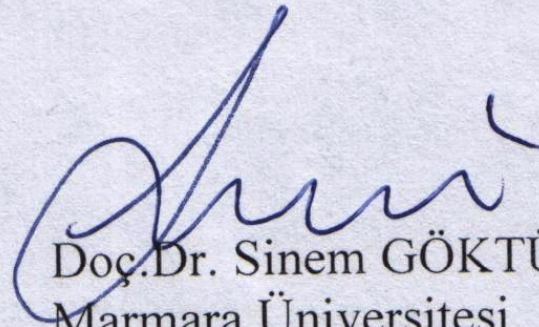
Tez Jürisi


Prof. Dr. Mehmet MAHRAMANLIOĞLU (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

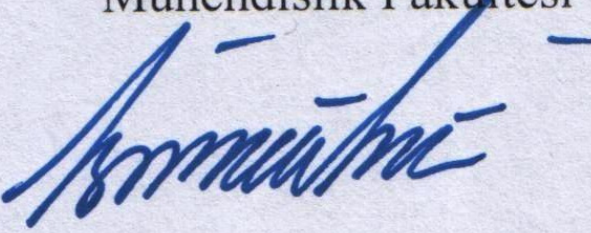

Prof. Dr. Mustafa L. BERKEM
Marmara Üniversitesi
Fen-Edebiyat Fakültesi

Prof. Dr. Musa ŞAHİN
Marmara Üniversitesi
Atatürk Eğitim Fakültesi




Doç. Dr. Sinem GÖKTÜRK
Marmara Üniversitesi
Eczacılık Fakültesi

Doç. Dr. İsmail İNCİ
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



Bu alışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 3991 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Bilgi ve tecrübesi ile akademik çalışmalarımı yönlendiren, ilgi ve desteğini gördüğüm değerli danışman hocam Prof. Dr. Mehmet MAHRAMANLIOĞLU'na ve tezimin her aşamasında bilgi ve yardımlarını esirgemeyen sevgili hocam Doç. Dr. Sinem GÖKTÜRK'e emekleri için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam boyunca desteklerini esirgemeyen başta Anabilim Dalı Başkanı A.Seza BAŞTUĞ olmak üzere tüm M.Ü. Eczacılık Fakültesi, Eczacılık Temel Bilimleri Anabilim Dalı öğretim üyelerine, ayrıca FTIR analizleri konusunda yardımcı olan M.Ü. Eczacılık Fakültesi, Farmasötik Kimya Anabilim Dalı araştırma görevlisi arkadaşım Dr. Pelin ÇIKLA'ya çok teşekkür ederim.

Bu tezin son kısmını oluşturan rejenerasyon çalışmalarının bir bölümü İspanya Instituto Nacional del Carbón (INCAR)'da YÖK Doktora Araştırma Bursu ile desteklenerek yürütülmüştür. Bu çalışmayı yönlendiren Dr. Conchi O. ANIA'ya ve çalışma boyunca yardımlarını esirgemeyen Dr. J. Ángel MENÉNDEZ, Dr. J. Bernardo PARRA ve José M. BERMÚDEZ'e de teşekkür borçluyum.

Ayrıca her türlü desteğini esirgemeyen aileme, Murat ATA'ya ve diğer tüm dostlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ekim, 2011

Elif ÇALIŞKAN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ	vi
TABLO LİSTESİ	xv
SEMBOL LİSTESİ	xviii
ÖZET	xix
SUMMARY	xx
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR	5
2.1 ADSORPSİYON	5
2.1.1 Fizisorpsiyon ve Kemisorpsiyon	5
2.1.2 Katı-sıvı Ara Yüzeyinde Adsorpsiyon	6
2.1.2.1 Katı-sıvı ara yüzeyinde adsorpsiyon modeli	6
2.1.2.2 Adsorplanan madde miktarının hesaplanması	8
2.1.2.3 Giles sınıflandırması	9
2.1.3 Adsorpsiyon İzotermi	11
2.1.3.1 Langmuir izotermi	11
2.1.3.2 Freundlich izotermi	12
2.1.3.3 Brunauer-Emmett-Teller (BET) izotermi ve yüzey alanlarının belirlenmesi	12
2.1.4 Adsorpsiyon Mekanizması	13
2.1.4.1 Tanecik içi difüzyon	13
2.1.5 Adsorpsiyon Kinetiği	13
2.1.5.1 Lagergren 1. derece hız eşitliği	13
2.1.5.2 Yalancı 2. derece hız eşitliği	14
2.1.6 Adsorpsiyon Termodinamiği	14
2.2 ADSORBAN MADDELER	15
2.2.1 Aktif Karbon	16
2.2.1.1 Aktif karbonun rejenerasyonu	18
2.2.2 Bentonit	19
2.3 İLAÇ ETKEN MADDELERİ	22
2.3.1 Prometazin hidroklorür	23
2.3.2 Triflupromazin hidroklorür	23
2.3.3 Trimetoprim	24
2.3.4 Karbamazepin	24
2.3.5 İbuprofen	24
2.4 YÜZEY AKTİF MADDELER	25
2.4.1 Sodyum dodesil sülfat	27
2.4.2 Dodesil trimetil amonyum bromür	27
2.5 KONU İLE İLGİLİ DAHA ÖNCE YAPILMIŞ OLAN ÇALIŞMALAR	28
3. MALZEME VE YÖNTEM	31
3.1 KULLANILAN MADDELER	31
3.1.1 İlaç Etken Maddeleri	31
3.1.1.1 Prometazin hidroklorür	31
3.1.1.2 Triflupromazin hidroklorür	31
3.1.1.3 Trimetoprim	31

3.1.1.4 Karbamazepin	32
3.1.1.5 İbuprofen	32
3.1.2 Yüzey Aktif Maddeler	32
3.1.2.1 Sodyum dodesil sülfat	32
3.1.2.2 Dodesil trimetil amonyum bromür	33
3.1.3 Adsorbanlar	33
3.1.3.1 Aktif Karbon	33
3.1.3.2 Bentonit	34
3.1.4 Diğer Maddeler	35
3.2 DENEYLERİN YAPILIŞI	36
3.2.1 Adsorpsiyon Deneyleri	36
3.2.1.1. Denge süreleri ve adsorpsiyon kinetiği	36
3.2.1.2. Adsorpsiyon izotermeleri	36
3.2.1.3 YAM'lerin tek başına adsorpsiyon deneyleri	37
3.2.2 Rejenerasyon Deneyleri	37
3.2.2.1 Çözücü rejenerasyonu	37
3.2.2.2 Termal rejenerasyon	39
4. BULGULAR	41
4.1 İLAÇ ETKEN MADDELERİNİN AK ÜZERİNDEKİ ADSORPSİYONLARI	41
4.1.1 Derişimin Zamanla Değişimi	41
4.1.1.1 PM	41
4.1.1.2 TFP	42
4.1.1.3 TM	43
4.1.1.4 KM	44
4.1.1.5 IBU	45
4.1.2 Adsorpsiyon Kinetiği	46
4.1.2.1 PM	46
4.1.2.2 TFP	48
4.1.2.3 TM	50
4.1.2.4 KM	52
4.1.2.5 IBU	54
4.1.3 Adsorpsiyon İzotermeleri	56
4.1.3.1 PM	56
4.1.3.2 TFP	58
4.1.3.3 TM	60
4.1.3.4 KM	62
4.1.3.5 IBU	64
4.1.4 Adsorpsiyon Termodinamiği	66
4.1.4.1 PM	66
4.1.4.2 TFP	67
4.1.4.3 TM	68
4.1.4.4 KM	68
4.1.4.5 IBU	69
4.2 İLAÇ ETKEN MADDELERİNİN SDS VARLIĞINDA AK ÜZERİNDEKİ ADSORPSİYONLARI	70
4.2.1 SDS Varlığında Derişimin Zamanla Değişimi	70
4.2.1.1 PM	70
4.2.1.2 TFP	72
4.2.1.3 TM	73
4.2.1.4 KM	74
4.2.1.5 IBU	75
4.2.2 Adsorpsiyon Kinetiği	76
4.2.2.1 PM	76
4.2.2.2 TFP	78
4.2.2.3 TM	81
4.2.2.4 KM	83
4.2.2.5 IBU	85
4.2.3 SDS Varlığında Adsorpsiyon İzotermeleri	88

4.2.3.1 PM	88
4.2.3.2 TFP	90
4.2.3.3 TM	92
4.2.3.4 KM	94
4.2.3.5 IBU	96
4.3 İLAÇ ETKEN MADDELERİNİN DTAB VARLIĞINDA AK ÜZERİNDEKİ ADSORPSİYONLARI	99
4.3.1 DTAB Varlığında Derişimin Zamanla Değişimi	99
4.3.1.1 PM	99
4.3.1.2 TFP	100
4.3.1.3 TM	101
4.3.1.4 KM	102
4.3.1.5 IBU	103
4.3.2 Adsorpsiyon Kinetiği	104
4.3.2.1 PM	104
4.3.2.2 TFP	106
4.3.2.3 TM	109
4.3.2.4 KM	111
4.3.2.5 IBU	113
4.3.3 DTAB Varlığında Adsorpsiyon İzotermeleri	116
4.3.3.1 PM	116
4.3.3.2 TFP	118
4.3.3.3 TM	120
4.3.3.4 KM	122
4.3.3.5 IBU	124
4.4 İLAÇ ETKEN MADDELERİNİN BNT ÜZERİNDEKİ ADSORPSİYONLARI	127
4.4.1 Derişimin Zamanla Değişimi	127
4.4.1.1 PM	127
4.4.1.2 TFP	128
4.4.1.3 TM	129
4.4.1.4 KM	130
4.4.1.5 IBU	131
4.4.2 Adsorpsiyon Kinetiği	132
4.4.2.1 PM	132
4.4.2.2 TFP	134
4.4.2.3 TM	136
4.4.2.4 KM	138
4.4.2.5 IBU	140
4.4.3 Adsorpsiyon İzotermeleri	142
4.4.3.1 PM	142
4.4.3.2 TFP	144
4.4.3.3 TM	146
4.4.3.4 KM	148
4.4.3.5 IBU	150
4.4.4 Adsorpsiyon Termodinamiği	152
4.4.4.1 PM	152
4.4.4.2 TFP	153
4.4.4.3 TM	154
4.4.4.4 KM	154
4.4.4.5 IBU	155
4.5 İLAÇ ETKEN MADDELERİNİN SDS VARLIĞINDA BNT ÜZERİNDEKİ ADSORPSİYONLARI	157
4.5.1 SDS Varlığında Derişimin Zamanla Değişimi	157
4.5.1.1 PM	157
4.5.1.2 TFP	158
4.5.1.3 TM	159
4.5.1.4 KM	160
4.5.1.5 IBU	161
4.5.2 Adsorpsiyon Kinetiği	162

4.5.2.1 PM	162
4.5.2.2 TFP	164
4.5.2.3 TM	167
4.5.2.4 KM	169
4.5.2.5 IBU	172
4.5.3 SDS Varlığında Adsorpsiyon İzotermi	174
4.5.3.1 PM	174
4.5.3.2 TFP	177
4.5.3.3 TM	180
4.5.3.4 KM	182
4.5.3.5 IBU	184
4.6 İLAÇ ETKEN MADDELERİNİN DTAB VARLIĞINDA BNT ÜZERİNDEKİ ADSORPSİYONLARI	187
4.6.1 DTAB Varlığında Derişimin Zamanla Değişimi	187
4.6.1.1 PM	187
4.6.1.2 TFP	188
4.6.1.3 TM	189
4.6.1.4 KM	190
4.6.1.5 IBU	191
4.6.2 Adsorpsiyon Kinetiği	192
4.6.2.1 PM	192
4.6.2.2 TFP	194
4.6.2.3 TM	197
4.6.2.4 KM	199
4.6.2.5 IBU	201
4.6.3 DTAB Varlığında Adsorpsiyon İzotermi	204
4.6.3.1 PM	204
4.6.3.2 TFP	206
4.6.3.3 TM	208
4.6.3.4 KM	210
4.6.3.5 IBU	212
4.7 YAM'LERİN AK VE BNT ÜZERİNDEKİ ADSORPSİYONLARI	216
4.7.1 SDS'nin AK Üzerindeki Adsorpsiyonu	216
4.7.2 SDS'nin BNT Üzerindeki Adsorpsiyonu	218
4.7.3 DTAB'ın AK Üzerindeki Adsorpsiyonu	220
4.7.4 DTAB'ın BNT Üzerindeki Adsorpsiyonu	222
4.8 REJENERASYON ÇALIŞMALARI	225
4.8.1 Çözücü Rejenerasyonu	225
4.8.2 Termal Rejenerasyon	228
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	235
KAYNAKLAR	247
ÖZGEÇMİŞ	257

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1: Katı yüzeyindeki fiziksel ve kimyasal adsorpsiyonun şematik gösterimi	6
Şekil 2.2: Katı-sıvı ara yüzeyinde adsorpsiyonun şematik gösterimi	7
Şekil 2.3: Elektromanyetik spektrum bölgeleri ve her bir bölgedeki ışımaya yol açan uyarım türleri	8
Şekil 2.4: Çözeltiden adsorpsiyonda izoterm tipleri	9
Şekil 2.5: Adsorbanların gözenek tipleri	15
Şekil 2.6: Karbonun temel allotropları ve bunlardan elde edilmiş karbon yapıları.....	17
Şekil 2.7: Karbon yüzeyinde bulunabilecek en önemli gruplar	18
Şekil 2.8: Silikatların sınıflandırılması	20
Şekil 2.9: Smektitlerin temel kristal yapısı	21
Şekil 2.10: Prometazin hidroklorürün kimyasal formülü.....	23
Şekil 2.11: Triflupromazin hidroklorürün kimyasal formülü.....	23
Şekil 2.12: Trimetoprimin kimyasal formülü	24
Şekil 2.13: Karbamazepinin kimyasal formula.....	24
Şekil 2.14: İbuprofenin kimyasal formülü	24
Şekil 2.15: Yüzey aktif madde moleküllerinin temel yapısı	25
Şekil 2.16: Yüzey aktif maddelerin sınıflandırılması	25
Şekil 2.17: Misel yapısının şematik gösterimi	26
Şekil 2.18: SDS'nin kimyasal formülü	27
Şekil 2.19: DTAB'ın kimyasal formülü.....	27
Şekil 3.1: AK'nın FTIR analizi.....	34
Şekil 3.2: BNT'nin FTIR analizi	35
Şekil 4.1: PM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait derişimin zamanla değişimi.....	41
Şekil 4.2: PM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi .	42
Şekil 4.3: TFP'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait derişimin zamanla değişimi	42
Şekil 4.4: TFP'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi	43
Şekil 4.5: TM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait derişimin zamanla değişimi	43
Şekil 4.6: TM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi .	44
Şekil 4.7: KM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait derişimin zamanla değişimi	44
Şekil 4.8: KM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi.	45
Şekil 4.9: IBU'nun AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait derişimin zamanla değişimi.....	45
Şekil 4.10: IBU'nun AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi	46
Şekil 4.11: PM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Lagergren 1. derece grafiği	47
Şekil 4.12: PM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Yalancı 2. derece grafiği	47
Şekil 4.13: PM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon grafiği	48
Şekil 4.14: TFP'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Lagergren 1. derece grafiği	49
Şekil 4.15: TFP'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Yalancı 2. derece grafiği	49
Şekil 4.16: TFP'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon grafiği	50
Şekil 4.17: TM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Lagergren 1. derece grafiği	51
Şekil 4.18: TM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Yalancı 2. derece grafiği	51
Şekil 4.19: TM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon grafiği	52
Şekil 4.20: KM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Lagergren 1. derece grafiği.....	53
Şekil4.21: KM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Yalancı 2. derece grafiği.....	53
Şekil 4.22: KM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon grafiği.....	54
Şekil 4.23: IBU'nun AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Lagergren 1. derece grafiği	55
Şekil 4.24: IBU'nun AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Yalancı 2. derece grafiği	55
Şekil 4.25: IBU'nun AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon grafiği	56
Şekil 4.26: PM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi	57
Şekil 4.27: PM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi	57
Şekil 4.28: PM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi	58
Şekil 4.29: TFP'nin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi	59

Şekil 4.30: TFP'nin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermeleri	59
Şekil 4.31: TFP'nin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermeleri	60
Şekil 4.32: TM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermeleri	61
Şekil 4.33: TM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermeleri	61
Şekil 4.34: TM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermeleri	62
Şekil 4.35: KM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermeleri.....	63
Şekil 4.36: KM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermeleri	63
Şekil 4.37: KM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermeleri.....	64
Şekil 4.38: IBU'nun AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermeleri	65
Şekil 4.39: IBU'nun AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermeleri	65
Şekil 4.40: IBU'nun AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermeleri.....	66
Şekil 4.41: PM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Van't Hoff grafiği	67
Şekil 4.42: TFP'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Van't Hoff grafiği	67
Şekil 4.43: TM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Van't Hoff grafiği	68
Şekil 4.44: KM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Van't Hoff grafiği.....	69
Şekil 4.45: IBU'nun AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Van't Hoff grafiği	69
Şekil 4.46: PM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi.....	71
Şekil 4.47: PM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi	71
Şekil 4.48: TFP'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi.....	72
Şekil 4.49: TFP'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi	73
Şekil 4.50: TM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi.....	73
Şekil 4.51: TM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi	74
Şekil 4.52: KM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi.....	74
Şekil 4.53: KM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi	75
Şekil 4.54: IBU'nun KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi.....	75
Şekil 4.55: IBU'nun SDS varlığında KMD altı ve KMD üstü derişimlerde AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi	76
Şekil 4.56: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri	77
Şekil 4.57: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri	77
Şekil 4.58: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri	78
Şekil 4.59: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri	79
Şekil 4.60: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri	80
Şekil 4.61: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri	81
Şekil 4.62: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri	81
Şekil 4.63: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri	82
Şekil 4.64: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri	83
Şekil 4.65: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri	84
Şekil 4.66: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri	84

Şekil 4.67: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri	85
Şekil 4.68: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri	86
Şekil 4.69: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri	87
Şekil 4.70: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri	88
Şekil 4.71: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi	89
Şekil 4.72: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi	89
Şekil 4.73: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi	90
Şekil 4.74: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi	91
Şekil 4.75: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi	91
Şekil 4.76: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi	92
Şekil 4.77: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi	93
Şekil 4.78: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi	93
Şekil 4.79: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi	94
Şekil 4.80: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi	95
Şekil 4.81: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi	95
Şekil 4.82: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi	96
Şekil 4.83: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi	97
Şekil 4.84: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi	97
Şekil 4.85: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi	98
Şekil 4.86: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi	99
Şekil 4.87: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi	100
Şekil 4.88: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi	100
Şekil 4.89: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi	101
Şekil 4.90: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi	101
Şekil 4.91: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi	102
Şekil 4.92: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi	102
Şekil 4.93: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi	103
Şekil 4.94: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi	103
Şekil 4.95: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi	104

Şekil 4.96: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri	105
Şekil 4.97: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri	105
Şekil 4.98: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri	106
Şekil 4.99: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri	107
Şekil 4.100: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri	108
Şekil 4.101: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri	109
Şekil 4.102: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri	109
Şekil 4.103: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri	110
Şekil 4.104: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri	111
Şekil 4.105: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri	112
Şekil 4.106: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri	112
Şekil 4.107: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri	113
Şekil 4.108: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri	114
Şekil 4.109: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri	115
Şekil 4.110: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri	116
Şekil 4.111: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi	117
Şekil 4.112: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi	117
Şekil 4.113: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi	118
Şekil 4.114: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi	119
Şekil 4.115: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi	119
Şekil 4.116: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi	120
Şekil 4.117: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi	121
Şekil 4.118: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi	121
Şekil 4.119: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi	122
Şekil 4.120: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi	123
Şekil 4.121: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi	123
Şekil 4.122: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi	124
Şekil 4.123: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi	125
Şekil 4.124: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi	125

Şekil 4.125: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi	126
Şekil 4.126: PM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait derişimin zamanla değişimi	127
Şekil 4.127: PM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi	128
Şekil 4.128: TFP'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait derişimin zamanla değişimi	128
Şekil 4.129: TFP'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi	129
Şekil 4.130: TM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait derişimin zamanla değişimi	129
Şekil 4.131: TM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi	130
Şekil 4.132: KM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait derişimin zamanla değişimi	130
Şekil 4.133: KM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi	131
Şekil 4.134: IBU'nun BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait derişimin zamanla değişimi	131
Şekil 4.135: IBU'nun BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi	132
Şekil 4.136: PM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Lagergren 1. derece grafiği	133
Şekil 4.137: PM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Yalancı 2. derece grafiği	133
Şekil 4.138: PM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon grafiği	134
Şekil 4.139: TFP'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Lagergren 1. derece grafiği	135
Şekil 4.140: TFP'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Yalancı 2. derece grafiği	135
Şekil 4.141: TFP'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon grafiği	136
Şekil 4.142: TM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Lagergren 1. derece grafiği	137
Şekil 4.143: TM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Yalancı 2. derece grafiği	137
Şekil 4.144: TM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon grafiği	138
Şekil 4.145: KM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Lagergren 1. derece grafiği	139
Şekil 4.146: KM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Yalancı 2. derece grafiği	139
Şekil 4.147: KM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon grafiği	140
Şekil 4.148: IBU'nun BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Lagergren 1. derece grafiği	141
Şekil 4.149: IBU'nun BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Yalancı 2. derece grafiği	141
Şekil 4.150: IBU'nun BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon grafiği	142
Şekil 4.151: PM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi	143
Şekil 4.152: PM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi	143
Şekil 4.153: PM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi	144
Şekil 4.154: TFP'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi	145
Şekil 4.155: TFP'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi	145
Şekil 4.156: TFP'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi	146
Şekil 4.157: TM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi	147
Şekil 4.158: TM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi	147
Şekil 4.159: TM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi	148
Şekil 4.160: KM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi	149
Şekil 4.161: KM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi	149
Şekil 4.162: KM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi	150
Şekil 4.163: IBU'nun BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi	151
Şekil 4.164: IBU'nun BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi	151
Şekil 4.165: IBU'nun BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi	152
Şekil 4.166: PM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Van't Hoff grafiği	153
Şekil 4.167: TFP'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Van't Hoff grafiği	153
Şekil 4.168: TM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Van't Hoff grafiği	154
Şekil 4.169: KM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Van't Hoff grafiği	155
Şekil 4.170: IBU'nun BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Van't Hoff grafiği	155
Şekil 4.171: PM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi	157
Şekil 4.172: PM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi	158
Şekil 4.173: TFP'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi	158

Şekil 4.174: TFP'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi	159
Şekil 4.175: TM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi.....	159
Şekil 4.176: TM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi	160
Şekil 4.177: KM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi.....	160
Şekil 4.178: KM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi	161
Şekil 4.179: IBU'nun KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi.....	161
Şekil 4.180: IBU'nun SDS varlığında KMD altı ve KMD üstü derişimlerde BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi	162
Şekil 4.181: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri	163
Şekil 4.182: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri	163
Şekil 4.183: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri	164
Şekil 4.184: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri	165
Şekil 4.185: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri	166
Şekil 4.186: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri	167
Şekil 4.187: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri	167
Şekil 4.188: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri	168
Şekil 4.189: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri	169
Şekil 4.190: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri	170
Şekil 4.191: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri	170
Şekil 4.192: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri	171
Şekil 4.193: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri	172
Şekil 4.194: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri	173
Şekil 4.195: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri	174
Şekil 4.196: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi.....	175
Şekil 4.197: PM'nin KMD altı (a) ve KMD üstündeki (b) derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi.....	176
Şekil 4.198: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi	177
Şekil 4.199: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi.....	178
Şekil 4.200: TFP'nin KMD altı (a) ve KMD üstündeki (b) derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi.....	179
Şekil 4.201: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi	180
Şekil 4.202: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi.....	181

Şekil 4.203: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi	181
Şekil 4.204: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi	182
Şekil 4.205: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi	183
Şekil 4.206: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi	183
Şekil 4.207: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi	184
Şekil 4.208: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi	185
Şekil 4.209: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi	185
Şekil 4.210: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi	186
Şekil 4.211: PM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi	187
Şekil 4.212: PM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi	188
Şekil 4.213: TFP'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi	188
Şekil 4.214: TFP'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi	189
Şekil 4.215: TM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi	189
Şekil 4.216: TM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi	190
Şekil 4.217: KM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi	190
Şekil 4.218: KM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi	191
Şekil 4.219: IBU'nun KMD altı ve KMD üstü derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi	191
Şekil 4.220: IBU'nun KMD altı ve KMD üstü derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi	192
Şekil 4.221: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri	193
Şekil 4.222: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri	193
Şekil 4.223: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri	194
Şekil 4.224: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri	195
Şekil 4.225: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri	196
Şekil 4.226: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri	197
Şekil 4.227: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri	197
Şekil 4.228: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri	198
Şekil 4.229: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri	199
Şekil 4.230: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri	200
Şekil 4.231: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri	200

Şekil 4.232: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri	201
Şekil 4.233: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri	202
Şekil 4.234: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri	203
Şekil 4.235: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri	204
Şekil 4.236: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi	205
Şekil 4.237: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi	205
Şekil 4.238: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi	206
Şekil 4.239: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi	207
Şekil 4.240: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi	207
Şekil 4.241: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi	208
Şekil 4.242: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi	209
Şekil 4.243: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi	209
Şekil 4.244: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi	209
Şekil 4.245: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi	211
Şekil 4.246: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi	211
Şekil 4.247: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi	212
Şekil 4.248: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi	213
Şekil 4.249: IBU'nun KMD altı (a) ve KMD üstündeki (b) derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi	214
Şekil 4.250: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi	215
Şekil 4.251: SDS'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Giles izotermi	216
Şekil 4.252: SDS'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Langmuir izotermi	217
Şekil 4.253: SDS'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Freundlich izotermi	217
Şekil 4.254: SDS'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Giles izotermi	218
Şekil 4.255: SDS'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Langmuir izotermi	219
Şekil 4.256: SDS'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Freundlich izotermi	219
Şekil 4.257: DTAB'ın AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Giles izotermi	220
Şekil 4.258: DTAB'ın AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Langmuir izotermi	221
Şekil 4.259: DTAB'ın AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Freundlich izotermi	221
Şekil 4.260: DTAB'ın BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Giles izotermi	222
Şekil 4.261: DTAB'ın BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Langmuir izotermi	223
Şekil 4.262: DTAB'ın BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Freundlich izotermi	223
Şekil 4.263: PM'nin desorpsiyon veriminin zamanla değişimi	225
Şekil 4.264: Farklı çözücü/su oranlarının PM'nin desorpsiyon verimine etkisi	226
Şekil 4.265: Adsorpsiyon-rejenerasyon döngüleri boyunca rejenerasyon (a) ve adım rejenerasyon (b) veriminin değişimi	227
Şekil 4.266: AK ve AK-PM'nin diferansiyel termogravimetrik analizi	229
Şekil 4.267: AK-PM'nin mikrodalga cihazı ve elektrikli fırında 573 K'de farklı sürelerde gerçekleştirilen rejenerasyonlarından sonra elde edilen numunelerin diferansiyel termogravimetrik analizleri	230

Şekil 4.268: AK-PM'nin mikrodalga cihazı ve elektrikli fırında 623 K'de farklı sürelerde gerçekleştirilen rejenerasyonlarından sonra elde edilen numunelerin diferansiyel termogravimetrik analizleri	230
Şekil 4.269: AK-PM'nin mikrodalga cihazı ve elektrikli fırında 673 ve 773 K'de gerçekleştirilen rejenerasyonlarından sonra elde edilen numunelerin diferansiyel termogravimetrik analizleri	231
Şekil 4.270: Ham AK'nın, termal işlem görmüş AK'nın ve AK-PM'nin seçilen farklı sıcaklık ve sürelerde rejenerasyonundan sonra elde edilen numunelerin adsorpsiyon kapasitelerinin karşılaştırılması	232
Şekil 4.271: Adsorpsiyon-rejenerasyon döngüleri boyunca rejenerasyon (a) ve adım rejenerasyon (b) veriminin değişimi	233
Şekil 5.1: İlaç etken maddelerinin AK üzerindeki adsorpsiyonları için YAM yokluğu ve varlığında elde edilen kapasite değerlerinin karşılaştırılması	237
Şekil 5.2: YAM'lerin AK ve BNT üzerindeki adsorpsiyonlarının kapasite değerlerinin karşılaştırılması	239
Şekil 5.3: İlaç etken maddelerinin BNT üzerindeki adsorpsiyonları için YAM yokluğu ve varlığında elde edilen kapasite değerlerinin karşılaştırılması	241

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1: AK'nın kimyasal bileşimi	33
Tablo 3.2: AK'nın yüzey alanı ve gözenek hacimleri	34
Tablo 3.3: BNT'nin kimyasal bileşimi	35
Tablo 3.4: BNT'nin yüzey alanı ve gözenek hacimleri	35
Tablo 4.1: PM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait kinetik değerler	48
Tablo 4.2: TFP'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait kinetik değerler	50
Tablo 4.3: TM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait kinetik değerler	52
Tablo 4.4: KM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait kinetik değerler	54
Tablo 4.5: IBU'nun AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait kinetik değerler	56
Tablo 4.6: PM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri	58
Tablo 4.7: TFP'nin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri	60
Tablo 4.8: TM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri	62
Tablo 4.9: KM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri	64
Tablo 4.10: IBU'nun AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri	66
Tablo 4.11: İlaç etken maddelerinin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait termodinamik değerler	70
Tablo 4.12: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler	78
Tablo 4.13: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler	80
Tablo 4.14: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler	82
Tablo 4.15: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler	85
Tablo 4.16: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler	87
Tablo 4.17: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri	90
Tablo 4.18: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri	92
Tablo 4.19: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri	94
Tablo 4.20: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri	96
Tablo 4.21: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri	98
Tablo 4.22: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler	106
Tablo 4.23: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler	108
Tablo 4.24: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler	110
Tablo 4.25: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler	113
Tablo 4.26: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler	115
Tablo 4.27: PM'nin DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri	118
Tablo 4.28: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri	120
Tablo 4.29: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri	122
Tablo 4.30: KM'nin DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri	124

Tablo 4.31: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri	126
Tablo 4.32: PM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait kinetik değerler.....	134
Tablo 4.33: TFP'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait kinetik değerler.....	136
Tablo 4.34: TM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait kinetik değerler	138
Tablo 4.35: KM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait kinetik değerler	140
Tablo 4.36: IBU'nun BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait kinetik değerler.....	142
Tablo 4.37: PM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri ..	144
Tablo 4.38: TFP'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri ..	146
Tablo 4.39: TM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri ..	148
Tablo 4.40: KM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri ..	150
Tablo 4.41: IBU'nun BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri ..	152
Tablo 4.42: İlaç etken maddelerinin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait termodinamik değerler.....	156
Tablo 4.43: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler.....	164
Tablo 4.44: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler.....	166
Tablo 4.45: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler.....	168
Tablo 4.46: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler.....	171
Tablo 4.47: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler.....	173
Tablo 4.48: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri	177
Tablo 4.49: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri	180
Tablo 4.50: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri	182
Tablo 4.51: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri	184
Tablo 4.52: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri	186
Tablo 4.53: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler.....	194
Tablo 4.54: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler.....	196
Tablo 4.55: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler.....	198
Tablo 4.56: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler.....	201
Tablo 4.57: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler.....	203
Tablo 4.58: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri	206
Tablo 4.59: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri	208
Tablo 4.60: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri	210
Tablo 4.61: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri	212
Tablo 4.62: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri	215
Tablo 4.63: SDS ve DTAB'ın; AK ve BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri.....	224
Tablo 4.64: Çözücü ile muamelenin öncesi ve sonrasında karbon numunelerinin kimyasal analizi ve pH_{PZC} değerleri	227
Tablo 4.65: Çözücü ile muamelenin öncesi ve sonrasında karbon numunelerinin yüzey ve gözenek özellikleri.....	228

Tablo 4.66: Termal işlemin öncesi ve sonrasında karbon numunelerinin kimyasal analizi ve pH_{PZC} değerleri	233
Tablo 4.67: Termal işlemin öncesi ve sonrasında karbon numunelerinin yüzey ve gözenek özellikleri.....	234
Tablo 5.1: İlaç etken maddelerinin AK ve BNT adsorpsiyonlarına ait denge süreleri	235

SEMBOL LİSTESİ

t	: zaman (sa)
V	: hacim (L)
S	: alan (m ²)
m	: kütle (g)
q	: Birim miktar adsorban tarafından herhangi bir t anında adsorplanmış madde miktarı (mg/g)
q_e	: Birim miktar adsorban tarafından denge anında adsorplanmış madde miktarı (mg/g)
C₀	: Başlangıç (t=0) anındaki adsorbat derişimi (mg/L)
C	: Herhangi bir t anındaki adsorbat derişimi (mg/L)
C_e	: Denge anındaki adsorbat derişimi (mg/L)
A	: Absorbans
ε	: Sönüm katsayısı (L/cm mg)
Q	: Langmuir izoterm sabiti (mg/g)
b	: Langmuir izoterm sabiti (L/mg)
n	: Freundlich sabiti
k	: Freundlich sabiti
k_d	: Tanecik içi difüzyon katsayısı (mg/g dak ^{-1/2})
k₁	: Lagergren 1. derece eşitliğine ait hız sabiti (1/dak)
k₂	: Yalancı 2. derece eşitliğine ait hız sabiti (g/mg sa)
T	: Sıcaklık (K)
K	: Dağılım katsayısı
R	: Gaz sabiti (J/mol K)
ΔG⁰	: Standart serbest enerji değişimi (J/mol)
ΔH⁰	: Standart entalpi değişimi (J/mol)
ΔS⁰	: Standart entropi değişimi (J/mol K)
%R	: Rejenerasyon verimi
%AR	: Adım rejenerasyon verimi
Q₀	: Ham aktif karbonun adsorpsiyon kapasitesi (mg/g)
Q_i	: Karbon numunesinin herhangi bir rejenerasyon döngüsünden sonra bulunan adsorpsiyon kapasitesi (mg/g)

ÖZET

BAZI İLAÇ ETKEN MADDELERİNİN SULU ORTAMDA VE YÜZEY AKTİF MADDELER VARLIĞINDA ADSORPSİYONUNUN İNCELENMESİ

Beş ilaç etken maddesinin; prometazin (PM), triflupromazin (TFP), trimetoprim (TM), karbamazepin (KM), ibuprofen (IBU); aktif karbon (AK) ve bentonit (BNT) üzerindeki adsorpsiyonu sulu ortamda ve anyonik; sodyumdodesil sülfat (SDS); ile katyonik; dodesiltrimetilamonyum bromür (DTAB); gibi farklı tiplerdeki yüzey aktif maddeler varlığında spektrofotometrik olarak çalışıldı. Adsorpsiyon deneyleri zaman, başlangıç derişimi ve sıcaklığa bağılı olarak yürütüldü.

Adsorpsiyon kinetiğı verileri Lagergren 1. derece ve Yalancı 2. derece kinetik eşitlikleri kullanılarak modellendi. Ayrıca tanecik içi difüzyon grafikleri de çizildi. IBU'nun BNT üzerindeki adsorpsiyonu hariç, tüm kinetik çalışmalardan elde edilen veriler Yalancı 2. derece hız eşitliğine Lagergren 1. derece hız eşitliğinden daha iyi uydu. IBU'nun BNT üzerindeki adsorpsiyonunun Lagergren 1. derece hız eşitliğine Yalancı 2. derece hız eşitliğinden daha iyi uyduğı görüldü.

İlaç etken maddelerinin adsorpsiyon mekanizmasını anlamak için Giles izotermi kullanıldı. Çizilen izotermiler Giles sınıflandırmasına göre L tipine uydu ve yüzey aktif maddeler varlığında izoterm şekillerinde bazı değışimler gözlemlendi. Elde edilen denge verilerini modellemek için Langmuir ve Freundlich izotermi kullanıldı. Langmuir modeli izoterm verilerine Freundlich modelinden daha iyi uydu. İlaç etken maddelerinin sulu çözeltilerde AK üzerindeki adsorpsiyonu için bulunan adsorpsiyon kapasitesi değerleri aşağıdaki sıralamayı izledi:

$$PM < TFP < TM < KM < IBU$$

İlaç etken maddelerinin sulu çözeltilerde BNT üzerindeki adsorpsiyonu için bulunan adsorpsiyon kapasitesi değerleri aşağıdaki sıralamayı izledi:

$$PM > TFP > TM > KM > IBU$$

Yüzey aktif madde varlığının adsorpsiyon kapasiteleri üzerinde önemli etkileri olduğı, ancak adsorpsiyon süreçlerinin denge süresine etki etmediğı gözlemlendi. Farklı sıcaklıklarda yürütölen adsorpsiyon çalışmalardan elde edilen veriler kullanılarak termodinamik parametreler de hesaplandı.

Ayrıca seçölen ilaç etken maddelerinin biri (PM) ile yüklenmiş aktif karbonun rejenerasyonu da kimyasal ve termal yöntemler kullanılarak incelendi. Kimyasal rejenerasyon kapsamında, farklı alkollerin desorpsiyon verimleri birbiri ile karşılaştırıldı. Termal işlem için mikrodalga ile ısıtma yöntemi elektrikli fırında yapılan klasik termal rejenerasyon ile karşılaştırmalı olarak kullanıldı. Elde edilen optimum koşullar art arda adsorpsiyon-rejenerasyon döngüleri için kullanıldı ve hesaplanan rejenerasyon verimleri birbiri ile karşılaştırıldı. Kullanılan her iki yöntem için de rejenerasyon verimlerinde önemli değışimler gözlemlendi.

SUMMARY

STUDY OF ADSORPTION OF SOME DRUGS IN AQUEOUS MEDIUM AND IN THE PRESENCE OF SURFACE ACTIVE AGENTS

The adsorption of five drugs; promethazine (PM), triflupromazine (TFP), trimethoprim (TM), carbamazepine (KM), ibuprofen (IBU); onto activated carbon (AK) and bentonite (BNT) was studied spectrophotometrically in aqueous solutions and in the presence of different type of surfactants such as anionic; sodiumdodecyl sulfate (SDS) and cationic; dodecyltrimethylammonium (DTAB) bromide. The adsorption experiments were carried out as a function of time, initial concentration and temperature.

Adsorption kinetic data were modeled using the Lagergren first order and the pseudo-second order kinetic equations. Intraparticle diffusion graphics were also plotted. The data obtained from all kinetic studies are fitted to the pseudo-second order kinetic equation better than the Lagergren first order kinetic equation, except the adsorption of IBU onto BNT. It was seen that the adsorption of IBU onto BNT is fitted to the Lagergren first order kinetic equation better than the pseudo-second order kinetic equation.

The Giles isotherms were used to understand the adsorption mechanism of drugs. Isotherms plotted appear to fit L-type according to Giles isotherm classification and some changes in isotherm shapes were observed in the presence of surfactants. The Langmuir and Freundlich isotherms were used to model the equilibrium data obtained. The Langmuir model appears to fit the isotherm data better than the Freundlich model. The adsorption capacity values found for the adsorption of drugs onto AK in aqueous solutions followed the order below:

$$PM < TFP < TM < KM < IBU$$

The adsorption capacity values found for the adsorption of drugs onto BNT in aqueous solutions followed the order below:

$$PM > TFP > TM > KM > IBU$$

It was observed that the presence of surfactants had significant effects on adsorption capacities, although it did not affect the equilibrium time of the adsorption processes. Thermodynamic parameters were also calculated using the data obtained from adsorption studies conducted at different temperatures.

Regeneration of the activated carbon loaded with one of the selected drugs (PM) was also investigated by using chemical and thermal methods. Within the chemical regeneration, desorption efficiency of different alcohols were compared with each other. Microwave heating was used for the thermal treatment in comparison with conventional thermal regeneration in electrical furnace. The optimum conditions obtained were used for successive adsorption-regeneration cycles and regeneration efficiencies calculated were compared with each other. Significant changes in regeneration efficiencies were observed for both methods used.

1. GİRİŞ

Hastalıkların önlenmesinde ve tedavisinde ilaçların önemli faydaları nedeniyle her yıl binlerce ilaç çok büyük miktarlarda üretilmektedir. İlaç bileşimindeki maddeler insanlar ve hayvanlar tarafından kullanıldıktan sonra kısmen metabolize olmuş halde kısmen de hiç değişmeden atık sulara karışır. Ayrıca ilaç üreten tesislerin atık sularından da bu maddeler çeşitli derişimlerde sulara karışır. Son yıllarda ölçme tekniklerinin geliştirilmesi birçok ilaç etken maddesinin düşük seviyede olsa bile ölçülmelerini sağlamıştır. Böylece yer altı sularında, yüzey sularında, içme sularında, musluk suyunda, okyanus suyunda, sedimentlerde ve toprakta bu maddelerin varlığı tespit edilmiştir [1-3].

Bu maddeler insanlar ve hayvanlar üzerinde fizyolojik etkilere sahip olacak şekilde üretildiklerinden, terapötik görevlerini yerine getirmeleri için kimyasal yapılarını uzun süre korurlar. Bu nedenle çevre sularında da bozunmadan uzun süre kalabilirler [3]. Çevreye yayılan ilaçlar ya da bunların aktif metabolitleri insanlar için olduğu kadar diğer biyolojik organizmalar için de tehdit oluşturur [4, 5].

Ayrıca, arıtma tesislerinin çoğu iz organik kirleticileri uzaklaştırmaya uygun şekilde tasarlanmadıklarından, ilaç etken maddeleri ya da aktif metabolitlerini uzaklaştırmada büyük ölçüde yetersiz kalırlar ve bu maddelerin uzaklaştırılması tamamlanamaz [6-9]. Mevcut tesislerde farmasötiklerin uzaklaştırılma kapasitesi biyolojik degradasyon ve asılı taneciğe adsorpsiyon prensibine dayanır. Etkin bir uzaklaştırma için en az 10 güne ihtiyaç vardır. Ayrıca derişimlerinin düşük olması ve mevsimsel sıcaklık değişimleri de bu maddelerin uzaklaştırılmalarını karmaşık hale getirir. Bu sebeplerle ilaç etken maddeleri içeren suların ikinci bir işlemde geçirilmesi gerekir [9]. Katı adsorbanların kullanıldığı adsorpsiyon yöntemi, özellikle atık su arıtma tesislerinde arıtılmayan kimyasal kirleticilerin sulardan uzaklaştırılmasında yaygın ve başarılı olarak kullanılır [10].

Farmasötiklerin uzaklaştırılması ortamda bulunan diğer maddeler ile olan etkileşimlerden de çok fazla etkilenir. Ancak ortamda yüzey aktif maddeler gibi amfifilik bileşiklerin bulunmasının farmasötiklerin uzaklaştırılmasına olan etkisini inceleyen çalışmalar çok azdır [11].

Yüzey aktif maddeler ve diğer amfifiller farmasötik ürünlerde emülsiyonların stabilizasyonu ve vücut içindeki ilaç taşınımının artırılması amacıyla yaygın olarak kullanılır. Bunun yanı sıra deterjanlardan ve diğer ürünlerden gelen yüzey aktif maddeler atık sulara geçer ve atık suların deşarjı yoluyla farmasötiklerle birlikte doğadaki sulara karışır. Bu şekilde doğaya karışan yüzey aktif maddelerin derişimleri aynı ortamda buldukları farmasötiklere göre çok daha yüksektir. Bir çok kirleticinin doğadaki akıbeti ve taşınması üzerinde yüzey aktif maddelerin büyük bir etkisi olduğundan, aynı etkileri farmasötikler üzerinde de gösterecekleri düşünülmüştür [11].

Adsorban maddeler de farmasötik ürünlerde temel bileşen olarak kullanılır. Bazı yüzey aktif maddeler katı/sıvı ara yüzeyinde adsorlandığında, katı yüzeyinin özelliklerini çok değiştirir. Yüzeyi modifiye edilmiş adsorbanlar ile ilaç etken maddesi adsorpsiyonu farmasötik endüstrisinde ilaç taşıyıcı sistemlerde uygulama alanı bulan bir prosestir. Katı yüzeyinde yüzey aktif maddenin bulunması ilaç salınım hızının artmasını sağlar [12, 13]. Adsorbanların farmasötik alandaki diğer bir kullanımı ise, antidotu olmayan ilaçların akut zehirlenmelerinde vücuttan ilacı uzaklaştırmak amaçlıdır. Vücuda verilen uygun adsorban, ilacı mide ve bağırsaklarda adsorplayarak kana karışmasını engeller [14].

Tüm bu sebeplerle ilaç etken maddelerinin adsorpsiyonu ayrıca bu adsorpsiyona yüzey aktif maddelerin etkisi hem atık suların arıtılması hem de farmasötik endüstrisi açısından önem taşır. Tüm bunların ışığında bu tez çalışmasının amacı; ilaç etken maddelerinin adsorpsiyon kapasitelerinin ve kinetiğinin incelenmesi, adsorpsiyon mekanizmalarının açıklanması, termodinamik parametrelerin hesaplanması ve adsorpsiyon kapasitesine, kinetiğine, mekanizmasına yüzey aktif maddelerin etkisinin incelenmesini kapsar.

Bu çalışmada adsorpsiyon prosesinde kullanılmak üzere fiziksel ve kimyasal özellikleri farklılık gösteren beş adet ilaç etken maddesi uzaklaştırılacak adsorbatlar olarak seçildi. Bunlar prometazin, triflupromazin, trimetoprim, karbamazepin ve ibuprofendir. Adsorban olarak ise aktif karbon ve bentonit kullanıldı. Adsorpsiyona yüzey aktif maddelerin etkisi sodyum dodesil sülfat ve dodesil trimetil amonyum bromür kullanılarak incelendi.

Geniş bir literatür taramasından sonra, farklı ilaç etken maddelerinin aynı adsorbanlar ile adsorpsiyonu ve bunlara yüzey aktif maddelerin etkisini toplu halde içine alan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışma ile kullanılan ilaç etken maddelerinin adsorpsiyon mekanizmaları daha iyi anlaşılacak, sıcaklık değişimlerinin adsorpsiyona olan etkisi termodinamik parametrelerin hesaplanması ile daha iyi anlaşılacak ve yüzey aktif maddelerin adsorpsiyona olan etkisi ortaya konacaktır.

Çalışmada tercih edilen aktif karbon ve bentonit birbirinden büyük farklılıklar gösteren adsorbanlardır. Aktif karbon endüstride en çok kullanılan adsorbandır. Yüksek adsorpsiyon kapasitesi gibi pek çok avantajı olmasına rağmen, bentonit ve benzeri düşük maliyetli adsorbanlar ile karşılaştırıldığında ekonomik açıdan dezavantaj taşır [15-17]. Adsorpsiyon proseslerinde maliyeti yükselten etken kullanılan adsorbanların rejenerasyonudur. Bu nedenle aktif karbonun rejenerasyonu için verimli ve düşük maliyetli yeni rejenerasyon tekniklerinin araştırılması önemlidir. Endüstriyel uygulamalarda aktif karbonun rejenerasyonu için yaygın olan yöntemler termal (buhar, karbondioksit ya da inert atmosferde) ve kimyasal (pH değiştirme ya da çözücü ekstraksiyonu) yöntemlerdir [18].

Son yıllarda, moleküler düzeyde ısıtma sağlayan mikrodalga radyasyonu rejenerasyon için gelecek vadeden bir teknoloji olarak dikkat çekici olmuştur. Klasik elektrikli fırında yapılan termal rejenerasyon ile karşılaştırıldığında, homojen ve hızlı bir ısınma sağlayan mikrodalga radyasyonunun termal rejenerasyonda kullanımı zaman ve enerji tasarrufu sağlayarak maliyeti düşürebilir [18, 19]. Termal rejenerasyon genelde yüksek sıcaklıklarda yapılır, ancak bu durum maliyetin yükselmesine ve karbon kütlelerinde kayıplara sebep olur. Termal rejenerasyonun düşük sıcaklıklarda yapılması ile bu dezavantajların etkisi azaltılabilir [20, 21]. Çözücü rejenerasyonunun termal

rejenerasyona göre avantajlı tarafı ise, yerinde (in situ) uygulanabilmesi dolayısıyla hızlı olmasıdır. Ayrıca karbonun yıpranması ya da gözenek yapısının bozulması gibi sorunlara yol açmaz [22].

Bütün bu sebeplerle, bu çalışmada kullanılan aktif karbonun kimyasal (çözücü ekstraksiyonu) ve termal yöntemler kullanılarak rejenerasyonu çalışıldı. Rejenerasyon çalışmaları için model ilaç olarak çalışma şartlarına uygunluğu sebebiyle prometazin seçildi. Çözücüler ile rejenerasyon farklı alkoller (metanol, etanol, izopropanol) kullanılarak yürütüldü. Termal rejenerasyon kapsamında ise klasik elektrikli fırın ve mikrodalga cihazı aynı koşullar altında kullanıldı. Rejenerasyon çalışması ile ilaç etken maddesiyle yüklenmiş aktif karbonun farklı yöntemler ile rejenerasyonunun karşılaştırılması hedeflendi.

2. GENEL KISIMLAR

2.1 ADSORPSİYON

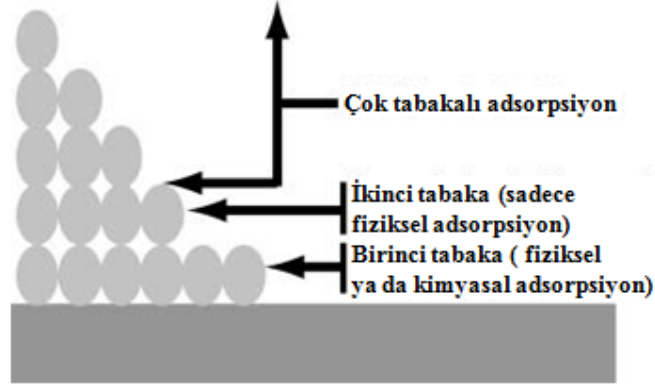
Taneciklerin bir yüzeye tutunmasına adsorpsiyon adı verilir. Adsorplanan maddeye adsorbat, ona destek olan alttaki katıya da adsorban veya substrat adı verilir. Adsorpsiyonun tersi desorpsiyondur [23].

2.1.1 Fizisorpsiyon ve Kemisorpsiyon

Moleküller ve atomlar yüzeylere iki yolla tutunabilirler (Şekil 2.1). Fiziksel adsorpsiyonun kısaltılmışı anlamındaki fizisorpsiyonda, tutunan ile tutan arasında bir Van der Waals etkileşimi vardır (örneğin, bir dispersiyon veya dipolar etkileşim gibi). Van der Waals etkileşimleri uzaktan etkilidir fakat zayıf etkileşimlerdir ve bir tanecik fiziksel olarak adsorplandığında salınan enerji, yoğunlaşma entalpisiyle aynı mertebededir. Böyle küçük enerjiler, örgü titreşimleri halinde adsorplanabilirler ve termik hareket şeklinde dağıtılırlar. Yüzey boyunca çarpıp zıplayan bir molekül, enerjisini giderek kaybedecek ve sonunda tutunma olarak tanımlanan bir işlemle yüzeye bağlanacaktır. Fizisorpsiyon entalpisi, ısı sığası bilinen bir numunenin sıcaklığındaki artış ile ölçülebilir ve tipik değerler 20 kJ/mol civarındadır. Bu küçük entalpi değişimi bağ parçalanmasına yol açmak için yetersizdir ve yüzey tarafından biçimsel çarpılmaya uğrasa bile, fiziksel olarak adsorplanmış bir molekül bu nedenle kendi kimliğini korur [23].

Kimyasal adsorpsiyonun kısaltılmışı olarak kullanılan kemisorpsiyonda, moleküller veya atomlar genellikle bir kovalent bağ oluşumuyla yüzeye yapışırlar ve substrat yüzeyinde, koordinasyon sayılarını maksimuma çıkaracak yerler bulmaya çalışırlar. Kemisorpsiyon entalpisi fizisorpsiyonunkinden çok daha büyüktür ve tipik değerler 200 kJ/mol civarındadır. Yüzeye en yakın adsorplanmış atom arasındaki uzaklık, kemisorpsiyon için tipik olarak fizisorpsiyondan daha kısadır. Kimyasal olarak adsorplanmış bir molekül, yüzey atomlarının doymamış değerliklerini karşılamak üzere

parçalanabilir ve kemisorpsiyonun bir sonucu olarak yüzeyde bu moleküllerden oluşan parçaların var olması, katı yüzeylerin reaksiyonları katalizlemesinin bir nedenidir [23].



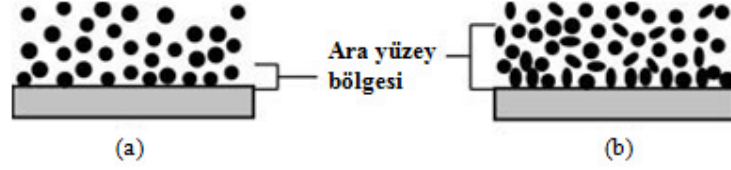
Şekil 2.1: Katı yüzeyindeki fiziksel ve kimyasal adsorpsiyonun şematik gösterimi [24]

2.1.2 Katı-sıvı Ara Yüzeyinde Adsorpsiyon

Katı yüzeyler ile çözeltiler arasındaki etkileşimler birçok biyolojik sistemde (eklem sıvılanması ve hareket, implant reddi vb.) birinci derecede önemli olduğu kadar; mekanikte (yağlama, yapışma), tarımda (toprak nemlendirme ve havalandırma, pestisit uygulaması), iletişimde (mürekkep ve pigment dispersiyonu), elektronikte (mikrodevre üretimi), enerji üretiminde (ikincil ve üçüncül yağ geri kazanım teknikleri), gıdalarda (fırın hamurundaki nişasta-su etkileşimleri), boya üretimi ile uygulamasında (lateks polimer ve pigment dispersiyonlarının stabilizasyonu), deterjanların temizleme gücünde ve içme suları ile atık suların arıtılmasında da önemlidir [24, 25].

2.1.2.1 Katı-sıvı ara yüzeyinde adsorpsiyon modeli

Katı-sıvı ara yüzeyinde taneciklerin adsorpsiyonu, sistemin bileşiminin moleküler boyutlar mertebesinde katıdan sıvıya doğru değiştiği bir geçiş bölgesi oluşturur [24].



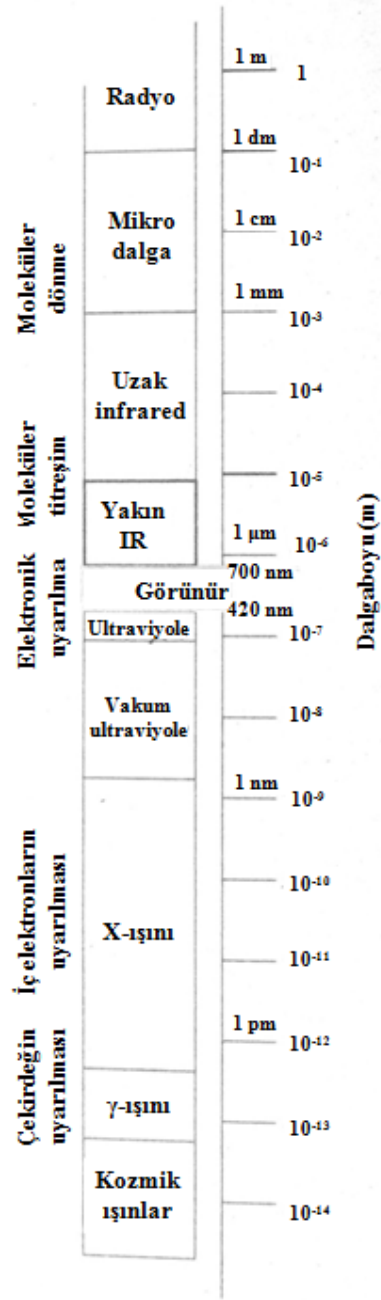
Şekil 2.2: Katı-sıvı ara yüzeyinde adsorpsiyonun şematik gösterimi [24]

Saf bir sıvı durumunda (Şekil 2.2a), ara yüzeyde sıvı moleküllerinin derişimi sıvı faza göre daha yüksektir. Bu durum pozitif adsorpsiyon ya da katı yüzeyin solvasyonunu gösterir. Eğer sıvı molekülleri ile katı arasında özel etkileşimler oluyorsa, adsorplanan moleküllerde spesifik bir yönlenme meydana gelir ve bu da ara yüzey yakınındaki sıvının yoğunluk, dielektrik sabiti ya da diğer fiziksel (hatta kimyasal) özelliklerinde değişime sebep olur. Katalitik süreçler gibi bazı özel durumlar dışında, bu etkiler pratikte büyük önem taşımaz. Pratikte önem taşıyan ve ilgi çeken kısım ise, sıvı fazdaki ikinci bir bileşenin (sıvıda çözülmüş olan maddenin moleküllerinin) katı-çözelti ara yüzeyinde adsorpsiyonudur. Çözelti durumunda (Şekil 2.2b), çözünen maddenin derişiminin ara yüz yakınında daha yüksek olması çözünen madde moleküllerinin pozitif adsorpsiyonunu gösterir [24].

Herhangi bir katı-sıvı ara yüzeyinde, ihmal edilebilecek kadar küçük bile olsa bir miktar adsorpsiyon meydana gelir. Hatta adsorpsiyon nadir olarak negatif de olabilir ki, bu durumda çözülmüş bileşenin derişimi ara yüzey yakınında sıvı faza göre daha düşüktür. Sıvı fazın bir ya da daha fazla bileşenin ara yüzeyde pozitif ve güçlü olarak adsorplandığı sistemler daha ilgi çekicidir. Bu durum pratikte çok önemlidir ve katı-sıvı ara yüzeylerini avantaj sağlayacak şekilde değiştirmemize imkan sağlar [24].

Bir molekülün çözültiden katı yüzeyine adsorpsiyonu dikkate alındığında, önemli olan kalitatif ve kantitatif bir çok nokta vardır. Bunlardan bazıları şöyle sıralanabilir:

- Katının birim kütle veya alanına adsorplanan madde miktarı,
- Belli bir yüzey kaplama ya da adsorpsiyon derecesini elde etmek için gereken adsorbat derişimi,
- Yüzeyin doyduğu adsorbat derişimi,
- Adsorplanmış moleküllerin (yüzey ve çözültiye göre) yönelmesi,
- Katının özelliklerine (sistemin diğer kısımlarına göre) adsorpsiyonun etkisi [24].



Şekil 2.3: Elektromanyetik spektrum bölgeleri ve her bir bölgedeki ışımaya yol açan uyarım türleri

2.1.2.2 Adsorplanan madde miktarının hesaplanması

Adsorplanan madde miktarı, adsorpsiyondan önce ve sonra ortamda bulunan adsorbat derişiminin farkı alınarak hesaplanır. Adsorbat derişimini ölçmek için, adsorbat yapısına

bağlı olarak farklı yöntemler (spektroskopik yöntem, yüzey gerilimi ya da iletkenlik ölçülmesi vb.) kullanılır ve aşağıdaki eşitlik ile hesap yapılır [24]:

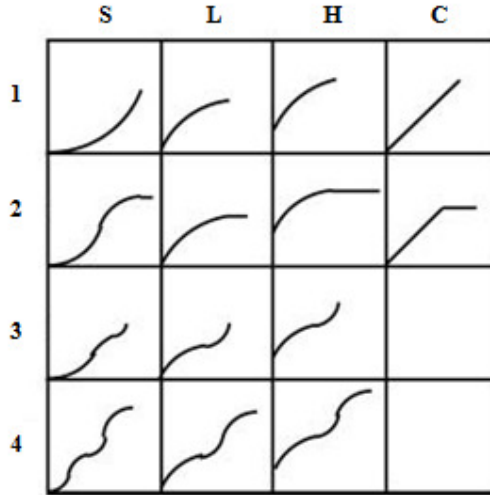
$$q = \frac{(C_0 - C)}{m} V \quad (2.1)$$

Moleküllerin UV (mor ötesi) ya da görünür alandaki (Şekil 2.3) absorpsiyonlarının ölçülmesine dayanan spektrofotometrik yöntemde, derişimi hesaplamak için Lambert-Beer Yasası (Eşitlik 2.2) kullanılır [23].

$$A = \epsilon Cl \quad (2.2)$$

2.1.2.3 Giles sınıflandırması

Adsorpsiyon eğrilerinin tipinden yararlanılarak, adsorbantın adsorbat moleküllerine olan ilgisi, adsorbat moleküllerinin yüzeyde yönelme biçimi, adsorpsiyon mekanizması hakkında bilgi edinilir. Çeşitli adsorpsiyon izotermelerini inceleyen Giles, izoterm eğrisinin başlangıç eğimine dayanan bir sınıflandırma oluşturmuştur. Giles sınıflandırmasında 4 tip izoterm mevcuttur ve bunlar S, L, H, ve C tipi izotermelerdir (Şekil 2.4). Yüksek derişimler söz konusu ise, alt sınıflardan da bahsedilir [24, 26].



Şekil 2.4: Çözeltiden adsorpsiyonda izoterm tipleri [24]

S-tipi izotermde, başlangıç eğiminin değişimi derişim arttıkça adsorpsiyonun kolaylaştığını gösterir. Pratikte S eğrisi genelde şu üç durumda oluşur:

Adsorbat molekülü,

- monofonksiyonel ise (bu durum misel halinde değil, tek birim halinde adsorplanmasına sebep olur),
- moleküller arası çekim varsa (bu durum adsorplanmış tabakada düzenli bir dizilişle dikey olarak yerleşmesine sebep olur),
- adsorban için (adsorbat ile çözücü molekülleri ya da başka bir adsorbatın molekülleri arasında) kuvvetli bir yarışma varsa [26].

L-tipi (Langmuir) izoterm, en yaygın olandır. Burada başlangıç eğiminin değişimi, adsorbandaki bölgeler doldukça adsorbat moleküllerinin boş adsorpsiyon bölgeleri bulmalarının zorluğundaki artışı gösterir. Ayrıca adsorplanmış moleküller dikey olarak yerleşmediği gibi, çözücü ile kuvvetli bir yarışma da yoktur. Bu eğriyi veren sistem şu özellikleri taşır:

- moleküller muhtemelen yatay olarak adsorplanmıştır,
- moleküller eğer art arda adsorplanmış iseler, çözücü ile az miktarda yarışma oluşur (örneğin; adsorbat ve adsorbanın yüksek derecede polar olduğu sistemler, moleküller arası çekimin çok güçlü olduğu monofonksiyonel iyonik maddelerin olduğu sistemler [26].

H-tipi izoterm, L-tipinin özel bir şeklidir ve adsorbatın adsorbana olan yüksek ilgisini gösterir. Bu sebeple izotermin başlangıç kısmı dikeydir. Adsorplanan türler iyonik miseller ya da polimerik moleküller gibi genelde büyük birimlerdir. Fakat bazen bu adsorplanmış türlerin yüzeye çok daha düşük ilgi gösteren diğer türler ile değişilen tek iyonlar olduğu da görülür [26].

C-tipi izoterm, adsorbatın mümkün olan maksimum adsorpsiyona kadar çözelti ve adsorban arasında sabit bölüşüldüğünü gösterir. Maksimum adsorpsiyonda ani bir değişimle yatay bir plato oluşur. Bu eğriyi veren sistem şu özellikleri taşır:

- Farklı kristallenme dereceleri olan bölgeler ve esnek moleküller taşıyan gözenekli bir adsorbanın olması,
- Adsorbana çözücüden daha yüksek ilgi gösteren bir adsorbatın olması,

- Adsorbanın kristal bölgelerine nüfuz etme gücü çözücünden daha iyi olan bir adsorbatın olması.

Doğrusallık, adsorpsiyon bölgeleri sayısının sabit kaldığını gösterir; yani daha çok adsorbat adsorplandıkça yeni adsorpsiyon bölgeleri oluşuyor olmalıdır [26].

2.1.3 Adsorpsiyon İzotermi

Adsorpsiyon miktarını, sabit sıcaklıkta basınç veya derişime bağlayan eşitliğe veya grafiğe adsorpsiyon izotermi denir. Denel yoldan belirlenen adsorpsiyon izotermelerini ve diğer adsorpsiyon verilerini değerlendirebilmek için çok sayıda eşitlik türetilmiştir. Adsorplanan ve adsorplayıcı maddelerin özelliklerine göre bir adsorpsiyon için bu eşitliklerden biri ya da birkaçı daha uygun olur [27, 28].

2.1.3.1 Langmuir izotermi

Kimyasal adsorpsiyon için türetilmiş olup, aynı zamanda tek tabakalı fiziksel adsorpsiyon ve çözeltiden adsorpsiyon için de geçerlidir [28]. Üç varsayıma dayanır:

- Adsorpsiyon tek tabakalı kaplamanın ötesine geçmez.
- Bütün adsorpsiyon bölgeleri eşdeğerdir ve yüzey mikroskopik düzeyde mükemmel derecede düzgündür.
- Belli bir bölgede adsorplanacak bir molekülün tutunma yeteneği komşu bölgelerin dolu ya da boş olmasından bağımsızdır [23].

Langmuir izoterminin doğrusal şekli aşağıdaki gibidir:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Qb} + \frac{1}{Q} C_e \quad (2.3)$$

C_e/q_e ile C_e arasında çizilen grafiğin eğim ve kesmesinden adsorbanın adsorplama kapasitesi hakkında bilgi veren Q ve b sabitleri hesaplanır [28].

2.1.3.2 Freundlich izotermi

İdeal olarak temiz ve homojen (Langmuir eşitliğinin türetilmesinde düşünüldüğü gibi) olmayan katı yüzeylerindeki adsorpsiyonlar için deneysel çalışmalara dayanılarak türetilmiştir [28].

Freundlich izoterminin doğrusal şekli aşağıdaki gibidir:

$$\ln q_e = \ln k + n \ln C_e \quad (2.4)$$

$\ln C_e$ ile $\ln q_e$ arasında çizilen grafiğin eğiminden n , eğrinin ordinatı kestiği noktadan ise k bulunur [28].

2.1.3.3 Brunauer-Emmett-Teller (BET) izotermi ve yüzey alanlarının belirlenmesi

Bu eşitlik, yüzeyde bir molekül değil de birkaç molekül kalınlığında bir tabakanın oluştuğu durumlar için geliştirilmiştir [24, 27].

Eşitliğin doğrusal şekli aşağıdaki gibidir:

$$\frac{p}{V(p_0 - p)} = \frac{1}{V_m c} + \frac{(c - 1)p}{V_m c p_0} \quad (2.5)$$

$$c \approx \exp \left(\frac{\Delta H_A - \Delta H_L}{RT} \right) \quad (2.6)$$

BET izotermi bütün adsorpsiyon olaylarını açıklayamaz, ancak BET izotermi yardımı ile adsorbe edici katı maddelerin yüzey alanları hesaplanabilir. Azot (N_2), BET yüzey alanı belirlenmesinde kullanılan en yaygın adsorbattır. Gözenekli yapıları ne olursa olsun tüm katıların özgül yüzey alanları azotun 77 K'deki adsorpsiyon izoterminden (standart olarak kabul edilen BET yöntemi) ile belirlenebilir. BET izoterminin eğim ve kesmesinden elde edilen eşitliklerin ortak çözümünden bulunan tek tabaka kapasitesi kullanılarak özgül yüzey alanı (m^2/g) hesaplanır [24, 27, 28].

2.1.4 Adsorpsiyon Mekanizması

Adsorpsiyonun üç basamakta gerçekleştiği varsayılır:

1. Adsorbatın, çözeltilen adsorbanın dış yüzeyine kütle transferi ya da film difüzyonu,
2. Adsorbatın, adsorbanın gözenekleri içinde tanecik içi difüzyonu ya da geçişi,
3. Adsorbatın, adsorbanın dış ya da iç kısımlarındaki bölgelere adsorpsiyonu.

Bu basamaklardan biri ya da herhangi bir bileşimleri hız kontrol basamağı olabilir. Ancak çoğu kez üçüncü basamak çok hızlıdır ve adsorban-adsorbat etkileşimlerinin karmaşıklığına bağlı olarak bir çok alt basamağı kapsayabilir [29, 30].

2.1.4.1 Tanecik içi difüzyon

Tanecik içi difüzyon,

$$q = k_d t^{1/2} \quad (2.7)$$

eşitliği ile verilir. q ile $t^{1/2}$ arasında bir grafik çizildiğinde, grafikte başlangıç eğrisini takiben doğrusallık ve bundan sonra da düzlük elde edilmesi, adsorpsiyonun iki mekanizmasının olduğunu ve dengeye ulaştığını gösterir. Başlangıç eğrisi film difüzyonunun, doğrusal kısım ise tanecik içi difüzyonun baskın olduğunu gösterir. Doğrusal kısmın orijinden geçmemesi, sistemde hızı kontrol eden tek basamağın tanecik içi difüzyon olmadığını gösterir. Doğrusal kısmın eğimi k_d , tanecik içi difüzyon katsayısını verir [30-33].

2.1.5 Adsorpsiyon Kinetiği

2.1.5.1. Lagergren 1. derece hız eşitliği

Lagergren 1. derece hız eşitliğinin doğrusal şekli aşağıdaki gibidir:

$$\ln(q_e - q) = \ln q_e - k_1 t \quad (2.8)$$

$\ln(q_e - q)$ ile t arasında grafik çizildiğinde bir doğru elde edilir. Doğrunun eğiminden adsorpsiyon hız sabiti, k_1 bulunur [33].

2.1.5.2 Yalancı 2. derece hız eşitliği

Yalancı 2. derece hız eşitliğinin doğrusal şekli aşağıdaki gibidir:

$$\frac{t}{q} = \frac{1}{k_2 q_s^2} + \frac{1}{q_s} t \quad (2.9)$$

t/q ile t arasında grafik çizildiğinde bir doğru elde edilir. Doğrunun eğim ve kesmesinden k_2 yani adsorpsiyon hız sabiti bulunur [33].

2.1.6 Adsorpsiyon Termodinamiği

Adsorpsiyon sırasındaki entalpi değişimi, entropi değişimi ve dağılım katsayısı belirlenerek adsorpsiyon olayı termodinamik olarak incelenir. İlgili termodinamik eşitlikler aşağıdaki gibidir:

$$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T \Delta S^0 \quad (2.10)$$

$$\Delta G^0 = -RT \ln K \quad (2.11)$$

$$\ln K = \frac{\Delta S^0}{R} - \frac{\Delta H^0}{R T} \quad (2.12)$$

Eşitlik 2.12 Van't Hoff eşitliğidir ve Eşitlik 2.10 ile Eşitlik 2.11'in birleştirilmesi ile elde edilir. $\ln K$ ile $1/T$ arasında çizilen grafiğin eğiminden $-\Delta H^0/R$ ve kesmesinden $\Delta S^0/R$ bulunur. Bu değerler yardımı ile tüm termodinamik parametreler hesaplanır [28, 33].

2.2 ADSORBAN MADDELER

Metaller ile plastikler de dahil olmak üzere bir kristal yapıya sahip olsun ya da olmasın tüm katılar az veya çok adsorplama gücüne sahiptir. Adsorplama gücü yüksek olan bazı doğal katıları kömürler, killer, zeolitler ve çeşitli metal filizleri şeklinde; yapay katıları ise aktif kömürler, moleküler elekler (yapay zeolitler), silikajeller, metal oksitleri, katalizörler ve bazı özel seramikler şeklinde sıralayabiliriz [28].

Adsorban maddeler (adsorbanlar) gözenekli yapıya sahiptir. Katıların içinde ve görünen yüzeyinde bulunan boşluk, oyuk, kanal ve çatlaklara genel olarak gözenek denir. Adsorbanların gözenekleri üç sınıfta toplanır: Makrogözenekler, mezogözenekler ve mikrogözenekler (Şekil 2.5). Genişliği 50 nm'nin üstünde olan gözenekler makrogözenekler, 2-50 nm arasında değişen gözenekler mezogözenekler, 2 nm'den küçük gözenekler ise mikrogözenekler olarak adlandırılır [28].



Şekil 2.5: Adsorbanların gözenek tipleri [34]

Katının bir gramında bulunan gözeneklerin toplam hacmine, özgül gözenek hacmi; bu gözeneklerin sahip olduğu duvarların toplam yüzeyine ise, özgül yüzey alanı denir. Gözenekler küçüldükçe duvar sayısı arttığından özgül yüzey alanı da artar. Bir başka deyişle, özgül yüzey alanının büyüklüğü, özgül gözenek hacminin büyüklüğünden çok gözeneklerin büyüklüğüne bağlıdır. Gözeneklerin büyüklük dağılımına, adsorplayıcının gözenek boyut dağılımı denir. Bir katının adsorplama gücü kimyasal yapısının yanında, özgül yüzey alanı, özgül gözenek hacmi ve gözenek boyut dağılımına bağlı olarak değişir [28].

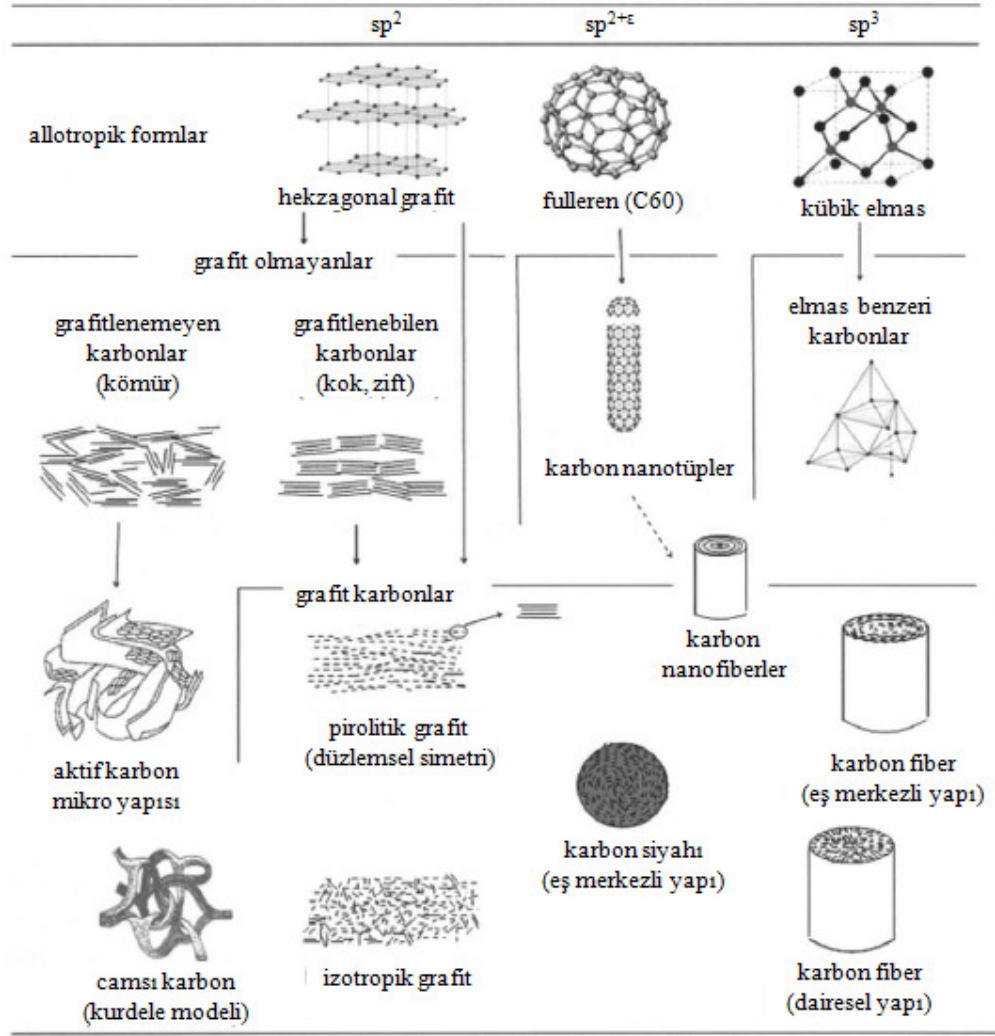
Adsorbanların fiziksel ve kimyasal karakterizasyonu: (1) Azot (N_2) adsorpsiyonu ile yüzey alanının, gözenek hacminin ve gözenek boyut dağılımının belirlenmesi, (2) sıfır

yük noktasının (pH_{PZC}) belirlenmesi, (3) elementel analiz, (4) FTIR (Fourier Transform Infrared) spektrofotometresi ile yüzeydeki fonksiyonel grupların belirlenmesini kapsar [35].

2.2.1 Aktif Karbon

Aktif karbon, küçük miktarlarda oksijen ve hidrojen gibi farklı hetero-atomlar içeren gözenekli bir karbon yapısıdır. Odun, selülozik biyokütle, turba, linyit ve kömür gibi çeşitli hammaddelerden termal (fiziksel) ya da kimyasal aktivasyon ile üretilir. Yüzey alanı çok geniştir. Bazı aktif karbonlar üretildikleri ham maddenin yapısına bağlı olarak değişen miktarlarda mineral madde (kül) de içerir. Gözenekli yapı aktif karbonları karakterize eden temel fiziksel özelliktir. Ayrıca temel yapının uçlarındaki karbon atomlarına bağlanabilen hetero-atomların oluşturduğu yüzey gruplarının varlığı ya da yokluğu farklı kimyasal yapılardaki aktif karbonların oluşmasını sağlar. Aktif karbonların davranışında fiziksel ve kimyasal özelliklerinin çok büyük önemi vardır [36].

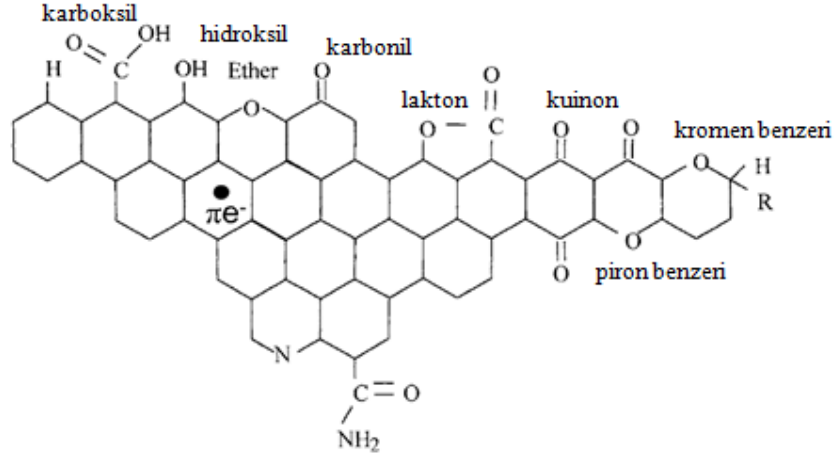
Aktif karbonun geniş yüzey alanı esas olarak mikrogözeneklerin varlığının bir sonucudur ve adsorpsiyonun büyük bir kısmı bu gözeneklerde meydana gelir. Bununla birlikte, adsorbatın mikrogözeneklere ulaşmasında geçit işlevi gördüklerinden mezogözenekler ve makrogözenekler de adsorpsiyon sürecinde önemli bir rol oynar. Ancak büyük boyutlu bazı organik moleküller durumunda, mikrogözeneklerin boyutları adsorbat moleküllerinin içeri giremeyeceği kadar küçük olabilir ya da şekilleri molekül şekline uygun olmayabilir. Bu da aktif karbonun özgül yüzey alanının adsorpsiyon kapasitesi ile orantılı olmayabileceği anlamına gelir. Gözenek boyut dağılımı dikkate alınması gereken bir etkidir [36].



Şekil 2.6: Karbonun temel allotropları ve bunlardan elde edilmiş karbon yapıları [36]

Karbon yapısının uçlarında yerleşmiş olan karbon atomları doymamış atomlardır, yani çiftleşmemiş elektronları vardır. Bu bölgeler genelde yüzey gruplarını oluşturan heteroatomlara bağlıdır (Şekil 2.7). Bu gruplar arasında en yaygın olanı oksijen içeren yüzey gruplarıdır. Fonksiyonel gruplarla ilişkili olan yüzey bölgeleri toplam yüzey alanının küçük bir kısmını oluşturmasına rağmen, aktif karbonun kimyasal yapısındaki küçük değişiklikler adsorpsiyon kapasitesinde önemli değişikliklere sebep olabilir. Yüzey gruplarının varlığı ya da yokluğu karbonun farklı adsorbatlarla olan etkileşimini önemli derecede etkiler. İlk olarak, oksijen içeren yüzey grupları polardır ve varlıkları genelde hidrofobik olan karbon yüzeyinin hidrofiliğinin artmasına sebep olur. İkinci olarak ise,

yüzey grupları karbonun asidik ya da bazik olan karakterini etkiler. pH_{PZC} değeri ile ilişkili olarak dikkate alınacak diğer bir etken ise çalışılan ortamın pH'ıdır [36].



Şekil 2.7: Karbon yüzeyinde bulunabilecek en önemli gruplar [36]

Aktif karbonlar parçacık boyutlarına göre iki gruba ayrılabilir: toz aktif karbon, granüler aktif karbon. Granüler aktif karbonun ortalama tanecik boyutu 1-5 mm arasındadır ve şekillendirilmiş ya da şekillendirilmemiş tipte olabilir. Toz aktif karbon ile karşılaştırıldığında avantajlı tarafı kullanımı sırasında basınç düşüşünün daha az olması ve daha kolay rejenera ya da reaktifte edilerek tekrar kullanılabilmesidir [36].

2.2.1.1 Aktif karbonun rejenerasyonu

Aktif karbonlar bir süre kullanıldıktan sonra adsorpsiyon kapasiteleri tükenir. Bu durumda yenisi ile değiştirilmek üzere atılırlar ya da tekrar kullanılmak üzere rejenera edilirler. İkinci seçenek prosesin özelliklerine bağlı olarak, daha az aktif karbon tüketimi ve adsorplanmış maddelerin ekonomik değer taşıyanlarının geri kazanılmasına imkan vermesi gibi avantajlar taşır. Ancak bazı durumlarda adsorpsiyon kapasitesi tüketilmiş olan karbonların rejenerasyonu, yeni aktif karbon üretiminin maliyetinden düşük olmayan maliyetlere yol açar. Ayrıca, rejenerasyon proseslerinden sonra genellikle adsorpsiyon kapasitesi orijinal aktif karbondan daha düşük olan bir karbon elde edilir ve belli sayıda rejenerasyon tekrarının (döngüsünün) ardından adsorpsiyon kapasitesi karbonun daha fazla rejenera edilemeyeceği bir düzeye düşer. Bunlara ek

olarak toz aktif karbonun rejenerasyonu zordur ve karbon kaybı çok fazladır. Rejenerasyon çoğunlukla granüler aktif karbon ile yürütülür, çünkü granüler aktif karbon talebi ve üretim maliyetleri daha yüksektir [36].

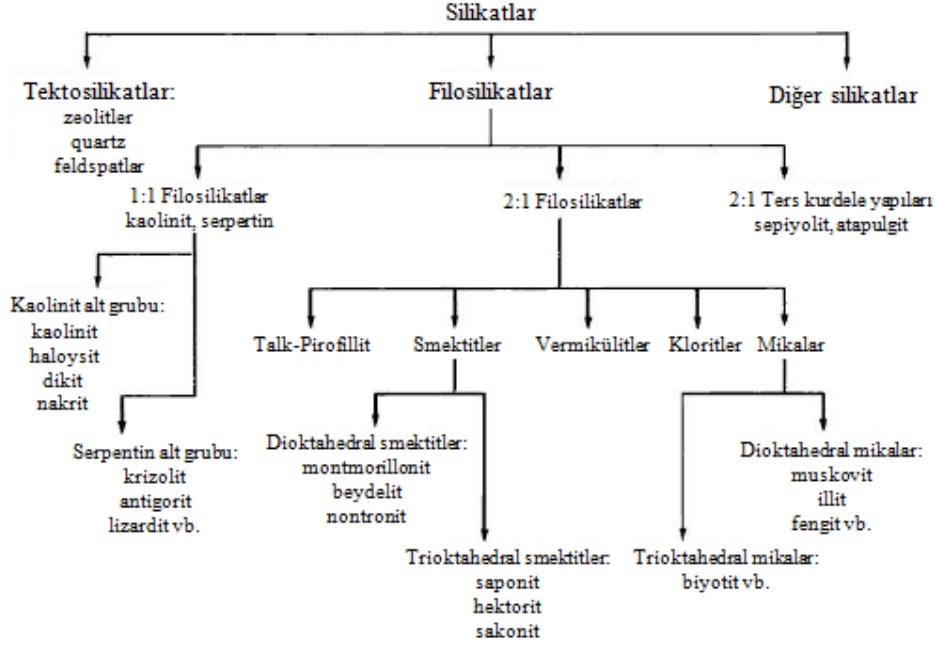
Aktif karbonun rejenerasyonu, sadece yeni karbon üretimine kıyasla ekonomik bir avantaj sağlanabiliyorsa gerçekleştirilir. Bu sebeple geliştirilmiş ya da araştırılmakta olan bir çok rejenerasyon yöntemi vardır. Bunlar arasında en sık kullanılan fiziksel (termal) ve kimyasal yöntemler; klasik termal rejenerasyon, buhar rejenerasyonu, kimyasal oksidasyon, asit-baz rejenerasyonu, çözücü rejenerasyonu ve süper kritik sıvı rejenerasyonudur. Ayrıca biyolojik rejenerasyon yöntemleri de kullanılır [36, 37].

Termal rejenerasyon, en çok kullanılan yöntemdir. Karbonun farklı sıcaklıklarda ve farklı tipteki fırınlarda ısıl işleme uğratılmasını kapsar. Böylece adsorbat, karbon yüzeyinden desorbe edilir. Son yıllarda klasik ısıtma yöntemlerine göre ekonomik ve ekolojik avantajlarından dolayı mikrodalga fırınlar da rejenerasyon için kullanılmaya başlandı. Fakat termal rejenerasyon nispeten daha yüksek bir enerji sarfiyatına ve karbon kütlelerinde kayıplara sebep olur [36].

Çözücü rejenerasyonu ise, karbon yataktan uygun çözücü akımının geçirilmesine dayanır. Böylece adsorbat ekstraksiyon ile aktif karbonun gözenekli yapısından uzaklaştırılabilir. Çözücüler genelde pahalıdır ve geri kazanılmaları gerekir. Bu yöntem ayrıca, yerinde (in-situ) uygulamalara ve adsorbatın geri kazanılmasına olanak sağlar [36].

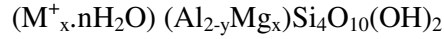
2.2.2 Bentonit

Bentonit yüksek derecede kolloidal ve plastik killerin bir karışımı olup, ana bileşeni montmorillonittir. Montmorillonit smektit grubundan bir kildir, volkanik küllerin devitrifikasyonu ile oluşur ve çok küçük tanecikler halinde bulunur. Bentonit içeriğinde, montmorillonitin yanında feldspar, biyotit, kaolinit, illit, kristobalit, piroksen, zirkon ve kristal kuvars gibi yapılar da bulunabilir [38, 39].

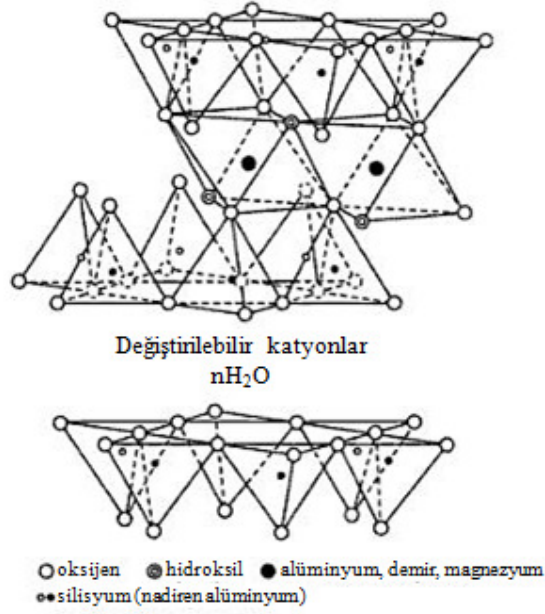


Şekil 2.8 Silikatların sınıflandırılması [38]

Smektitlerin temel kristal yapısı (Şekil 2.9), iki tetrahedral silika tabakasının arasındaki bir oktahedral alümina tabakası şeklindedir. Ancak kimyasal bileşimleri farklılık gösterir. Bu tabakalar, aralarında bulunan yük dengeleyici katyonlar tarafından gevşek olarak bir arada tutulur. Montmorillonit yapısı şöyle gösterilebilir:



Burada M^{+} , değiştirilebilir katyonları ifade eder. Bu değiştirilebilir katyonların en yaygın olanları sodyum, kalsiyum, magnezyum, hidrojen ve potasyumdur. Tabakalar arasında değiştirilebilir katyonların yanı sıra su molekülleri de bulunur. Değiştirilebilir katyonun tipi tabakalar arasında bulunan suyun yapısını da etkiler. Smektitlerin katyon değiştirme yetenekleri katyon değişim kapasitesi olarak tanımlanır ve genelde 100 g kildeki milieşdeğer (meq/100 g) olarak ifade edilir. Katyon değişim kapasitesi, kilin sadece inorganik katyonlarla değil organik katyonlarla da bağlanabilmesini sağlar [38, 40].



Şekil 2.9: Smektitlerin temel kristal yapısı [40]

Birbirini izleyen tabakalar arasındaki yüzey; iç yüzey ve kristalin dışındaki yüzey; dış yüzeydir. Kristallerin düzenli yapısı kenarlarda kesilir ve buradaki kırılmış bağlar yüklerini protonların ve su moleküllerinin spesifik adsorpsiyonuyla dengeler. Düzenli yapının bu şekilde kesilmesi kenar yüzeyine amfoterik bir karakter verir. Yüzey yükünün pH ile değişimi ve katyonlar, anyonlar ya da moleküller (organik ya da inorganik) ile reaksiyona girerek kimyasal bağlar oluşturma kapasitesi bunun sonucudur [38].

2.3 İLAÇ ETKEN MADDELERİ

İlaç, fizyolojik sistemleri veya patolojik durumları alanın yararı için değiştirmek veya incelemek amacıyla kullanılabilen bir maddedir. Farmakolojinin konusu içinde geçen "ilaç etken maddesi" ise tedavi amacıyla kullanılan her türlü kimyasal maddeyi ifade eder. Dolayısıyla ilaç, bir veya birkaç "ilaç etken maddesini" içeren ve hastaya uygulanabilecek şekilde konmuş tedavi edici son üründür [41]. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) farmakoloji kapsamındaki "ilaç etken maddesini" şöyle tanımlar: "Dokuların ya da organizmaların biyokimyasal ve fizyolojik süreçlerini değiştiren bir kimyasal maddedir" [42].

İlaç etken maddeleri doğal kaynaklardan ya da sentez yoluyla elde edilebilir. Kimyasal yapılarına ve terapötik etkilerine göre iki şekilde sınıflandırılırlar. Kimyasal yapıya göre sınıflandırma, fonksiyonel gruplarda ya da halka sistemlerindeki benzerliğe dayanır. Asitler, alkoller, fenoller, eterler, esterler, nitro bileşikleri, amino bileşikleri, amitler, amino alkoller, amino eterler, aminoasitler, karbohidratlar, tiyoüreler, alkaloidler ve steroidler belirli fonksiyonel grup ya da grupların temel alındığı bileşiklerin bazı kategorileridir ve benzer özellikler gösterirler. Birçok durumda terapötik etkileri benzer olan ilaç etken maddelerinin kimyasal yapıları çok farklı olduğundan, bu kategorilerden hangisine ait olduklarını kesin olarak belirlemek zordur. Aynı şekilde, kimyasal yapısı benzer olan ilaç etken maddeleri farklı terapötik özellikler gösterebilirler. Bahsedilen sınırlamalara rağmen, bu tip sınıflandırma kimyasal özelliklerin ve sentetik yöntemlerin araştırılmasında kullanışlıdır [43].

Terapötik etkiye göre sınıflandırmada ise, üç ana sınıf vardır [43]:

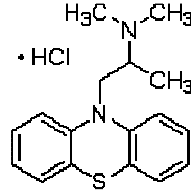
- Kemoterapötik maddeler: Kemoterapi kelimesi, ilaçların bulaşıcı hastalıkların tedavisinde kullanılması olarak tanımlanabilir ve sorun yaratan parazitlerin ya da organizmaların konakçı dokuya zarar verilmeden yok edilmesini amaçlar. Patojenin sebep olduğu hastalığa bağlı olarak şu kategorilere ayrılırlar: antimalaryal, antibakteriyel, antibiyotik, antifungal, antiprotozoal, antihelmentik, antiseptik, antitüberküloz, antileprozi.
- Farmakodinamik maddeler: Vücudun biyokimyasını değiştiren ya da düzenleyen ilaç etken maddeleri bu grubu oluşturur. Merkezi sinir sistemi

(merkezi sinir sistemi depresanları, merkezi sinir sistemi uyarıcıları, anestetikler, antipiretikler ve analjezikler), periferik sinir sistemi (antispazmodikler, antihistaminikler), kardiyovasküler sistem (kardiyovasküler maddeler), hematopoetik sistem (antikoagülanlar, anti-anemikler), renal sistem (diüretikler) gibi vücudun herhangi bir sistemi üzerinde seçici etki sahibi olan maddelerdir. Vücut dokularındaki özel reseptörler ile etkileşerek biyokimyasal fonksiyonları değiştirir ya da düzenlerler.

- Vitaminler ve hormonlar.

2.3.1 Prometazin hidroklorür

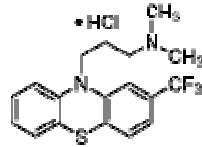
Prometazin hidroklorür, dünya çapında kullanılan antihistaminik ve antialerjik etkili bir ilaç etken maddesidir. Ayrıca sedatif ve antiemetik etkisi vardır. Fenotiyazin grubuna girer ve grubun diğer üyeleri gibi amfifilik özellik taşıdığından suda yüzey aktif maddelere benzer davranış gösterir [44, 45].



Şekil 2.10: Prometazin hidroklorürün kimyasal formülü

2.3.2 Triflupromazin hidroklorür

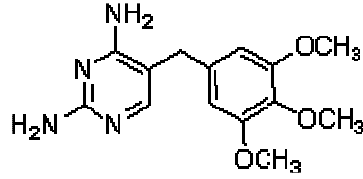
Triflupromazin hidroklorür de, prometazin hidroklorür gibi fenotiyazin grubuna ait olduğundan, aynı şekilde amfifilik özellik gösterir. Antipsikotik bir maddedir [46].



Şekil 2.11: Triflupromazin hidroklorürün kimyasal formülü

2.3.3 Trimetoprim

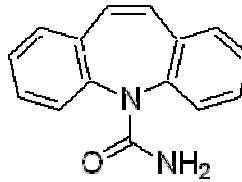
Diaminoprimidin grubundan sentetik bir antibiyotiktir. Bakteriyostatik özellik gösterir. Zatiürrenin, idrar yolu enfeksiyonlarının (sistit) tedavisinde, ayrıca korunma amaçlı da kullanılır. Sülfonamid grubundan bakteriyostatik bir antibiyotik olan sülfametoksazol ile co-trimoksazol kombinasyonunu oluşturur. Bu kombinasyon sinerjistik etkinliğinden dolayı üstünlük gösterdiğinden çok kullanılır [41, 47, 48].



Şekil 2.12: Trimetoprimin kimyasal formülü

2.3.4 Karbamazepin

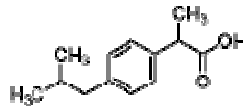
İminostilben grubu, antikonvulsan etkili bir maddedir. Esas olarak epilepsinin uzun süreli tedavisinde, bunun yanında üçlü nevralsi (spesifik analjezik etki) ve bipolar bozukluk tedavisinde kullanılır [49, 50].



Şekil 2.13: Karbamazepinin kimyasal formula

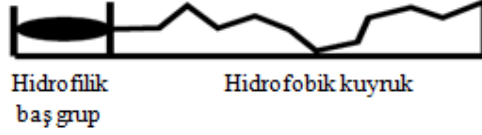
2.3.5 İbuprofen

İbuprofen, propiyonik asit grubundan antiemflamatuvar bir maddedir. Ayrıca analjezik ve antipiretik etkisi vardır. Ağrı ve iltihap tedavisinde ve çocuklarda ateş yükselmesi durumunda yaygın olarak kullanılır [51, 52].



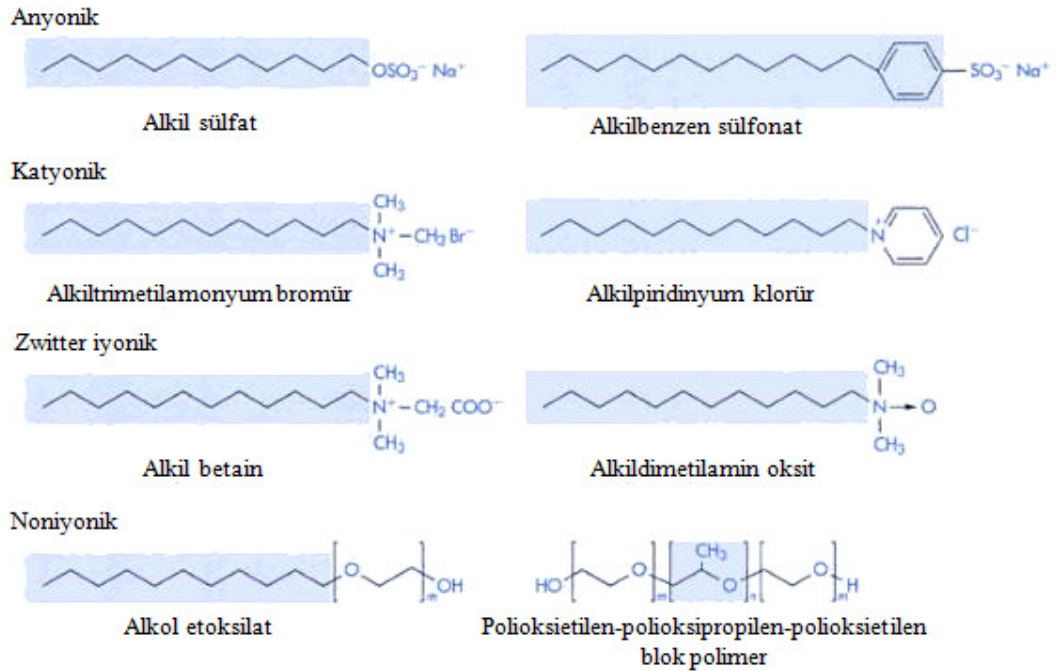
Şekil 2.14: İbuprofenin kimyasal formülü

2.4 YÜZEY AKTİF MADDELER



Şekil 2.15: Yüzey aktif madde moleküllerinin temel yapısı [24]

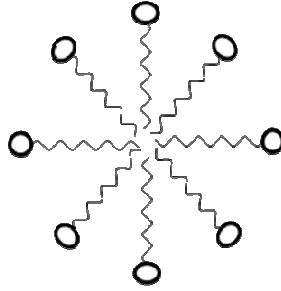
Bazı bileşikler kimyasal yapılarının bir sonucu olarak ara yüzelerde birikme (yani adsorpsiyon) ve çözeltide koloidal agregatlar oluşturma eğilimi gösterir. Bu bileşiklere yüzey aktif maddeler denir. Katılar, sıvılar ve gazlar arasındaki farklı ara yüzelerdeki bu adsorpsiyon, ara yüzeyin yapısının değişmesine neden olur. Sonuç olarak, yüzey aktif maddeler genelde yüzey gerilimini düşürürler [24, 53].



Şekil 2.16: Yüzey aktif maddelerin sınıflandırılması [53]

Yüzey aktif bileşiklerin özelliği, kimyasal yapılarında birbirinden farklı iki bölgeye sahip olmalarıdır (Şekil 2.15). Bunlar hidrofilik (su-seven) ve hidrofobik (su-sevmeyen) bölgelerdir. Yüzey aktiflik çözelti-hava ara yüzeyindeki adsorpsiyondan kaynaklanır, çünkü molekülün hidrofobik kısmı sulu ortamdan yukarıdaki buhar faza doğru kaçır. Hidrofobik kısımlar genelde doymuş veya doymamış hidrokarbon zincirleri ya da heterosiklik veya aromatik halka sistemleridir. Hidrofilik bölgeler ise anyonik, katyonik, zwitteriyonik ya da noniyonik olabilir. Yüzey aktif maddeler genelde hidrofilik grupların yapısına göre sınıflandırılır (Şekil 2.16) [53].

Ortamda yüzey aktif maddenin derişimi arttıkça, ara yüzeydeki yüzey aktif madde derişimi artmaya ve dolayısıyla yüzey gerilimi düşmeye devam eder. Ara yüzey tabakası yüzey aktif madde molekülleri ile doycak derişime ulaşıldığında, artık yüzey geriliminin düşmesi mümkün değildir. Bu kritik derişimden (kritik misel derişimi, KMD) sonra moleküller genellikle küresel bir yapı oluşturacak şekilde düzenlenir (Şekil 2.17) ve içteki hidrofobik kısımlar suya karşı hidrofilik kısımlar ile sarılmış olur [53]. Sulu çözeltide küçük agregatlar ya da miseller oluşturmaları yüzey aktif maddelerin ikili yapısının bir sonucudur, ayrıca ilgi çekici ve yararlı bir özelliktir [53].



Şekil 2.17: Misel yapısının şematik gösterimi

Yüzey aktif maddelerin endüstride çok geniş bir kullanım alanı vardır. Tüketici (son ürün) bazındaki bazı temel modern uygulamaları ise şöyle sıralanabilir [24]:

- Yapıştırıcılar
- Temizleme sıvıları
- Kozmetikler
- Dezenfektanlar

- Yiyecekler ve içecekler
- Ev temizliği ve çamaşır yıkama ürünleri
- Boyalar
- Farmasötikler
- Fotoğraf kimyasalları
- Sabunlar, şampuanlar ve kremler
- Vakslar ve cilalar

2.4.1 Sodyum dodesil sülfat

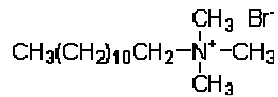
Çok kullanılan anyonik bir yüzey aktif maddedir. Gram-pozitif bakterilere karşı bakteriyostatik etkisi vardır. [53]



Şekil 2.18: SDS'nin kimyasal formülü

2.4.2 Dodesil trimetil amonyum bromür

Çok kullanılan katyonik bir yüzey aktif maddedir. Gram-pozitif bakterilerin büyük bir kısmına ve bazı gram-negatif bakterilere karşı bakterisit etki gösterir. [53]



Şekil 2.19: DTAB'ın kimyasal formülü

2.5 KONU İLE İLGİLİ DAHA ÖNCE YAPILMIŞ OLAN ÇALIŞMALAR

Literatürden edinilen bilgilere göre, belirli bir ilacın adsorpsiyonu da kapsayan çeşitli yöntemlerle uzaklaştırılması ile ilgili bazı çalışmalar [54] bulunsa da, ilaç adsorpsiyonuna yüzey aktif maddelerin etkisini konu alan çalışmalar yok denecek kadar azdır. Bu tez çalışmasında kullanılan ilaç etken maddeleri ile yapılmış olan adsorpsiyon çalışmaları ve literatürde bulunan çok sınırlı sayıdaki ilaç etken maddesi adsorpsiyonuna yüzey aktif madde etkisini konu alan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Seki ve Yurdakoç [55, 56] prometazin hidroklorürün sulu ortamda adsorpsiyonunu farklı sıcaklıklarda KSF montmorillonit ve smektit ile çalışmışlar, adsorpsiyon verisini Langmuir, Freundlich ve D-R (Dubinin-Radushkevich) izotermleri ile modellemişlerdir. Ayrıca adsorpsiyon kinetiğini 1. derece, Yalancı 2. derece ve Tanecik içi difüzyon eşitliklerini kullanarak incelemişlerdir. Gereli ve diğ. [57] prometazin hidroklorürün sulu ortamda adsorpsiyonunu K10 montmorillonit ile çalışmışlar ve adsorpsiyon verisini aynı modeller ile incelemişlerdir. Fejér ve diğ. [58] de prometazin hidroklorürün adsorpsiyonunu montmorillonit ile çalışmış ve Langmuir izotermi ile modellemişlerdir. Ayrıca prometazin hidroklorürün, buformin hidroklorür varlığında yarışmalı adsorpsiyonunu incelemişlerdir.

Kim ve diğ. [59] trimetoprimin toz ve granüler aktif karbon ile adsorpsiyonunu sulu ortamda çalışmış ve Langmuir, Freundlich, Toth eşitlikleri ile modellemişlerdir. Ayrıca farklı akış hızları ile sabit yatak boyutlarında kolon çalışmaları yaparak sonuçları karşılaştırmışlardır. Bekçi ve diğ. [60] trimetoprimin sulu ortamdaki adsorpsiyonunu farklı sıcaklıklarda montmorillonit KSF ile çalışmışlardır. Adsorpsiyonu Langmuir, Freundlich, D-R izotermleri ile modellemişler ve adsorpsiyon kinetiğinin Yalancı 2. derece eşitliğine uyduğunu göstermişlerdir. Bekçi ve Yurdakoç [61] trimetoprimin adsorpsiyonu için yeni adsorbanlar (alüminyum sütunlu K10 ve KSF) hazırlamış ve adsorpsiyonu aynı eşitlikler ile modellemişlerdir. Qtaitat [62] trimetoprimin adsorpsiyonunu farklı pH değerlerinde montmorillonit ile çalışmış ve trimetoprimle montmorillonit arasındaki etkileşimi infrared spektroskopisi ile incelemiştir. Al-Bayati ve Ahmed [63] trimetoprim adsorpsiyonunu doğal bir polimer olan selüloz asetat ve atapulgit kili ile çalışmışlardır.

Zhang ve diğ. [64] modifiye edilmiş smektitler ile karbamazepin adsorpsiyonunu çalışmışlar ve modifikasyonla smektit yapısına eklenen organik katyonların adsorpsiyon kapasitesini büyük ölçüde arttırdığını göstermişlerdir. Williams ve diğ. [65] karbamazepinin karakterize ettikleri toprak üzerinde adsorpsiyonunu ve desorpsiyonunu çalışmışlardır. Schulz ve diğ. [66], Schweiger ve diğ. [67], Dai ve diğ. [68] çeşitli ortamlarda karbamazepin adsorpsiyonu için sentetik polimerler kullanmışlardır.

Mestre ve diğ. [69] ibuprofen adsorpsiyonunu sulu ortamda aktif karbonlar ile çalışmışlar ve adsorpsiyon sürecinin Langmuir izotermi ile Yalancı 2. derece eşitliğine uyduğunu göstermişlerdir. Sıcaklığın değişimi bu adsorpsiyon üzerinde önemli bir etki yapmamıştır. Yine Mestre ve diğ. [70] atıklardan ürettikleri aktif karbonlar ile ibuprofen adsorpsiyonu çalışmış ve ticari aktif karbonlar ile elde ettiklerinden daha iyi sonuçlar verdiğini göstermişlerdir. Melillo ve diğ. [71] ibuprofenin aktif karbonlar üzerindeki adsorpsiyonunu sulu ortama ilave olarak protein varlığında da incelemişler ve protein varlığının adsorpsiyona önemli derecede etki ettiğini göstermişlerdir. Mikhalovsky ve diğ. [72] farklı yapıdaki bir çok karbonun (karbon elekler, aktif karbonlar, karbon siyahları) yapı ve adsorpsiyon özelliklerini ibuprofenin adsorpsiyonu ile karşılaştırmışlardır. Gun'ko ve diğ. [73] de ibuprofenin farklı aktif karbonlar ve silika yüzeyleri ile etkileşimini sulu ortamda ve protein varlığında çalışmışlardır.

Ayrıca trimetoprim, karbamazepin ve ibuprofeni de içeren bazı ilaçların adsorpsiyonunun aynı adsorban ile çalışılarak karşılaştırıldığı bazı çalışmalar da vardır [74-77]. Bu çalışmalarda adsorban olarak sentetik reçine [74] ve silika [75-77] kullanılmıştır.

İlaç etken maddesi adsorpsiyonuna yüzey aktif madde etkisini konu alan sınırlı sayıdaki çalışmada adsorban olarak doğal bir malzeme olan alüvyon [11] ve aktif karbon [78-80] kullanılmıştır. Hari ve diğ. [11] karbamazepin adsorpsiyonuna katyonik bir yüzey aktif madde olan setilpridinyum klorürün ve noniyonik bir yüzey aktif madde olan Tergitol NP9'un etkisini incelemişler; sulu ortamda alüvyon üzerinde yok denecek kadar az olan karbamazepin adsorpsiyonunun yüzey aktif maddeler varlığından arttığını göstermişlerdir. Erdiñç ve diğ. [78] fenotiyazin grubu bir ilaç etken maddesi olan tiyوريدazin hidroklorürün adsorpsiyonunu sulu ortamın yanında anyonik (sodyum

dodesil sülfat, lityum dodesil sülfat), katyonik (setiltrimetilamonyum bromür) ve non-iyonik (TX-100) yüzey aktif maddeler varlığında çalışmışlar; adsorpsiyonun anyonik ve katyonik yüzey aktif maddeler varlığında azaldığını, TX-100 varlığında ise arttığını tespit etmişlerdir. Ayrıca adsorpsiyon miktarındaki bu değişimlerin ilaç etken maddesi ile yüzey aktif maddeler arasındaki etkileşimin derecesine bağlı olduğunu göstermişlerdir. Ahn ve diğ. [79, 80] fenantren adsorpsiyonunun TX-100 varlığında arttığını bulmuş ve TX-100 ortamında fenantrenin seçimli adsorpsiyonunu çalışmışlardır. Bernard ve diğ. [81] anyonik ilaçların katyonik yüzey aktif maddeler ile birlikte adsorpsiyonunu çalışmışlar ve oluşan ko-adsorpsiyon (yardımcı adsorpsiyon) mekanizmasını incelemişlerdir.

Zadaka ve diğ. [82] trimetoprimi de içeren bazı organik kirleticilerin adsorpsiyonunu modifiye edilmiş farklı adsorbanlar ile incelemişler ve aktif karbon ile karşılaştırmışlardır. Adsorban modifikasyonu için yüzey aktif maddeleri de kullanmışlardır. Ayrıca Krajišnik ve diğ. [83] katyonik bir yüzey aktif madde olan setilpiridinyum klorür ile modifiye edilmiş doğal zeolit kullanarak diklofenak sodyumun sorpsiyonunu çalışmışlardır.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1 KULLANILAN MADDELER

Kullanılan tüm kimyasalların fiziksel ve kimyasal özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

3.1.1 İlaç etken maddeleri

3.1.1.1 *Prometazin hidroklorür (PM)*

Sigma-Aldrich firmasından temin edildi.

Kimyasal adı : 10-[2-(Dimetilamino)propil]fenotiyazin hidroklorür

Molekül formülü : $C_{17}H_{20}N_2S \cdot HCl$

Molekül ağırlığı : 320,88 g/mol

pKa : 9,1 [45, 53]

Suda çok çözünür [84, 85].

λ_{maks} : 298 nm

3.1.1.2 *Triflupromazin hidroklorür (TFP)*

Sigma-Aldrich firmasından temin edildi.

Kimyasal adı: *N,N*-dimetil-3-[2-(trifluorometil)-10*H*-fenotiyazin-10-yl]propan-1-amin
hidroklorür

Molekül formülü : $C_{18}H_{19}F_3N_2S \cdot HCl$

Molekül ağırlığı : 388,88 g/mol

pKa : 9,2 [53]

Suda çözünür [85, 86].

λ_{maks} : 306 nm

3.1.1.3 *Trimetoprim (TM)*

Deva Holding A.Ş. tarafından sağlanmıştır.

Kimyasal adı : 2,4-Diamino-5-(3,4,5-trimetoksibenzil)pirimidin

Molekül formülü : $C_{14}H_{18}N_4O_3$

Molekül ağırlığı : 290,32 g/mol

pKa : 7,3 [87, 88]

Sudaki çözünürlüğü: 400 mg/L [89]

λ_{maks} : 278 nm

3.1.1.4 Karbamazepin (KM)

Novartis Sağlık, Gıda ve Tarım Ürünleri San. ve Tic. A.Ş. tarafından sağlanmıştır.

Kimyasal adı : 5H-Dibenz[b,f]azepin-5-karboksamit

Molekül formülü : $C_{15}H_{12}N_2O$

Molekül ağırlığı : 236,27 g/mol

pKa : 7,0 [90, 91]

Sudaki çözünürlüğü : 170 mg/L [91]

λ_{maks} : 285 nm

3.1.1.5 İbuprofen (IBU)

Atabay İlaç Fabrikası A.Ş. tarafından sağlanmıştır.

Kimyasal adı : α -Metil-4-(izobütil)fenilasetik asit, (\pm)-2-(4-İzobütilfenil)propanoik asit

Molekül formülü : $C_{13}H_{18}O_2$

Molekül ağırlığı : 206,28 g/mol

pKa : 4,5-5,2 [92]

Sudaki çözünürlüğü : 143 mg/L [92]

λ_{maks} : 264 nm

3.1.2 Yüzeysel Aktif Maddeler (YAM)

3.1.2.1 Sodyum dodesil sülfat (SDS)

Sigma-Aldrich firmasından temin edildi.

Diğer kimyasal adları : Dodesil sodyum sülfat, Dodesil sülfat sodyum tuzu, Lauril sülfat sodyum tuzu, Sodyum lauril sülfat

Molekül formülü : $CH_3(CH_2)_{11}OSO_3Na$

Molekül ağırlığı : 288,38 g/mol

KMD: 2,31 g/L ($8 \cdot 10^{-3}$ M) [93]

3.1.2.2 Dodesil trimetil amonyum bromür (DTAB)

Sigma-Aldrich firmasından temin edildi.

Diğer kimyasal adı : Lauril trimetil amonyum bromür

Molekül formülü : $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{Br}$

Molekül ağırlığı : 308,34 g/mol

KMD: 4,32 g/L ($14 \cdot 10^{-3}$ M) [93]

3.1.3 Adsorbanlar

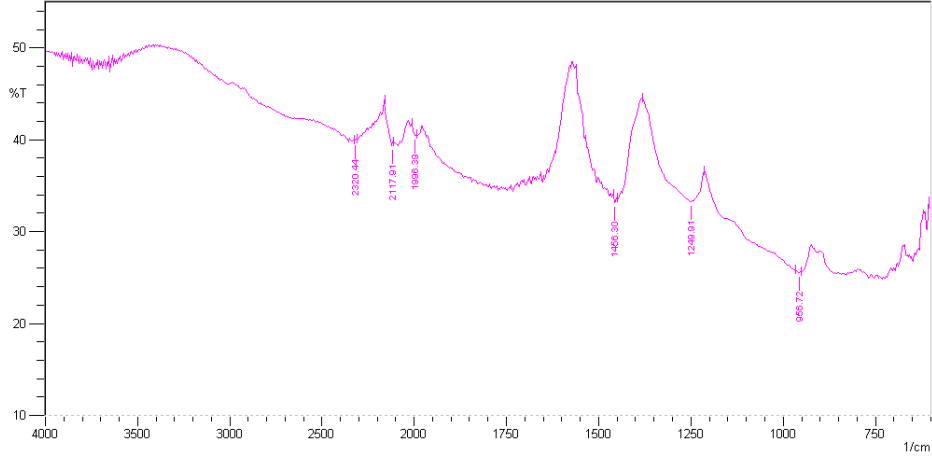
Adsorbanların karakterizasyonu için yapılan analizler İspanya Instituto Nacional del Carbón (INCAR), İstanbul Üniversitesi İleri Analizler Laboratuvarı, İstanbul Teknik Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü ve Marmara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Farmasötik Kimya Anabilim Dalı'nda gerçekleştirildi.

3.1.3.1 Aktif Karbon (AK)

Norit firmasından temin edilen AK, kurutma dışında herhangi bir ön işleme tabi tutulmadan kullanıldı. Kurutma işlemi gece boyunca 373 K'de yapıldı. AK'nın kimyasal bileşimi Tablo 3.1'de verildi. pH_{PZC} değeri Noh ve Schwarz [94, 95] tarafından tarif edilen kütle titrasyonu yöntemi kullanılarak 7,3 olarak bulundu. AK'nın FTIR analizi Şekil 3.1'de verildi.

Tablo 3.1: AK'nın kimyasal bileşimi

C (%)	H (%)	N (%)	S (%)	O (%)
95,5	0,8	0,6	0,3	2,7



Şekil 3.1: AK'nın FTIR analizi

AK'nın yüzey alanı ve gözenek analizleri 77 K'de otomatik bir cihazda (Tristar 3000, Micromeritics) azot (N_2) adsorpsiyon izotermelerinin ölçülmesine dayanan standart yöntemle yapıldı. Deneylerden önce numunelere (vakum altında, 393 K'de, gece boyunca) gaz giderme uygulandı. Elde edilen verilen Tablo 3.2'de verildi.

Tablo 3.2: AK'nın yüzey alanı ve gözenek hacimleri

S_{BET} (m^2/g)	V_{toplam} (cm^3/g)	V_{mikro} (cm^3/g)	V_{mezo} (cm^3/g)
1062	0,536	0,329	0,107

3.1.3.2 Bentonit (BNT)

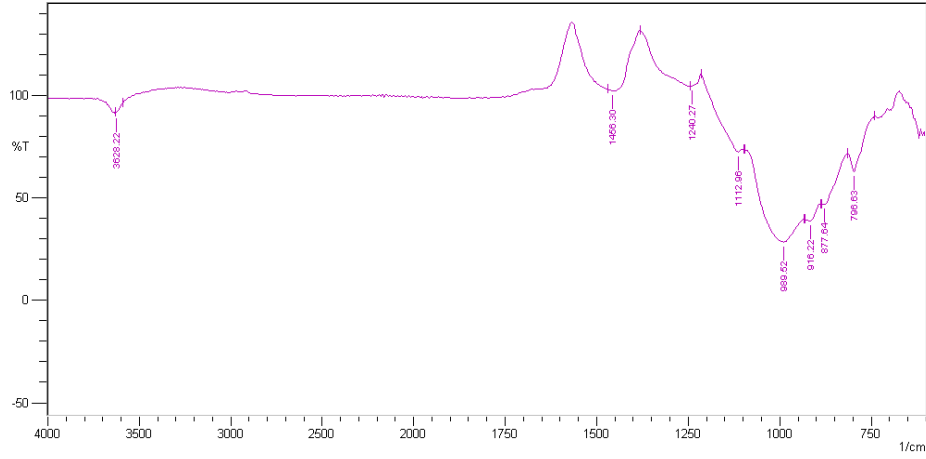
Sigma firmasından temin edilen BNT kullanıldı. BNT kullanılmadan önce suda çözünen bileşenleri arıtmak için yıkamaya tabi tutuldu. Yıkama işlemi her 10 g BNT için 1 L saf su ile ve manyetik karıştırıcı kullanılarak yapıldı. Yıkama işlemi sonunda BNT çöktürüldü ve üstte kalan su dekante edildi. Yapılan denemeler sonucunda 3 kez yıkamanın yeterli olduğu saptandı ve yıkama işleminin 3 kez tekrarlanmasından sonra elde edilen numune 373 K'de gece boyunca kurutuldu.

BNT'nin kimyasal bileşimi Tablo 3.3'te verildi. Katyon değişim kapasitesi 85 meq/100g olarak bulundu. AK'nın pH_{PZC} değeri Noh ve Schwarz [94, 95] tarafından

tarif edilen kütle titrasyonu yöntemi kullanılarak 8,1 olarak bulundu. BNT'nin FTIR analizi Şekil 3.2'de verildi.

Tablo 3.3: BNT'nin kimyasal bileşimi

SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO+MgO (%)	K ₂ O+Na ₂ O (%)
65,8	16,6	≤ 2,3	≤ 4,3	≤ 2,5



Şekil 3.2: BNT'nin FTIR analizi

BNT'nin yüzey alanı ve gözenek analizleri 77 K'de otomatik bir cihazda (Tristar 3000, Micromeritics) azot (N₂) adsorpsiyon izotermelerinin ölçülmesine dayanan standart yöntem ile yapıldı. Yüzey alanı analizinden önce numuneye (vakum altında, 393 K'de, gece boyunca) gaz giderme uygulandı. Elde edilen verilen Tablo 3.4'te verildi.

Tablo 3.4: BNT'nin yüzey alanı ve gözenek hacimleri

S _{BET} (m ² /g)	V _{toplam} (cm ³ /g)	V _{mikro} (cm ³ /g)	V _{mezo} (cm ³ /g)
23	0,062	≈ 0,000	0,029

3.1.4 Diğer maddeler

Kullanılan çözücüler; metanol (CH₃OH), etanol (CH₃CH₂OH) ve izopropanol ((CH₃)₂CHOH) Merck firmasından temin edildi.

3.2 DENEYLERİN YAPILIŞI

3.2.1 Adsorpsiyon Deneyleri

Adsorpsiyon deneylerine başlamadan önce en uygun adsorban/adsorbat oranını bulabilmek için farklı adsorban/adsorbat oranlarında ön denemeler yapıldı. En uygun oran 25 mg adsorban/50 mL adsorbat çözeltisi olarak belirlendi ve adsorpsiyon çalışmaları sırasında bu oran korundu. Adsorpsiyon deneyleri 100 mL'lik kahverengi erlenlerde ve termostatlı çalkalayıcı su banyosu (GFL 1083) kullanılarak yapıldı. Adsorpsiyon sırasında ya da sonrasında alınan numunelerin absorbansları UV spektrofotometresi (Shimadzu 2100S) ile ölçüldü ve önceden hazırlanmış kalibrasyon eğrileri yardımıyla derişimleri hesaplandı. Ölçüm için gerekli olduğunda uygun oranlarda seyreltmeler yapıldı. Yapılan her deney üç kez tekrarlandı. Hazırlanan tüm çözeltiler herhangi bir pH ayarlaması yapılmadan ve bekletilmeden kullanıldı.

3.2.1.1. Denge süreleri ve adsorpsiyon kinetiği

Denge sürelerini saptamak için 100 mg/L başlangıç derişimindeki adsorbat çözeltileri kullanıldı. Adsorbat çözeltisine adsorban eklendikten sonra 298 K'de çalkalama başlatıldı ve belli zaman aralıklarında numune alındı. Böylece adsorbat derişiminin zamanla değişimi ve artık adsorbat derişiminin değişmediği denge süresi tespit edildi. YAM'lerin adsorpsiyonların denge süresi ve hızına etkisinin belirlenmesi için aynı deneyler 298 K'de her bir adsorbat ve her bir adsorban için KMD üstü ve altındaki derişimlerdeki YAM varlığında da tekrarlandı. SDS için, KMD altı derişim olarak 1,2 g/L ve KMD üstü derişim olarak 3 g/L kullanıldı. DTAB için ise, KMD altı derişim olarak 1,5 g/L ve KMD üstü derişim olarak 7,7 g/L olarak kullanıldı. Bu deneyler sonucunda elde edilen derişimin zamanla değişimi verileri kullanılarak kinetik hesaplar yapıldı.

3.2.1.2. Adsorpsiyon izotermeleri

Adsorbanların adsorpsiyon kapasitesi ve adsorpsiyonların tipinin belirlenmesi amacıyla, 10-100 mg/L adsorbat başlangıç derişimi aralığında 291, 298 ve 310 K sıcaklıklarda adsorpsiyon deneyleri yapıldı. Bu deneylerde her bir örnek daha önceden tespit edilen denge süresi kadar çalkalandı. Adsorpsiyon sonrasındaki denge derişimi değerleri ölçülen UV adsorpsiyon spektrumları ve önceden hazırlanmış kalibrasyon eğrileri

yardımı ile hesaplandı. YAM'lerin adsorpsiyona olan etkisinin belirlenmesi için aynı deneyler her bir adsorbat ve her bir adsorban için 298 K'de KMD üstü ve altındaki derişimlerdeki YAM varlığında da tekrarlandı. SDS için, KMD altı derişim olarak 1,2 g/L ve KMD üstü derişim olarak 3 g/L kullanıldı. DTAB için ise, KMD altı derişim olarak 1,5 g/L ve KMD üstü derişim olarak 7,7 g/L kullanıldı.

3.2.1.3 YAM'lerin tek başına adsorpsiyon deneyleri

YAM'lerin adsorbanlar üzerindeki kapasitesinin ve adsorbanlara olan ilgisinin belirlenmesi için aynı oranlar kullanılarak YAM'lerin tek başına adsorpsiyon deneyleri yapıldı. YAM'lerin tek başına adsorpsiyonu kondüktometre ile (WTW Cond 730) iletkenlik ölçülerek izlendi. YAM'lerin AK ve BNT üzerindeki adsorpsiyonlarının çok hızlı gerçekleşmesi ve çok kısa sürede (yaklaşık 5 dakika) dengeye gelmesi sebebiyle kinetik incelemeler yapılamadı. Adsorpsiyon süresi olarak ilaç etken maddelerinin AK ve BNT üzerindeki adsorpsiyonları için bulunan en uzun denge süreleri kullanıldı. Bu süre boyunca YAM'lerin AK ve BNT üzerindeki tek başına adsorpsiyonları KMD altı-KMD üstü derişim aralığında çalışıldı. SDS için 1,2-3 g/L ve DTAB için 1,5-7,7 g/L derişim aralığı kullanıldı. Adsorpsiyon sonrasında alınan numunelerin iletkenliği ölçülerek önceden hazırlanmış kalibrasyon eğrileri yardımı ile derişimler hesaplandı.

3.2.2 Rejenerasyon Deneyleri

Rejenerasyon deneyleri PM ve AK ile yürütüldü. Rejenerasyon çalışmalarından önce AK'nın PM ile yüklenmesi için kesikli yöntem kullanıldı. Yüksek derişimdeki (10 g/L) PM çözeltisi ve AK kahverengi şişede 48 saat boyunca çalkalandı. Bu işlemde her 10 g AK için 1 L PM çözeltisi kullanıldı. PM ile yüklenen AK (AK-PM) süzülerek çözeltiden ayrıldı ve 373 K'de 2 saat süreyle kurutuldu. AK ve AK-PM termogravimetrik analiz cihazı (Labsys, Setaram) ile karakterize edildi. Termogravimetrik analiz için her ölçümde yaklaşık 25 mg örnek kullanıldı ve analiz 15 K/dak ısıtma hızı ile 100 mL/dak hızdaki azot (N₂) akımı altında yapıldı.

3.2.2.1 Çözücü rejenerasyonu

Çözücü rejenerasyonu deneylerinde çözücü olarak alkoller (metanol, etanol ve izopropanol) kullanıldı. Bu deneylerde 50 mg AK-PM her bir çözücünün (ya da

çözücü/su karışımının) 10 mL'si ile çalkalandı. Çalkalama işlemi termostatlı çalkalayıcı su banyosu ile yapıldı. Deneylerden önce rejenerasyon için gereken optimum sürenin belirlenmesi için kullanılan çözücüler ile zamana bağlı denemeler yapıldı. Bu denemeler boyunca belli sürelerde örnekler alınarak, absorbanları UV spektrofotometresi ile ölçüldü ve önceden PM'nin çözücüler içinde hazırlanmış olan kalibrasyon eğrileri yardımıyla derişimler hesaplandı. Bu denemelerin sonunda belirlenen süre rejenerasyon çalışmalarında kullanıldı. Çözücü/su oranının PM'nin desorpsiyonuna olan etkisinin incelenmesi için, farklı oranlarda çözücü/su karışımları kullanılarak rejenerasyon çalışmaları yapıldı. Rejenerasyon süresinin bitiminde örnekler alınarak, absorbanları UV spektrofotometresi ile ölçüldü ve önceden PM'nin çözücüler içinde hazırlanmış olan kalibrasyon eğrileri yardımıyla derişimler hesaplandı. Desorpsiyon veriminin hesaplanmasında Eşitlik 3.1 kullanıldı.

$$\%D = \frac{A_i - A_r}{A_i} \times 100 \quad (3.1)$$

Farklı çözücüler ile yapılan rejenerasyon deneylerinden sonra bulunan optimum şart kullanılarak art arda adsorpsiyon-rejenerasyon döngüleri yapıldı. Kesikli olarak yürütülen bu çalışmalarda 10 g AK-PM 2 L çözücü (ya da çözücü karışımı) ile çalkalandı. Her bir rejenerasyon döngüsünden sonra elde edilen karbondan numune alınarak adsorpsiyon kapasitesi testleri yapıldı. Elde edilen adsorpsiyon kapasitesi değerleri kullanılarak rejenerasyon verimi ve adım rejenerasyon verimi hesaplandı. Rejenerasyon veriminin hesaplanmasında Eşitlik 3.2 ve adım rejenerasyon veriminin hesaplanmasında Eşitlik 3.3 kullanıldı.

$$\%R = \frac{Q_i}{Q_0} \times 100 \quad (3.2)$$

$$\%AR = \frac{Q_i}{Q_{i-1}} \times 100 \quad (3.3)$$

Burada Q_0 ham AK'nın adsorpsiyon kapasitesini, Q_i ise belli bir döngüde (i. döngü) rejenere edilmiş olan karbonun adsorpsiyon kapasitesini gösterir.

Çözücü ile muamele sonrasında elde edilen numuneler; kullanılan çözücüğü gösteren kısaltma (MeOH: metanol, EtOH: etanol, İzopOH: izopropanol olmak üzere) eklenerek adlandırıldı. Örneğin; AK-MeOH kısaltması, MeOH ile 24 saat boyunca muamele edilen AK numunesini ifade eder. Rejenerasyonda saf alkol kullanılmaması durumunda ise alkolün su içindeki yüzde olarak oranı alkol adı kısaltmasının başına eklendi. Örneğin; AK-PM40İzopOH kısaltması, %40 izopropanol kullanılarak rejenere edilmiş olan karbon numunesini ifade eder. Numunenin hangi döngüde elde edilmiş olduğunu göstermek için kısaltmaların sonuna döngünün numarası eklendi.

3.2.2.2 Termal rejenerasyon

Termal rejenerasyon bir mikrodalga cihazı (fırını) ve klasik elektrikli fırın kullanılarak aynı şartlar altında çalışıldı. Kullanılan mikrodalga cihazı temel olarak, 2450 Hz'de en yüksek gücü 2000W olan bir mikrodalga magnetronu içeren tek modlu bir sistemdir. Bu sistemde numunenin sıcaklığı uzaktan optik pirometre ile kontrol edildi. Kullanılan dikey silindirik elektrikli fırında ise numunenin sıcaklık kontrolü termokupl ile yapıldı. Her bir rejenerasyon için yaklaşık 10 g AK-PM dikey quartz bir reaktöre yerleştirildi ve gaz giderme amacıyla 30 dakika boyunca numunenin içinden azot (N₂) akımı geçirildi (60 mL/dak hız ile). Isıtma ve soğuma boyunca inert atmosfer korundu. Rejenerasyon 573-773 K arasındaki farklı sıcaklıklarda ve farklı süreler (5, 15, 30, 60 dakika) kullanılarak yürütüldü. Mikrodalga düzeneğinde istenen sıcaklığa ulaşmak için gereken zamanın çok kısa (5-7 dakika), fakat elektrikli fırında daha uzun olması sebebiyle elektrikli fırın rejenerasyona başlamadan önce 373 K'e ısıtıldı ve ısıtma hızı en yüksek düzeyde kullanıldı. Böylece elektrikli fırında istenen sıcaklığa ulaşma süresi 11 dakikaya indirilmiş ve iki sistem arasındaki fark en az düzeyde tutulmuş oldu.

Farklı sıcaklıklar ve sürelerde yapılan rejenerasyon deneylerinden sonra elde edilen optimum koşul olan 773 K'de 20 dakika süreyle art arda adsorpsiyon-rejenerasyon döngüleri yapıldı. Her bir rejenerasyon döngüsünden sonra elde edilen karbondan numune alınarak adsorpsiyon kapasitesi testleri yapıldı. Elde edilen adsorpsiyon kapasitesi değerleri kullanılarak rejenerasyon verimi ve adım rejenerasyon verimi hesaplandı. Rejenerasyon verimi Eşitlik 3.2, adım rejenerasyon verimi ise Eşitlik 3.3 kullanılarak hesaplandı.

Rejenerasyon sonrasında elde edilen numuneler; AK-PM kısaltmasının ardından rejenerasyonun yapıldığı cihazı gösteren harf (E: elektrikli fırın, W: mikrodalga düzeneği olmak üzere), uygulanan sıcaklık ve süre ile adlandırıldı. Örneğin; AK-PMW773-20 kısaltması, mikrodalga düzeneğinde 773 K'de 20 dakika süreyle rejenere edilen numuneyi ifade eder. Termal uygulamanın AK'nın fiziksel ve kimyasal özelliklerinde yapabileceği değişiklikleri görmek için, ham haldeki AK da aynı şartlar altında termal işleme tabi tutuldu. Bu numuneler de benzer şekilde termal uygulamanın yapıldığı cihazı gösteren harf (E: elektrikli fırın, W: mikrodalga düzeneği olmak üzere), uygulanan sıcaklık ve süre ile (Örneğin: AK-W773-20) adlandırıldı. Numunenin hangi döngüde elde edilmiş olduğunu göstermek için kısaltmaların sonuna döngünün numarası eklendi.

4. BULGULAR

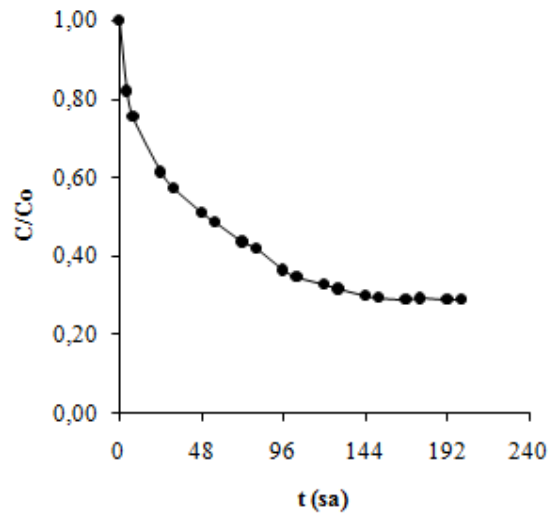
4.1 İLAÇ ETKEN MADDELERİNİN AK ÜZERİNDEKİ ADSORPSİYONLARI

4.1.1 Derişimin zamanla değişimi

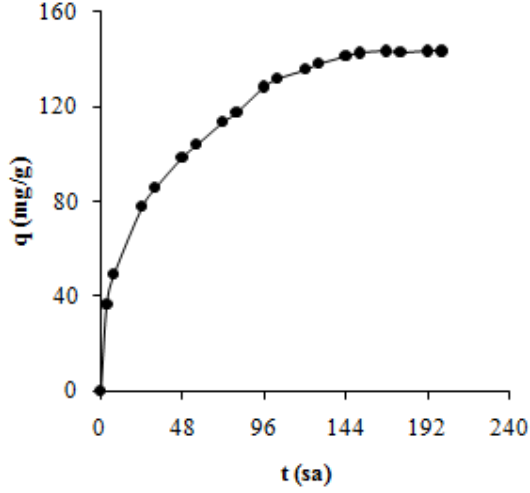
İlaç etken maddeleri için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de derişimin zamanla değişimi izlendi ve denge süreleri bulundu.

4.1.1.1 PM

PM için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de elde edilen derişimin ve adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi sırasıyla Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de gösterildi. Şekillerden de görüldüğü gibi denge süresi 168 sa (7 gün) olarak tespit edildi.



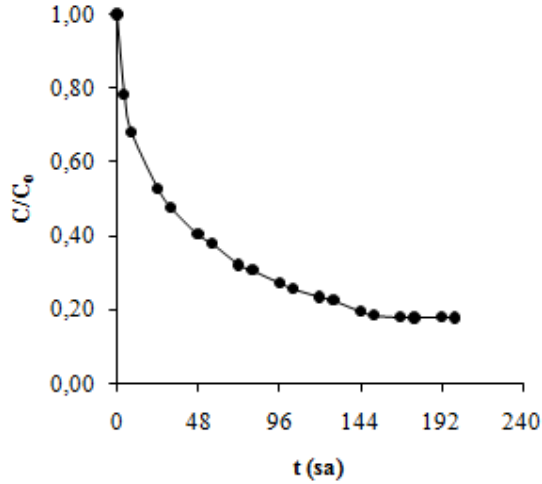
Şekil 4.1: PM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait derişimin zamanla değişimi



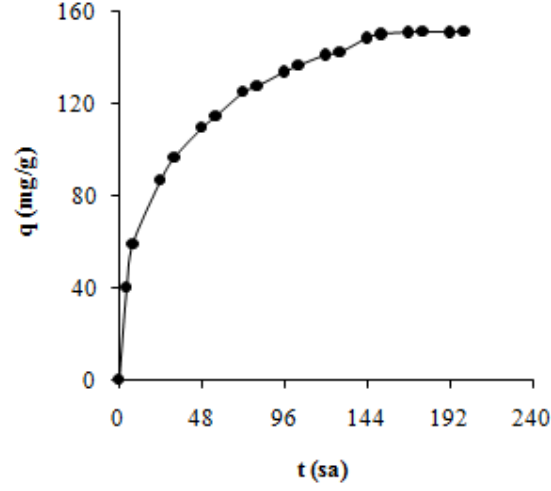
Şekil 4.2: PM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi

4.1.1.2 TFP

TFP için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de elde edilen derişimin ve adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi sırasıyla Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te gösterildi. Şekillerden de görüldüğü gibi denge süresi 168 sa (7 gün) olarak tespit edildi.



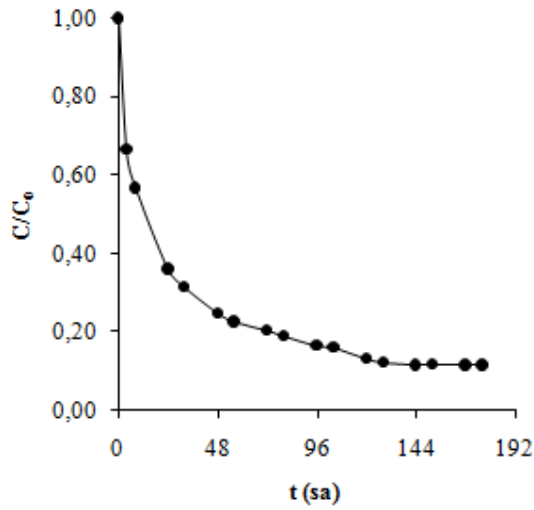
Şekil 4.3: TFP'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait derişimin zamanla değişimi



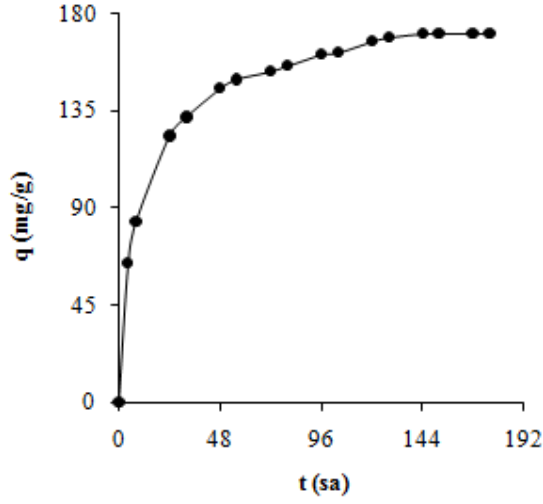
Şekil 4.4: TFP'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi

4.1.1.3 TM

TM için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de elde edilen derişimin ve adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi sırasıyla Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da gösterildi. Şekillerden de görüldüğü gibi denge süresi 144 sa (6 gün) olarak tespit edildi.



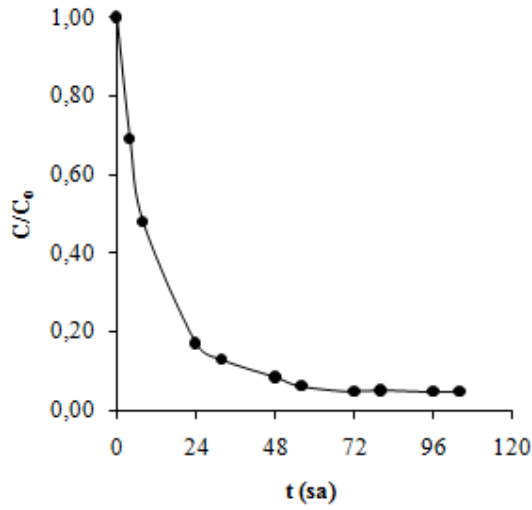
Şekil 4.5: TM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait derişimin zamanla değişimi



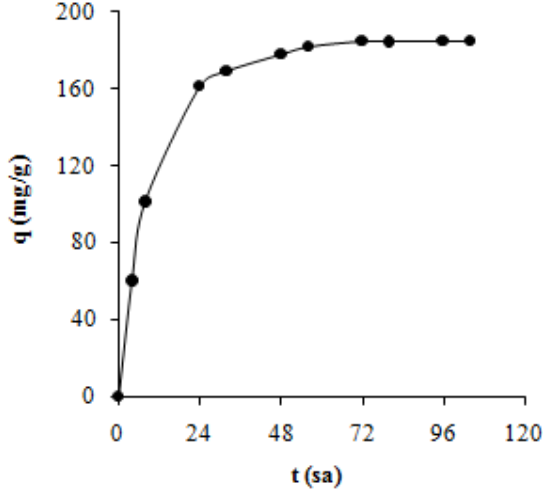
Şekil 4.6: TM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi

4.1.1.4 KM

KM için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de elde edilen derişimin ve adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi sırasıyla Şekil 4.7 ve Şekil 4.8'de gösterildi. Şekillerden de görüldüğü gibi denge süresi 72 sa (3 gün) olarak tespit edildi.



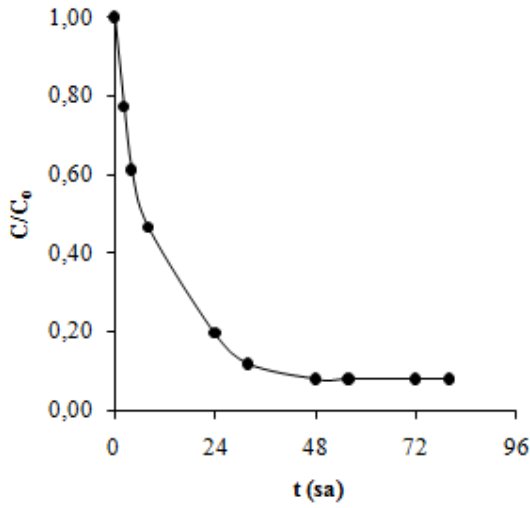
Şekil 4.7: KM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait derişimin zamanla değişimi



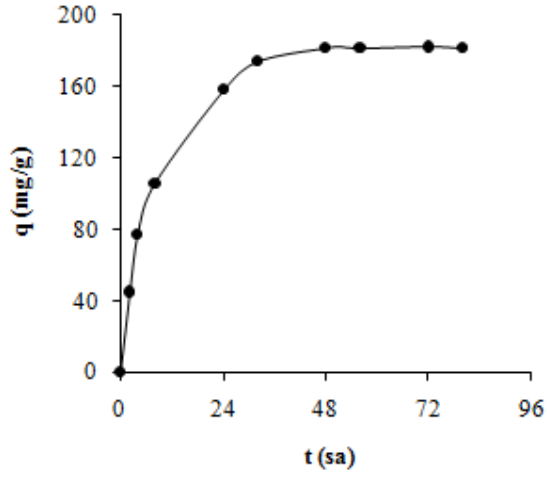
Şekil 4.8: KM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi

4.1.1.5 IBU

IBU için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de elde edilen derişimin ve adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi sırasıyla Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da gösterildi. Şekillerden de görüldüğü gibi denge süresi 48 sa (2 gün) olarak tespit edildi.



Şekil 4.9: IBU'nun AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait derişimin zamanla değişimi



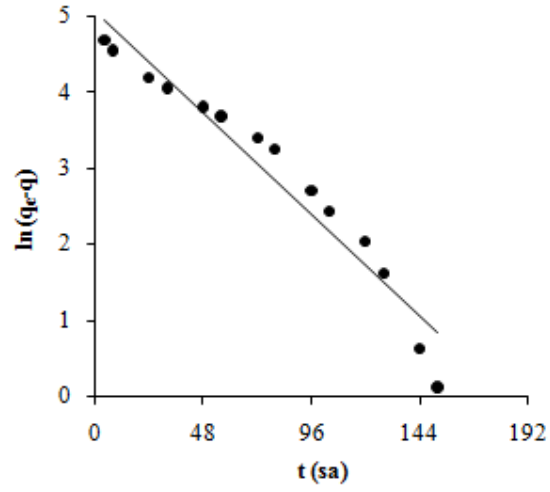
Şekil 4.10: IBU'nun AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi

4.1.2 Adsorpsiyon kinetiği

Derişimin zamanla değişimi verileri Lagergren 1. derece ve Yalancı 2. derece eşitlikleri kullanılarak modellendi. Ayrıca adsorpsiyon mekanizmasının aydınlatılması amacıyla tanecik içi difüzyon grafikleri çizildi.

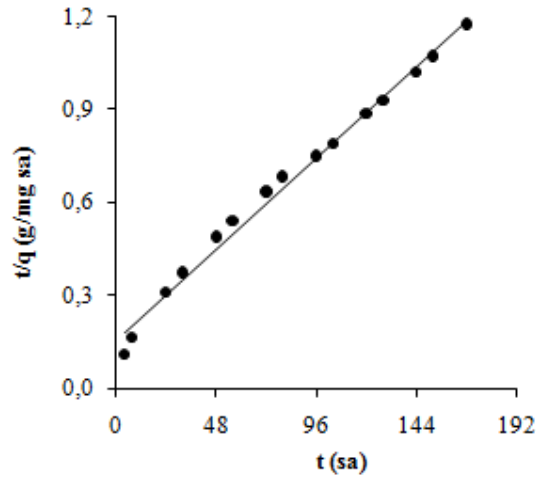
4.1.2.1 PM

PM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Eşitlik 2.8'e göre çizilen Lagergren 1. derece hız grafiği Şekil 4.11'de gösterildi. Grafiğin eğim ve kesmesinden hesaplanan hız sabiti (k_1) ve adsorpsiyon kapasitesi (q_1) değerleri Tablo 4.1'de verildi.



Şekil 4.11: PM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Lagergren 1. derece grafiği

PM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Eşitlik 2.9'a göre çizilen Yalancı 2. derece hız grafiği Şekil 4.12'de gösterildi. Grafiğin eğim ve kesmesinden hesaplanan adsorpsiyon kapasitesi (q_2) ve hız sabiti (k_2) değerleri Tablo 4.1'de verildi.

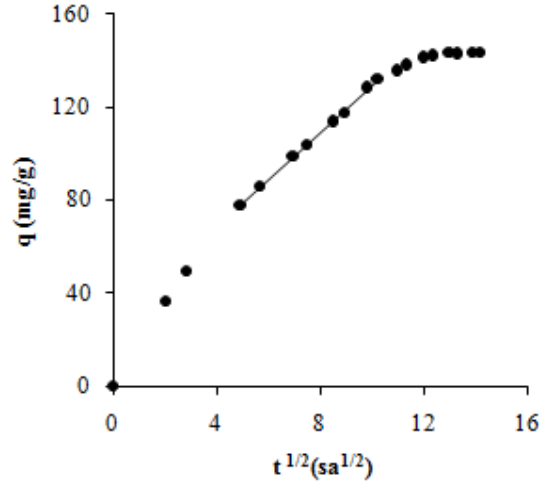


Şekil 4.12: PM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Yalancı 2. derece grafiği

Tablo 4.1: PM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait kinetik değerler

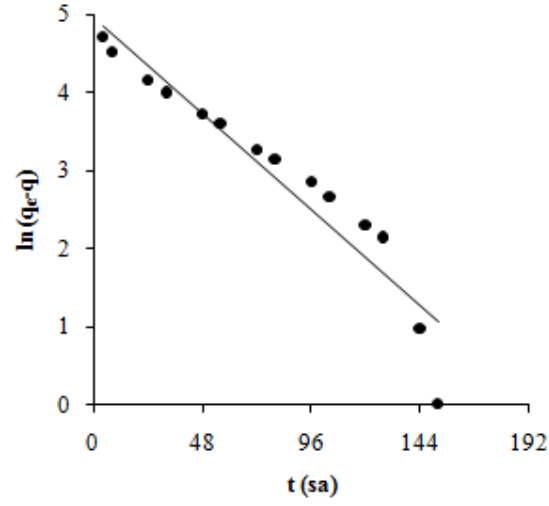
Lagergren 1. derece			Yalancı 2. derece		
k_1 (1/sa)	q_1 (mg/g)	R^2	k_2 (g/mg sa) $\times 10^2$	q_2 (mg/g)	R^2
0,0278	155,98	0,942	0,0244	162,87	0,991

PM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon grafiği Şekil 4.13'te gösterildi ve grafiğin doğrusal kısmının eğiminden tanecik içi difüzyon katsayısı (k_d) 10,07 mg/g $sa^{1/2}$ olarak hesaplandı.

Şekil 4.13: PM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon grafiği ($R^2=0,998$)

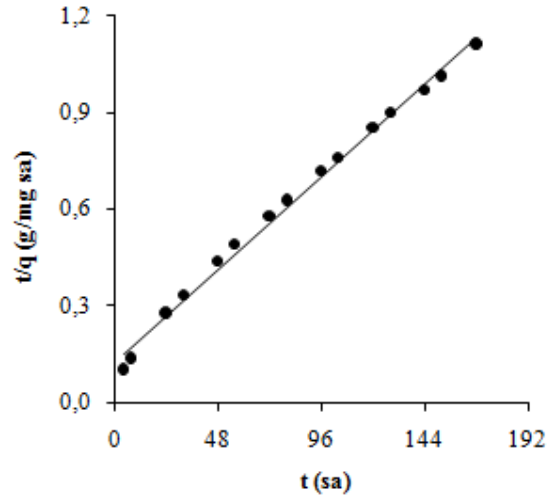
4.1.2.2 TFP

TFP'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Eşitlik 2.8'e göre çizilen Lagergren 1. derece hız grafiği Şekil 4.14'te gösterildi. Grafiğin eğim ve kesmesinden hesaplanan hız sabiti (k_1) ve adsorpsiyon kapasitesi (q_1) değerleri Tablo 4.2'de verildi.



Şekil 4.14: TFP'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Lagergren 1. derece grafiği

TFP'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Eşitlik 2.9'a göre çizilen Yalancı 2. derece hız grafiği Şekil 4.15'te gösterildi. Grafiğin eğim ve kesmesinden hesaplanan adsorpsiyon kapasitesi (q_2) ve hız sabiti (k_2) değerleri Tablo 4.2'de verildi.

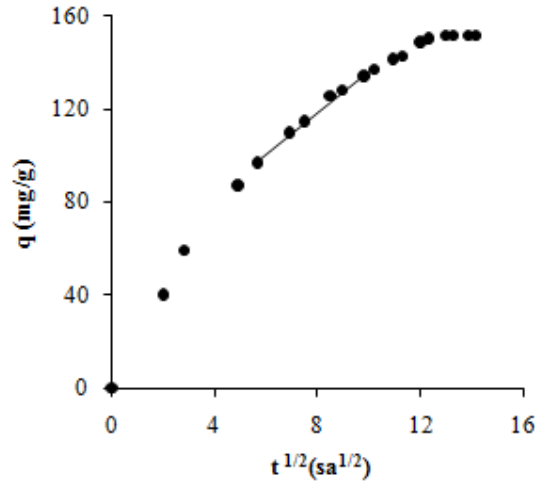


Şekil 4.15: TFP'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Yalancı 2. derece grafiği

Tablo 4.2: TFP'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait kinetik değerler

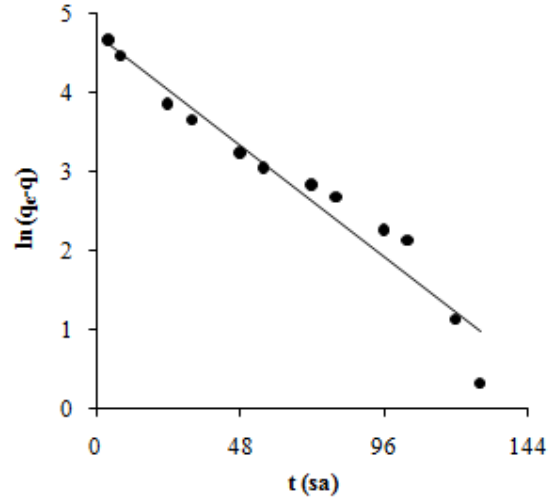
Lagergren 1. derece			Yalancı 2. derece		
k_1 (1/sa)	q_1 (mg/g)	R^2	k_2 (g/mg sa) $\times 10^2$	q_2 (mg/g)	R^2
0,0256	142,38	0,911	0,0287	166,94	0,994

TFP'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon grafiği Şekil 4.16'da gösterildi ve grafiğin doğrusal kısmının eğiminden tanecik içi difüzyon katsayısı (k_d) 8,85 mg/g sa^{1/2} olarak hesaplandı.

Şekil 4.16: TFP'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon grafiği ($R^2=0,992$)

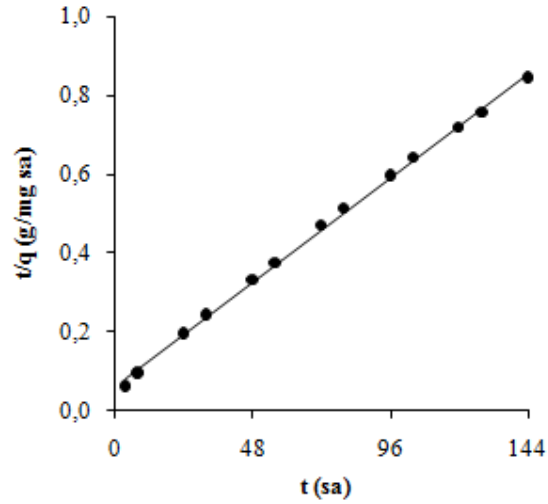
4.1.2.3 TM

TM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Eşitlik 2.8'e göre çizilen Lagergren 1. derece hız grafiği Şekil 4.17'de gösterildi. Grafiğin eğim ve kesmesinden hesaplanan hız sabiti (k_1) ve adsorpsiyon kapasitesi (q_1) değerleri Tablo 4.3'te verildi.



Şekil 4.17: TM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Lagergren 1. derece grafiği

TM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Eşitlik 2.9'a göre çizilen Yalancı 2. derece hız grafiği Şekil 4.18'de gösterildi. Grafiğin eğim ve kesmesinden hesaplanan adsorpsiyon kapasitesi (q_2) ve hız sabiti (k_2) değerleri Tablo 4.3'te verildi.

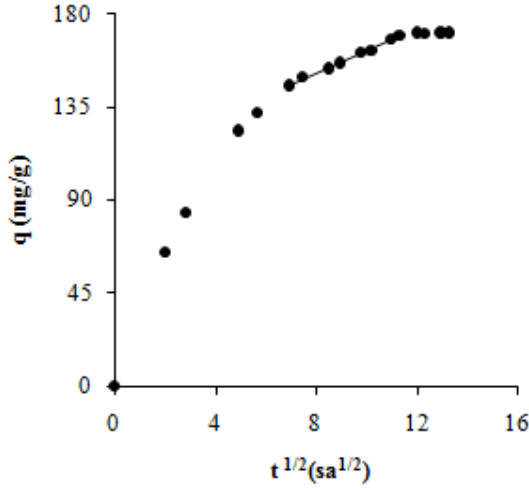


Şekil 4.18: TM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Yalancı 2. derece grafiği

Tablo 4.3: TM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait kinetik değerler

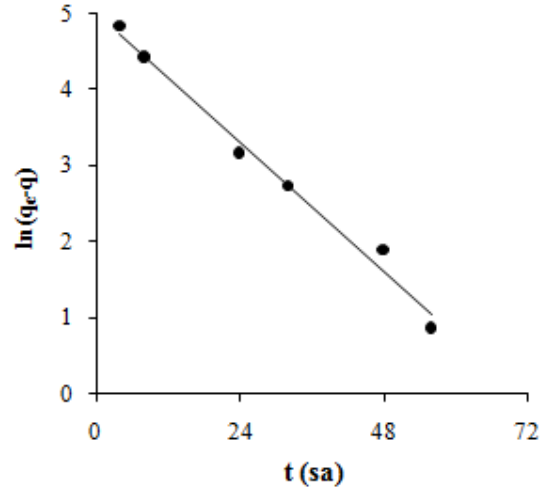
Lagergren 1. derece			Yalancı 2. derece		
k_1 (1/sa)	q_1 (mg/g)	R^2	k_2 (g/mg sa) $\times 10^2$	q_2 (mg/g)	R^2
0,0293	114,46	0,947	0,0515	180,83	0,999

TM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon grafiği Şekil 4.19'da gösterildi ve grafiğin doğrusal kısmının eğiminden tanecik içi difüzyon katsayısı (k_d) 5,32 mg/g sa^{1/2} olarak hesaplandı.

Şekil 4.19: TM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon grafiği ($R^2=0,995$)

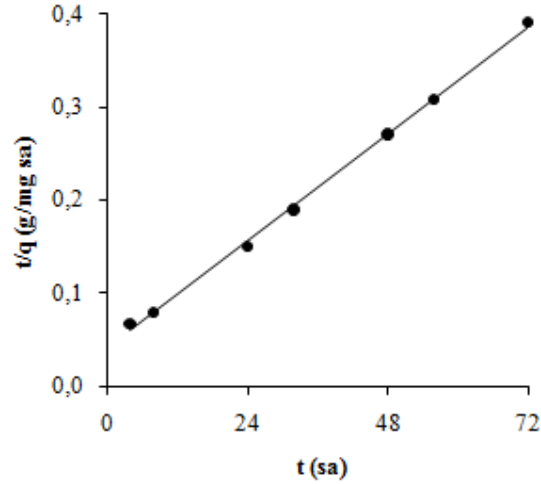
4.1.2.4 KM

KM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Eşitlik 2.8'e göre çizilen Lagergren 1. derece hız grafiği Şekil 4.20'de gösterildi. Grafiğin eğim ve kesmesinden hesaplanan hız sabiti (k_1) ve adsorpsiyon kapasitesi (q_1) değerleri Tablo 4.4'te verildi.



Şekil 4.20: KM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Lagergren 1. derece grafiği

KM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Eşitlik 2.9'a göre çizilen Yalancı 2. derece hız grafiği Şekil 4.21'de gösterildi. Grafiğin eğim ve kesmesinden hesaplanan adsorpsiyon kapasitesi (q_2) ve hız sabiti (k_2) değerleri Tablo 4.4'te verildi.

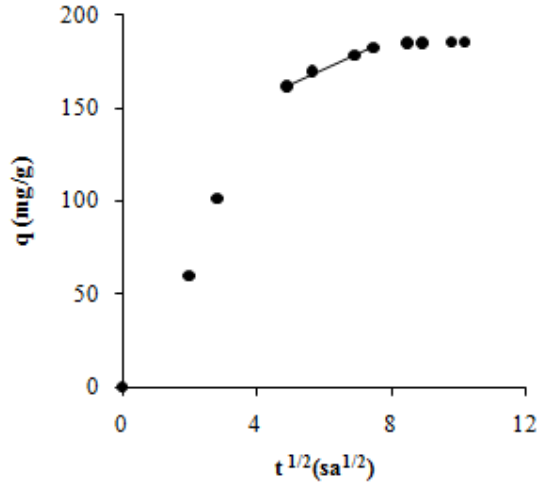


Şekil 4.21: KM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Yalancı 2. derece grafiği

Tablo 4.4: KM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait kinetik değerler

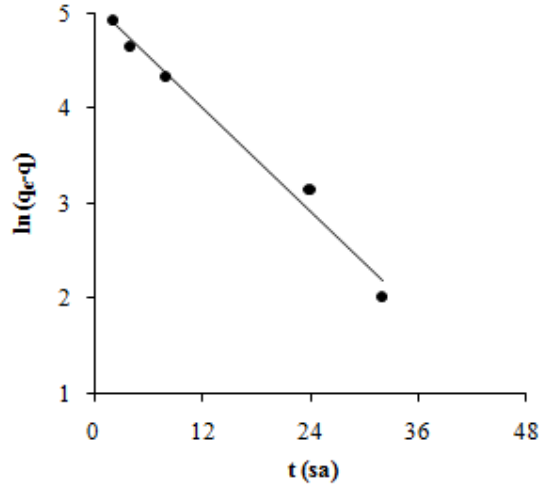
Lagergren 1. derece			Yalancı 2. derece		
k_1 (1/sa)	q_1 (mg/g)	R^2	k_2 (g/mg sa) $\times 10^2$	q_2 (mg/g)	R^2
0,0714	152,24	0,987	0,0569	208,77	0,998

KM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon grafiği Şekil 4.22'de gösterildi ve grafiğin doğrusal kısmının eğiminden tanecik içi difüzyon katsayısı (k_d) 10,07 mg/g sa^{1/2} olarak hesaplandı.

Şekil 4.22: KM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon grafiği ($R^2=0,990$)

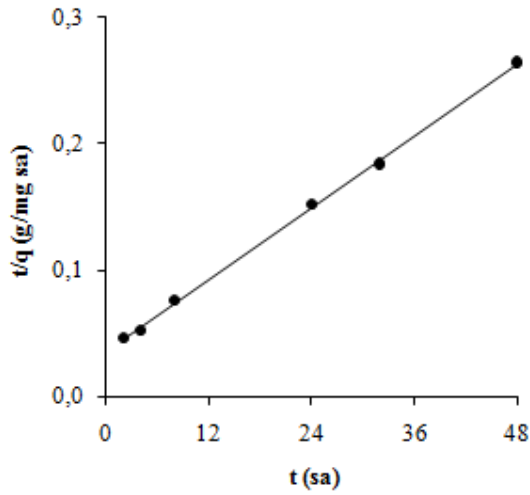
4.1.2.5 IBU

IBU'nun AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Eşitlik 2.8'e göre çizilen Lagergren 1. derece hız grafiği Şekil 4.23'te gösterildi. Grafiğin eğim ve kesmesinden hesaplanan hız sabiti (k_1) ve adsorpsiyon kapasitesi (q_1) değerleri Tablo 4.5'te verildi.



Şekil 4.23: IBU'nun AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Lagergren 1. derece grafiği

IBU'nun AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Eşitlik 2.9'a göre çizilen Yalancı 2. derece hız grafiği Şekil 4.24'te gösterildi. Grafiğin eğim ve kesmesinden hesaplanan adsorpsiyon kapasitesi (q_2) ve hız sabiti (k_2) değerleri Tablo 4.5'te verildi.

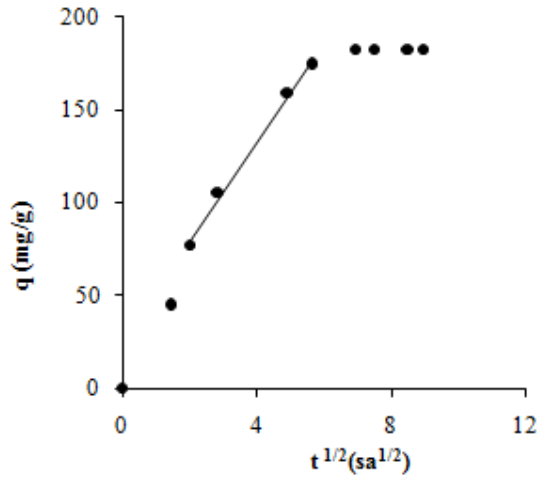


Şekil 4.24: IBU'nun AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Yalancı 2. derece grafiği

Tablo 4.5: IBU'nun AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait kinetik değerler

Lagergren 1. derece			Yalancı 2. derece		
k_1 (1/sa)	q_1 (mg/g)	R^2	k_2 (g/mg sa) $\times 10^2$	q_2 (mg/g)	R^2
0,0905	161,77	0,985	0,0627	211,42	0,999

IBU'nun AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon grafiği Şekil 4.25'te gösterildi ve grafiğin doğrusal kısmının eğiminden tanecik içi difüzyon katsayısı (k_d) 26,45 mg/g sa^{1/2} olarak hesaplandı.

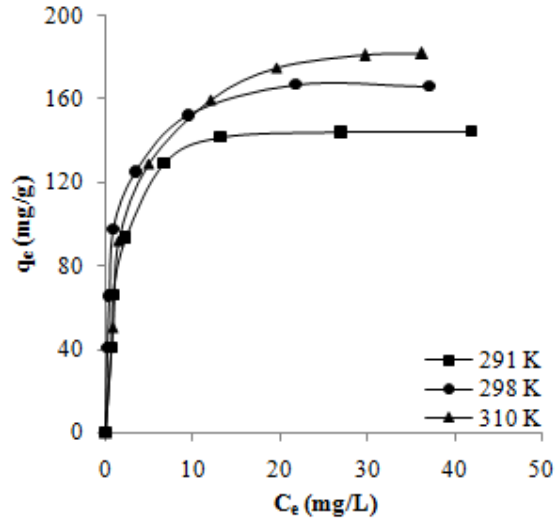
Şekil 4.25: IBU'nun AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon grafiği ($R^2=0,994$)

4.1.3 Adsorpsiyon izotermeleri

İlaç etken maddelerinin AK üzerindeki adsorpsiyonları 10-100 mg/L derişim aralığında 291, 298 ve 310 K'de çalışıldı ve elde edilen veriler Giles, Langmuir ve Freundlich izotermeleri ile modellendi.

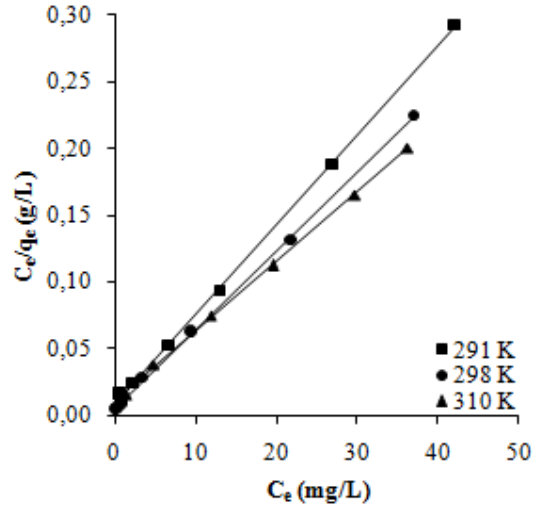
4.1.3.1 PM

PM'nin AK'ya olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermeleri çizildi (Şekil 4.26). q_e ile C_e arasında çizilen grafikler Giles sınıflandırmasına göre L tipine uymaktadır.



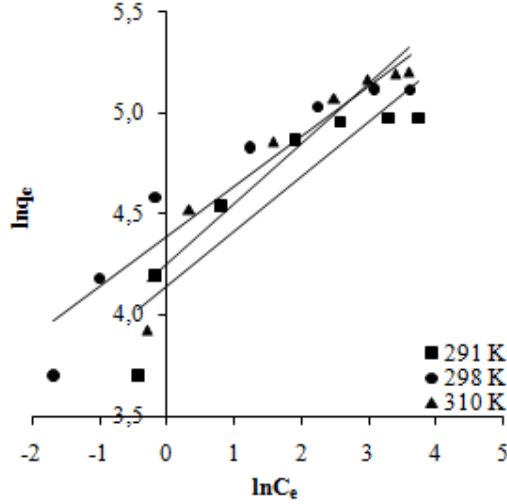
Şekil 4.26: PM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izotermi (Şekil 4.27) eğim ve kesmelerinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.6'da verildi.



Şekil 4.27: PM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izotermelerinin (Şekil 4.28) eğim ve kesmelerinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.6'da verildi.



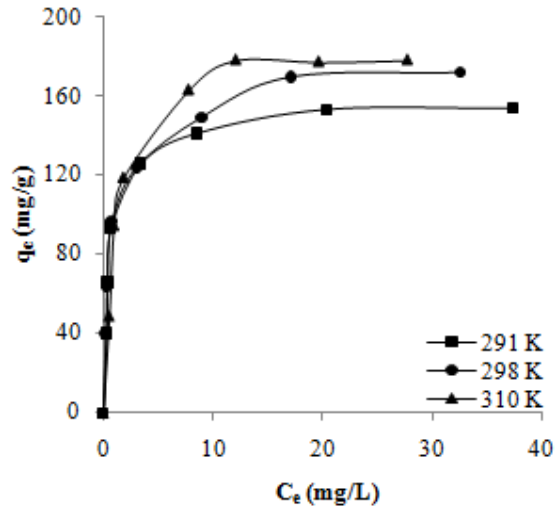
Şekil 4.28: PM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermeleri

Tablo 4.6: PM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

T (K)	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi		
	Q (mg/g)	b (L/g)	R ²	n	k	R ²
291	149,48	0,83	1,000	0,27	62,92	0,835
298	169,78	1,28	1,000	0,25	80,54	0,892
310	192,31	0,49	1,000	0,30	70,31	0,904

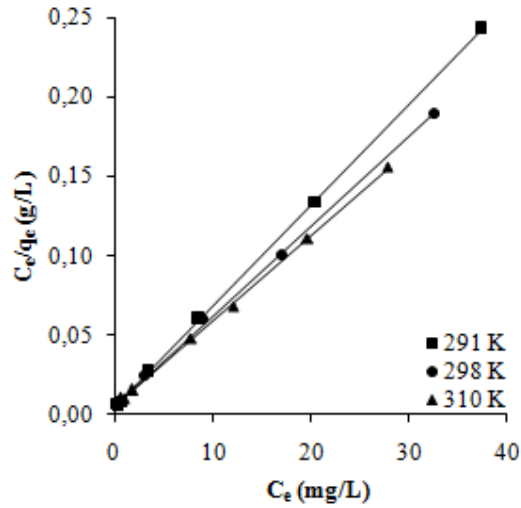
4.1.3.2 TFP

TFP'nin AK'ya olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermeleri çizildi (Şekil 4.29). q_e ile C_e arasında çizilen grafikler Giles sınıflandırmasına göre L tipine uymaktadır.



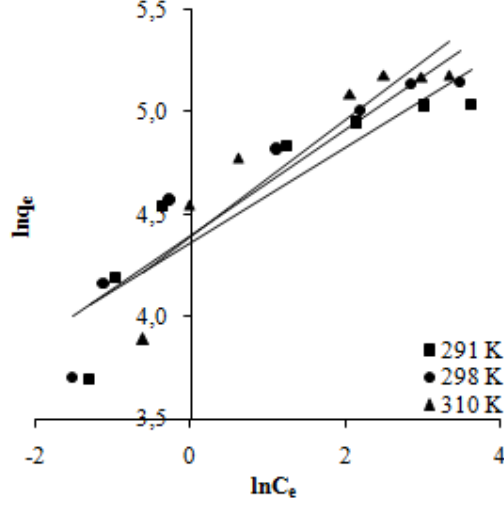
Şekil 4.29: TFP'nin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izotermi (Şekil 4.30) eğim ve kesimlerinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.7'de verildi.



Şekil 4.30: TFP'nin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izotermelerinin (Şekil 4.31) eğim ve kesmelerinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.7'de verildi.



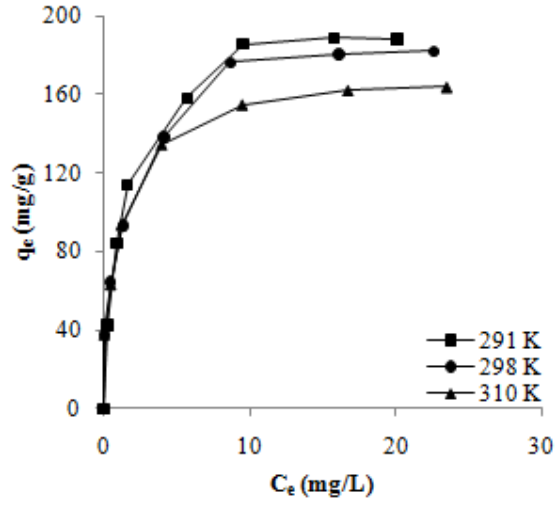
Şekil 4.31: TFP'nin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermeleri

Tablo 4.7: TFP'nin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

T (K)	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi		
	Q (mg/g)	b (L/g)	R ²	n	k	R ²
291	156,74	1,47	1,000	0,23	78,57	0,822
298	176,37	1,12	0,999	0,26	81,44	0,889
310	186,57	0,92	0,999	0,29	80,96	0,838

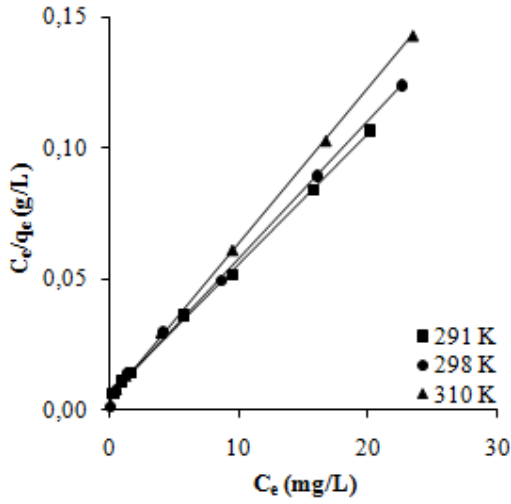
4.1.3.3 TM

TM'nin AK'ya olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermeleri çizildi (Şekil 4.32). q_e ile C_e arasında çizilen grafikler Giles sınıflandırmasına göre L tipine uymaktadır.



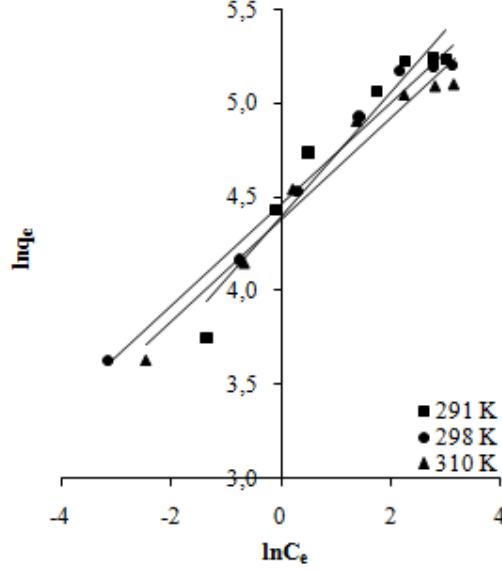
Şekil 4.32: TM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izotermi (Şekil 4.33) eğim ve kesmelerinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.8'de verildi.



Şekil 4.33: TM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izotermelerinin (Şekil 4.34) eğim ve kesmelerinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.8'de verildi.



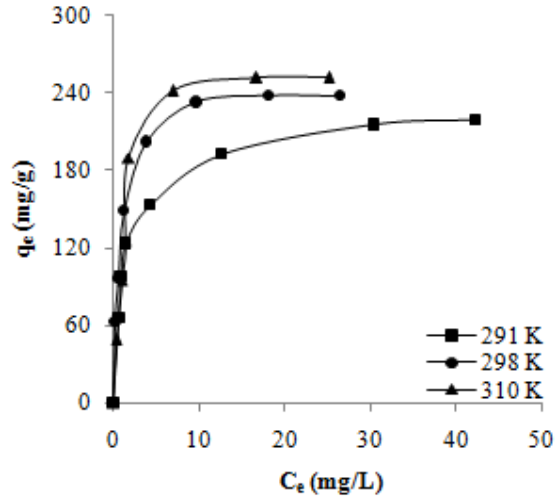
Şekil 4.34: TM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermeleri

Tablo 4.8: TM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

T (K)	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi		
	Q (mg/g)	b (L/g)	R ²	n	k	R ²
291	200,80	0,86	0,999	0,33	80,93	0,937
298	189,75	1,08	0,997	0,27	86,70	0,981
310	169,49	1,26	0,999	0,27	79,55	0,966

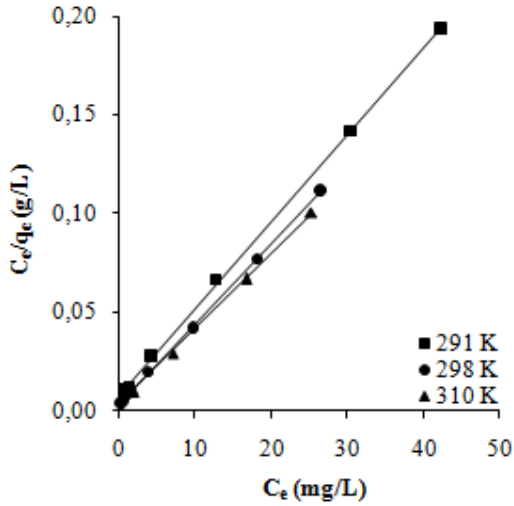
4.1.3.4 KM

KM'nin AK'ya olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermeleri çizildi (Şekil 4.35). q_e ile C_e arasında çizilen grafikler Giles sınıflandırmasına göre L tipine uymaktadır.



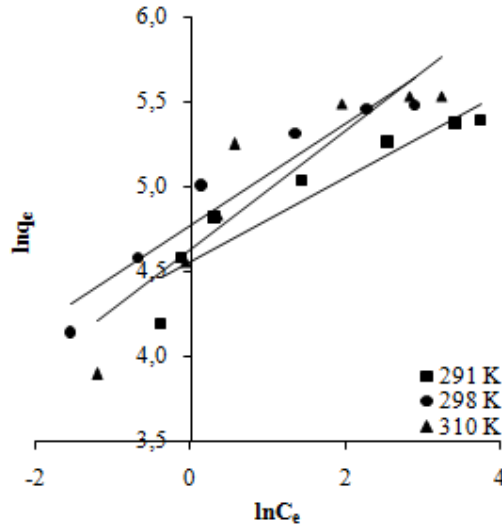
Şekil 4.35: KM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izotermi (Şekil 4.36) eğim ve kesmelerinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.9'da verildi.



Şekil 4.36: KM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izotermelerinin (Şekil 4.37) eğim ve kesmelerinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.9'da verildi.



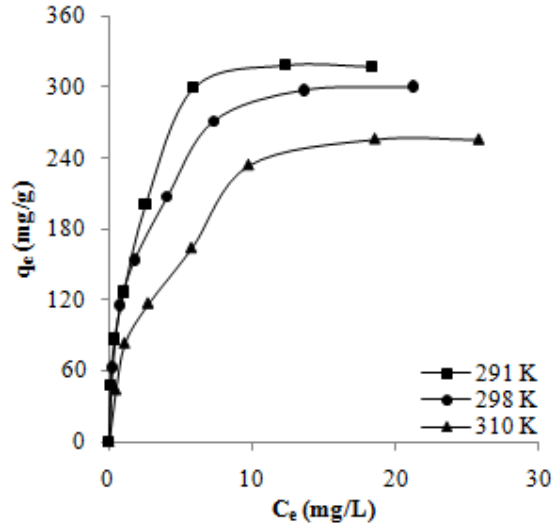
Şekil 4.37: KM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermeleri

Tablo 4.9: KM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

T (K)	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi		
	Q (mg/g)	b (L/g)	R ²	n	k	R ²
291	226,24	0,62	0,999	0,25	95,38	0,884
298	245,10	1,44	1,000	0,30	117,85	0,923
310	266,67	0,82	0,998	0,35	102,44	0,836

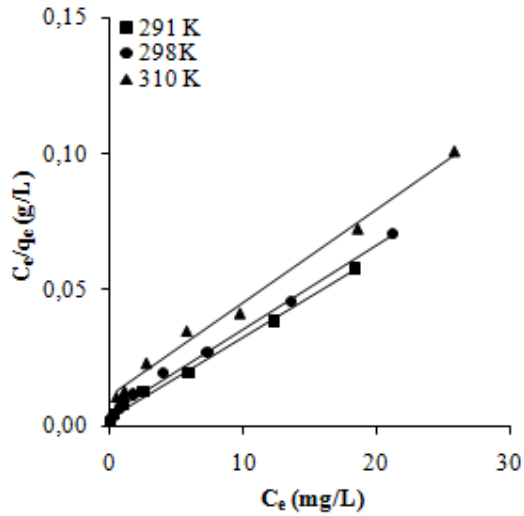
4.1.3.5 IBU

IBU'nun AK'ya olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermeleri çizildi (Şekil 4.38). q_e ile C_e arasında çizilen grafikler Giles sınıflandırmasına göre L tipine uymaktadır.



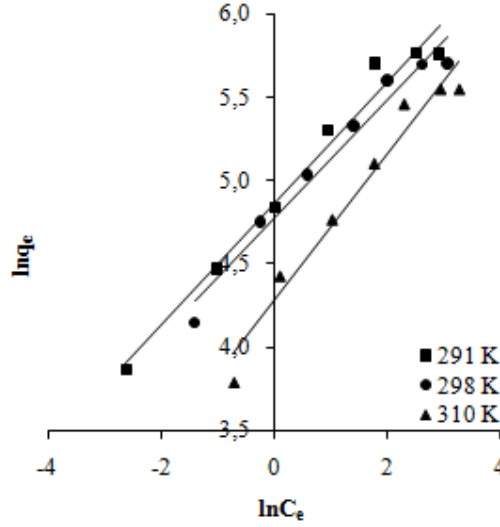
Şekil 4.38: IBU'nun AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izotermi'nin (Şekil 4.39) eğim ve kesmelerinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.10'da verildi.



Şekil 4.39: IBU'nun AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izotermine (Şekil 4.40) eğim ve kesmelerinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.10'da verildi.



Şekil 4.40: IBU'nun AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi

Tablo 4.10: IBU'nun AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

T (K)	Langmuir			Freundlich		
	Q (mg/g)	b (L/g)	R ²	n	k	R ²
291	340,14	0,88	0,995	0,37	129,71	0,976
298	324,68	0,64	0,997	0,36	119,02	0,967
310	292,40	0,31	0,993	0,44	72,06	0,961

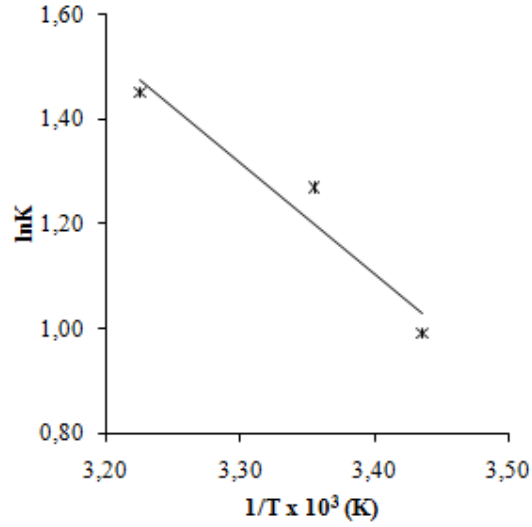
4.1.4 Adsorpsiyon termodinamiği

İlaç etken maddelerinin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına sıcaklığın etkisi 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 291, 298 ve 310 K sıcaklıklarda yapılan deneylerden elde edilen veriler kullanılarak incelendi.

4.1.4.1 PM

PM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna sıcaklığın etkisi Van't Hoff eşitliği (Eşitlik 2.12) kullanılarak incelendi. $\ln K$ ile $1/T$ arasında çizilen grafik Şekil 4.41'de gösterildi.

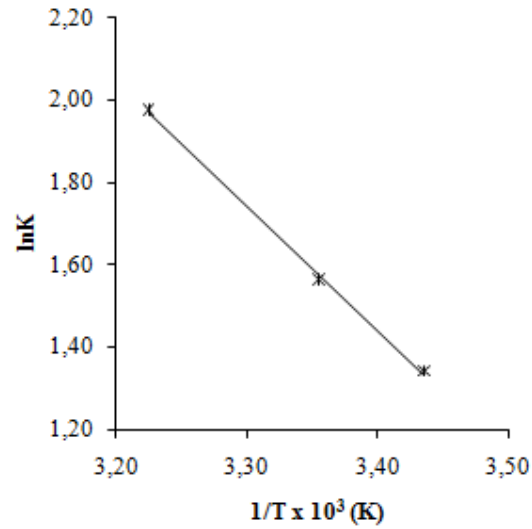
Elde edilen doğrunun eğim ile kesmesinden sırasıyla ΔH^0 , ΔS^0 değerleri hesaplandı ve bulunan değerler Tablo 4.11’de gösterildi.



Şekil 4.41: PM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Van't Hoff grafiği

4.1.4.2 TFP

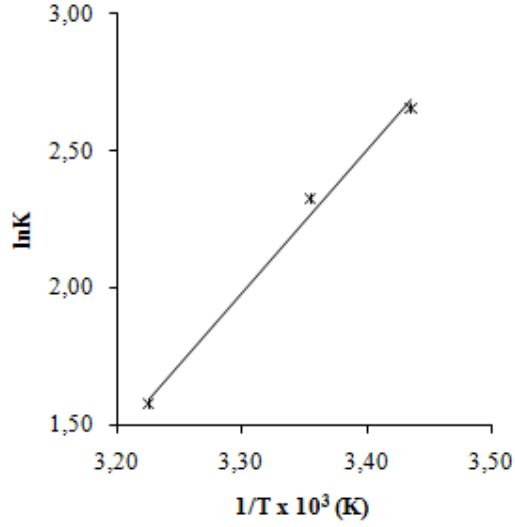
TFP'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna sıcaklığın etkisi Van't Hoff eşitliği (Eşitlik 2.12) kullanılarak incelendi. $\ln K$ ile $1/T$ arasında çizilen grafik Şekil 4.42’de gösterildi. Elde edilen doğrunun eğim ile kesmesinden sırasıyla ΔH^0 , ΔS^0 değerleri hesaplandı ve bulunan değerler Tablo 4.11’de gösterildi.



Şekil 4.42: TFP'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Van't Hoff grafiği

4.1.4.3 TM

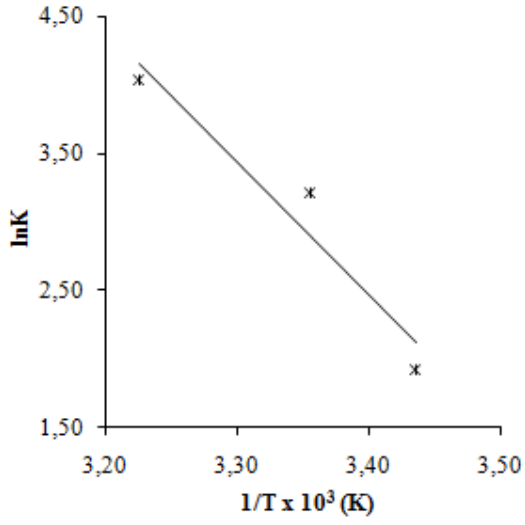
TM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna sıcaklığın etkisi Van't Hoff eşitliği (Eşitlik 2.12) kullanılarak incelendi. $\ln K$ ile $1/T$ arasında çizilen grafik Şekil 4.43'te gösterildi. Elde edilen doğrunun eğim ile kesmesinden sırasıyla ΔH^0 , ΔS^0 değerleri hesaplandı ve bulunan değerler Tablo 4.11'de gösterildi.



Şekil 4.43: TM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Van't Hoff grafiği

4.1.4.4 KM

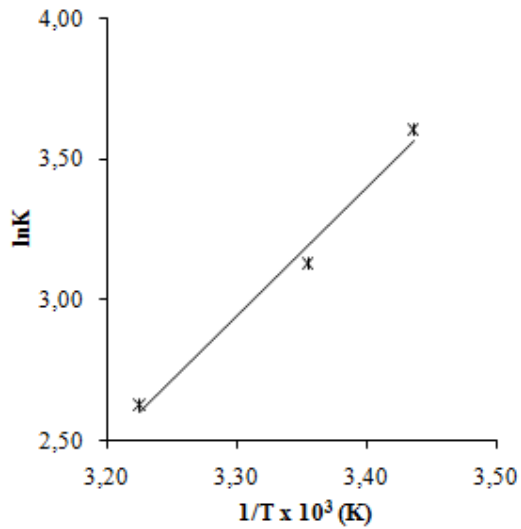
KM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna sıcaklığın etkisi Van't Hoff eşitliği (Eşitlik 2.12) kullanılarak incelendi. $\ln K$ ile $1/T$ arasında çizilen grafik Şekil 4.44'te gösterildi. Elde edilen doğrunun eğim ile kesmesinden sırasıyla ΔH^0 , ΔS^0 değerleri hesaplandı ve bulunan değerler Tablo 4.11'de gösterildi.



Şekil 4.44: KM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Van't Hoff grafiği

4.1.4.5 IBU

IBU'nun AK üzerindeki adsorpsiyonuna sıcaklığın etkisi Van't Hoff eşitliği (Eşitlik 2.12) kullanılarak incelendi. $\ln K$ ile $1/T$ arasında çizilen grafik Şekil 4.45'te gösterildi. Elde edilen doğrunun eğim ile kesmesinden sırasıyla ΔH^0 , ΔS^0 değerleri hesaplandı ve bulunan değerler Tablo 4.11'de gösterildi.



Şekil 4.45: IBU'nun AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Van't Hoff grafiği

Tablo 4.11: İlaç etken maddelerinin AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait termodinamik değerler

	ΔH^0 (kJ/mol)	ΔS^0 (kJ/mol K)
PM	17,55	0,069
TFP	25,11	0,097
TM	-43,09	-0,126
KM	80,33	0,294
IBU	-38,03	-0,101

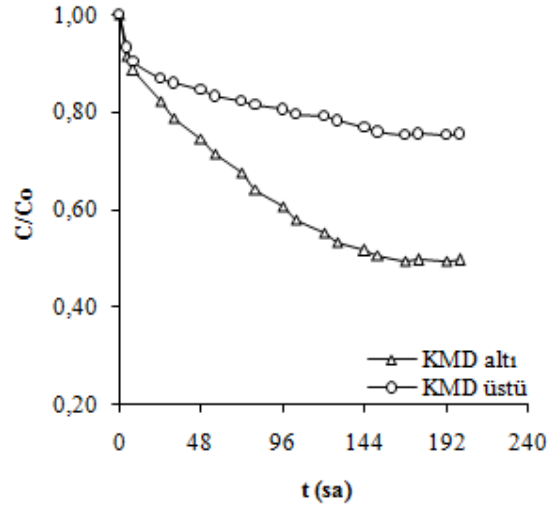
4.2 İLAÇ ETKEN MADDELERİNİN SDS VARLIĞINDA AK ÜZERİNDEKİ ADSORPSİYONLARI

4.2.1 SDS Varlığında Derişimin Zamanla Değişimi

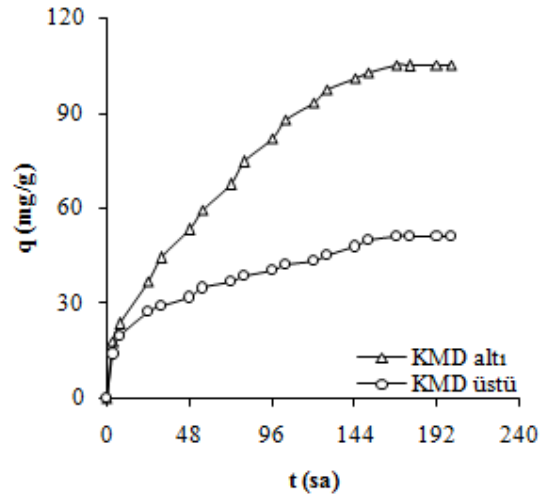
İlaç etken maddeleri için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de, KMD altı (1,2 g/L) ve KMD üstündeki (3 g/L) derişimlerde SDS varlığında derişimin zamanla değişimi izlendi ve denge süreleri bulundu.

4.2.1.1 PM

PM için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de, KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında elde edilen derişimin ve adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi sırasıyla Şekil 4.46 ve Şekil 4.47'de gösterildi. Şekillerden de görüldüğü gibi denge süreleri 168 sa (7 gün) olarak tespit edildi.



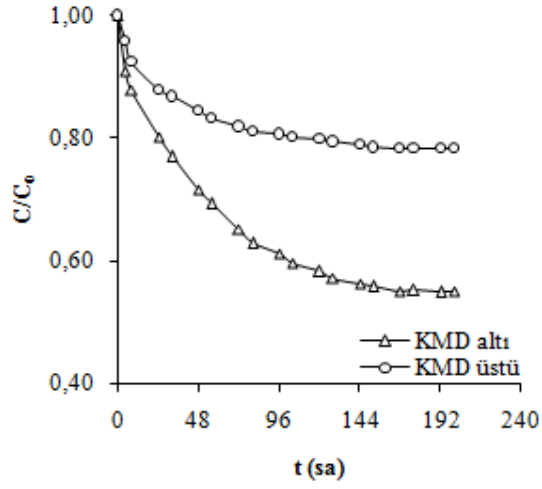
Şekil 4.46: PM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi



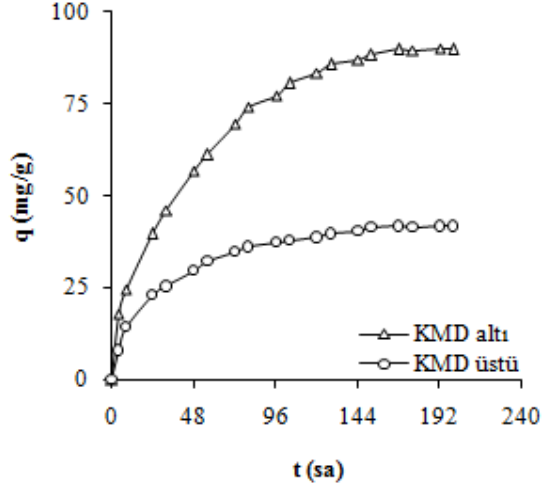
Şekil 4.47: PM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi

4.2.1.2 TFP

TFP için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de, KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında elde edilen derişimin ve adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi sırasıyla Şekil 4.48 ve Şekil 4.49'da gösterildi. Şekillerden de görüldüğü gibi denge süreleri 168 sa (7 gün) olarak tespit edildi.



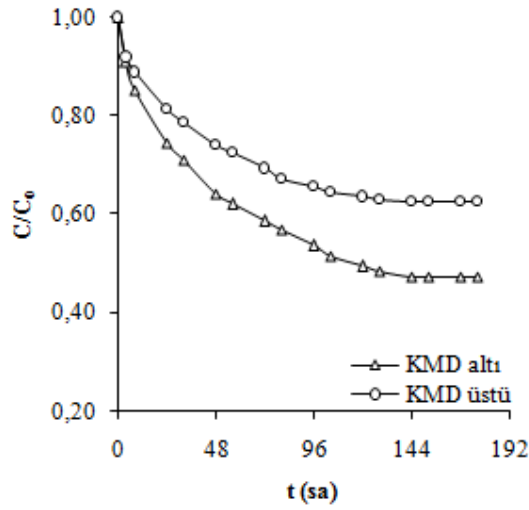
Şekil 4.48: TFP'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi



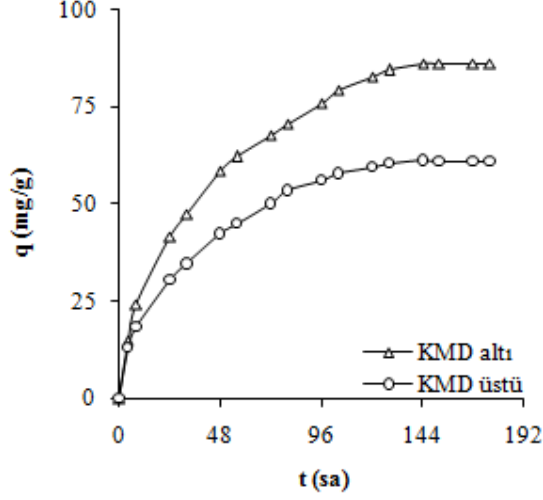
Şekil 4.49: TFP'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi

4.2.1.3 TM

TM için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de, KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında elde edilen derişimin ve adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi sırasıyla Şekil 4.50 ve Şekil 4.51'de gösterildi. Şekillerden de görüldüğü gibi denge süreleri 144 sa (6 gün) olarak tespit edildi.



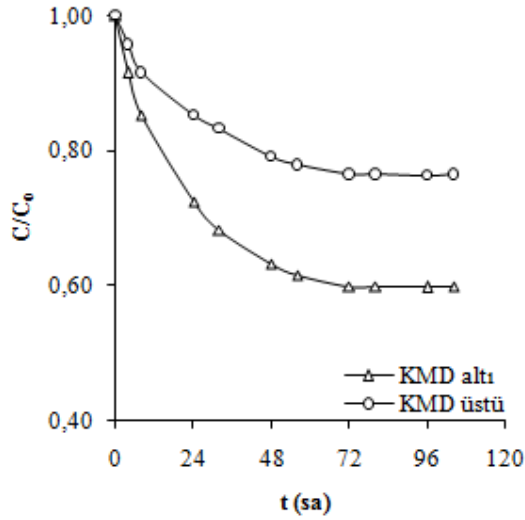
Şekil 4.50: TM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi



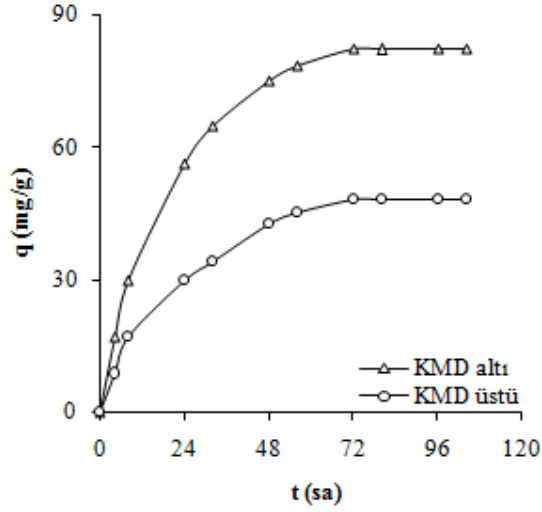
Şekil 4.51: TM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi

4.2.1.4 KM

KM için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de, KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında elde edilen derişimin ve adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi sırasıyla Şekil 4.52 ve Şekil 4.53'te gösterildi. Şekillerden de görüldüğü gibi denge süreleri 72 sa (3 gün) olarak tespit edildi.



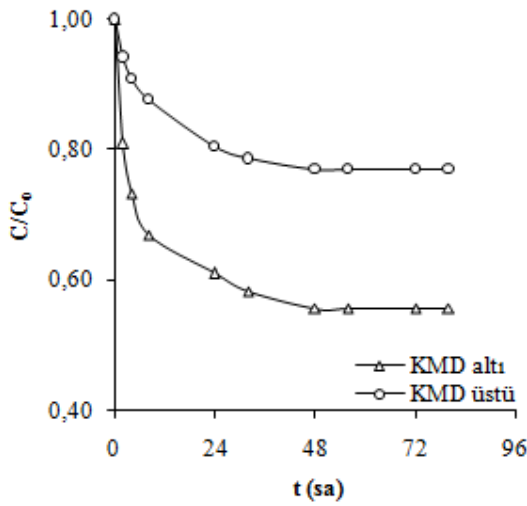
Şekil 4.52: KM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi



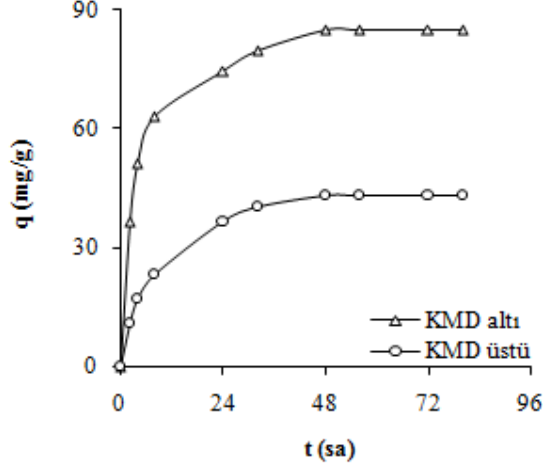
Şekil 4.53: KM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi

4.2.1.5 IBU

IBU için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de, KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında elde edilen derişimin ve adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi sırasıyla Şekil 4.54 ve Şekil 4.55'te gösterildi. Şekillerden de görüldüğü gibi denge süreleri 48 sa (2 gün) olarak tespit edildi.



Şekil 4.54: IBU'nun KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi



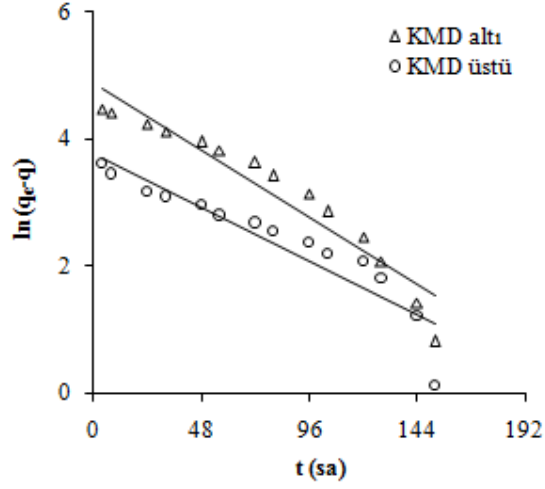
Şekil 4.55: IBU'nun SDS varlığında KMD altı ve KMD üstü derişimlerde AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi

4.2.2 Adsorpsiyon Kinetiği

Derişimin zamanla değişimi verileri Lagergren 1. derece ve Yalancı 2. derece eşitlikleri kullanılarak modellendi. Ayrıca adsorpsiyon mekanizmasının aydınlatılması amacıyla tanecik içi difüzyon grafikleri çizildi.

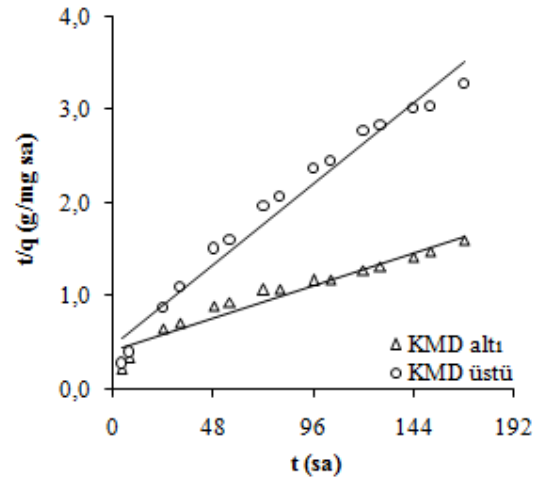
4.2.2.1 PM

PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.8'e göre çizilen Lagergren 1. derece hız grafikleri Şekil 4.56'da gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan hız sabiti (k_1) ve adsorpsiyon kapasitesi (q_1) değerleri Tablo 4.12'de verildi.



Şekil 4.56: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri

PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.9'a göre çizilen Yalancı 2. derece hız grafikleri Şekil 4.57'de gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan adsorpsiyon kapasitesi (q_2) ve hız sabiti (k_2) değerleri Tablo 4.12'de verildi.

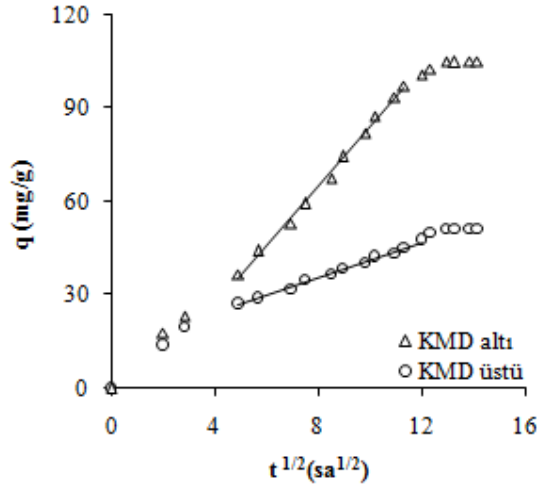


Şekil 4.57: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri

Tablo 4.12: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler

	Lagergren 1. derece			Yalancı 2. derece		
	k_1 (1/sa)	q_1 (mg/g)	R^2	k_2 (g/mg sa) $\times 10^2$	q_2 (mg/g)	R^2
KMD-altı	0,0221	132,35	0,922	0,0125	136,99	0,939
KMD-üstü	0,0176	43,64	0,869	0,0668	55,43	0,972

PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon grafikleri Şekil 4.58'de gösterildi ve grafiklerin doğrusal kısımlarının eğimlerinden tanecik içi difüzyon katsayıları (k_d) 9,53 (KMD altı) ile 2,85 (KMD üstü) $\text{mg/g sa}^{1/2}$ olarak hesaplandı.

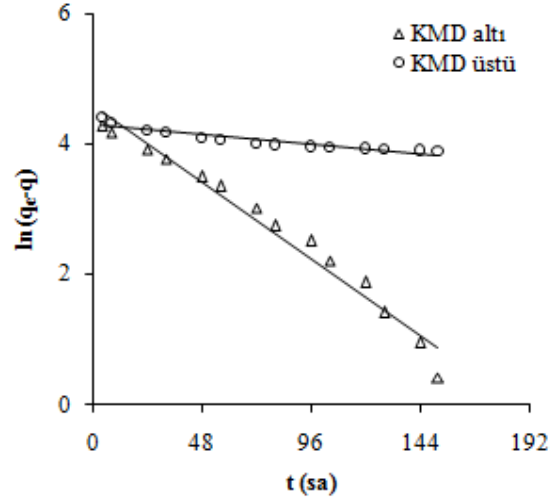


Şekil 4.58: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri (KMD altı için $R^2=0,996$, KMD üstü için $R^2=0,993$)

4.2.2.2 TFP

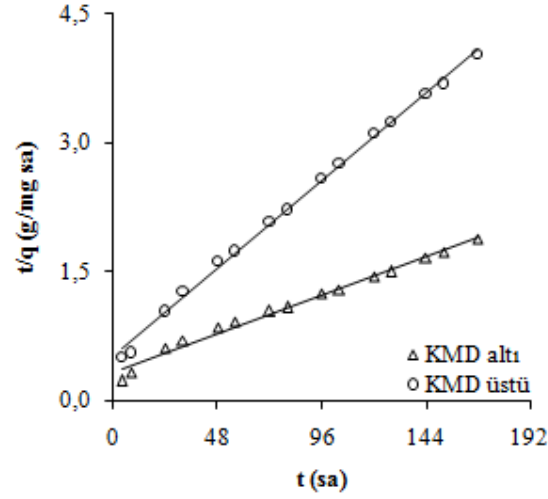
TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.8'e göre çizilen Lagergren 1. derece hız grafikleri Şekil

4.59'da gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan hız sabiti (k_1) ve adsorpsiyon kapasitesi (q_1) değerleri Tablo 4.13'te verildi.



Şekil 4.59: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri

TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.9'a göre çizilen Yalancı 2. derece hız grafikleri Şekil 4.60'ta gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan adsorpsiyon kapasitesi (q_2) ve hız sabiti (k_2) değerleri Tablo 4.13'te verildi.

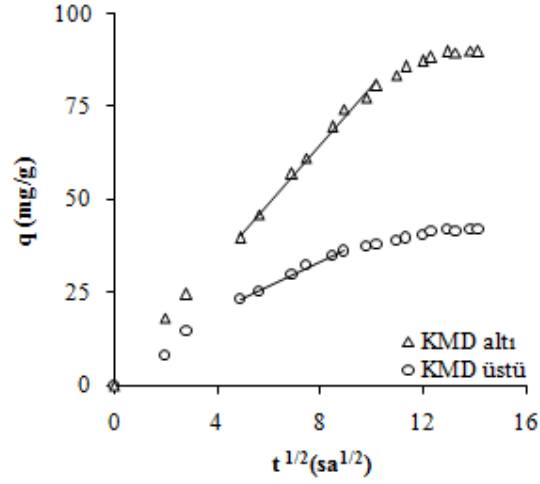


Şekil 4.60: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri

Tablo 4.13: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler

	Lagergren 1. derece			Yalancı 2. derece		
	k_1 (1/sa)	q_1 (mg/g)	R^2	k_2 (g/mg sa) $\times 10^2$	q_2 (mg/g)	R^2
KMD-altı	0,0243	97,02	0,972	0,0265	107,30	0,987
KMD-üstü	0,0031	72,90	0,878	0,0891	46,99	0,997

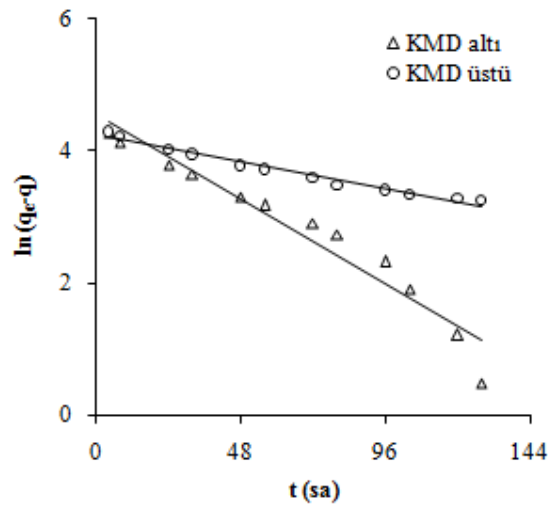
TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri Şekil 4.61'de gösterildi ve grafiklerin doğrusal kısımlarının eğimlerinden tanecik içi difüzyon katsayıları (k_d) 7,82 (KMD altı) ile 3,28 (KMD üstü) mg/g sa^{1/2} olarak hesaplandı.



Şekil 4.61: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri (KMD altı için $R^2=0,993$, KMD üstü için $R^2=0,995$)

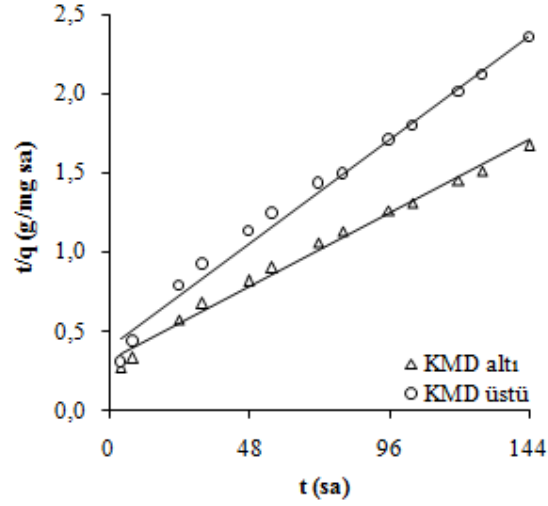
4.2.2.3 TM

TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.8'e göre çizilen Lagergren 1. derece hız grafikleri Şekil 4.62'de gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan hız sabiti (k_1) ve adsorpsiyon kapasitesi (q_1) değerleri Tablo 4.14'te verildi.



Şekil 4.62: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri

TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.9'a göre çizilen Yalancı 2. derece hız grafikleri Şekil 4.63'te gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan adsorpsiyon kapasitesi (q_2) ve hız sabiti (k_2) değerleri Tablo 4.14'te verildi.



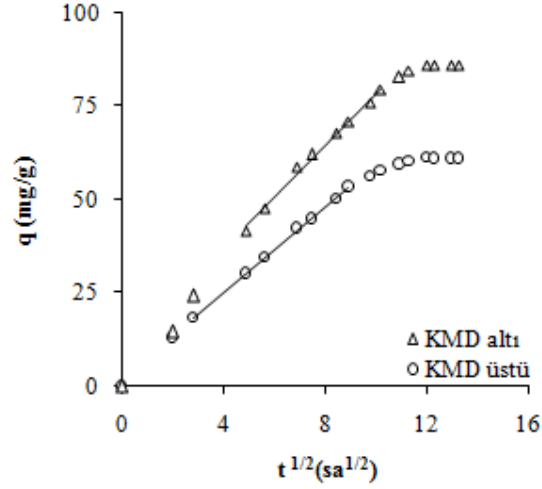
Şekil 4.63: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri

Tablo 4.14: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler

	Lagergren 1. derece			Yalancı 2. derece		
	k_1 (1/sa)	q_1 (mg/g)	R^2	k_2 (g/mg sa) $\times 10^2$	q_2 (mg/g)	R^2
KMD-altı	0,0266	93,39	0,943	0,0293	103,63	0,989
KMD-üstü	0,0084	68,95	0,975	0,0466	73,05	0,988

TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri Şekil 4.64'te gösterildi ve

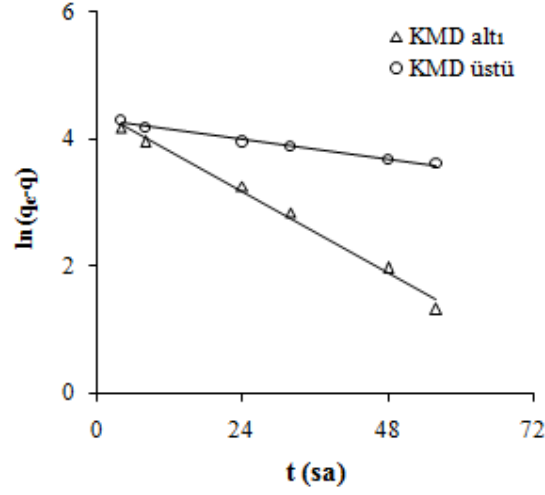
grafiklerin doğrusal kısımlarının eğimlerinden tanecik içi difüzyon katsayıları (k_d) 6,93 (KMD altı) ile 5,70 (KMD üstü) $\text{mg/g sa}^{1/2}$ olarak hesaplandı.



Şekil 4.64: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri (KMD altı için $R^2=0,993$, KMD üstü için $R^2=0,999$)

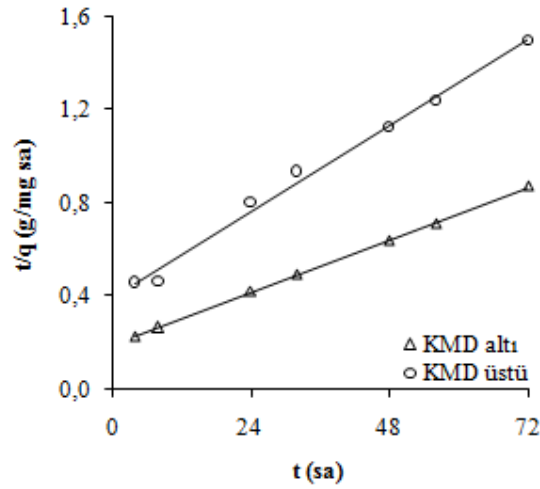
4.2.2.4 KM

KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.8'e göre çizilen Lagergren 1. derece hız grafikleri Şekil 4.65'te gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan hız sabiti (k_1) ve adsorpsiyon kapasitesi (q_1) değerleri Tablo 4.15'te verildi.



Şekil 4.65: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri

KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.9'a göre çizilen Yalancı 2. derece hız grafikleri Şekil 4.66'da gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan adsorpsiyon kapasitesi (q_2) ve hız sabiti (k_2) değerleri Tablo 4.15'te verildi.

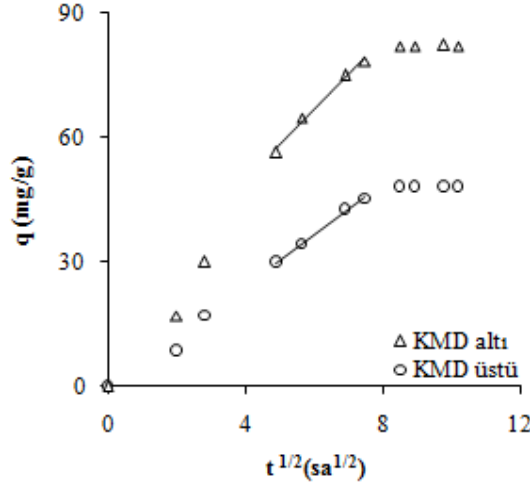


Şekil 4.66: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri

Tablo 4.15: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler

	Lagergren 1. derece			Yalancı 2. derece		
	k_1 (1/sa)	q_1 (mg/g)	R^2	k_2 (g/mg sa) $\times 10^2$	q_2 (mg/g)	R^2
KMD-altı	0,0531	84,97	0,991	0,0454	106,50	1,000
KMD-üstü	0,0129	73,54	0,985	0,0597	65,02	0,992

KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri Şekil 4.67'de gösterildi ve grafiklerin doğrusal kısımlarının eğimlerinden tanecik içi difüzyon katsayıları (k_d) 8,49 (KMD altı) ile 6,08 (KMD üstü) mg/g sa^{1/2} olarak hesaplandı.

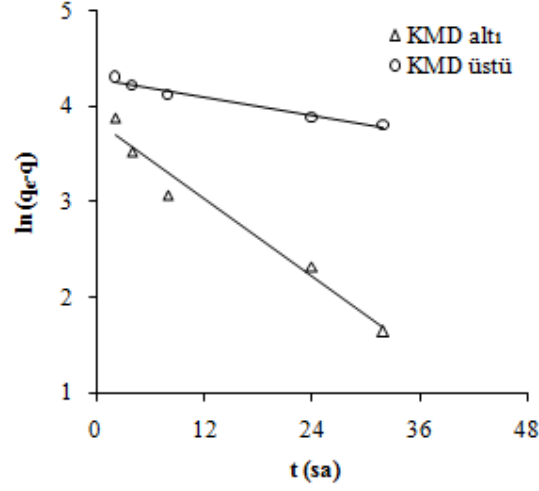


Şekil 4.67: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri (KMD altı için R²=0,989, KMD üstü için R²=0,997)

4.2.2.5 IBU

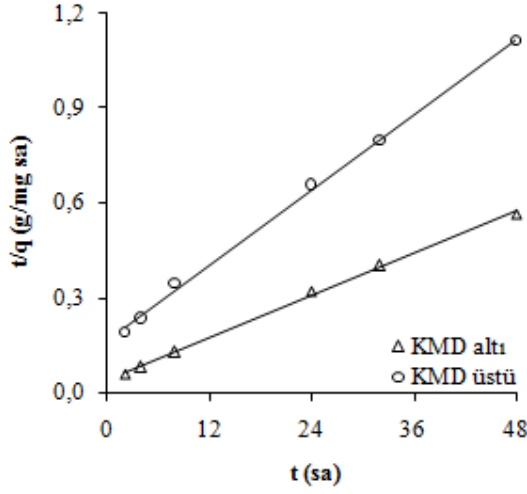
IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.8'e göre çizilen Lagergren 1. derece hız grafikleri Şekil

4.68'de gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan hız sabiti (k_1) ve adsorpsiyon kapasitesi (q_1) değerleri Tablo 4.16'da verildi.



Şekil 4.68: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri

IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.9'a göre çizilen Yalancı 2. derece hız grafikleri Şekil 4.69'da gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan adsorpsiyon kapasitesi (q_2) ve hız sabiti (k_2) değerleri Tablo 4.16'da verildi.

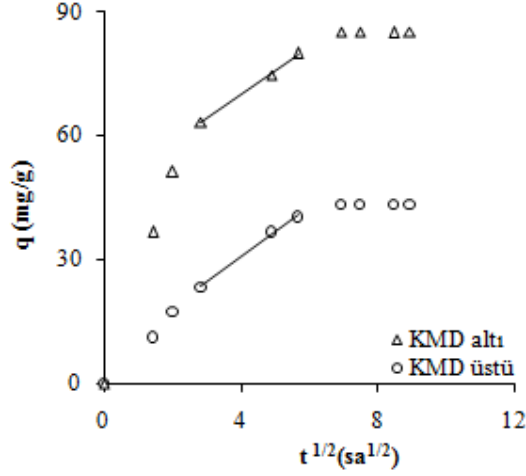


Şekil 4.69: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri

Tablo 4.16: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler

	1. derece			Yalancı 2. derece		
	k_1 (1/sa)	q_1 (mg/g)	R^2	k_2 (g/mg sa) $\times 10^2$	q_2 (mg/g)	R^2
KMD-altı	0,0673	46,22	0,971	0,3307	89,37	0,998
KMD-üstü	0,0161	73,07	0,974	0,2404	50,35	0,998

IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri Şekil 4.70'te gösterildi ve grafiklerin doğrusal kısımlarının eğimlerinden tanecik içi difüzyon katsayıları (k_d) 5,79 (KMD altı) ile 6,13 (KMD üstü) mg/g sa^{1/2} olarak hesaplandı.



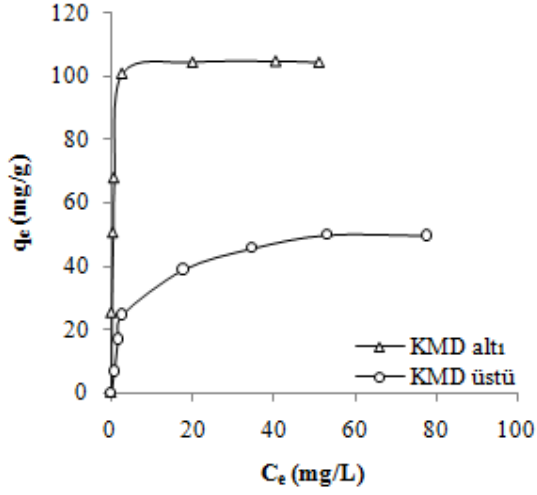
Şekil 4.70: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri (KMD altı için $R^2=0,998$, KMD üstü için $R^2=0,996$)

4.2.3 SDS Varlığında Adsorpsiyon İzotermi

İlaç etken maddelerinin AK üzerindeki adsorpsiyonu 10-100 mg/L derişim aralığında 298 K'de; KMD altı (1,2 g/L) ve KMD üstündeki (3 g/L) derişimlerde SDS varlığında çalışıldı ve elde edilen veriler Giles, Langmuir ve Freundlich izotermi kullanılarak modellendi.

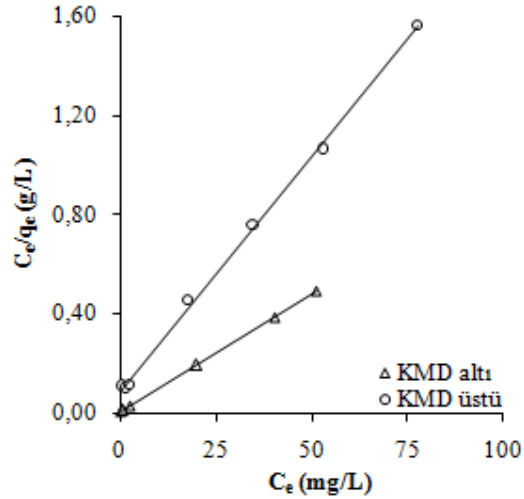
4.2.3.1 PM

PM'nin, KMD altı ve üstündeki derişimlerde SDS bulunan ortamda AK'ya olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermi çizildi (Şekil 4.71). q_e ile C_e arasında çizilen grafikler Giles sınıflandırmasına göre KMD altı derişimde SDS varlığında H tipine, KMD üstündeki derişimde SDS varlığında ise L tipine uymaktadır.



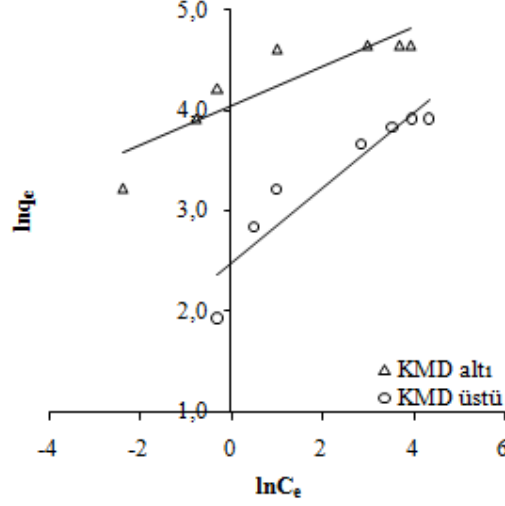
Şekil 4.71: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izotermlerinin (Şekil 4.72) eğim ve kesmelerinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.17'de verildi.



Şekil 4.72: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izotermlerinin (Şekil 4.73) eğim ve kesmelerinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.17'de verildi.



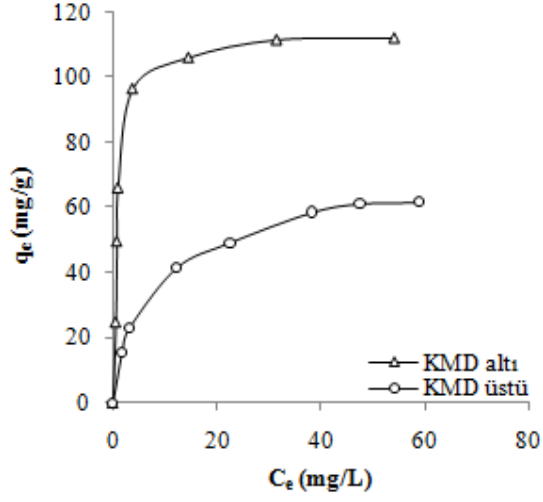
Şekil 4.73: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermleri

Tablo 4.17: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

SDS	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi		
	Q (mg/g)	b (L/g)	R ²	n	k	R ²
KMD altı	105,15	3,25	0,999	0,20	56,98	0,795
KMD üstü	52,77	0,23	0,998	0,37	11,80	0,876

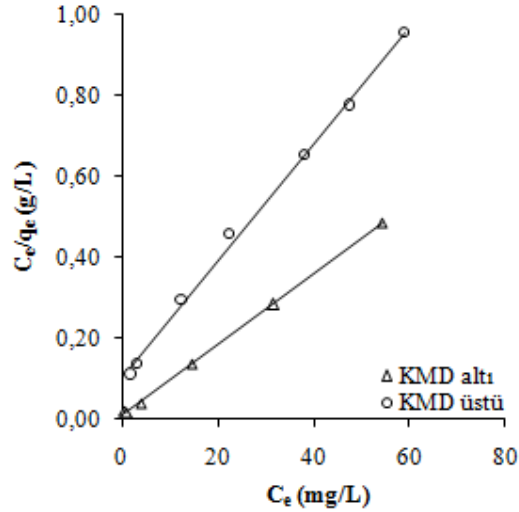
4.2.3.2 TFP

TFP'nin, KMD altı ve üstündeki derişimlerde SDS bulunan ortamda AK'ya olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermleri çizildi (Şekil 4.74). q_e ile C_e arasında çizilen grafikler Giles sınıflandırmasına göre KMD altı derişimde SDS varlığında H tipine, KMD üstündeki derişimde SDS varlığında ise L tipine uymaktadır.



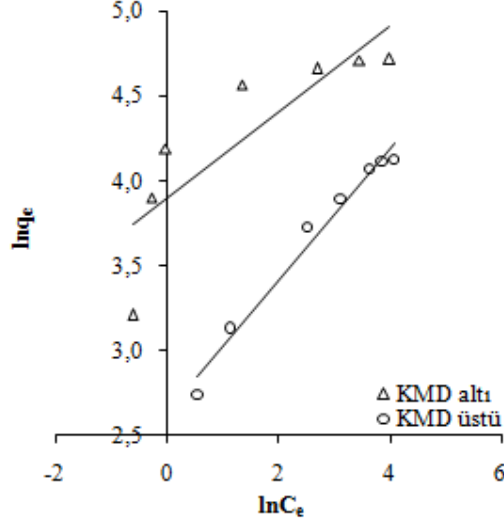
Şekil 4.74: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izotermlerinin (Şekil 4.75) eğim ve kesmelerinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.18'de verildi.



Şekil 4.75: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izotermine (Şekil 4.76) eğim ve kesmelerinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.18'de verildi.



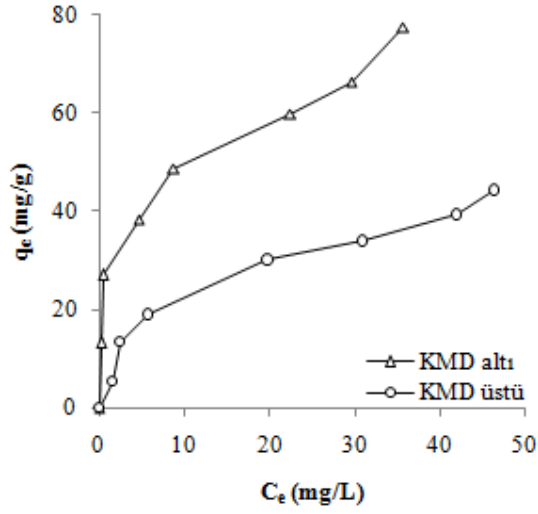
Şekil 4.76: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi

Tablo 4.18: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

SDS	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi		
	Q (mg/g)	b (L/g)	R ²	n	k	R ²
KMD altı	114,29	0,92	0,999	0,25	49,37	0,718
KMD üstü	69,01	0,14	0,997	0,39	13,93	0,976

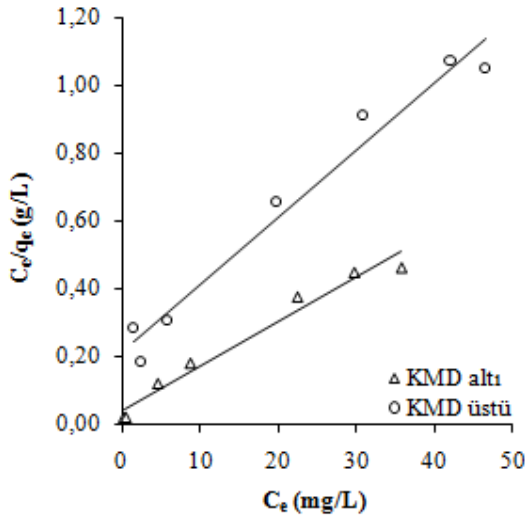
4.2.3.3 TM

TM'nin, KMD altı ve üstündeki derişimlerde SDS bulunan ortamda AK'ya olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermi çizildi (Şekil 4.77). q_e ile C_e arasında çizilen grafikler Giles sınıflandırmasına göre S tipine uymaktadır.



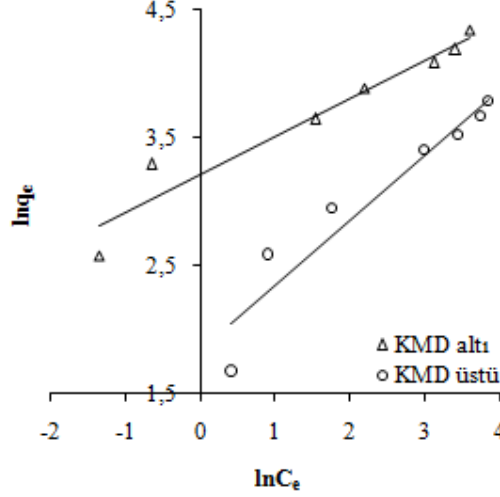
Şekil 4.77: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izotermlerinin (Şekil 4.78) eğim ve kesmelerinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.19'da verildi.



Şekil 4.78: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izotermine (Şekil 4.79) eğim ve kesmelerinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.19'da verildi.



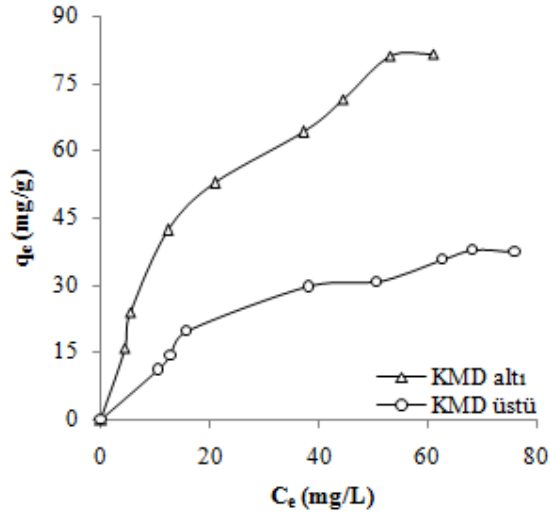
Şekil 4.79: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi

Tablo 4.19: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

SDS	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi		
	Q (mg/g)	b (L/g)	R ²	n	k	R ²
KMD altı	76,28	0,32	0,971	0,30	24,96	0,939
KMD üstü	50,28	0,09	0,971	0,51	6,31	0,917

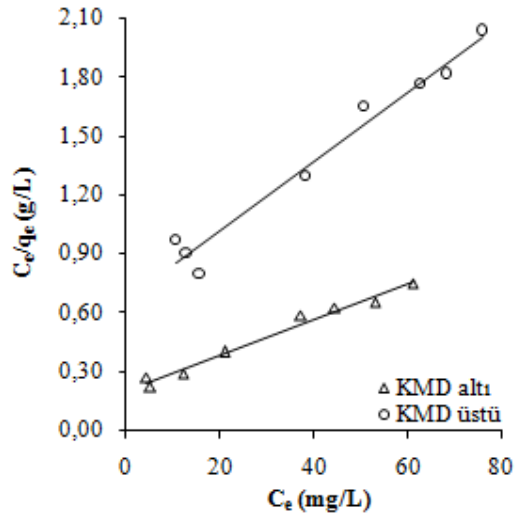
4.2.3.4 KM

KM'nin, KMD altı ve üstündeki derişimlerde SDS bulunan ortamda AK'ya olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermi çizildi (Şekil 4.80). q_e ile C_e arasında çizilen grafikler Giles sınıflandırmasına göre S tipine uymaktadır.



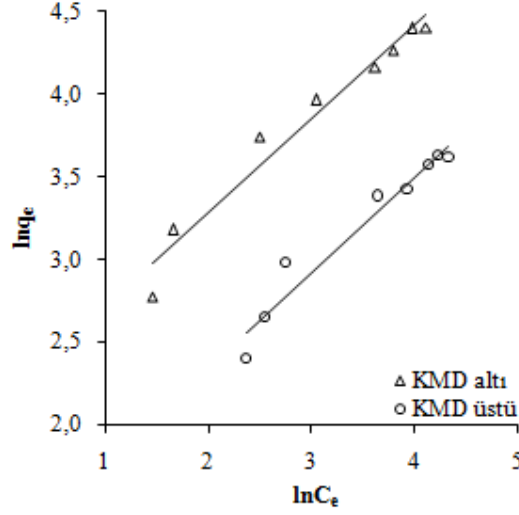
Şekil 4.80: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izotermlerinin (Şekil 4.81) eğim ve kesmelerinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.20'de verildi.



Şekil 4.81: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izotermine (Şekil 4.82) eğim ve kesmelerinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.20'de verildi.



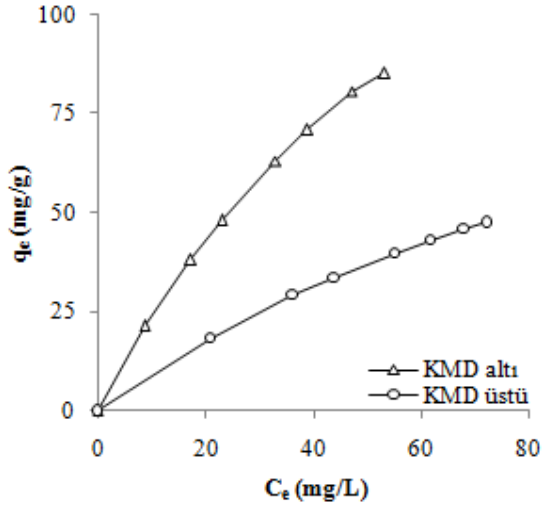
Şekil 4.82: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi

Tablo 4.20: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

SDS	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi		
	Q (mg/g)	b (L/g)	R ²	n	k	R ²
KMD altı	109,65	0,05	0,982	0,56	8,71	0,961
KMD üstü	56,56	0,03	0,969	0,57	3,35	0,950

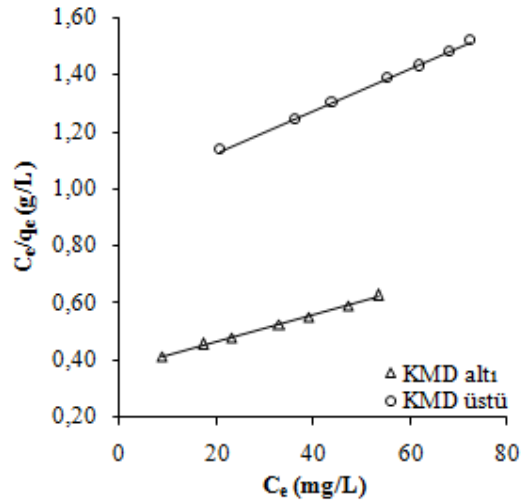
4.2.3.5 IBU

IBU'nun, KMD altı ve üstündeki derişimlerde SDS bulunan ortamda AK'ya olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermi çizildi (Şekil 4.83). q_e ile C_e arasında çizilen grafikler Giles sınıflandırmasına göre L tipine uymaktadır.



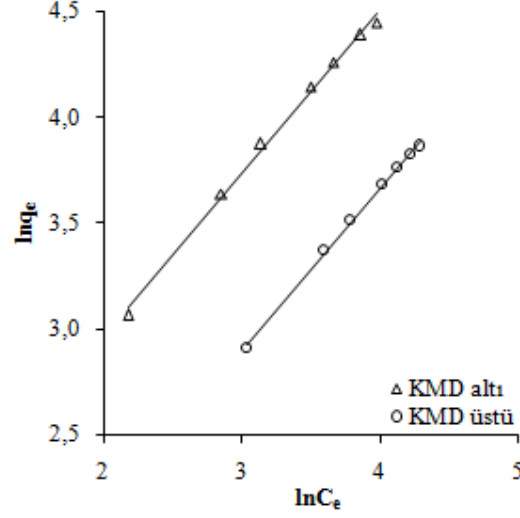
Şekil 4.83: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izotermlerinin (Şekil 4.84) eğim ve kesmelerinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.21'de verildi.



Şekil 4.84: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izotermine (Şekil 4.85) eğim ve kesmelerinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.21'de verildi.



Şekil 4.85: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi

Tablo 4.21: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

SDS	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi		
	Q (mg/g)	b (L/g)	R ²	n	k	R ²
KMD altı	213,22	0,01	0,998	0,77	4,15	0,996
KMD üstü	134,95	0,01	0,999	0,77	1,83	0,998

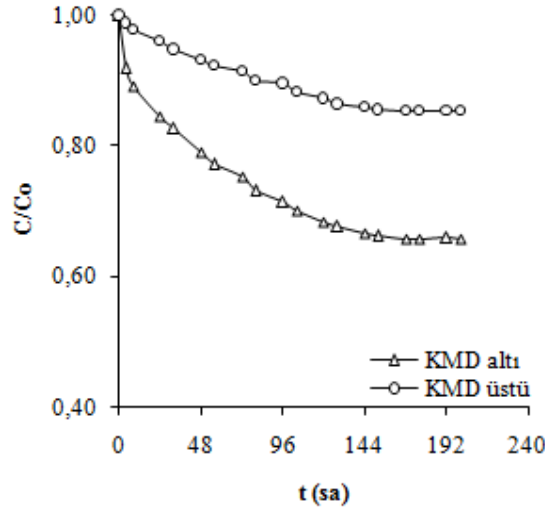
4.3 İLAÇ ETKEN MADDELERİNİN DTAB VARLIĞINDA AK ÜZERİNDEKİ ADSORPSİYONLARI

4.3.1 DTAB Varlığında Derişimin Zamanla Değişimi

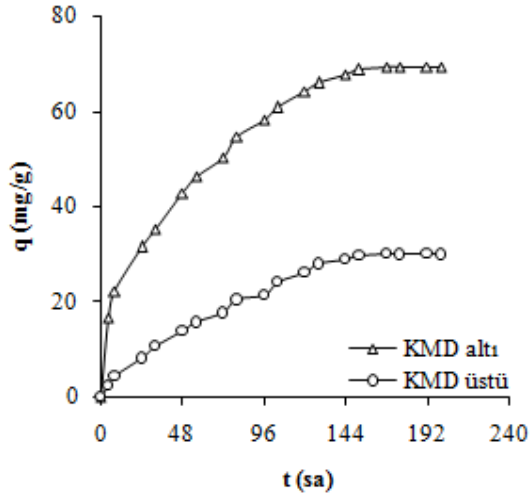
İlaç etken maddeleri için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de, KMD altı (1,5 g/L) ve KMD üstündeki (7,7 g/L) derişimlerde DTAB varlığında derişimin zamanla değişimi izlendi ve denge süreleri bulundu.

4.3.1.1 PM

PM için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de, KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında elde edilen derişimin ve adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi sırasıyla Şekil 4.86 ve Şekil 4.87'de gösterildi. Şekillerden de görüldüğü gibi denge süreleri 168 sa (7 gün) olarak tespit edildi.



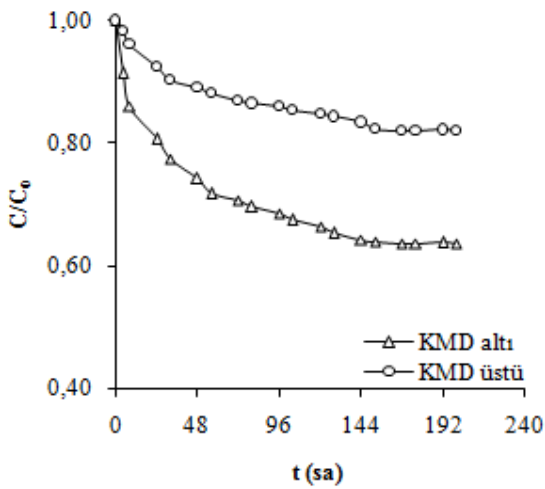
Şekil 4.86: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi



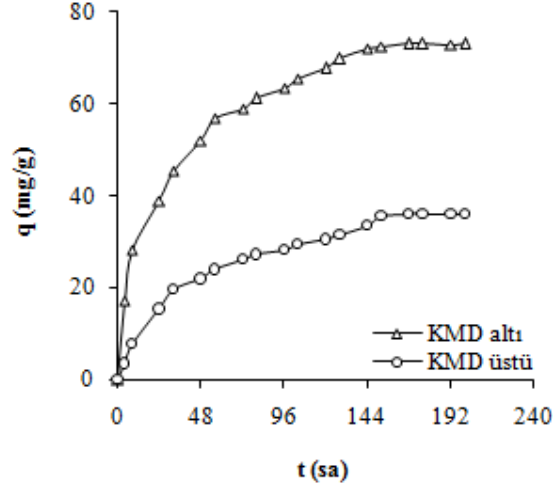
Şekil 4.87: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi

4.3.1.2 TFP

TFP için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de, KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında elde edilen derişimin ve adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi sırasıyla Şekil 4.88 ve Şekil 4.89'da gösterildi. Şekillerden de görüldüğü gibi denge süreleri 168 sa (7 gün) olarak tespit edildi.



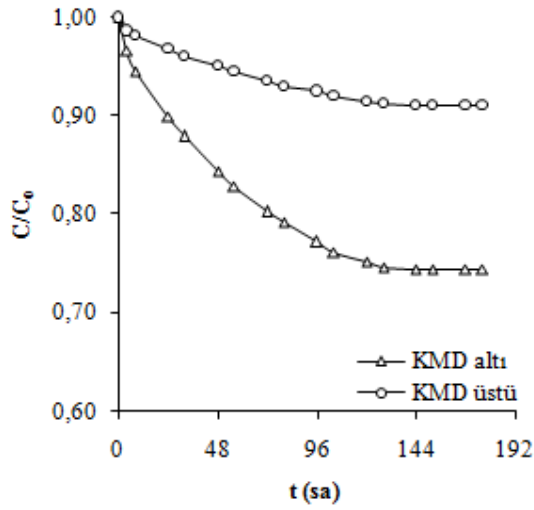
Şekil 4.88: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi



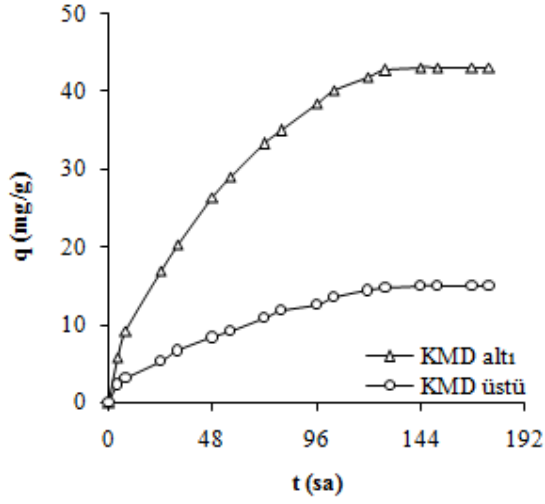
Şekil 4.89: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi

4.3.1.3 TM

TM için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de, KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında elde edilen derişimin ve adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi sırasıyla Şekil 4.90 ve Şekil 4.91'de gösterildi. Şekillerden de görüldüğü gibi denge süreleri 144 sa (6 gün) olarak tespit edildi.



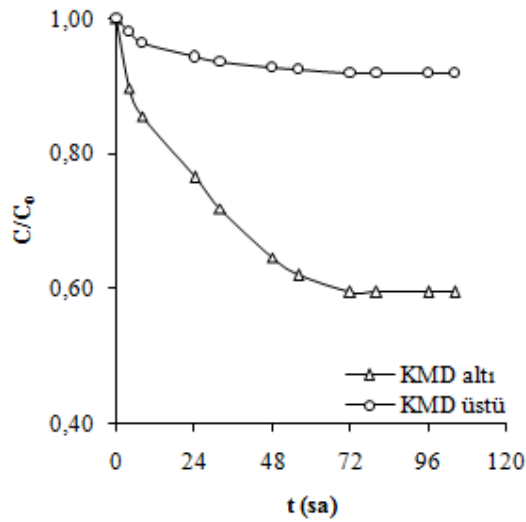
Şekil 4.90: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi



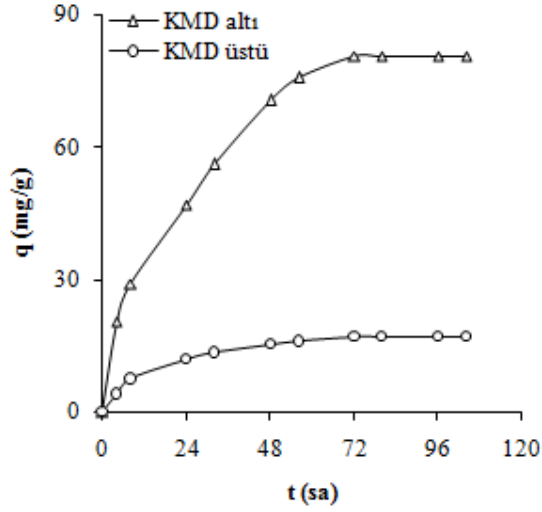
Şekil 4.91: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi

4.3.1.4 KM

KM için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de, KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında elde edilen derişimin ve adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi sırasıyla Şekil 4.92 ve Şekil 4.93'te gösterildi. Şekillerden de görüldüğü gibi denge süreleri 72 sa (3 gün) olarak tespit edildi.



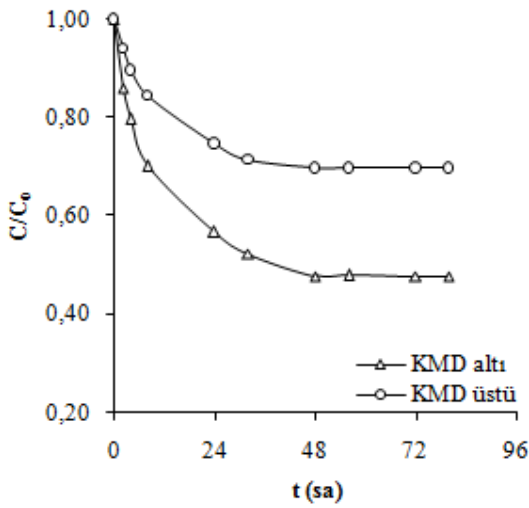
Şekil 4.92: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi



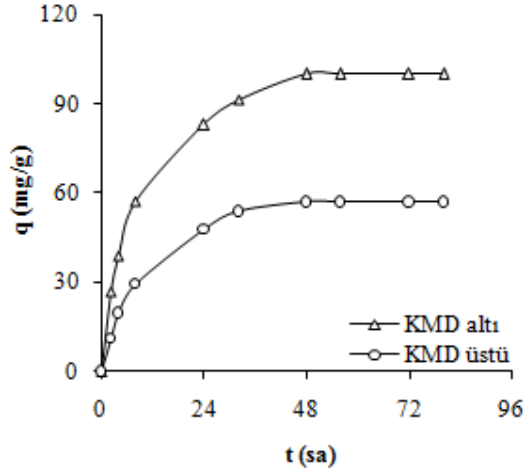
Şekil 4.93: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi

4.3.1.5 IBU

IBU için 298 K'de başlangıç derişimi kullanılarak 100 mg/L, KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında elde edilen derişimin ve adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi sırasıyla Şekil 4.94 ve Şekil 4.95'te gösterildi. Şekillerden de görüldüğü gibi denge süresi 48 sa (2 gün) olarak tespit edildi.



Şekil 4.94: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi



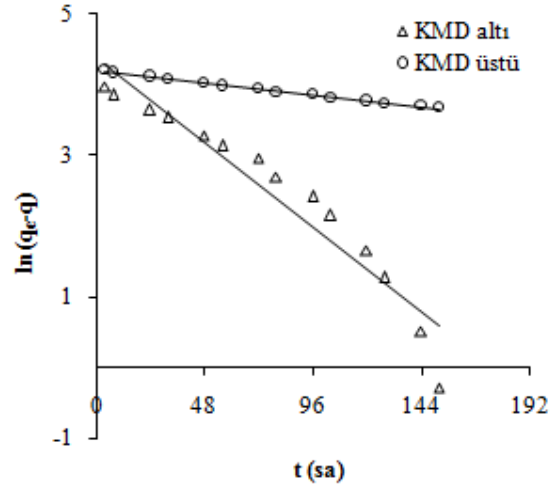
Şekil 4.95: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi

4.3.2 Adsorpsiyon Kinetiği

Derişimin zamanla değişimi verileri Lagergren 1. derece ve Yalancı 2. derece eşitlikleri kullanılarak modellendi. Ayrıca adsorpsiyon mekanizmasının aydınlatılması amacıyla tanecik içi difüzyon grafikleri çizildi.

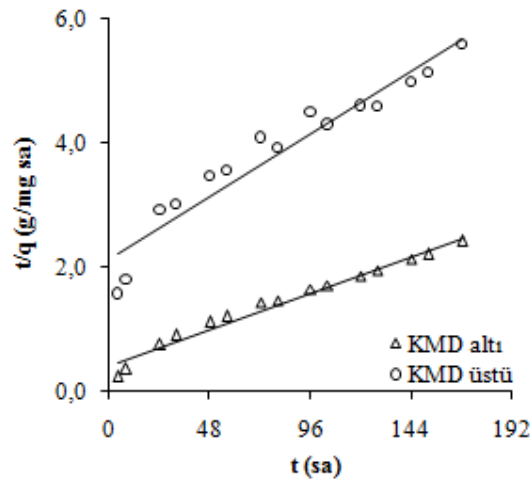
4.3.2.1 PM

PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.8'e göre çizilen Lagergren 1. derece hız grafikleri Şekil 4.96'da gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan hız sabiti (k_1) ve adsorpsiyon kapasitesi (q_1) değerleri Tablo 4.22'de verildi.



Şekil 4.96: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri

PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.9'a göre çizilen Yalancı 2. derece hız grafikleri Şekil 4.97'de gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan adsorpsiyon kapasitesi (q_2) ve hız sabiti (k_2) değerleri Tablo 4.22'de verildi.

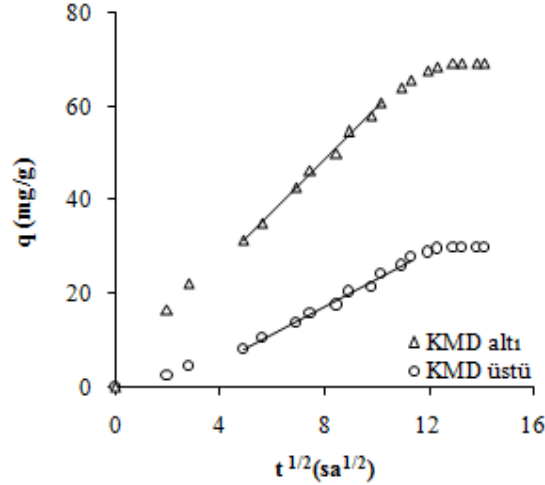


Şekil 4.97: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri

Tablo 4.22: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler

	Lagergren 1. derece			Yalancı 2. derece		
	k_1 (1/sa)	q_1 (mg/g)	R^2	k_2 (g/mg sa) $\times 10^2$	q_2 (mg/g)	R^2
KMD-altı	0,0250	80,78	0,920	0,0353	81,83	0,975
KMD-üstü	0,0035	66,33	0,982	0,0205	47,73	0,983

PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri Şekil 4.98'de gösterildi ve grafiklerin doğrusal kısımlarının eğimlerinden tanecik içi difüzyon katsayıları (k_d) 5,54 (KMD altı) ile 2,99 (KMD üstü) mg/g sa^{1/2} olarak hesaplandı.

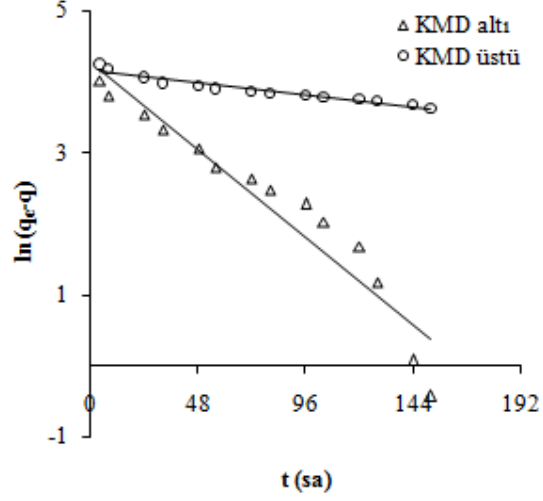


Şekil 4.98: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri (KMD altı için R²=0,996, KMD üstü için R²=0,990)

4.3.2.2 TFP

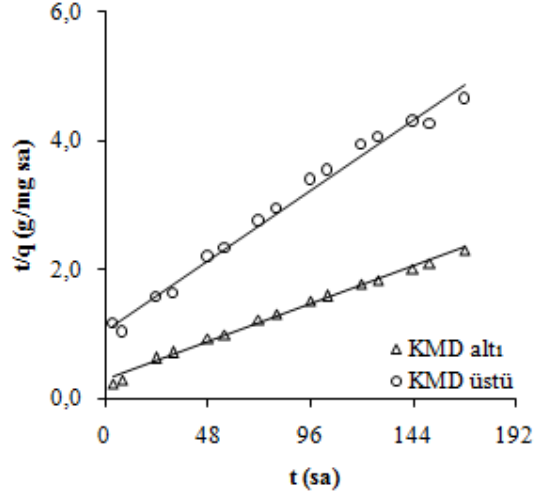
TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.8'e göre çizilen Lagergren 1. derece hız grafikleri Şekil

4.99'da gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan hız sabiti (k_1) ve adsorpsiyon kapasitesi (q_1) değerleri Tablo 4.23'te verildi.



Şekil 4.99: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri

TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.9'a göre çizilen Yalancı 2. derece hız grafikleri Şekil 4.100'de gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan adsorpsiyon kapasitesi (q_2) ve hız sabiti (k_2) değerleri Tablo 4.23'te verildi.

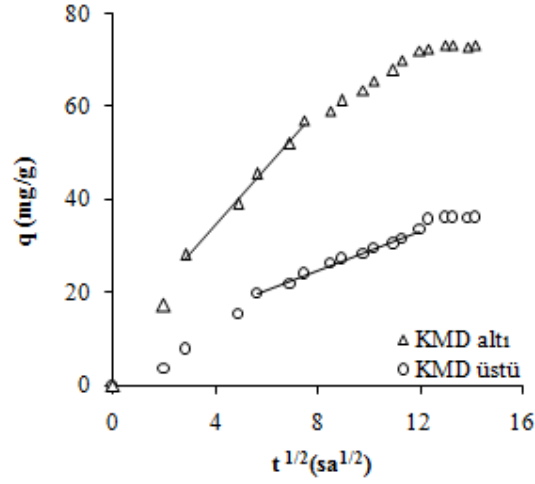


Şekil 4.100: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri

Tablo 4.23: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler

	Lagergren 1. derece			Yalancı 2. derece		
	k_1 (1/sa)	q_1 (mg/g)	R^2	k_2 (g/mg sa) $\times 10^2$	q_2 (mg/g)	R^2
KMD-altı	0,0257	72,06	0,921	0,0531	81,63	0,993
KMD-üstü	0,0036	63,48	0,930	0,0493	44,07	0,988

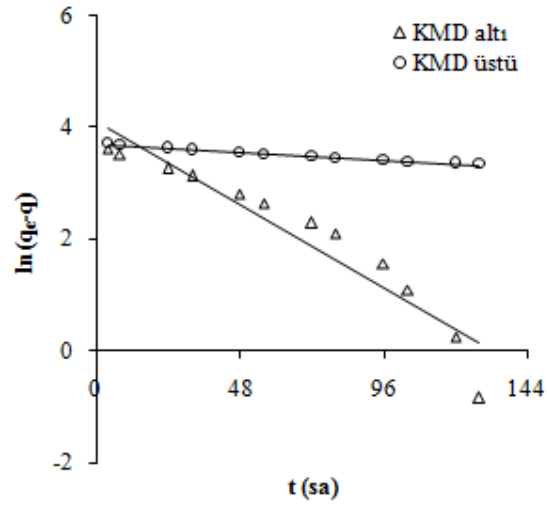
TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri Şekil 4.101'de gösterildi ve grafiklerin doğrusal kısımlarının eğimlerinden tanecik içi difüzyon katsayıları (k_d) 6,12 (KMD altı) ile 2,12 (KMD üstü) mg/g sa^{1/2} olarak hesaplandı.



Şekil 4.101: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri (KMD altı için $R^2=0,993$, KMD üstü için $R^2=0,992$)

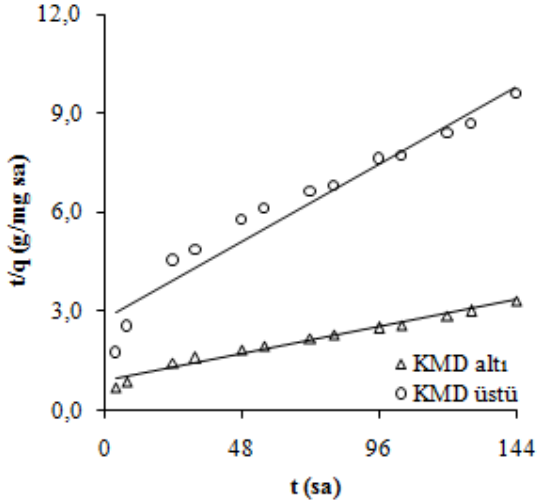
4.3.2.3 TM

TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.8'e göre çizilen Lagergren 1. derece hız grafikleri Şekil 4.102'de gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan hız sabiti (k_1) ve adsorpsiyon kapasitesi (q_1) değerleri Tablo 4.24'te verildi.



Şekil 4.102: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri

TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.9'a göre çizilen Yalancı 2. derece hız grafikleri Şekil 4.103'te gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan adsorpsiyon kapasitesi (q_2) ve hız sabiti (k_2) değerleri Tablo 4.24'te verildi.



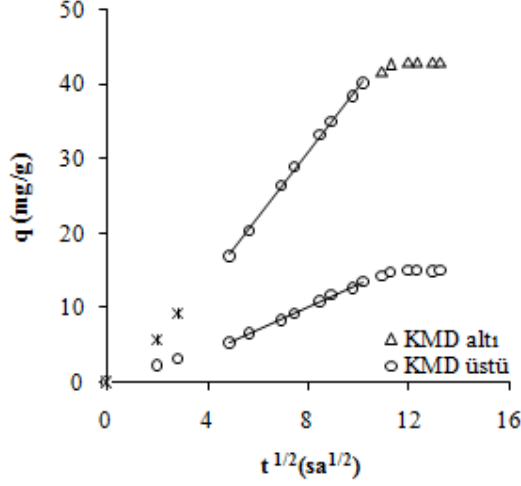
Şekil 4.103: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri

Tablo 4.24: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler

	Lagergren 1. derece			Yalancı 2. derece		
	k_1 (1/sa)	q_1 (mg/g)	R^2	k_2 (g/mg sa) $\times 10^2$	q_2 (mg/g)	R^2
KMD-altı	0,0309	61,10	0,906	0,0333	58,45	0,979
KMD-üstü	0,0029	40,47	0,978	0,0858	20,44	0,983

TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri Şekil 4.104'te gösterildi ve

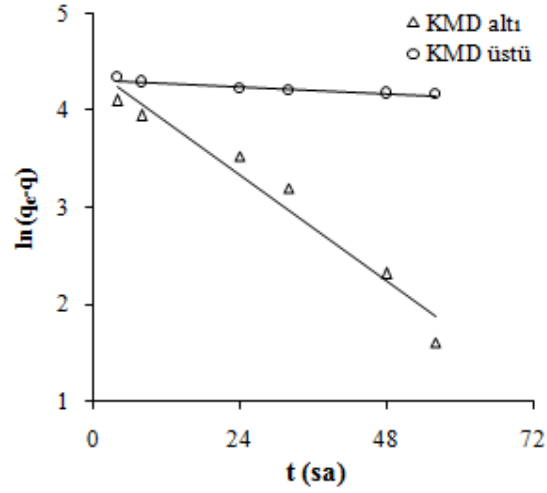
grafiklerin doğrusal kısımlarının eğimlerinden tanecik içi difüzyon katsayıları (k_d) 4,38 (KMD altı) ile 1,53 (KMD üstü) $\text{mg/g sa}^{1/2}$ olarak hesaplandı.



Şekil 4.104: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri (KMD altı için $R^2=0,998$, KMD üstü için $R^2=0,997$)

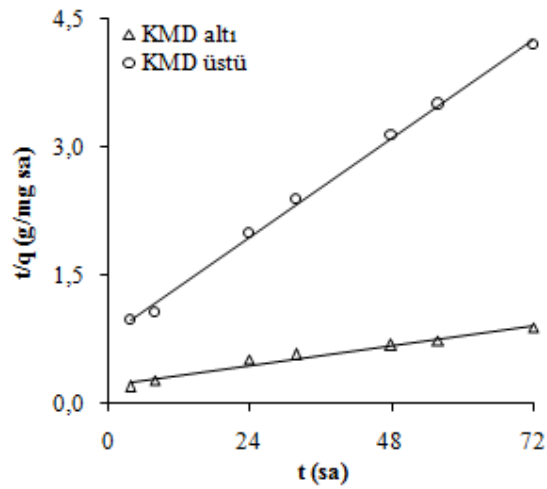
4.3.2.4 KM

KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.8'e göre çizilen Lagergren 1. derece hız grafikleri Şekil 4.105'te gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan hız sabiti (k_1) ve adsorpsiyon kapasitesi (q_1) değerleri Tablo 4.25'te verildi.



Şekil 4.105: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri

KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.9'a göre çizilen Yalancı 2. derece hız grafikleri Şekil 4.106'da gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan adsorpsiyon kapasitesi (q_2) ve hız sabiti (k_2) değerleri Tablo 4.25'te verildi.

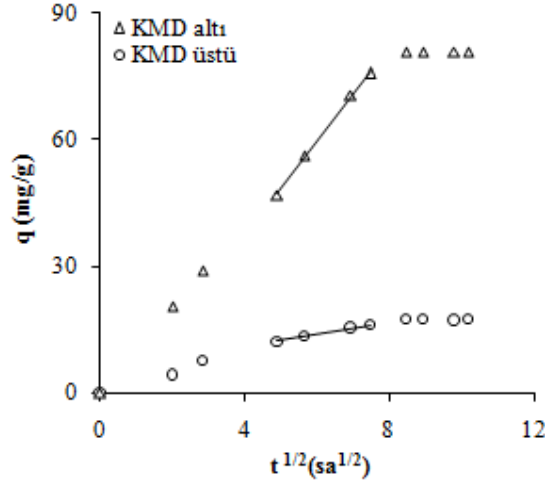


Şekil 4.106: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri

Tablo 4.25: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler

	Lagergren 1. derece			Yalancı 2. derece		
	k_1 (1/sa)	q_1 (mg/g)	R^2	k_2 (g/mg sa) $\times 10^2$	q_2 (mg/g)	R^2
KMD-altı	0,0455	83,15	0,958	0,0448	102,46	0,971
KMD-üstü	0,0030	75,44	0,916	0,3000	20,68	0,998

KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri Şekil 4.107'de gösterildi ve grafiklerin doğrusal kısımlarının eğimlerinden tanecik içi difüzyon katsayıları (k_d) 11,24 (KMD altı) ile 1,51 (KMD üstü) mg/g sa^{1/2} olarak hesaplandı.

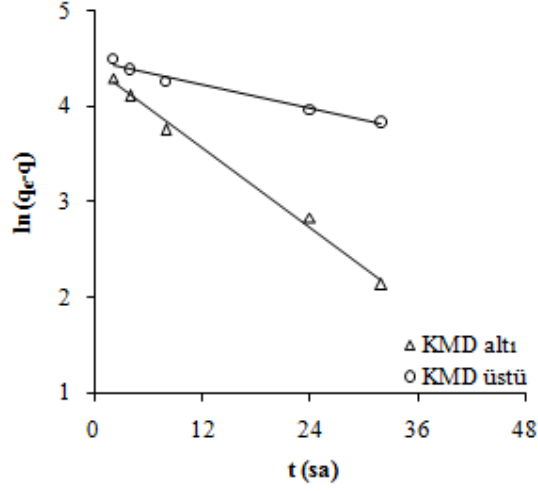


Şekil 4.107: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri (KMD altı için $R^2=0,998$, KMD üstü için $R^2=0,996$)

4.3.2.5 IBU

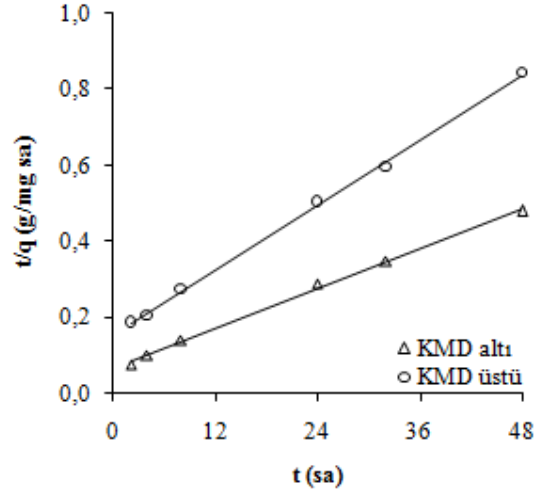
IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.8'e göre çizilen Lagergren 1. derece hız grafikleri Şekil

4.108’de gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan hız sabiti (k_1) ve adsorpsiyon kapasitesi (q_1) değerleri Tablo 4.26’da verildi.



Şekil 4.108: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri

IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.9'a göre çizilen Yalancı 2. derece hız grafikleri Şekil 4.109'da gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan adsorpsiyon kapasitesi (q_2) ve hız sabiti (k_2) değerleri Tablo 4.26'da verildi.

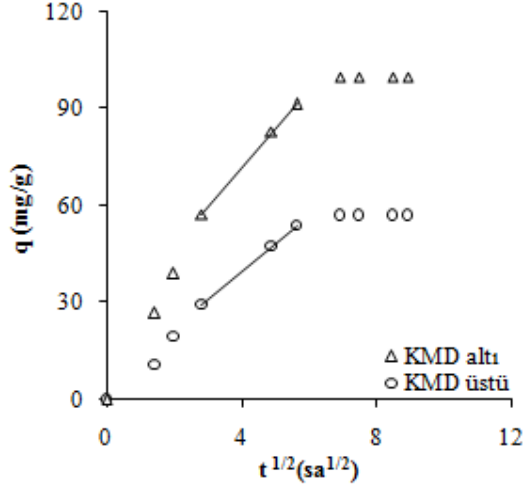


Şekil 4.109: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri

Tablo 4.26: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler

	Lagergren 1. derece			Yalancı 2. derece		
	k_1 (1/sa)	q_1 (mg/g)	R^2	k_2 (g/mg sa) $\times 10^2$	q_2 (mg/g)	R^2
KMD-altı	0,0686	80,44	0,994	0,1133	114,29	0,998
KMD-üstü	0,0209	88,04	0,979	0,1303	70,32	0,999

IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri Şekil 4.110'da gösterildi ve grafiklerin doğrusal kısımlarının eğimlerinden tanecik içi difüzyon katsayıları (k_d) 12,13 (KMD altı) ile 8,67 (KMD üstü) mg/g sa^{1/2} olarak hesaplandı.



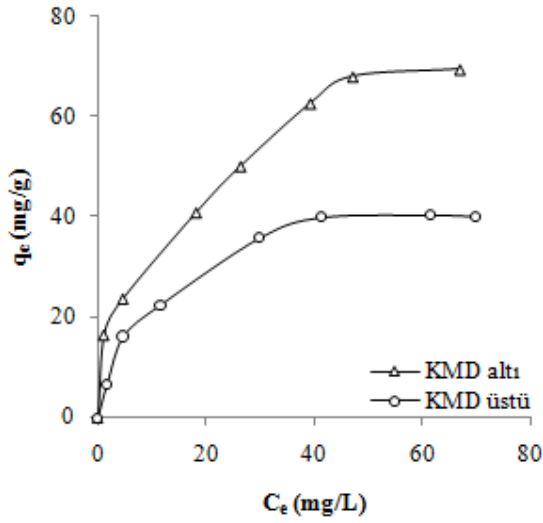
Şekil 4.110: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri (KMD altı için $R^2=0,999$, KMD üstü için $R^2=0,999$)

4.3.3 DTAB Varlığında Adsorpsiyon İzotermi

İlaç etken maddelerinin AK üzerindeki adsorpsiyonu 10-100 mg/L derişim aralığında 298 K'de; KMD altı (1,5 g/L) ve KMD üstündeki (7,7 g/L) derişimlerde DTAB varlığında çalışıldı ve elde edilen veriler Giles, Langmuir ve Freundlich izotermi olarak kullanılarak modellendi.

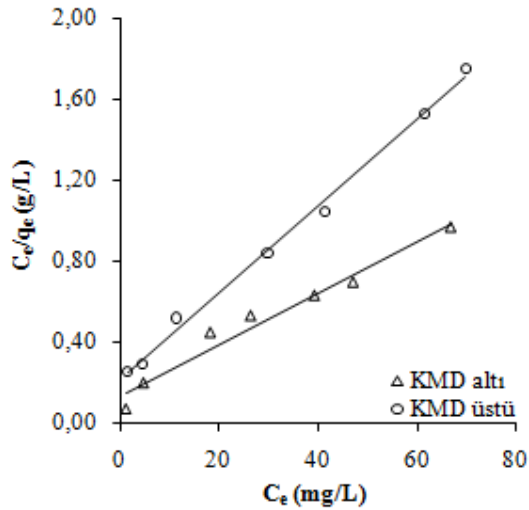
4.3.3.1 PM

PM'nin, KMD altı ve üstündeki derişimlerde DTAB bulunan ortamda AK'ya olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermi çizildi (Şekil 4.111). q_e ile C_e arasında çizilen grafikler Giles sınıflandırmasına göre L tipine uymaktadır.



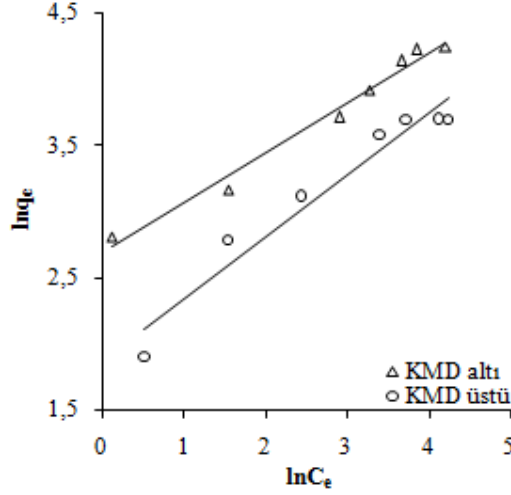
Şekil 4.111: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izotermlerinin (Şekil 4.112) eğim ve kesmelerinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.27'de verildi.



Şekil 4.112: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izotermelerinin (Şekil 4.113) eğim ve kesmelerinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.27'de verildi.



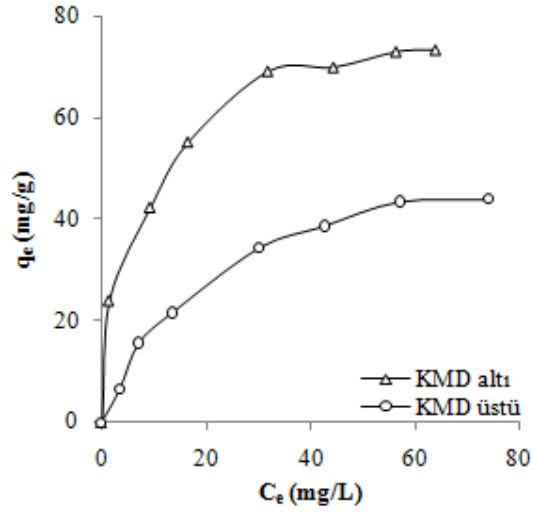
Şekil 4.113: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermeleri

Tablo 4.27: PM'nin DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

DTAB	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi		
	Q (mg/g)	b (L/g)	R ²	n	k	R ²
KMD altı	79,37	0,09	0,967	0,38	14,66	0,963
KMD üstü	46,62	0,10	0,996	0,47	6,51	0,945

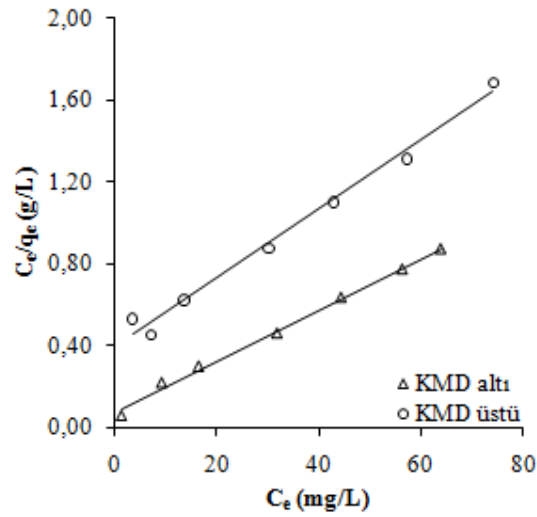
4.3.3.2 TFP

TFP'nin, KMD altı ve üstündeki derişimlerde DTAB bulunan ortamda AK'ya olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermeleri çizildi (Şekil 4.114). q_e ile C_e arasında çizilen grafikler Giles sınıflandırmasına göre L tipine uymaktadır.



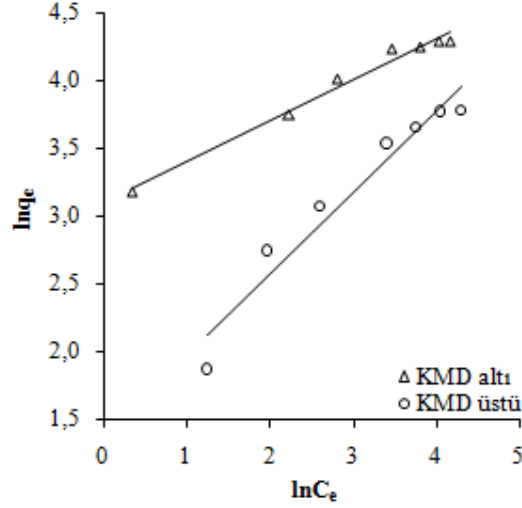
Şekil 4.114: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izotermlerinin (Şekil 4.115) eğim ve kesmelerinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.28'de verildi.



Şekil 4.115: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izotermelerinin (Şekil 4.116) eğim ve kesmelerinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.28'de verildi.



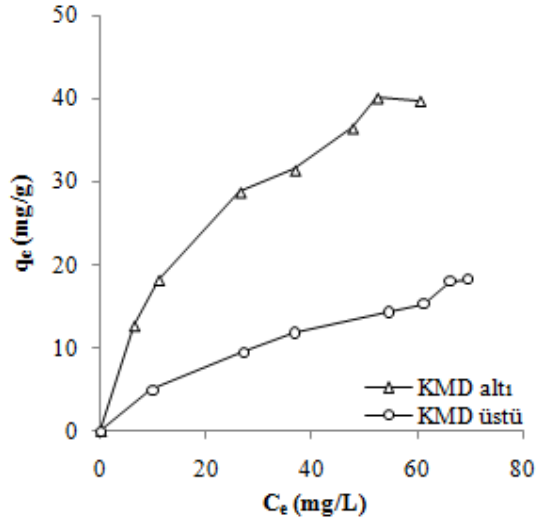
Şekil 4.116: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermeleri

Tablo 4.28: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

DTAB	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi		
	Q (mg/g)	b (L/g)	R ²	n	k	R ²
KMD altı	80,13	0,17	0,995	0,28	24,17	0,934
KMD üstü	59,45	0,04	0,988	0,60	3,96	0,945

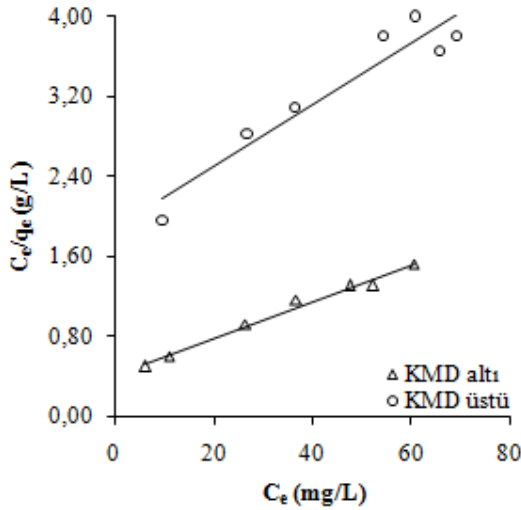
4.3.3.3 TM

TM'nin, KMD altı ve üstündeki derişimlerde DTAB bulunan ortamda AK'ya olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermeleri çizildi (Şekil 4.117). q_e ile C_e arasında çizilen grafikler Giles sınıflandırmasına göre L tipine uymaktadır.



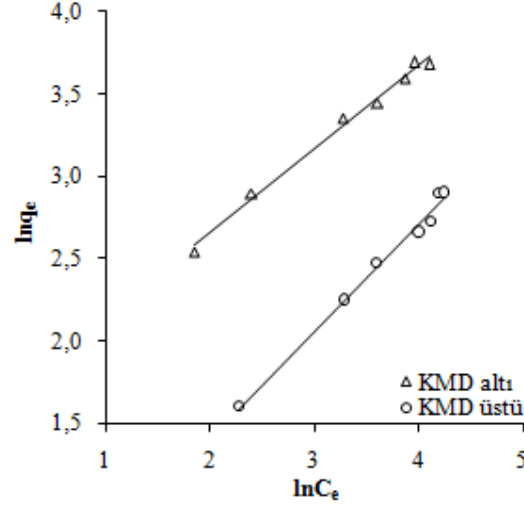
Şekil 4.117: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izotermlerinin (Şekil 4.118) eğim ve kesmelerinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.29'da verildi.



Şekil 4.118: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izotermelerinin (Şekil 4.119) eğim ve kesmelerinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.29'da verildi.



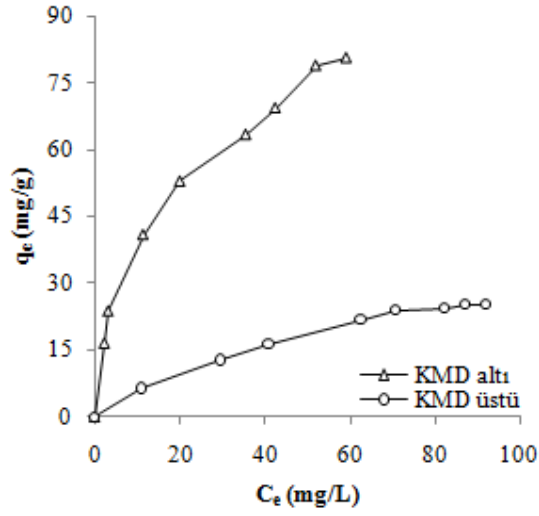
Şekil 4.119: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermeleri

Tablo 4:29: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

DTAB	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi		
	Q (mg/g)	b (L/g)	R ²	n	k	R ²
KMD altı	54,38	0,04	0,985	0,51	5,18	0,981
KMD üstü	32,29	0,02	0,907	0,65	1,13	0,901

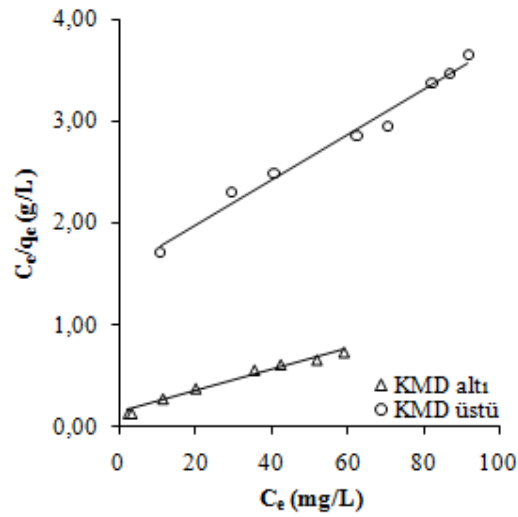
4.3.3.4 KM

KM'nin, KMD altı ve üstündeki derişimlerde DTAB bulunan ortamda AK'ya olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermeleri çizildi (Şekil 4.120). q_e ile C_e arasında çizilen grafikler Giles sınıflandırmasına göre L tipine uymaktadır.



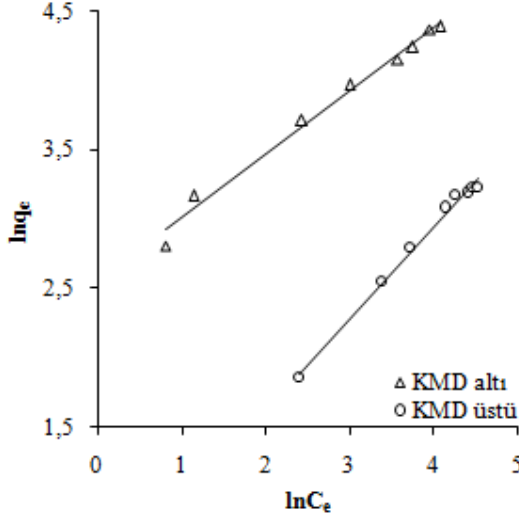
Şekil 4.120: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izotermlerinin (Şekil 4.121) eğim ve kesmelerinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.30'da verildi.



Şekil 4.121: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izotermelerinin (Şekil 4.122) eğim ve kesmelerinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.30'da verildi.



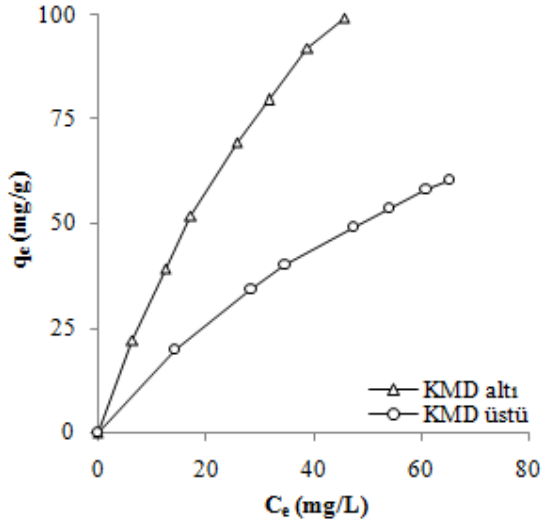
Şekil 4.122: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi

Tablo 4.30: KM'nin DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

DTAB	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi		
	Q (mg/g)	b (L/g)	R ²	n	k	R ²
KMD altı	94,16	0,08	0,980	0,46	12,86	0,978
KMD üstü	45,17	0,01	0,982	0,66	1,36	0,981

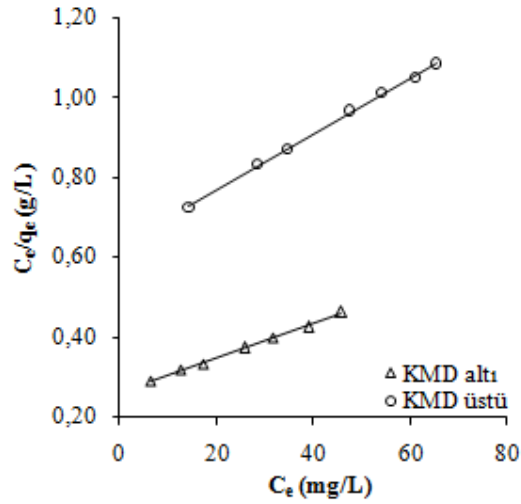
4.3.3.5 IBU

IBU'nun, KMD altı ve üstündeki derişimlerde DTAB bulunan ortamda AK'ya olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermi çizildi (Şekil 4.123). q_e ile C_e arasında çizilen grafikler Giles sınıflandırmasına göre L tipine uymaktadır.



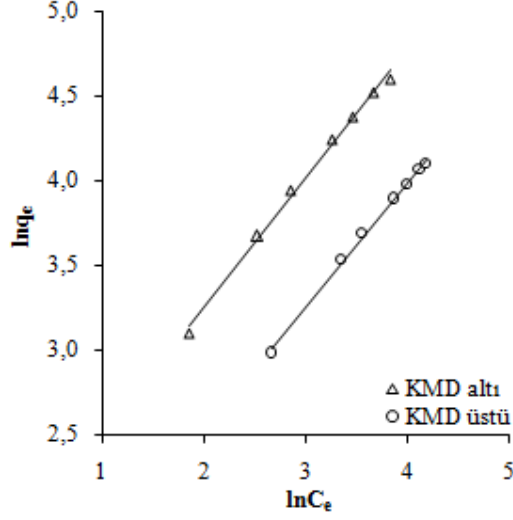
Şekil 4.123: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izotermlerinin (Şekil 4.124) eğim ve kesmelerinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.31'de verildi.



Şekil 4.124: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izotermelerinin (Şekil 4.125) eğim ve kesmelerinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.31'de verildi.



Şekil 4.125: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermeleri

Tablo 4.31: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

DTAB	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi		
	Q (mg/g)	b (L/g)	R ²	n	k	R ²
KMD altı	231,48	0,02	0,998	0,76	5,63	0,995
KMD üstü	142,86	0,01	0,999	0,73	2,89	0,997

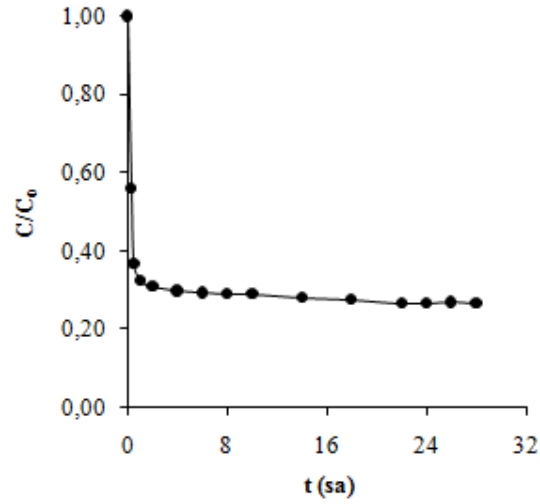
4.4 İLAÇ ETKEN MADDELERİNİN BNT ÜZERİNDEKİ ADSORPSİYONLARI

4.4.1 Derişimin Zamanla Değişimi

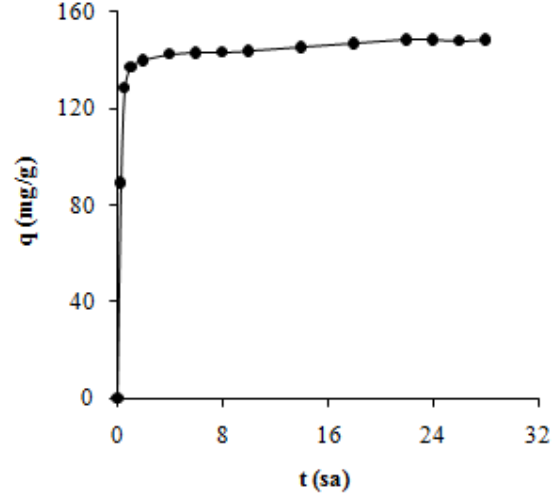
İlaç etken maddeleri için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de derişimin zamanla değişimi izlendi ve denge süreleri bulundu.

4.4.1.1 PM

PM için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de elde edilen derişimin ve adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi sırasıyla Şekil 4.126 ve Şekil 4.127'de gösterildi. Şekillerden de görüldüğü gibi denge süresi 22 sa olarak tespit edildi.



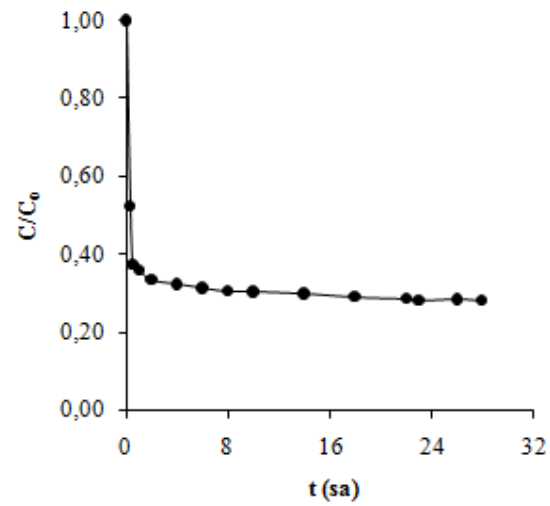
Şekil 4.126: PM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait derişimin zamanla değişimi



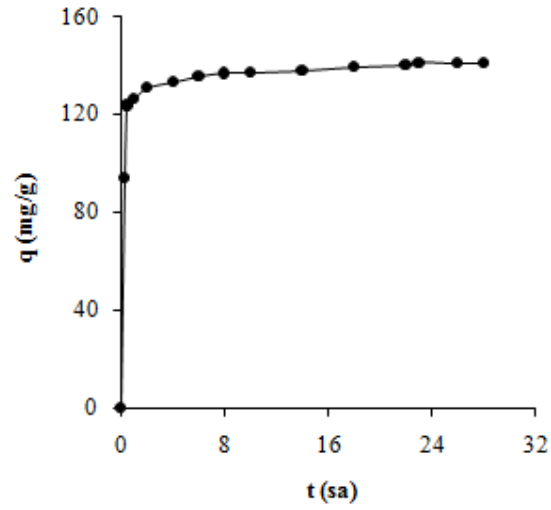
Şekil 4.127: PM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi

4.4.1.2 TFP

TFP için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de elde edilen derişimin ve adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi sırasıyla Şekil 4.128 ve Şekil 4.129'da gösterildi. Şekillerden de görüldüğü gibi denge süresi 23 sa olarak tespit edildi.



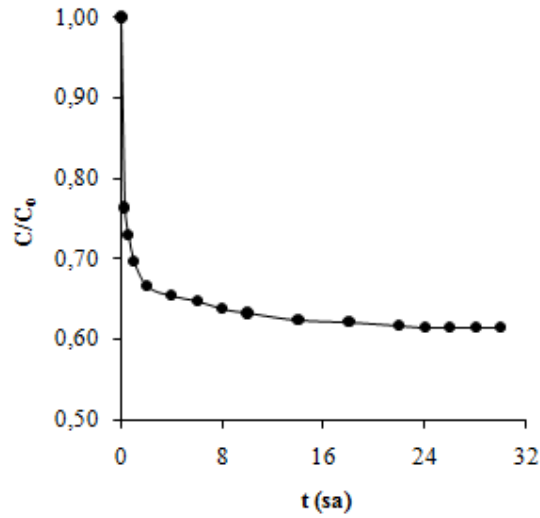
Şekil 4.128: TFP'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait derişimin zamanla değişimi



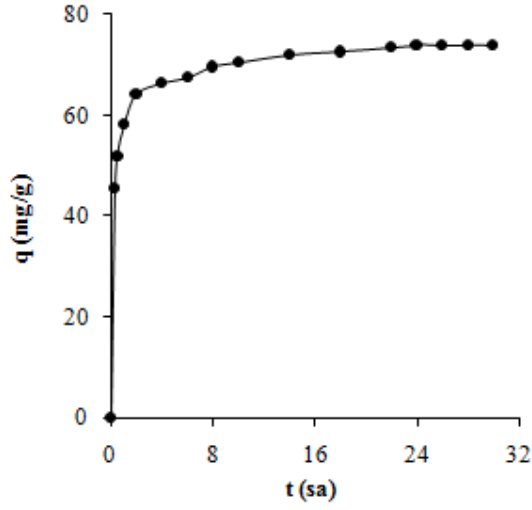
Şekil 4.129: TFP'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi

4.4.1.3 TM

TM için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de elde edilen derişimin ve adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi sırasıyla Şekil 4.130 ve Şekil 4.131'de gösterildi. Şekillerden de görüldüğü gibi denge süresi 24 sa olarak tespit edildi.



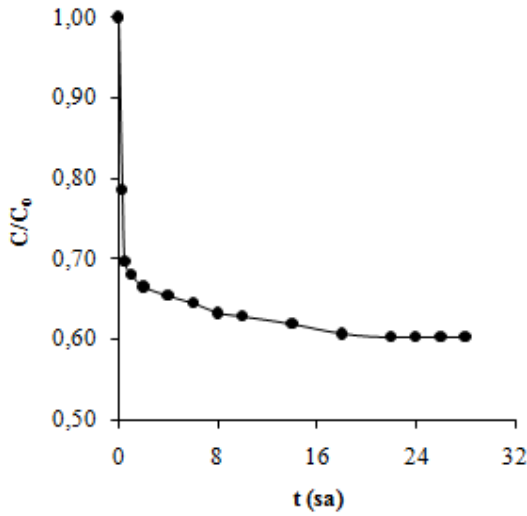
Şekil 4.130: TM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait derişimin zamanla değişimi



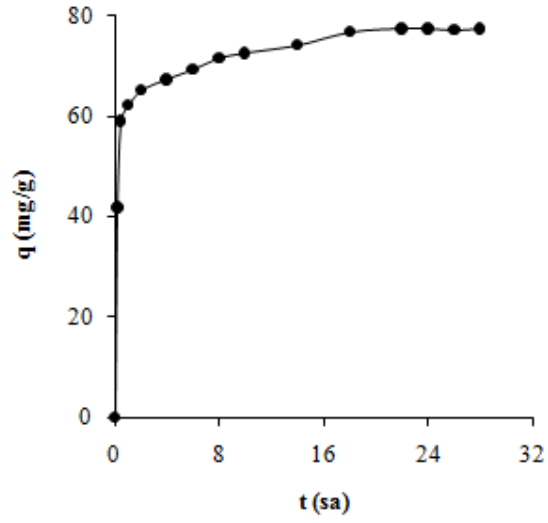
Şekil 4.131: TM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi

4.4.1.4 KM

KM için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de elde edilen derişimin ve adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi sırasıyla Şekil 4.132 ve Şekil 4.133'te gösterildi. Şekillerden de görüldüğü gibi denge süresi 22 sa olarak tespit edildi.



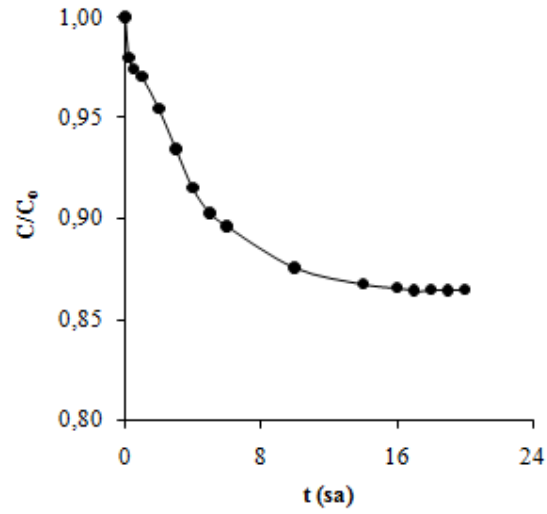
Şekil 4.132: KM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait derişimin zamanla değişimi



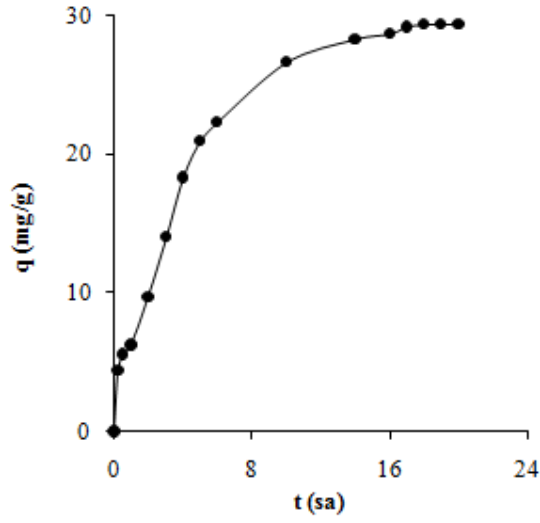
Şekil 4.133: KM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi

4.4.1.5 IBU

IBU için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de elde edilen derişimin ve adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi sırasıyla Şekil 4.134 ve Şekil 4.135'te gösterildi. Şekillerden de görüldüğü gibi denge süresi 17 sa olarak tespit edildi.



Şekil 4.134: IBU'nun BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait derişimin zamanla değişimi



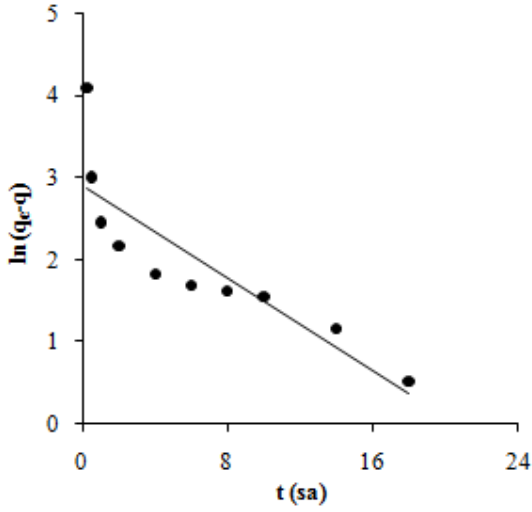
Şekil 4.135: IBU'nun BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi

4.4.2 Adsorpsiyon Kinetiği

Derişimin zamanla değişimi verileri Lagergren 1. derece ve Yalancı 2. derece eşitlikleri kullanılarak modellendi. Ayrıca adsorpsiyon mekanizmasının aydınlatılması amacıyla tanecik içi difüzyon grafikleri çizildi.

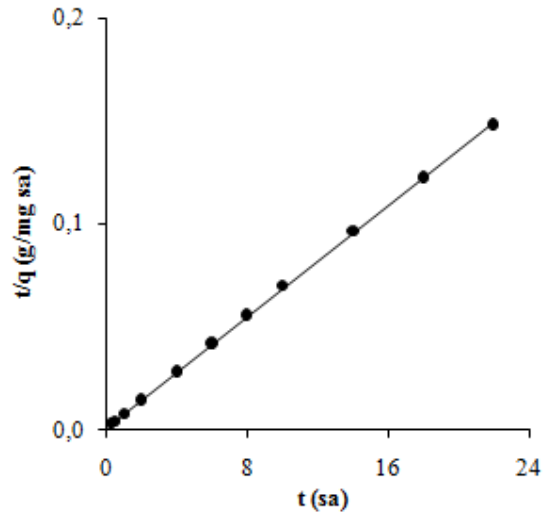
4.4.2.1 PM

PM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Eşitlik 2.8'e göre çizilen Lagergren 1. derece hız grafiği Şekil 4.136'da gösterildi. Grafiğin eğim ve kesmesinden hesaplanan hız sabiti (k_1) ve adsorpsiyon kapasitesi (q_1) değerleri Tablo 4.32'de verildi.



Şekil 4.136: PM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Lagergren 1. derece grafiği

PM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Eşitlik 2.9'a göre çizilen Yalancı 2. derece hız grafiği Şekil 4.137'de gösterildi. Grafiğin eğim ve kesmesinden hesaplanan adsorpsiyon kapasitesi (q_2) ve hız sabiti (k_2) değerleri Tablo 4.32'de verildi.

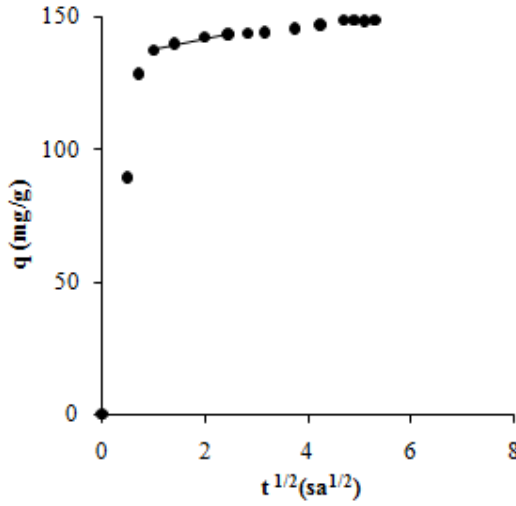


Şekil 4.137: PM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Yalancı 2. derece grafiği

Tablo 4.32: PM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait kinetik değerler

Lagergren 1. derece			Yalancı 2. derece		
k_1 (1/sa)	q_1 (mg/g)	R^2	k_2 (g/mg sa)	q_2 (mg/g)	R^2
0,1410	18,25	0,742	0,0395	148,37	1,000

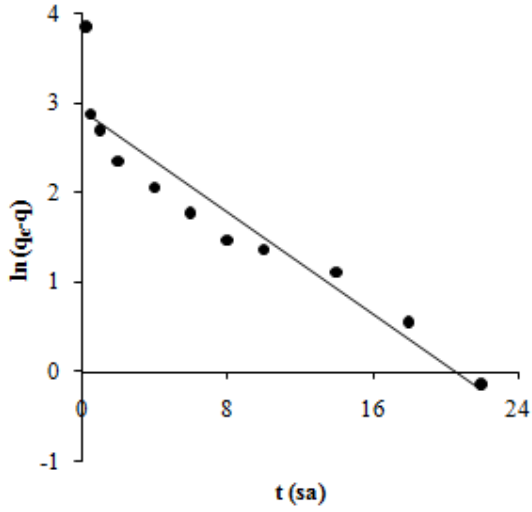
PM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon grafiği Şekil 4.138'de gösterildi ve grafiğin doğrusal kısmının eğiminden tanecik içi difüzyon katsayısı (k_d) 4,27 mg/g sa^{1/2} olarak hesaplandı.



Şekil 4.138: PM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon grafiği ($R^2=0,948$)

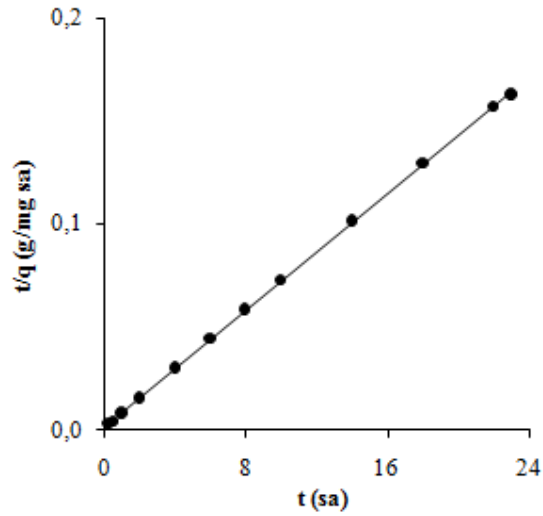
4.4.2.2 TFP

TFP'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Eşitlik 2.8'e göre çizilen Lagergren 1. derece hız grafiği Şekil 4.139'da gösterildi. Grafiğin eğim ve kesmesinden hesaplanan hız sabiti (k_1) ve adsorpsiyon kapasitesi (q_1) değerleri Tablo 4.33'te verildi.



Şekil 4.139: TFP'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Lagergren 1. derece grafiği

TFP'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Eşitlik 2.9'a göre çizilen Yalancı 2. derece hız grafiği Şekil 4.140'ta gösterildi. Grafiğin eğim ve kesmesinden hesaplanan adsorpsiyon kapasitesi (q_2) ve hız sabiti (k_2) değerleri Tablo 4.33'te verildi.

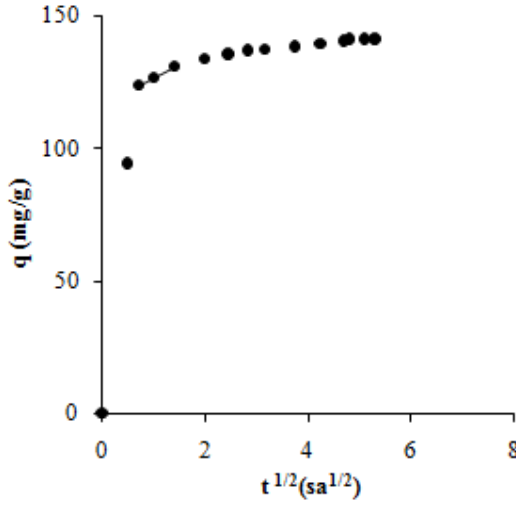


Şekil 4.140: TFP'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Yalancı 2. derece grafiği

Tablo 4.33: TFP'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait kinetik değerler

Lagergren 1. derece			Yalancı 2. derece		
k_1 (1/sa)	q_1 (mg/g)	R^2	k_2 (g/mg sa)	q_2 (mg/g)	R^2
0,1419	18,45	0,889	0,0379	141,24	1,000

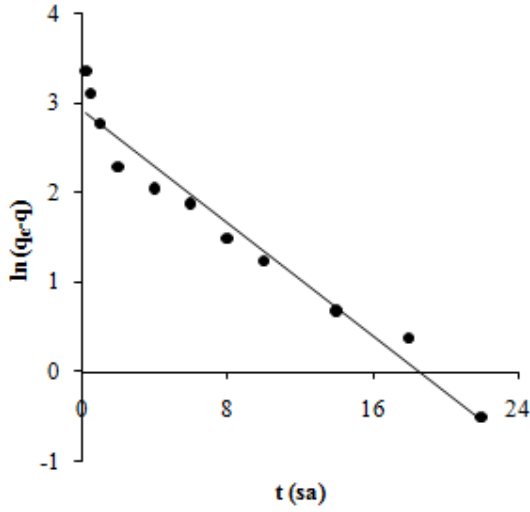
TFP'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon grafiği Şekil 4.141'de gösterildi ve grafiğin doğrusal kısmının eğiminden tanecik içi difüzyon katsayısı (k_d) 10,12 mg/g sa^{1/2} olarak hesaplandı.



Şekil 4.141: TFP'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon grafiği ($R^2=0,999$)

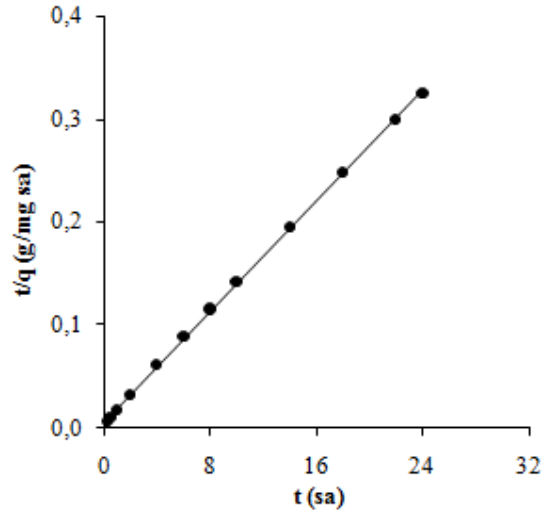
4.4.2.3 TM

TM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Eşitlik 2.8'e göre çizilen Lagergren 1. derece hız grafiği Şekil 4.142'de gösterildi. Grafiğin eğim ve kesmesinden hesaplanan hız sabiti (k_1) ve adsorpsiyon kapasitesi (q_1) değerleri Tablo 4.34'te verildi.



Şekil 4.142: TM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Lagergren 1. derece grafiği

TM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Eşitlik 2.9'a göre çizilen Yalancı 2. derece hız grafiği Şekil 4.143'te gösterildi. Grafiğin eğim ve kesmesinden hesaplanan adsorpsiyon kapasitesi (q_2) ve hız sabiti (k_2) değerleri Tablo 4.34'te verildi.

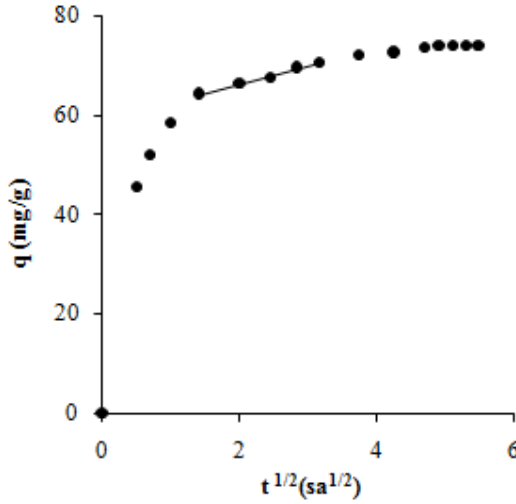


Şekil 4.143: TM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Yalancı 2. derece grafiği

Tablo 4.34: TM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait kinetik değerler

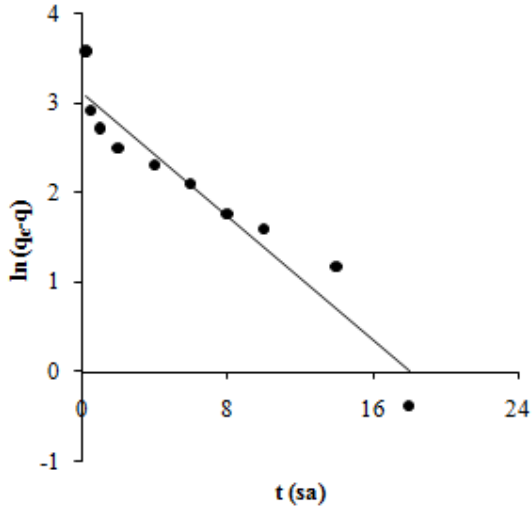
Lagergren 1. derece			Yalancı 2. derece		
k_1 (1/sa)	q_1 (mg/g)	R^2	k_2 (g/mg sa)	q_2 (mg/g)	R^2
0,1568	18,50	0,959	0,0352	74,46	1,000

TM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon grafiği Şekil 4.144'te gösterildi ve grafiğin doğrusal kısmının eğiminden tanecik içi difüzyon katsayısı (k_d) 3,69 mg/g sa^{1/2} olarak hesaplandı.

Şekil 4.144: TM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon grafiği ($R^2=0,991$)

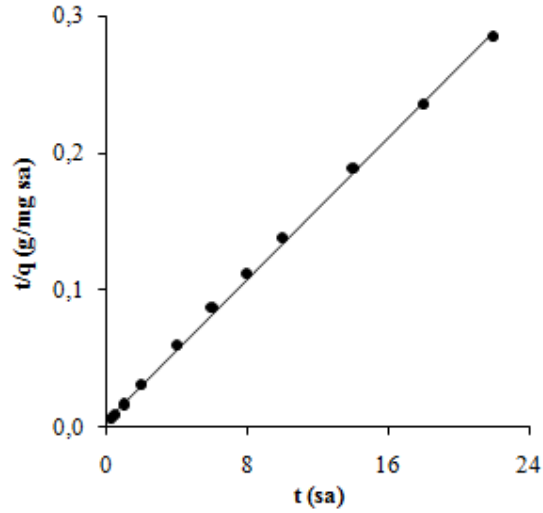
4.4.2.4 KM

KM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Eşitlik 2.8'e göre çizilen Lagergren 1. derece hız grafiği Şekil 4.145'te gösterildi. Grafiğin eğim ve kesmesinden hesaplanan hız sabiti (k_1) ve adsorpsiyon kapasitesi (q_1) değerleri Tablo 4.35'te verildi.



Şekil 4.145: KM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Lagergren 1. derece grafiği

KM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Eşitlik 2.9'a göre çizilen Yalancı 2. derece hız grafiği Şekil 4.146'da gösterildi. Grafiğin eğim ve kesmesinden hesaplanan adsorpsiyon kapasitesi (q_2) ve hız sabiti (k_2) değerleri Tablo 4.35'te verildi.

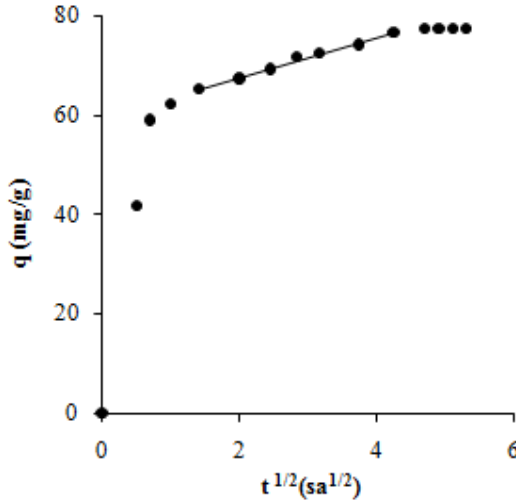


Şekil 4.146: KM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Yalancı 2. derece grafiği

Tablo 4.35: KM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait kinetik değerler

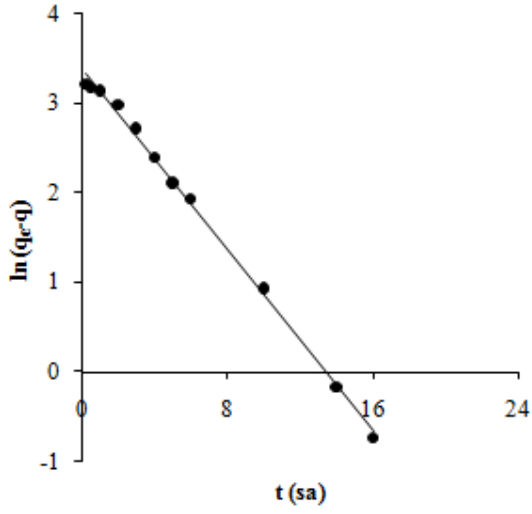
Lagergren 1. derece			Yalancı 2. derece		
k_1 (1/sa)	q_1 (mg/g)	R^2	k_2 (g/mg sa)	q_2 (mg/g)	R^2
0,1724	22,66	0,923	0,0291	77,70	0,999

KM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon grafiği Şekil 4.147'de gösterildi ve grafiğin doğrusal kısmının eğiminden tanecik içi difüzyon katsayısı (k_d) 4,03 mg/g sa^{1/2} olarak hesaplandı.

Şekil 4.147: KM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon grafiği ($R^2=0,991$)

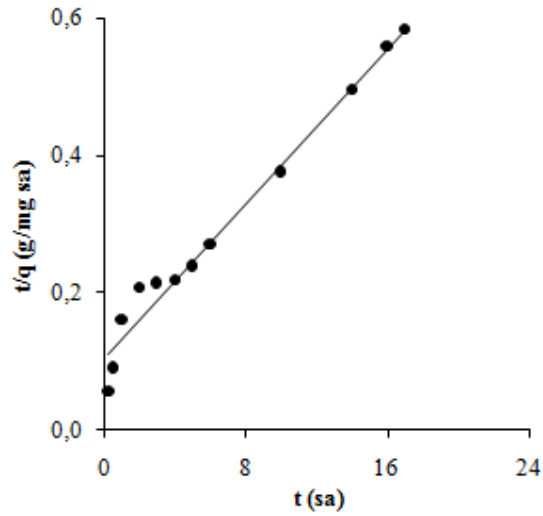
4.4.2.5 IBU

IBU'nun BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Eşitlik 2.8'e göre çizilen Lagergren 1. derece hız grafiği Şekil 4.148'de gösterildi. Grafiğin eğim ve kesmesinden hesaplanan hız sabiti (k_1) ve adsorpsiyon kapasitesi (q_1) değerleri Tablo 4.36'da verildi.



Şekil 4.148: IBU'nun BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Lagergren 1. derece grafiği

IBU'nun BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Eşitlik 2.9'a göre çizilen Yalancı 2. derece hız grafiği Şekil 4.149'da gösterildi. Grafiğin eğim ve kesmesinden hesaplanan adsorpsiyon kapasitesi (q_2) ve hız sabiti (k_2) değerleri Tablo 4.36'da verildi.

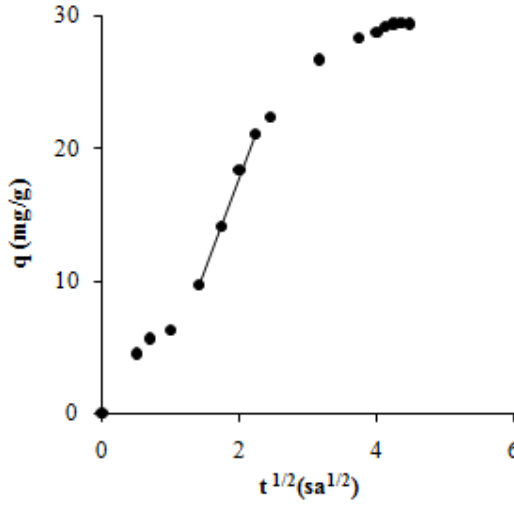


Şekil 4.149: IBU'nun BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Yalancı 2. derece grafiği

Tablo 4.36: IBU'nun BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait kinetik değerler

Lagergren 1. derece			Yalancı 2. derece		
k_1 (1/sa)	q_1 (mg/g)	R^2	k_2 (g/mg sa)	q_2 (mg/g)	R^2
0,2534	29,58	0,997	0,0077	35,40	0,978

IBU'nun BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon grafiği Şekil 4.150'de gösterildi ve grafiğin doğrusal kısmının eğiminden tanecik içi difüzyon katsayısı (k_d) 13,98 mg/g sa^{1/2} olarak hesaplandı.



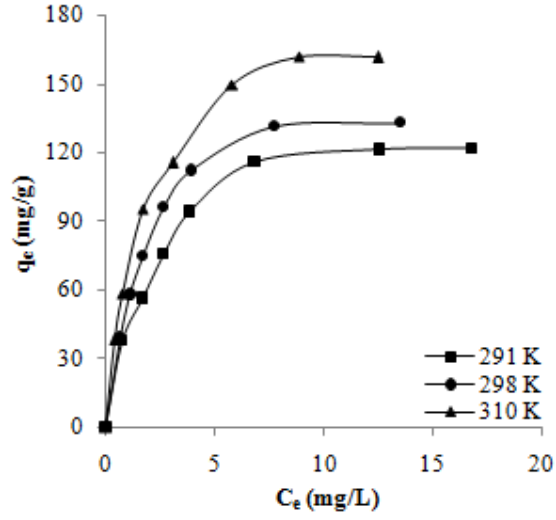
Şekil 4.150: IBU'nun BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanecik içi difüzyon grafiği ($R^2=0,997$)

4.4.3 Adsorpsiyon İzotermi

İlaç etken maddelerinin BNT üzerindeki adsorpsiyonu 10-100 mg/L derişim aralığında 291, 298 ve 310 K'de çalışıldı ve elde edilen veriler Giles, Langmuir ve Freundlich izotermi kullanılarak modellendi.

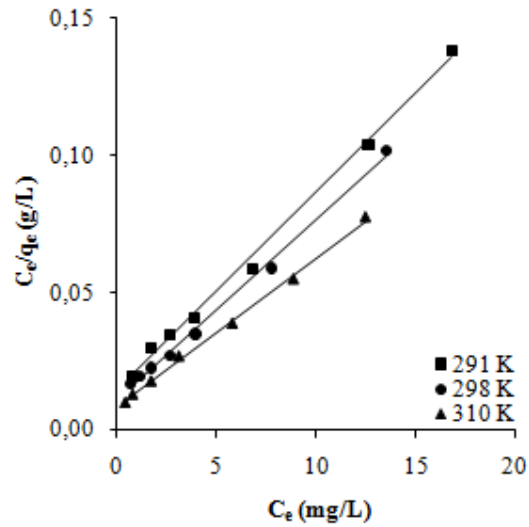
4.4.3.1 PM

PM'nin BNT'ye olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermi çizildi (Şekil 4.151). q_e ile C_e arasında çizilen grafikler Giles sınıflandırmasına göre L tipine uymaktadır.



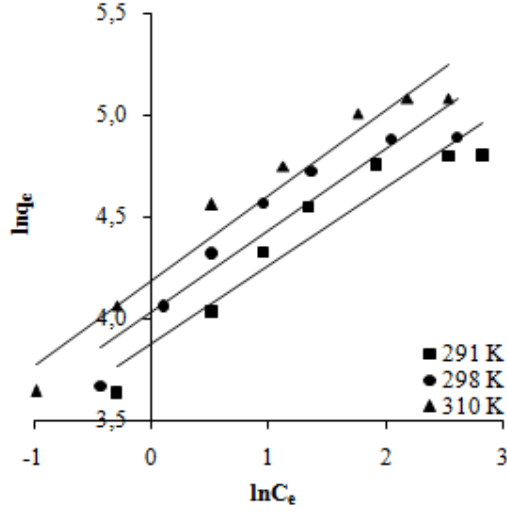
Şekil 4.151: PM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izotermlerinin (Şekil 4.152) eğim ve kesmelerinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.37'de verildi.



Şekil 4.152: PM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izotermelerinin (Şekil 4.153) eğim ve kesmelerinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.37'de verildi.



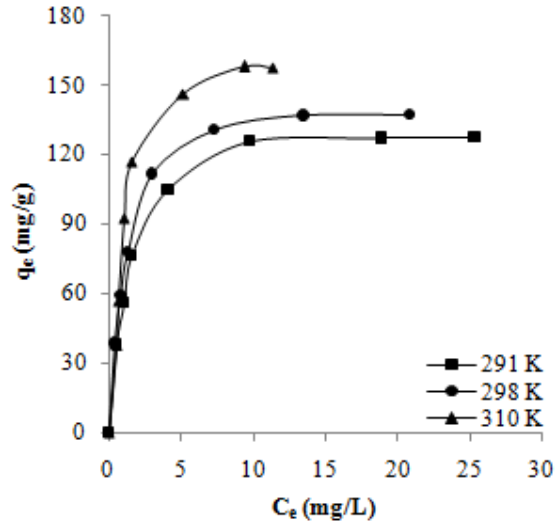
Şekil 4.153: PM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermeleri

Tablo 4.37: PM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

T (K)	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi		
	Q (mg/g)	b (L/g)	R ²	n	k	R ²
291	138,70	0,50	0,996	0,38	48,08	0,920
298	151,98	0,61	0,996	0,41	56,05	0,902
310	184,16	0,65	0,998	0,42	66,02	0,956

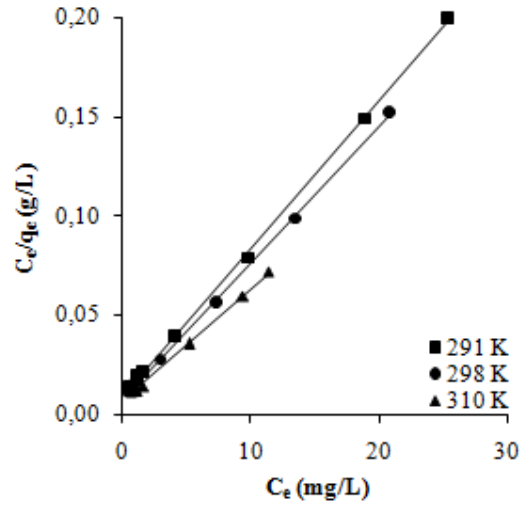
4.4.3.2 TFP

TFP'nin BNT'ye olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermeleri çizildi (Şekil 4.154). q_e ile C_e arasında çizilen grafikler Giles sınıflandırmasına göre L tipine uymaktadır.



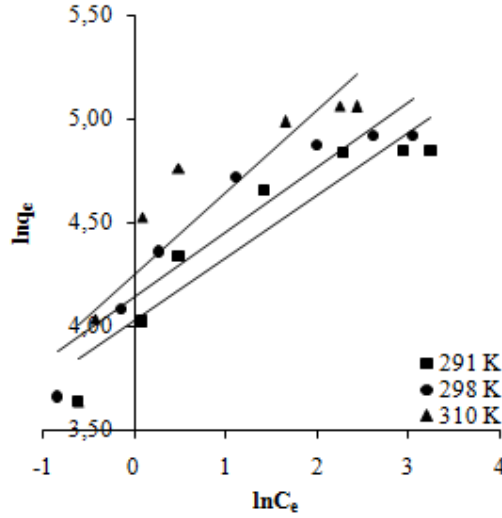
Şekil 4.154: TFP'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izotermi (Şekil 4.155) eğim ve kesmelerinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.38'de verildi.



Şekil 4.155: TFP'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izotermelerinin (Şekil 4.156) eğim ve kesmelerinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.38'de verildi.



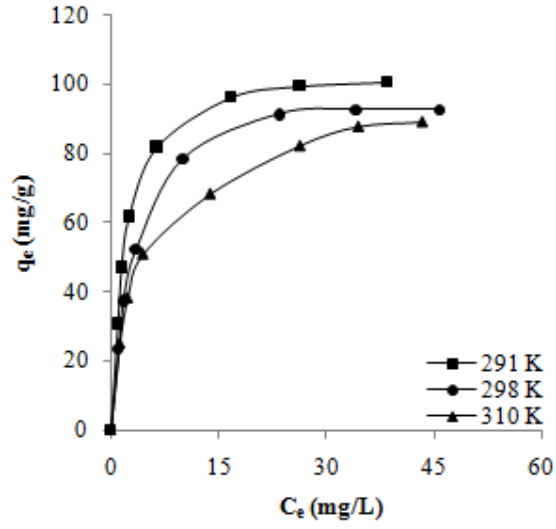
Şekil 4.156: TFP'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermeleri

Tablo 4.38: TFP'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

T (K)	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi		
	Q (mg/g)	b (L/g)	R ²	n	k	R ²
291	134,77	0,80	0,999	0,30	56,18	0,888
298	145,56	0,94	0,999	0,32	62,88	0,888
310	178,57	0,77	0,993	0,40	70,06	0,817

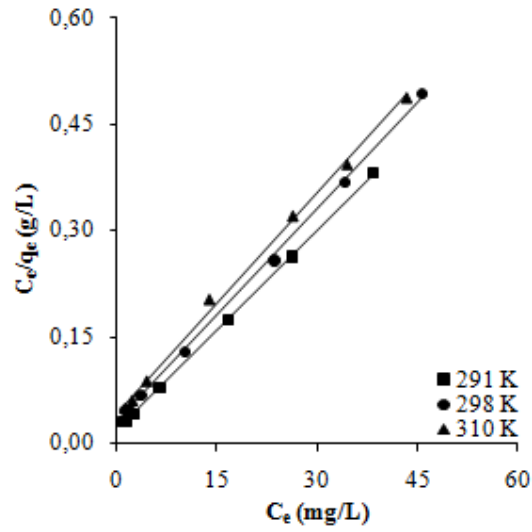
4.4.3.3 TM

TM'nin BNT'ye olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermeleri çizildi (Şekil 4.157). q_e ile C_e arasında çizilen grafikler Giles sınıflandırmasına göre L tipine uymaktadır.



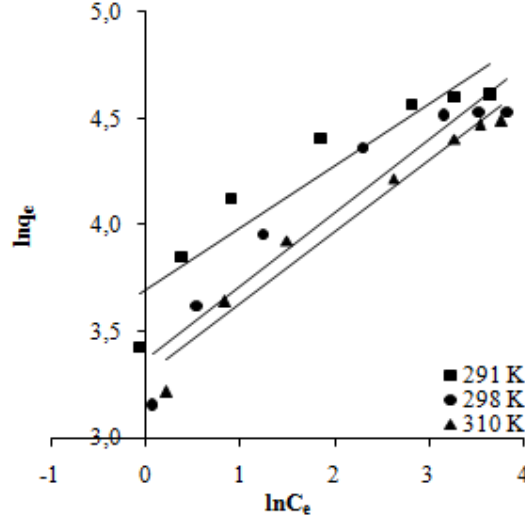
Şekil 4.157: TM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izotermi (Şekil 4.158) eğim ve kesimlerinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.39'da verildi.



Şekil 4.158: TM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izotermelerinin (Şekil 4.159) eğim ve kesmelerinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.39'da verildi.



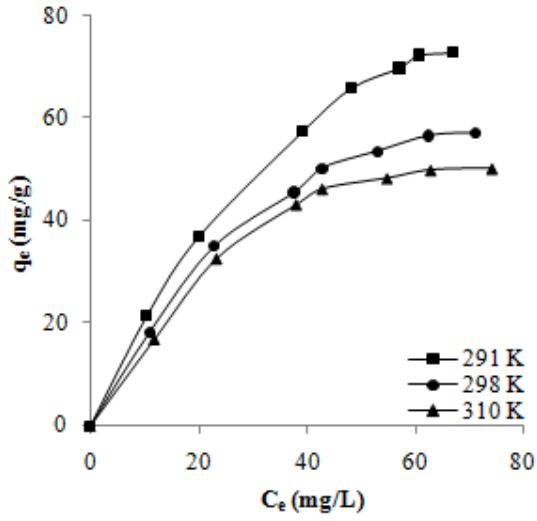
Şekil 4.159: TM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermeleri

Tablo 4.39: TM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

T (K)	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi		
	Q (mg/g)	b (L/g)	R ²	n	k	R ²
291	106,27	0,52	1,000	0,29	40,16	0,880
298	100,00	0,34	0,999	0,34	29,19	0,911
310	96,71	0,24	0,998	0,34	26,90	0,963

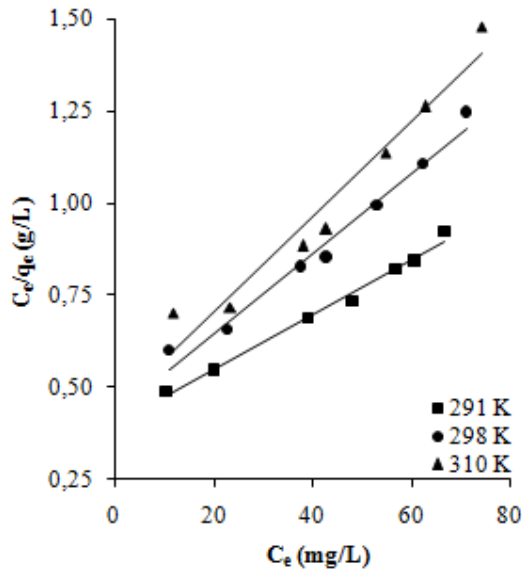
4.4.3.4 KM

KM'nin BNT'ye olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermeleri çizildi (Şekil 4.160). q_e ile C_e arasında çizilen grafikler Giles sınıflandırmasına göre L tipine uymaktadır.



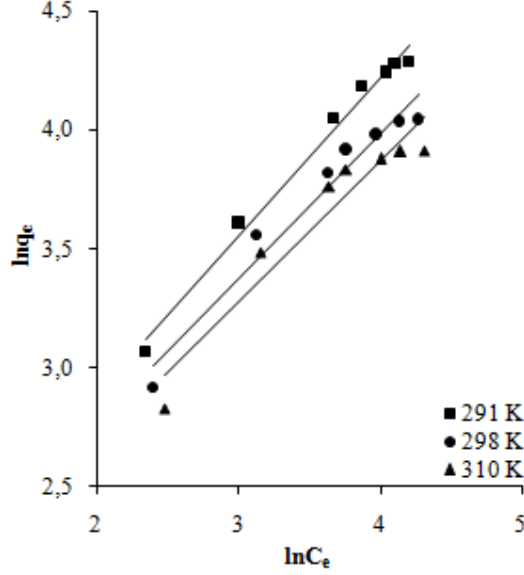
Şekil 4.160: KM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izotermine (Şekil 4.161) eğim ve kesmelerinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.40'ta verildi.



Şekil 4.161: KM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izotermelerinin (Şekil 4.162) eğim ve kesmelerinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.40'ta verildi.



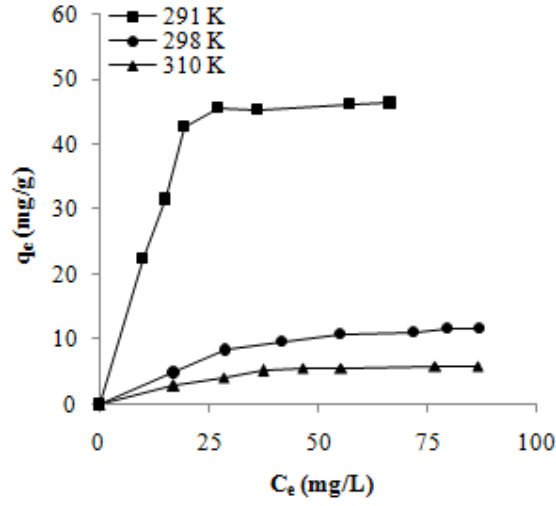
Şekil 4.162: KM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermeleri

Tablo 4.40: KM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

T (K)	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi		
	Q (mg/g)	b (L/g)	R ²	n	k	R ²
291	134,23	0,02	0,991	0,67	4,75	0,988
298	92,08	0,03	0,978	0,61	4,70	0,959
310	77,58	0,03	0,950	0,59	4,49	0,919

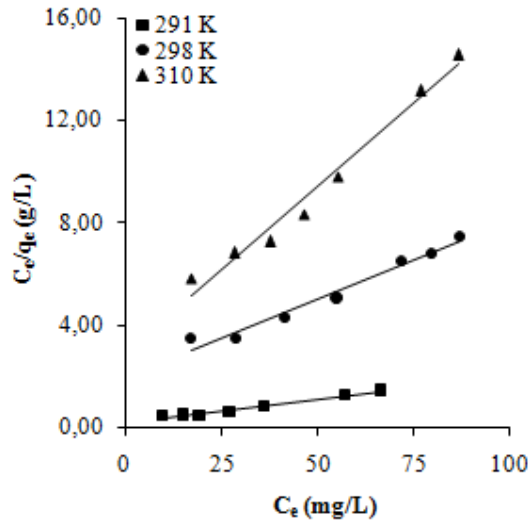
4.4.3.5 IBU

IBU'nun BNT'ye olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermeleri çizildi (Şekil 4.163). q_e ile C_e arasında çizilen grafikler Giles sınıflandırmasına göre L tipine uymaktadır.



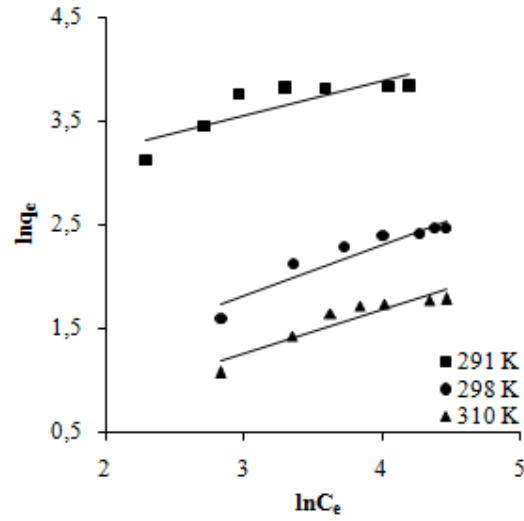
Şekil 4.163: IBU'nun BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izotermi (Şekil 4.164) eğim ve kesmelerinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.41'de verildi.



Şekil 4.164: IBU'nun BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izotermi (Şekil 4.165) eğim ve kesmelerinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.41'de verildi.



Şekil 4.165: IBU'nun BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi

Tablo 4.41: IBU'nun BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

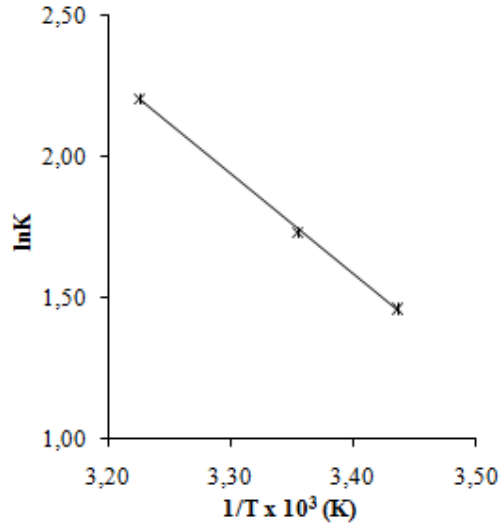
T (K)	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi		
	Q (mg/g)	b (L/g)	R ²	n	k	R ²
291	53,76	0,11	0,977	0,33	12,92	0,704
298	16,41	0,03	0,971	0,49	1,41	0,894
310	7,69	0,04	0,977	0,42	0,98	0,867

4.4.4 Adsorpsiyon Termodinamiği

İlaç etken maddelerinin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına sıcaklığın etkisi 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 291, 298 ve 310 K sıcaklıklarda yapılan deneylerden elde edilen veriler kullanılarak incelendi.

4.4.4.1 PM

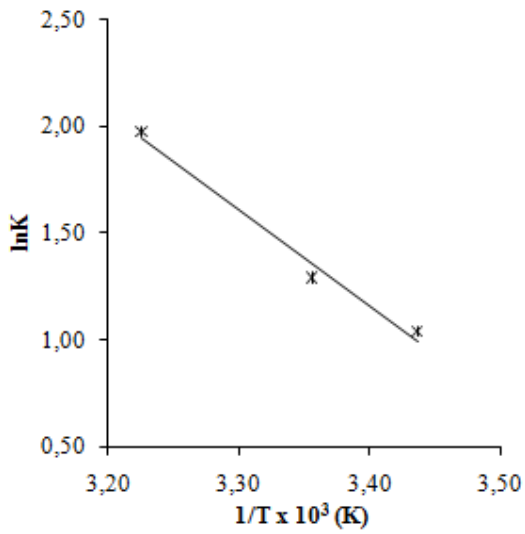
PM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna sıcaklığın etkisi Van't Hoff eşitliği (Eşitlik 2.12) kullanılarak incelendi. $\ln K$ ile $1/T$ arasında çizilen grafik Şekil 4.166'da gösterildi. Elde edilen doğrunun eğim ile kesmesinden sırasıyla ΔH^0 , ΔS^0 değerleri hesaplandı ve bulunan değerler Tablo 4.42'de gösterildi.



Şekil 4.166: PM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Van't Hoff grafiği

4.4.4.2 TFP

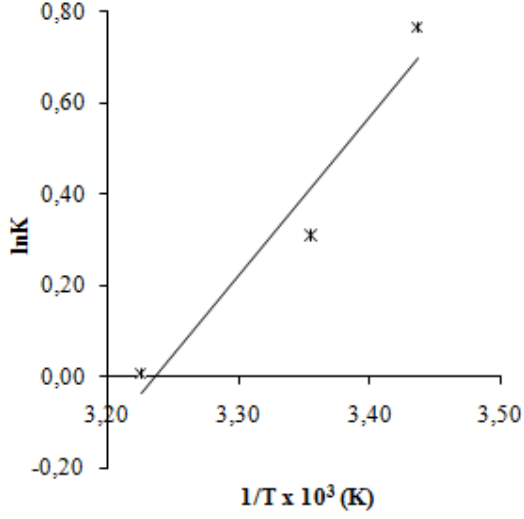
TFP'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna sıcaklığın etkisi Van't Hoff eşitliği (Eşitlik 2.12) kullanılarak incelendi. $\ln K$ ile $1/T$ arasında çizilen grafik Şekil 4.167'de gösterildi. Elde edilen doğrunun eğim ile kesmesinden sırasıyla ΔH^0 , ΔS^0 değerleri hesaplandı ve bulunan değerler Tablo 4.42'de gösterildi.



Şekil 4.167: TFP'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Van't Hoff grafiği

4.4.4.3 TM

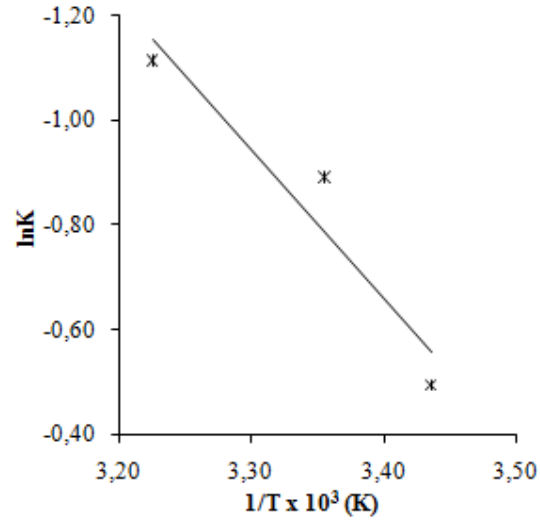
TM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna sıcaklığın etkisi Van't Hoff eşitliği (Eşitlik 2.12) kullanılarak incelendi. $\ln K$ ile $1/T$ arasında çizilen grafik Şekil 4.168'de gösterildi. Elde edilen doğrunun eğim ile kesmesinden sırasıyla ΔH^0 , ΔS^0 değerleri hesaplandı ve bulunan değerler Tablo 4.42'de gösterildi.



Şekil 4.168: TM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Van't Hoff grafiği

4.4.4.4 KM

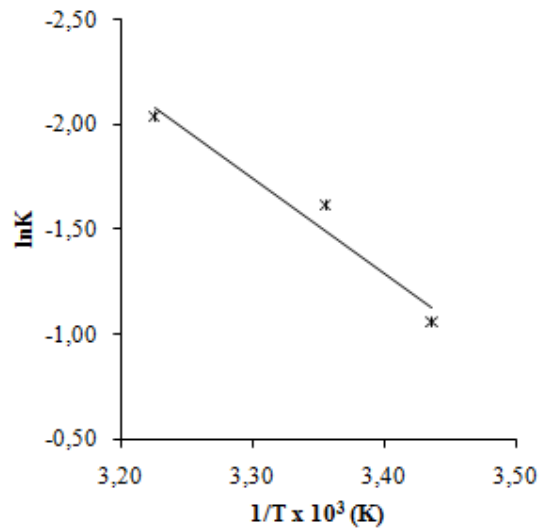
KM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna sıcaklığın etkisi Van't Hoff eşitliği (Eşitlik 2.12) kullanılarak incelendi. $\ln K$ ile $1/T$ arasında çizilen grafik Şekil 4.169'da gösterildi. Elde edilen doğrunun eğim ile kesmesinden sırasıyla ΔH^0 , ΔS^0 değerleri hesaplandı ve bulunan değerler Tablo 4.42'de gösterildi.



Şekil 4.169: KM'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Van't Hoff grafiği

4.4.4.5 IBU

IBU'nun BNT üzerindeki adsorpsiyonuna sıcaklığın etkisi Van't Hoff eşitliği (Eşitlik 2.12) kullanılarak incelendi. $\ln K$ ile $1/T$ arasında çizilen grafik Şekil 4.170'te gösterildi. Elde edilen doğrunun eğim ile kesmesinden sırasıyla ΔH^0 , ΔS^0 değerleri hesaplandı ve bulunan değerler Tablo 4.42'de gösterildi.



Şekil 4.170: IBU'nun BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Van't Hoff grafiği

Tablo 4.42: İlaç etken maddelerinin BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait termodinamik değerler

	ΔH^0 (kJ/mol)	ΔS^0 (kJ/mol K)
PM	29,34	0,113
TFP	37,52	0,137
TM	-28,96	-0,094
KM	-23,52	-0,085
IBU	-37,75	-0,139

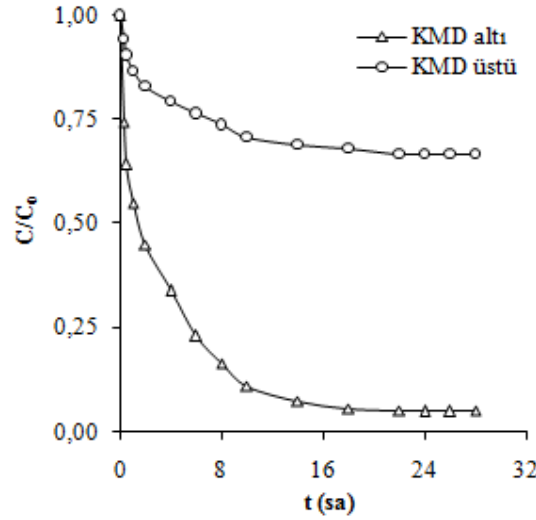
4.5 İLAÇ ETKEN MADDELERİNİN SDS VARLIĞINDA BNT ÜZERİNDEKİ ADSORPSİYONLARI

4.5.1 SDS Varlığında Derişimin Zamanla Değişimi

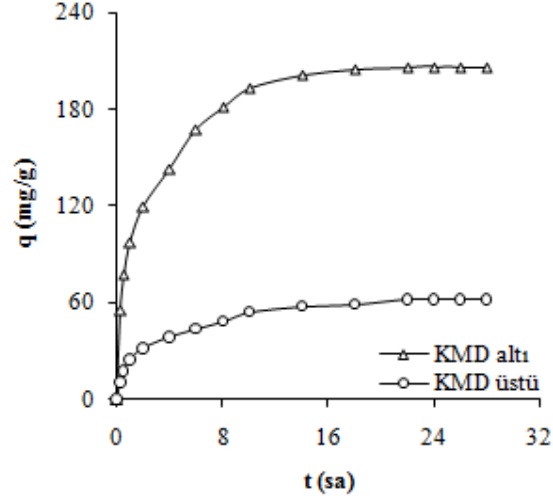
İlaç etken maddeleri için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de, KMD altı (1,2 g/L) ve KMD üstündeki (3 g/L) derişimlerde SDS varlığında derişimin zamanla değişimi izlendi ve denge süreleri bulundu.

4.5.1.1 PM

PM için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de, KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında elde edilen derişimin ve adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi sırasıyla Şekil 4.171 ve Şekil 4.172'de gösterildi. Şekillerden de görüldüğü gibi denge süreleri 22 sa olarak tespit edildi.



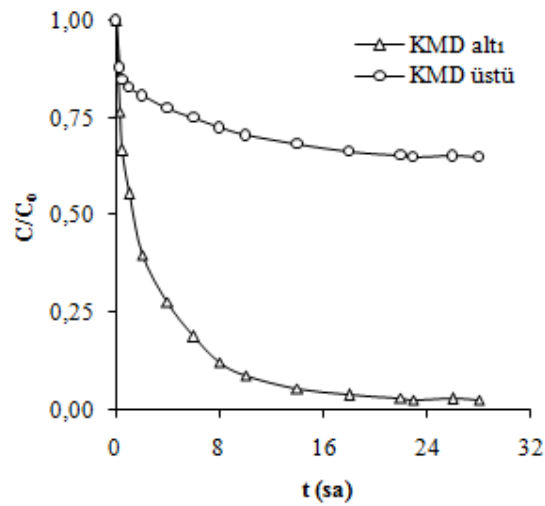
Şekil 4.171: PM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi



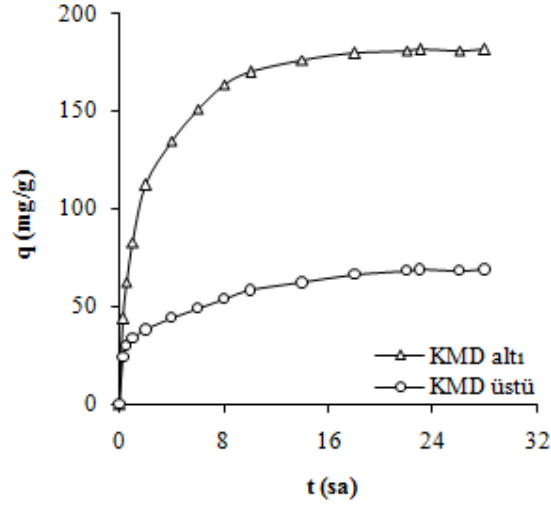
Şekil 4.172: PM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi

4.5.1.2 TFP

TFP için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de, KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında elde edilen derişimin ve adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi sırasıyla Şekil 4.173 ve Şekil 4.174'te gösterildi. Şekillerden de görüldüğü gibi denge süreleri 23 sa olarak tespit edildi.



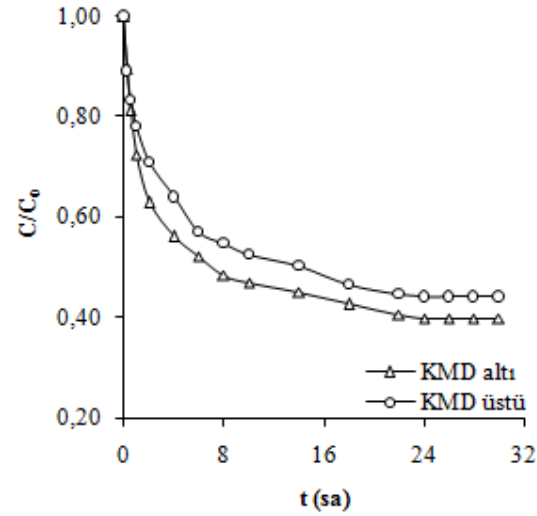
Şekil 4.173: TFP'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi



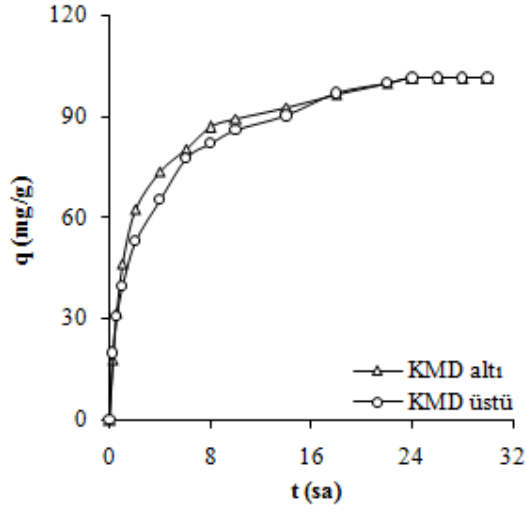
Şekil 4.174: TFP'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi

4.5.1.3 TM

TM için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de, KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında elde edilen derişimin ve adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi sırasıyla Şekil 4.175 ve Şekil 4.176'da gösterildi. Şekillerden de görüldüğü gibi denge süreleri 24 sa olarak tespit edildi.



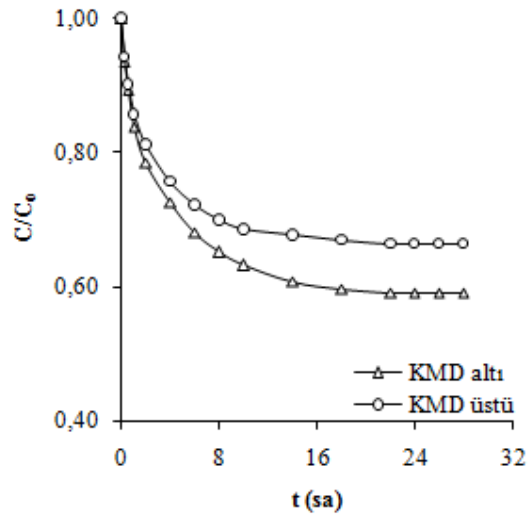
Şekil 4.175: TM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi



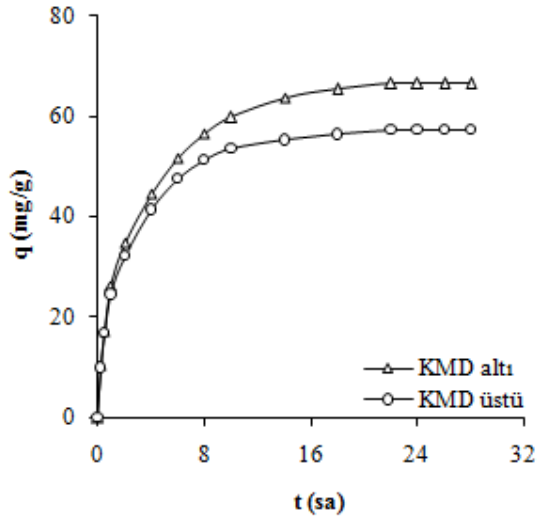
Şekil 4.176: TM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi

4.5.1.4 KM

KM için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de, KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında elde edilen derişimin ve adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi sırasıyla Şekil 4.177 ve Şekil 4.178'de gösterildi. Şekillerden de görüldüğü gibi denge süreleri 22 sa olarak tespit edildi.



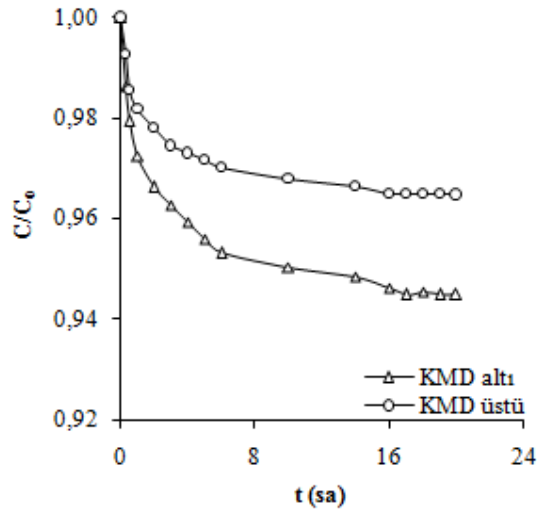
Şekil 4.177: KM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi



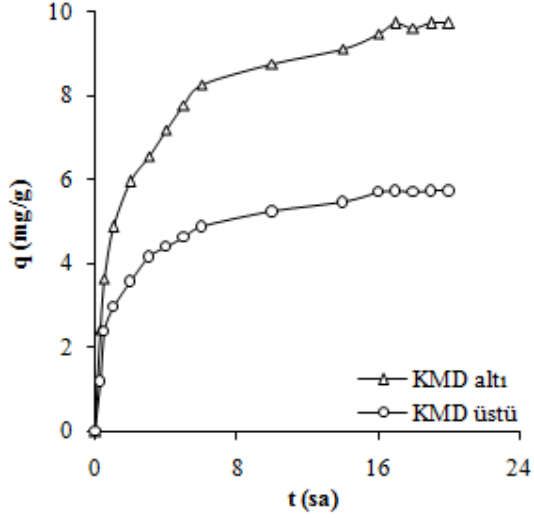
Şekil 4.178: KM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi

4.5.1.5 IBU

IBU için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de, KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında elde edilen derişimin ve adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi sırasıyla Şekil 4.179 ve Şekil 4.180'de gösterildi. Şekillerden de görüldüğü gibi denge süreleri 17 sa olarak tespit edildi.



Şekil 4.179: IBU'nun KMD altı ve KMD üstü derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi



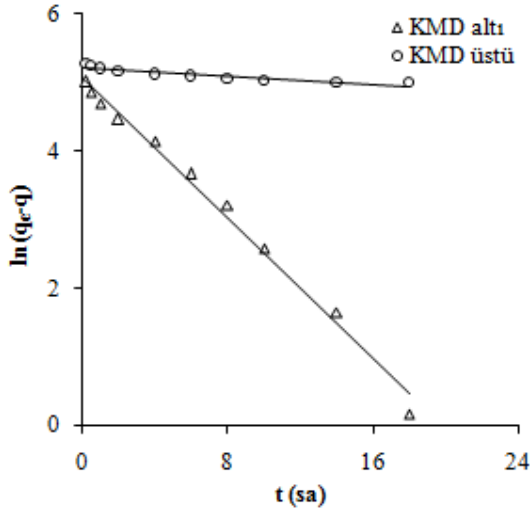
Şekil 4.180: IBU'nun SDS varlığında KMD altı ve KMD üstü derişimlerde BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi

4.5.2 Adsorpsiyon Kinetiği

Derişimin zamanla değişimi verileri Lagergren 1. derece ve Yalancı 2. derece eşitlikleri kullanılarak modellendi. Ayrıca adsorpsiyon mekanizmasının aydınlatılması amacıyla tanecik içi difüzyon grafikleri çizildi.

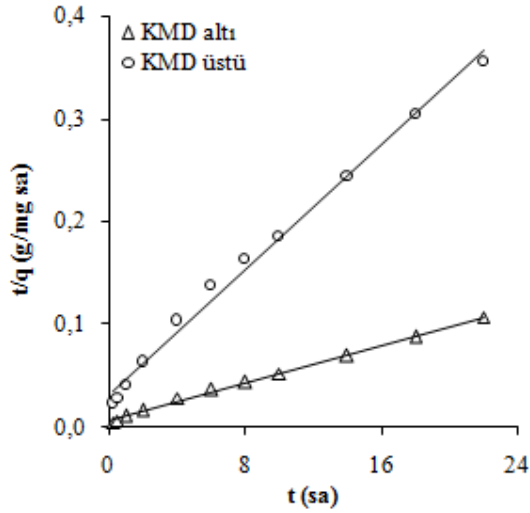
4.5.2.1 PM

PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.8'e göre çizilen Lagergren 1. derece hız grafikleri Şekil 4.181'de gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan hız sabiti (k_1) ve adsorpsiyon kapasitesi (q_1) değerleri Tablo 4.43'te verildi.



Şekil 4.181: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri

PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.9'a göre çizilen Yalancı 2. derece hız grafikleri Şekil 4.182'de gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan adsorpsiyon kapasitesi (q_2) ve hız sabiti (k_2) değerleri Tablo 4.43'te verildi.

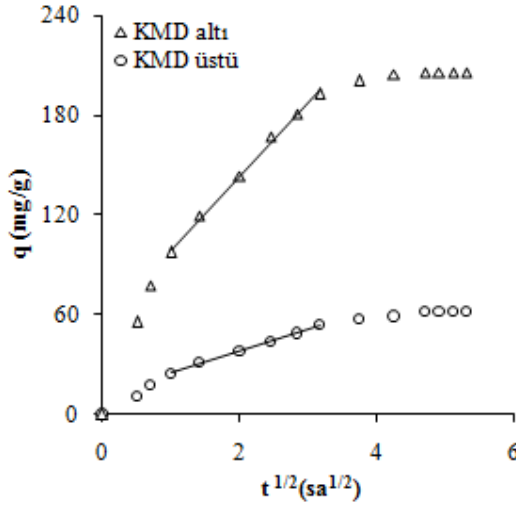


Şekil 4.182: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri

Tablo 4.43: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler

	Lagergren 1. derece			Yalancı 2. derece		
	k_1 (1/sa)	q_1 (mg/g)	R^2	k_2 (g/mg sa) $\times 10^2$	q_2 (mg/g)	R^2
KMD-altı	0,2568	160,76	0,991	0,3330	218,34	0,997
KMD-üstü	0,0153	183,77	0,861	0,7237	65,88	0,993

PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri Şekil 4.183'te gösterildi ve grafiklerin doğrusal kısımlarının eğimlerinden tanecik içi difüzyon katsayıları (k_d) 44,33 (KMD altı) ile 13,12 (KMD üstü) olarak hesaplandı.

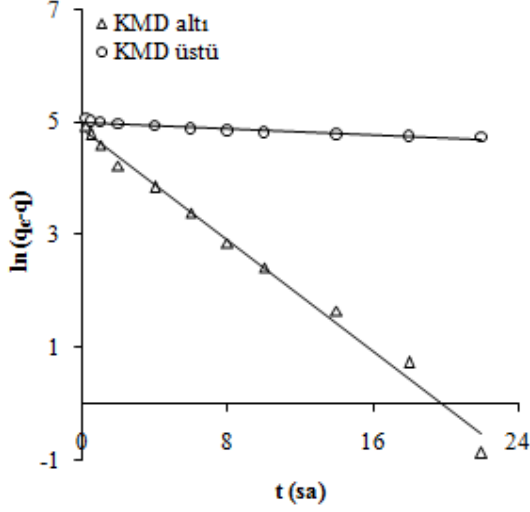


Şekil 4.183: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri (KMD altı için $R^2=0,996$, KMD üstü için $R^2=0,996$)

4.5.2.2 TFP

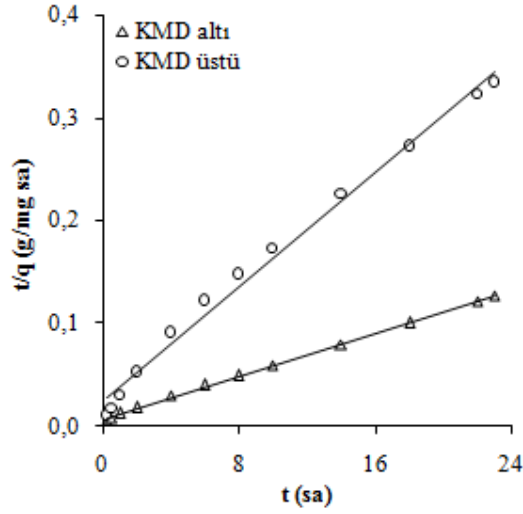
TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.8'e göre çizilen Lagergren 1. derece hız grafikleri Şekil

4.184'te gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan hız sabiti (k_1) ve adsorpsiyon kapasitesi (q_1) değerleri Tablo 4.44'te verildi.



Şekil 4.184: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri

TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.9'a göre çizilen Yalancı 2. derece hız grafikleri Şekil 4.185'te gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan adsorpsiyon kapasitesi (q_2) ve hız sabiti (k_2) değerleri Tablo 4.44'te verildi.

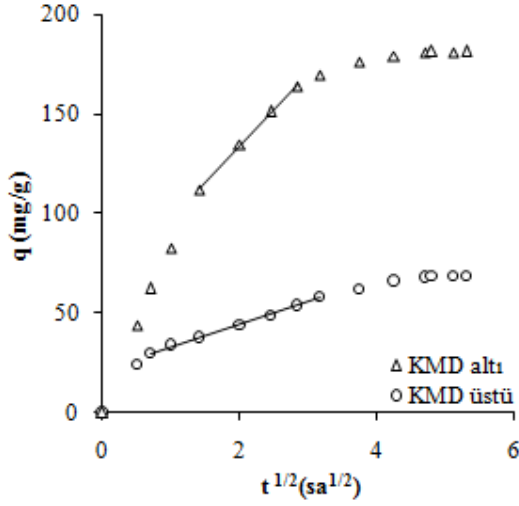


Şekil 4.185: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri

Tablo 4.44: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler

	Lagergren 1. derece			Yalancı 2. derece		
	k_1 (1/sa)	q_1 (mg/g)	R^2	k_2 (g/mg sa) $\times 10^2$	q_2 (mg/g)	R^2
KMD-altı	0,2468	132,23	0,992	0,4089	191,20	0,999
KMD-üstü	0,0145	148,57	0,910	0,8255	71,74	0,991

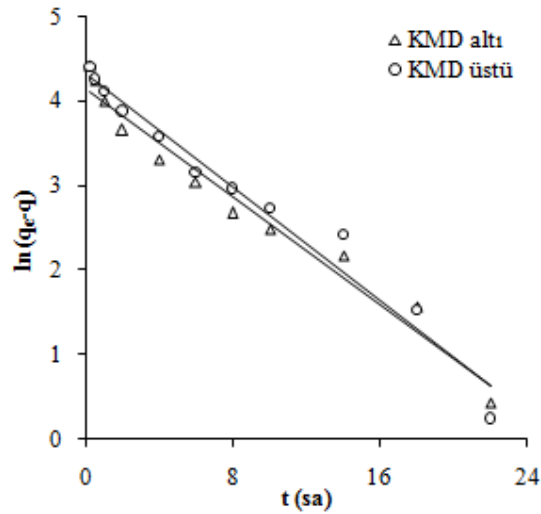
TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri Şekil 4.186'da gösterildi ve grafiklerin doğrusal kısımlarının eğimlerinden tanecik içi difüzyon katsayıları (k_d) 36,76 (KMD altı) ile 11,21 (KMD üstü) $\text{mg/g sa}^{1/2}$ olarak hesaplandı.



Şekil 4.186: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri (KMD altı için $R^2=0,998$, KMD üstü için $R^2=0,998$)

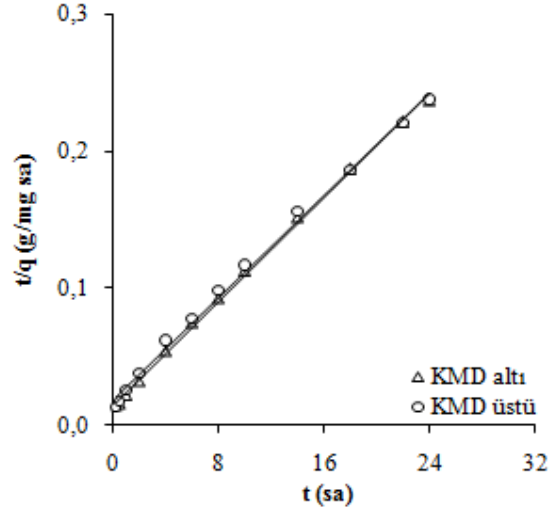
4.5.2.3 TM

TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.8'e göre çizilen Lagergren 1. derece hız grafikleri Şekil 4.187'de gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan hız sabiti (k_1) ve adsorpsiyon kapasitesi (q_1) değerleri Tablo 4.45'te verildi.



Şekil 4.187: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri

TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.9'a göre çizilen Yalancı 2. derece hız grafikleri Şekil 4.188'de gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan adsorpsiyon kapasitesi (q_2) ve hız sabiti (k_2) değerleri Tablo 4.45'te verildi.



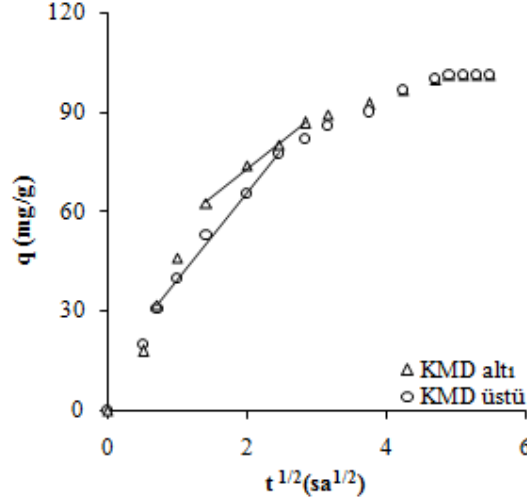
Şekil 4.188: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri

Tablo 4.45: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler

	Lagergren 1. derece			Yalancı 2. derece		
	k_1 (1/sa)	q_1 (mg/g)	R^2	k_2 (g/mg sa) $\times 10^2$	q_2 (mg/g)	R^2
KMD-altı	0,1601	64,11	0,969	0,6211	105,49	0,999
KMD-üstü	0,1677	76,19	0,972	0,4803	106,95	0,996

TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri Şekil 4.189'da gösterildi ve

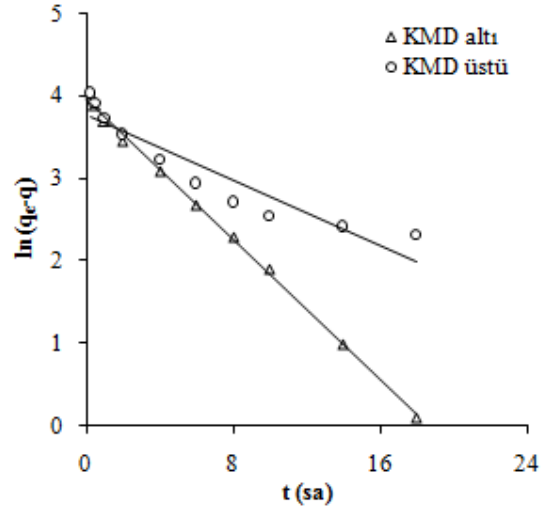
grafiklerin doğrusal kısımlarının eğimlerinden tanecik içi difüzyon katsayıları (k_d) 17,00 (KMD altı) ile 26,52 (KMD üstü) $\text{mg/g sa}^{1/2}$ olarak hesaplandı.



Şekil 4.189: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri (KMD altı için $R^2=0,996$, KMD üstü için $R^2=0,994$)

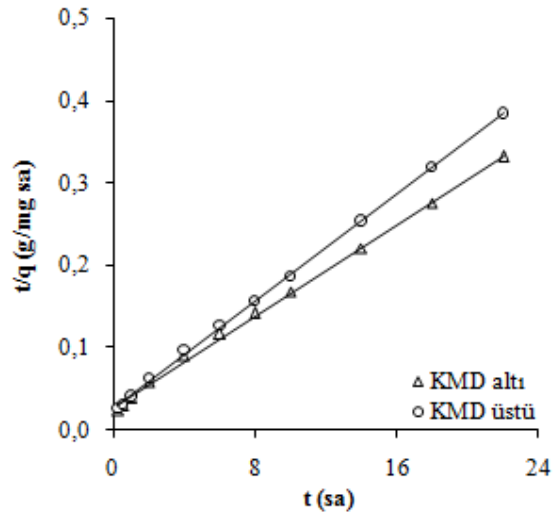
4.5.2.4 KM

KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.8'e göre çizilen Lagergren 1. derece hız grafikleri Şekil 4.190'da gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan hız sabiti (k_1) ve adsorpsiyon kapasitesi (q_1) değerleri Tablo 4.46'da verildi.



Şekil 4.190: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri

KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.9'a göre çizilen Yalancı 2. derece hız grafikleri Şekil 4.191'de gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan adsorpsiyon kapasitesi (q_2) ve hız sabiti (k_2) değerleri Tablo 4.46'da verildi.

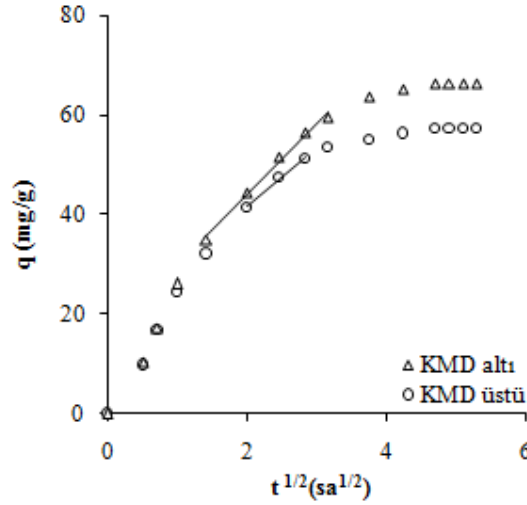


Şekil 4.191: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri

Tablo 4.46: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler

	1. derece			Yalancı 2. derece		
	k_1 (1/sa)	q_1 (mg/g)	R^2	k_2 (g/mg sa) $\times 10^2$	q_2 (mg/g)	R^2
KMD-altı	0,2128	53,01	0,997	0,7190	71,84	0,998
KMD-üstü	0,0985	43,10	0,883	1,0487	61,20	0,999

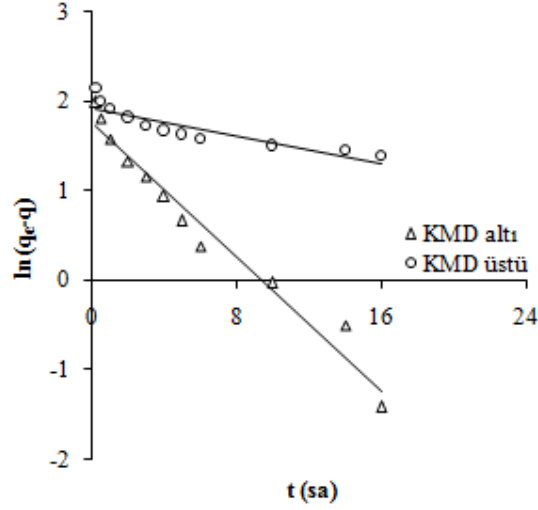
KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri Şekil 4.192'de gösterildi ve grafiklerin doğrusal kısımlarının eğimlerinden tanecik içi difüzyon katsayıları (k_d) 14,37 (KMD altı) ile 12,08 (KMD üstü) $\text{mg/g sa}^{1/2}$ olarak hesaplandı.



Şekil 4.192: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri (KMD altı için $R^2=0,991$, KMD üstü için $R^2=0,993$)

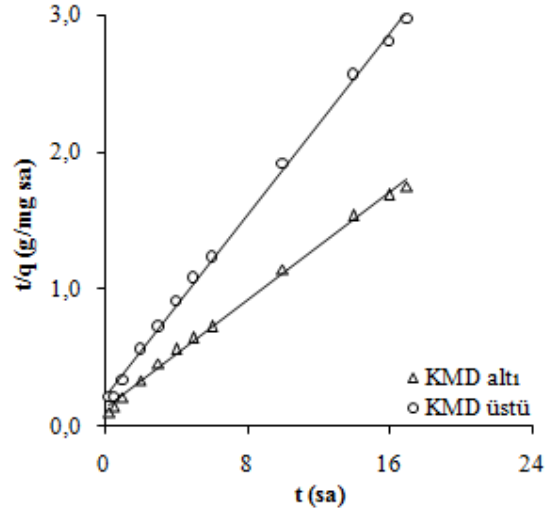
4.5.2.5 IBU

IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.8'e göre çizilen Lagergren 1. derece hız grafikleri Şekil 4.193'te gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan hız sabiti (k_1) ve adsorpsiyon kapasitesi (q_1) değerleri Tablo 4.47'de verildi.



Şekil 4.193: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece hız grafikleri

IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.9'a göre çizilen Yalancı 2. derece hız grafikleri Şekil 4.194'te gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan adsorpsiyon kapasitesi (q_2) ve hız sabiti (k_2) değerleri Tablo 4.47'de verildi.

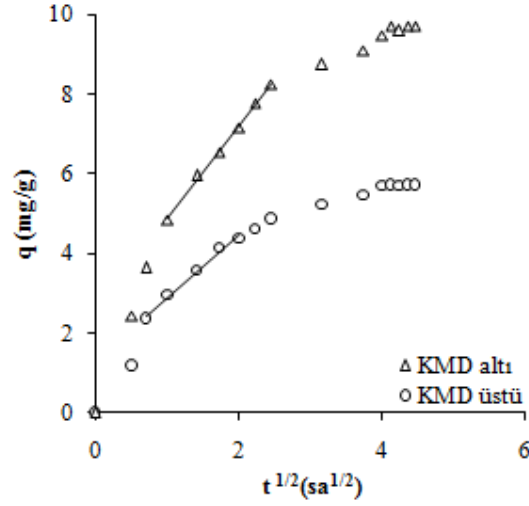


Şekil 4.194: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri

Tablo 4.47: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler

	1. derece			Yalancı 2. derece		
	k_1 (1/sa)	q_1 (mg/g)	R^2	k_2 (g/mg sa) $\times 10^2$	q_2 (mg/g)	R^2
KMD-altı	0,1879	5,88	0,966	7,6116	10,15	0,997
KMD-üstü	0,0386	6,86	0,792	13,2768	6,04	0,998

IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri Şekil 4.195'te gösterildi ve grafiklerin doğrusal kısımlarının eğimlerinden tanecik içi difüzyon katsayıları (k_d) 2,31 (KMD altı) ile 1,58 (KMD üstü) mg/g sa^{1/2} olarak hesaplandı.



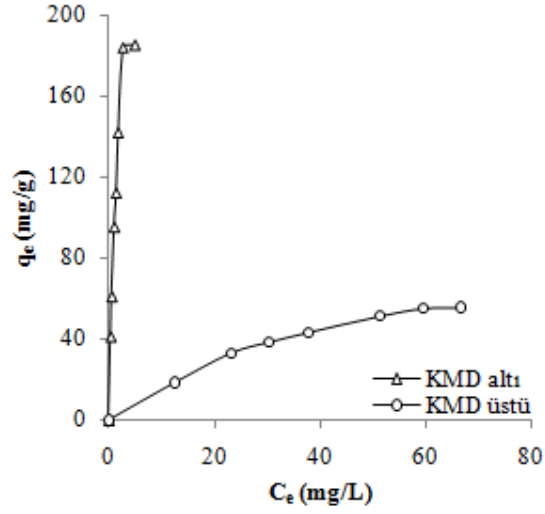
Şekil 4.195: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri (KMD altı için $R^2=0,998$, KMD üstü için $R^2=0,990$)

4.5.3 SDS Varlığında Adsorpsiyon İzotermi

İlaç etken maddelerinin BNT üzerindeki adsorpsiyonu 10-100 mg/L derişim aralığında 298 K'de; KMD altı (1,2 g/L) ve KMD üstündeki (3 g/L) derişimlerde SDS varlığında çalışıldı ve elde edilen veriler Giles, Langmuir ve Freundlich izotermi kullanılarak modellendi.

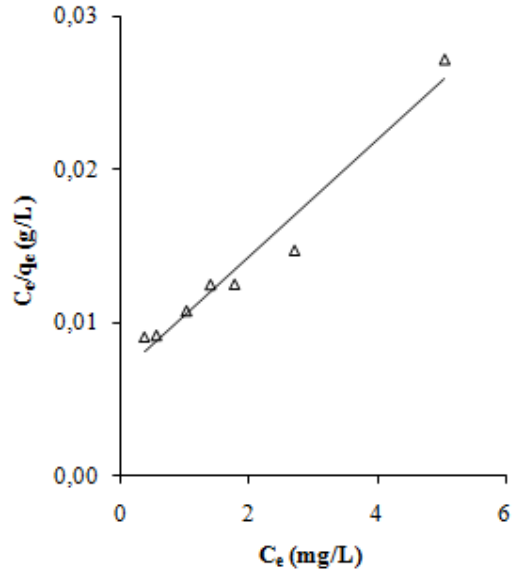
4.5.3.1 PM

PM'nin, KMD altı ve üstündeki derişimlerde SDS bulunan ortamda BNT'ye olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermi çizildi (Şekil 4.196). q_e ile C_e arasında çizilen grafikler Giles sınıflandırmasına göre L tipine uymaktadır.

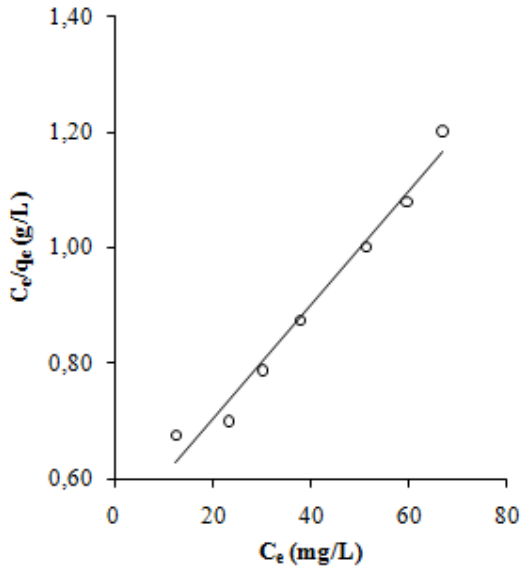


Şekil 4.196: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izotermi (Şekil 4.197) eğim ve kesmelerinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.48'de verildi.



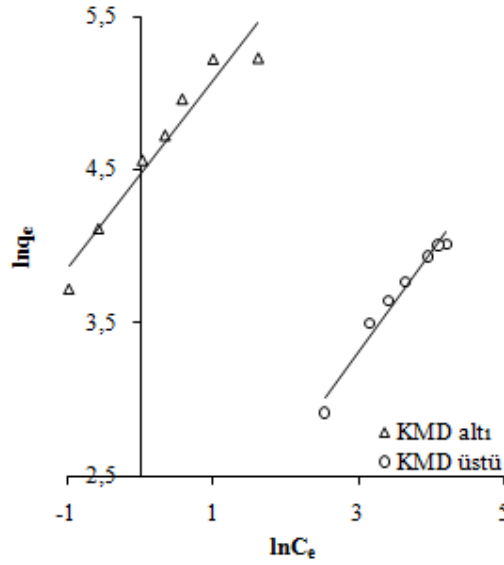
(a)



(b)

Şekil 4.197: PM'nin KMD altı (a) ve KMD üstündeki (b) derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermeleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izotermelerinin (Şekil 4.198) eğim ve kesmelerinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.48'de verildi.



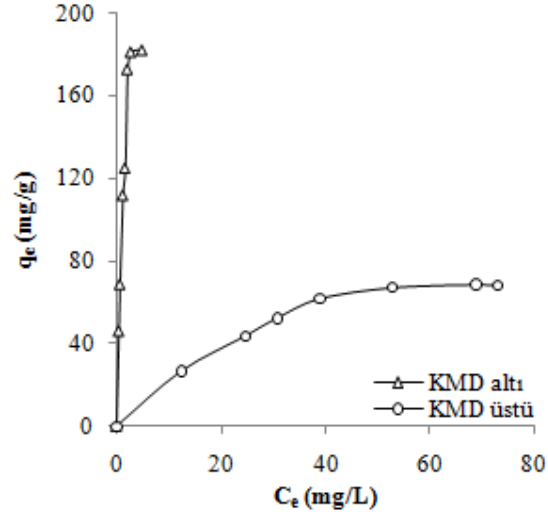
Şekil 4.198: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermeleri

Tablo 4.48: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

SDS	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi		
	Q (mg/g)	b (L/g)	R ²	n	k	R ²
KMD altı	261,78	0,57	0,962	0,61	87,53	0,936
KMD üstü	101,01	0,02	0,977	0,65	3,96	0,968

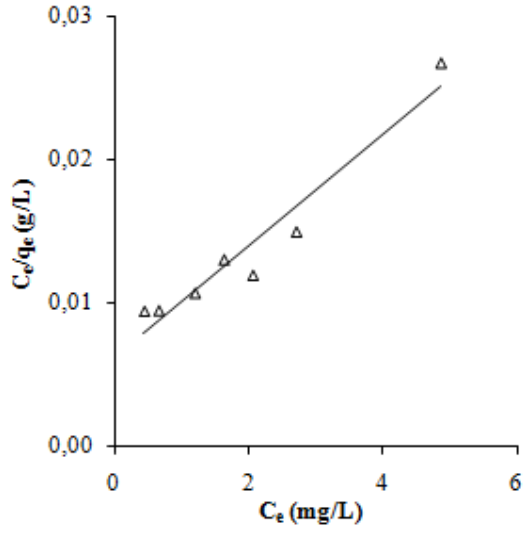
4.5.3.2 TFP

TFP'nin, KMD altı ve üstündeki derişimlerde SDS bulunan ortamda BNT'ye olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermeleri çizildi (Şekil 4.199). q_e ile C_e arasında çizilen grafikler Giles sınıflandırmasına göre L tipine uymaktadır.

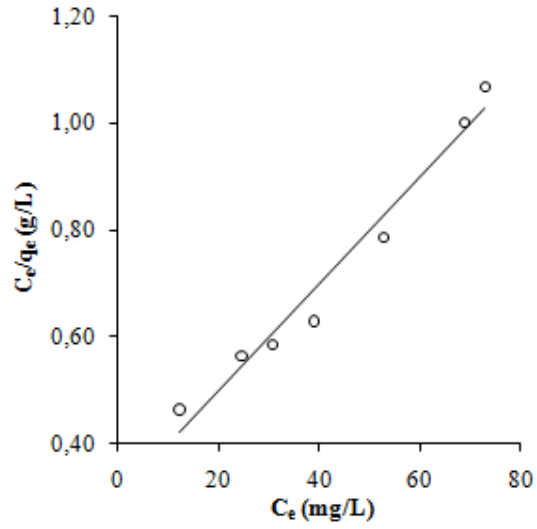


Şekil 4.199: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izotermi (Şekil 4.200) eğim ve kesmelerinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.49'da verildi.



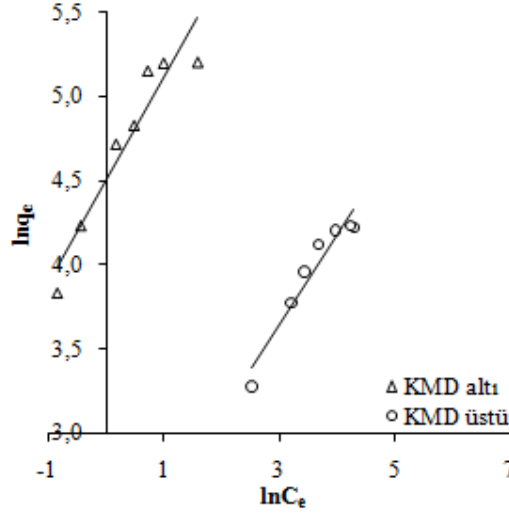
(a)



(b)

Şekil 4.200: TFP'nin KMD altı (a) ve KMD üstündeki (b) derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izotermelerinin (Şekil 4.201) eğim ve kesmelerinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.49'da verildi.



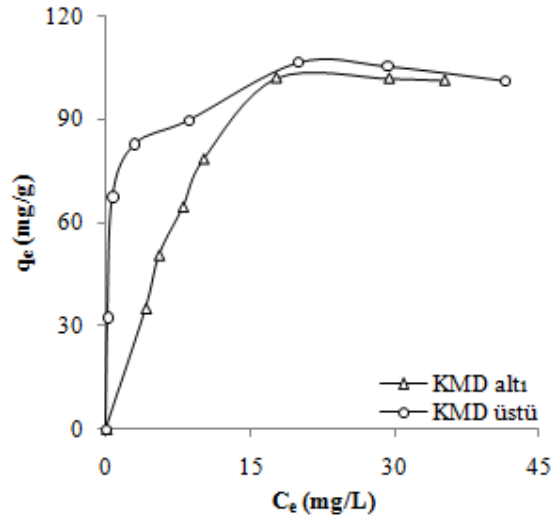
Şekil 4.201: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermeleri

Tablo 4.49: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

SDS	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi		
	Q (mg/g)	b (L/g)	R ²	n	k	R ²
KMD altı	258,40	0,62	0,937	0,61	90,60	0,905
KMD üstü	99,90	0,03	0,971	0,53	7,82	0,925

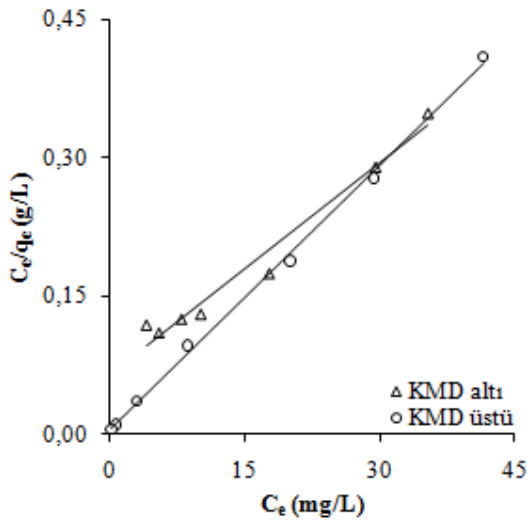
4.5.3.3 TM

TM'nin, KMD altı ve üstündeki derişimlerde SDS bulunan ortamda BNT'ye olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermeleri çizildi (Şekil 4.202). q_e ile C_e arasında çizilen grafikler Giles sınıflandırmasına göre L tipine uymaktadır.



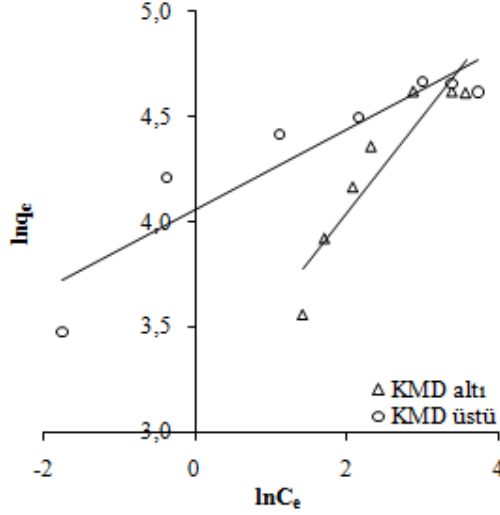
Şekil 4.202: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izotermlerinin (Şekil 4.203) eğim ve kesmelerinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.50'de verildi.



Şekil 4.203: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izotermelerinin (Şekil 4.204) eğim ve kesmelerinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.50'de verildi.



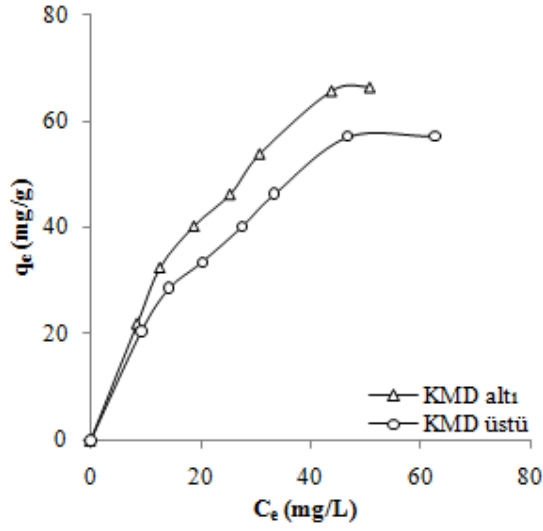
Şekil 4.204: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermeleri

Tablo 4.50: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

SDS	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi		
	Q (mg/g)	b (L/g)	R ²	n	k	R ²
KMD altı	130,21	0,12	0,972	0,46	22,53	0,861
KMD üstü	104,49	1,78	0,998	0,11	71,80	0,937

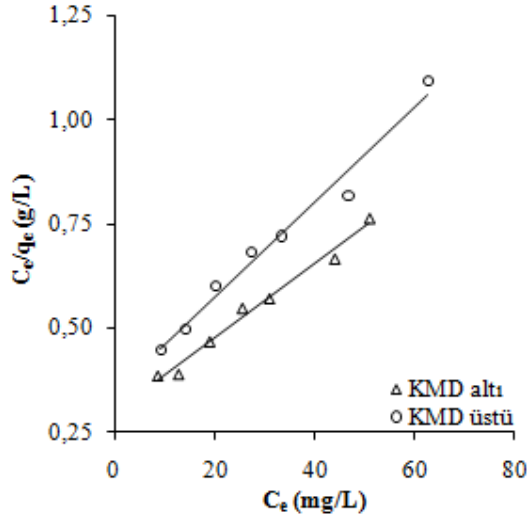
4.5.3.4 KM

KM'nin, KMD altı ve üstündeki derişimlerde SDS bulunan ortamda BNT'ye olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermeleri çizildi (Şekil 4.205). q_e ile C_e arasında çizilen grafikler Giles sınıflandırmasına göre L tipine uymaktadır.



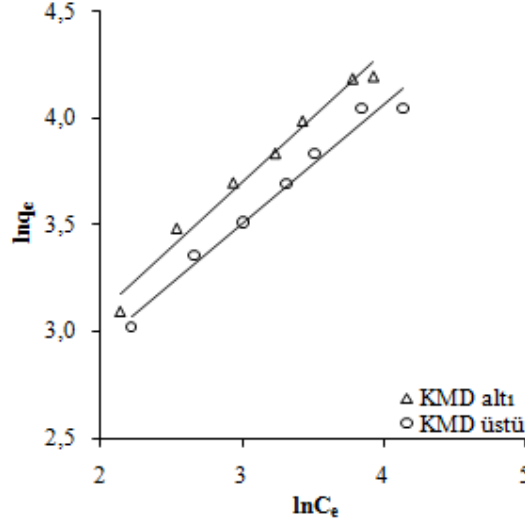
Şekil 4.205: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izotermlerinin (Şekil 4.206) eğim ve kesmelerinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.51'de verildi.



Şekil 4.206: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izotermelerinin (Şekil 4.207) eğim ve kesmelerinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.51'de verildi.



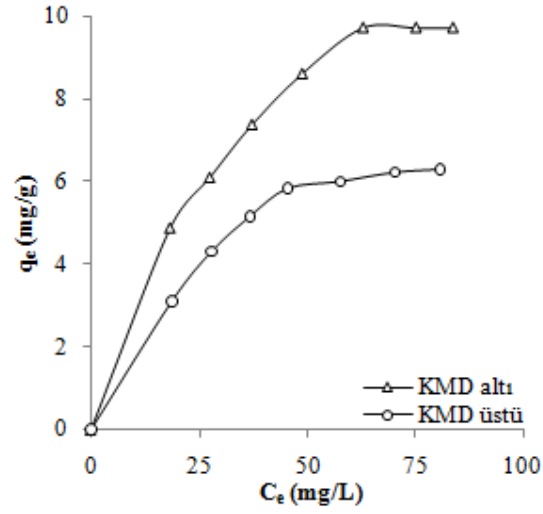
Şekil 4.207: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermeleri

Tablo 4.51: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

SDS	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi		
	Q (mg/g)	b (L/g)	R ²	n	k	R ²
KMD altı	111,86	0,03	0,985	0,61	6,54	0,981
KMD üstü	87,80	0,03	0,978	0,56	6,29	0,977

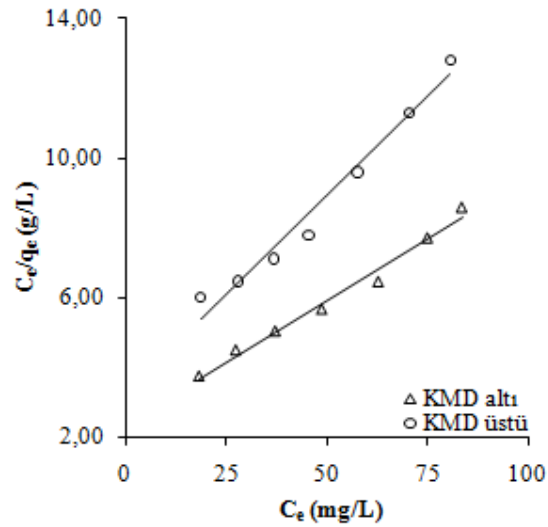
4.5.3.5 IBU

IBU'nun, KMD altı ve üstündeki derişimlerde SDS bulunan ortamda BNT'ye olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermeleri çizildi (Şekil 4.208). q_e ile C_e arasında çizilen grafikler Giles sınıflandırmasına göre L tipine uymaktadır.



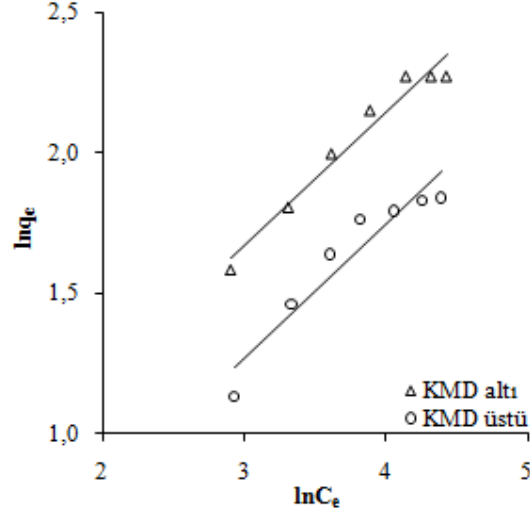
Şekil 4.208: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izotermlerinin (Şekil 4.209) eğim ve kesmelerinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.52'de verildi.



Şekil 4.209: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izotermelerinin (Şekil 4.210) eğim ve kesmelerinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.52'de verildi.



Şekil 4.210: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermeleri

Tablo 4.52: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde SDS varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

SDS	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi		
	Q (mg/g)	b (L/g)	R ²	n	k	R ²
KMD altı	14,15	0,03	0,984	0,48	1,27	0,963
KMD üstü	8,88	0,03	0,972	0,47	0,87	0,901

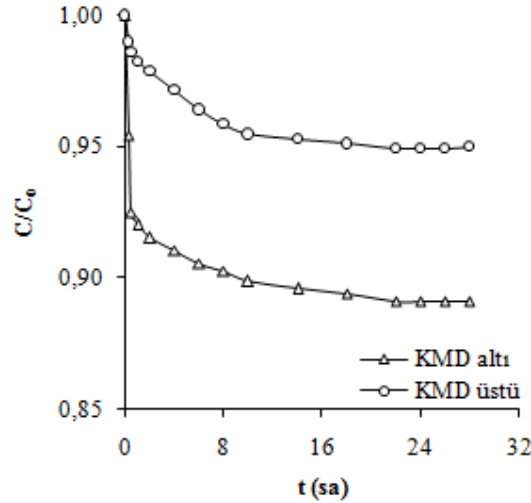
4.6 İLAÇ ETKEN MADDELERİNİN DTAB VARLIĞINDA BNT ÜZERİNDEKİ ADSORPSİYONLARI

4.6.1 DTAB Varlığında Derişimin Zamanla Değişimi

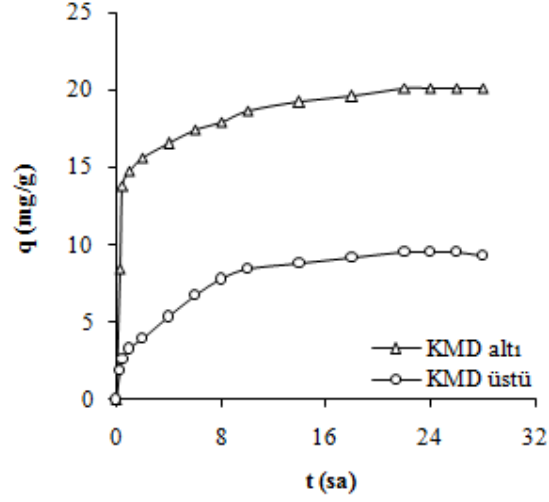
İlaç etken maddeleri için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de, KMD altı (1,5 g/L) ve KMD üstündeki (7,7 g/L) derişimlerde DTAB varlığında derişimin zamanla değişimi izlendi ve denge süreleri bulundu.

4.6.1.1 PM

PM için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de, KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında elde edilen derişimin ve adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi sırasıyla Şekil 4.211 ve Şekil 4.212'de gösterildi. Şekillerden de görüldüğü gibi denge süreleri 22 sa olarak tespit edildi.



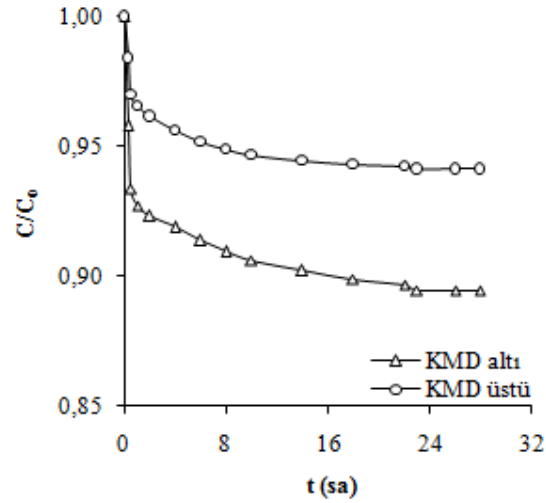
Şekil 4.211: PM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi



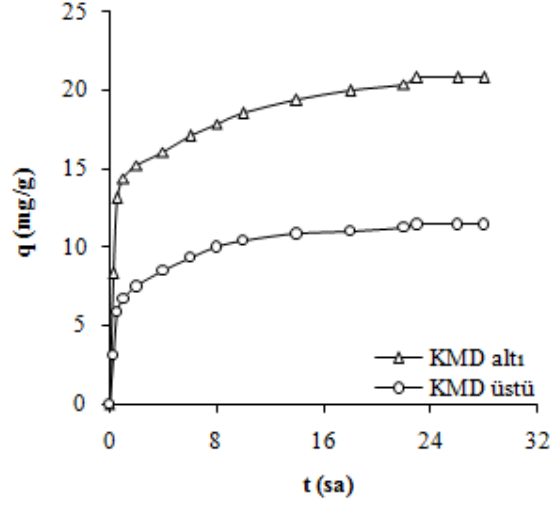
Şekil 4.212: PM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi

4.6.1.2 TFP

TFP için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de, KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında elde edilen derişimin ve adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi sırasıyla Şekil 4.213 ve Şekil 4.214'te gösterildi. Şekillerden de görüldüğü gibi denge süreleri 23 sa olarak tespit edildi.



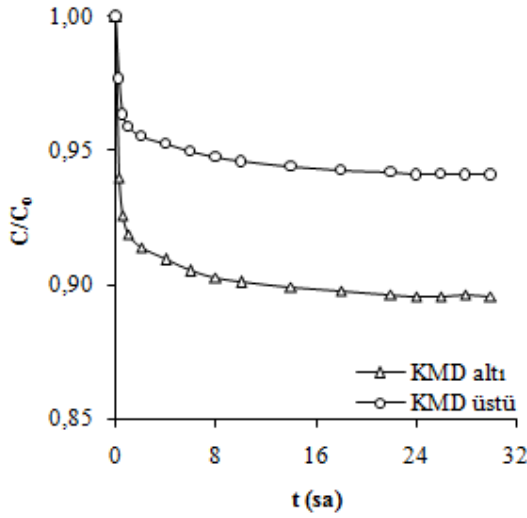
Şekil 4.213: TFP'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi



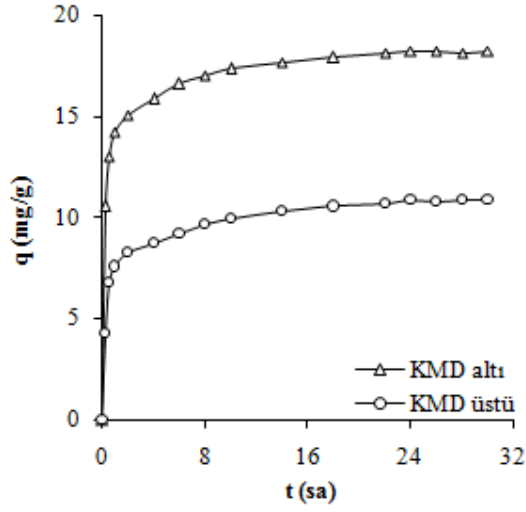
Şekil 4.214: TFP'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi

4.6.1.3 TM

TM için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de, KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında elde edilen derişimin ve adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi sırasıyla Şekil 4.215 ve Şekil 4.216'da gösterildi. Şekillerden de görüldüğü gibi denge süreleri 24 sa olarak tespit edildi.



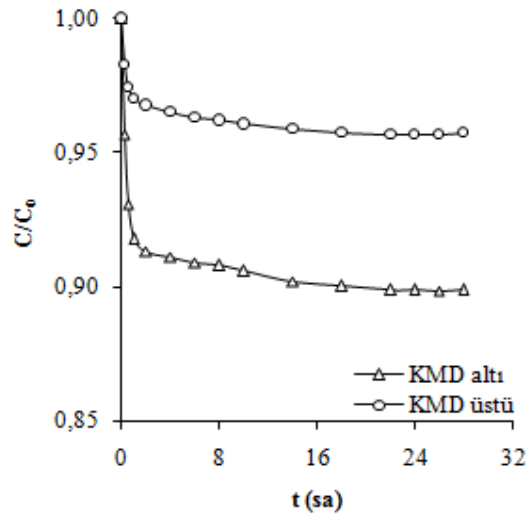
Şekil 4.215: TM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi



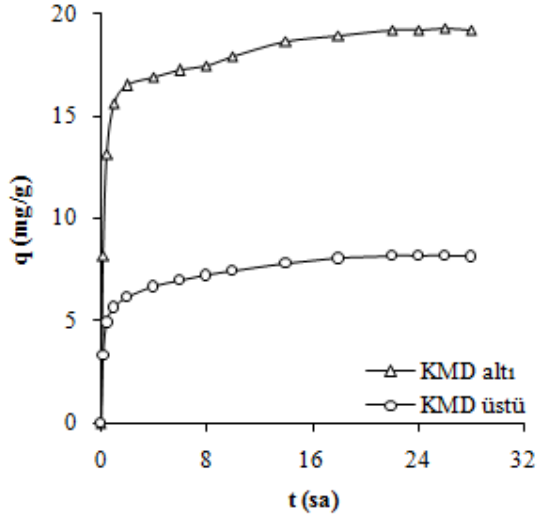
Şekil 4.216: TM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi

4.6.1.4 KM

KM için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de, KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında elde edilen derişimin ve adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi sırasıyla Şekil 4.217 ve Şekil 4.218'de gösterildi. Şekillerden de görüldüğü gibi denge süreleri 22 sa olarak tespit edildi.



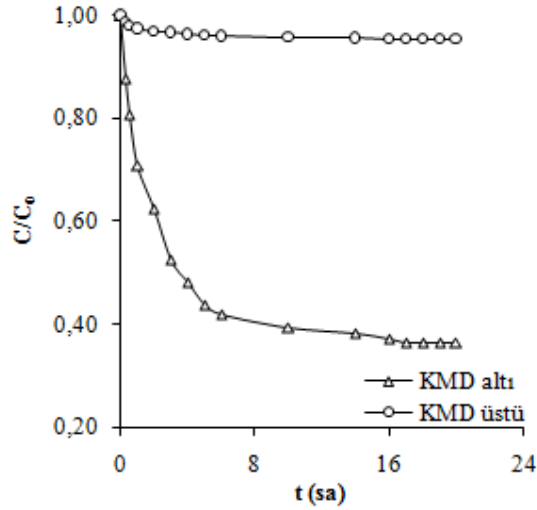
Şekil 4.217: KM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi



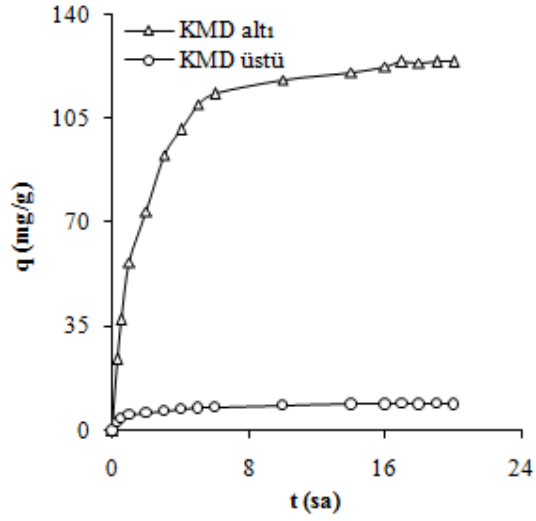
Şekil 4.218: KM'nin KMD altı ve KMD üstü derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi

4.6.1.5 IBU

IBU için 100 mg/L başlangıç derişimi kullanılarak 298 K'de, KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında elde edilen derişimin ve adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi sırasıyla Şekil 4.219 ve Şekil 4.220'de gösterildi. Şekillerden de görüldüğü gibi denge süreleri 17 sa olarak tespit edildi.



Şekil 4.219: IBU'nun KMD altı ve KMD üstü derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait derişimin zamanla değişimi



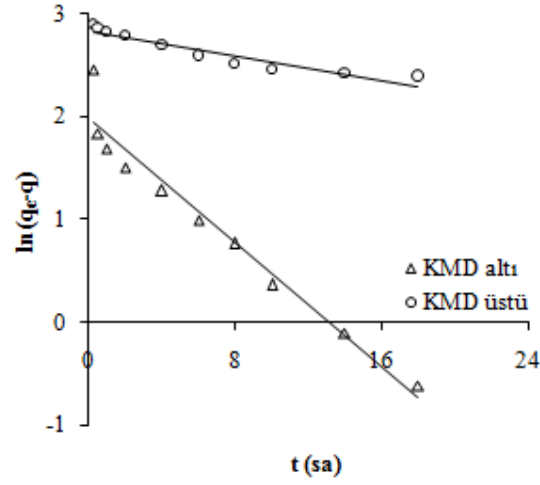
Şekil 4.220: IBU'nun KMD altı ve KMD üstü derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait adsorplanan madde miktarının zamanla değişimi

4.6.2 Adsorpsiyon Kinetiği

Derişimin zamanla değişimi verileri Lagergren 1. derece ve Yalancı 2. derece eşitlikleri kullanılarak modellendi. Ayrıca adsorpsiyon mekanizmasının aydınlatılması amacıyla tanecik içi difüzyon grafikleri çizildi.

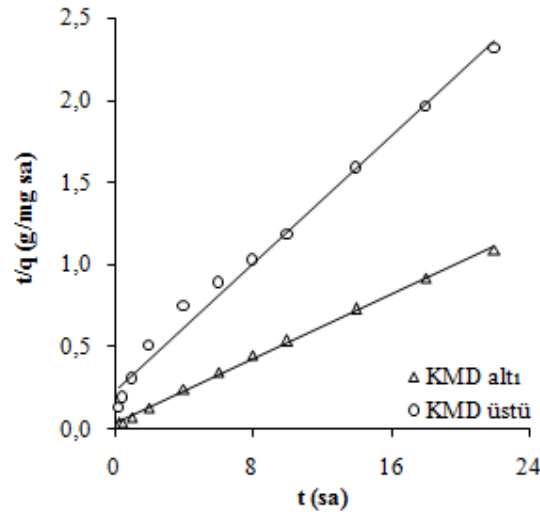
4.6.2.1 PM

PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.8'e göre çizilen Lagergren 1. derece hız grafikleri Şekil 4.221'de gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan hız sabiti (k_1) ve adsorpsiyon kapasitesi (q_1) değerleri Tablo 4.53'te verildi.



Şekil 4.221: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri

PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.9'a göre çizilen Yalancı 2. derece hız grafikleri Şekil 4.222'de gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan adsorpsiyon kapasitesi (q_2) ve hız sabiti (k_2) değerleri Tablo 4.53'te verildi.

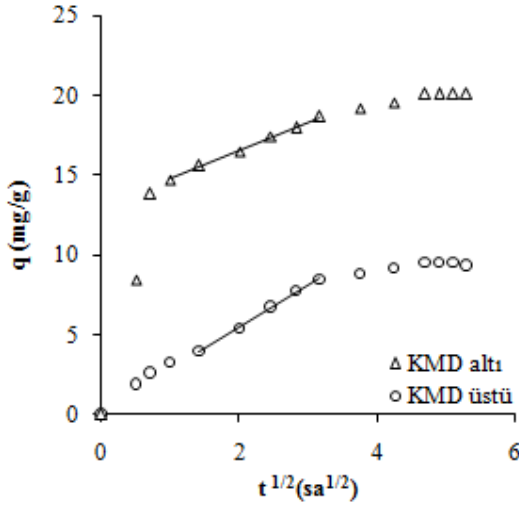


Şekil 4.222: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri

Tablo 4.53: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler

	Lagergren 1. derece			Yalancı 2. derece		
	k_1 (1/sa)	q_1 (mg/g)	R^2	k_2 (g/mg sa) $\times 10^2$	q_2 (mg/g)	R^2
KMD-altı	0,1503	7,20	0,954	7,9104	20,26	0,998
KMD-üstü	0,0299	17,02	0,895	3,9986	10,36	0,989

PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri Şekil 4.223'te gösterildi ve grafiklerin doğrusal kısımlarının eğimlerinden tanecik içi difüzyon katsayıları (k_d) 1,78 (KMD altı) ile 2,64 (KMD üstü) mg/g sa^{1/2} olarak hesaplandı.

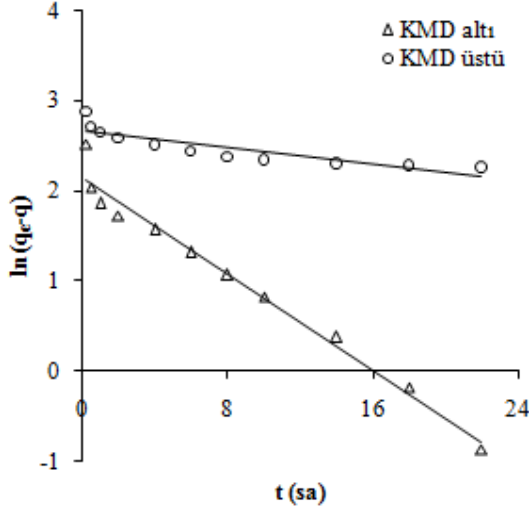


Şekil 4.223: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri (KMD altı için $R^2=0,997$, KMD üstü için $R^2=0,996$)

4.6.2.2 TFP

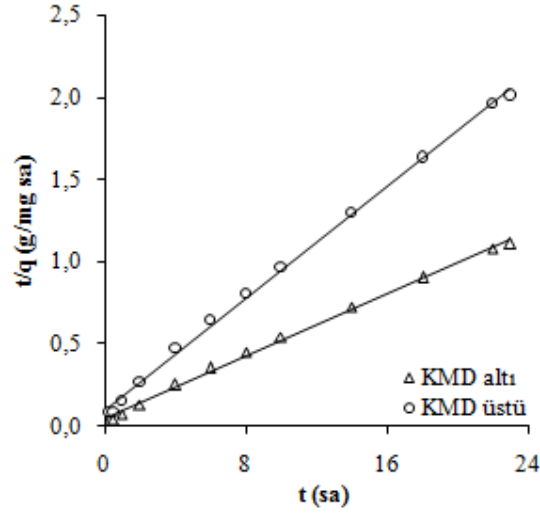
TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.8'e göre çizilen Lagergren 1. derece hız grafikleri Şekil

4.224'te gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan hız sabiti (k_1) ve adsorpsiyon kapasitesi (q_1) değerleri Tablo 4.54'te verildi.



Şekil 4.224: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri

TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.9'a göre çizilen Yalancı 2. derece hız grafikleri Şekil 4.225'te gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan adsorpsiyon kapasitesi (q_2) ve hız sabiti (k_2) değerleri Tablo 4.54'te verildi.

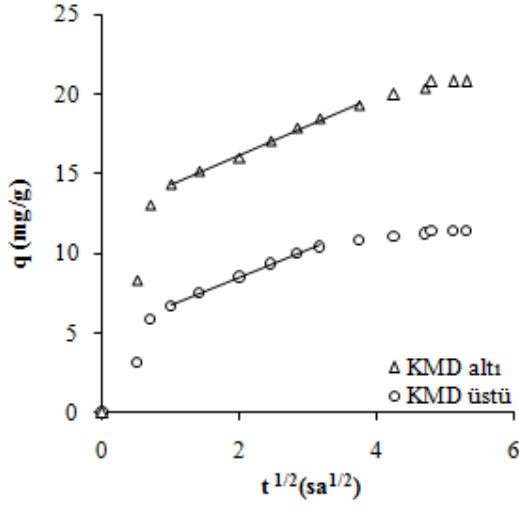


Şekil 4.225: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri

Tablo 4.54: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler

	Lagergren 1. derece			Yalancı 2. derece		
	k_1 (1/sa)	q_1 (mg/g)	R^2	k_2 (g/mg sa)	q_2 (mg/g)	R^2
KMD-altı	0,1345	8,68	0,977	5,5609	20,99	0,997
KMD-üstü	0,0234	14,38	0,767	8,0440	11,73	0,998

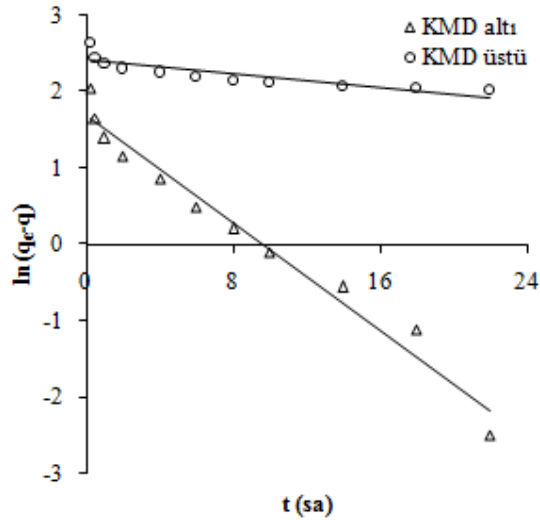
TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri Şekil 4.226'da gösterildi ve grafiklerin doğrusal kısımlarının eğimlerinden tanecik içi difüzyon katsayıları (k_d) 1,87 (KMD altı) ile 1,75 (KMD üstü) mg/g sa^{1/2} olarak hesaplandı.



Şekil 4.226: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri (KMD altı için $R^2=0,995$, KMD üstü için $R^2=0,996$)

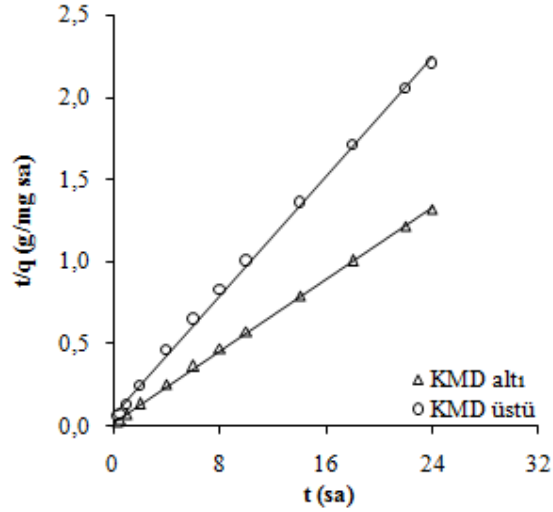
4.6.2.3 TM

TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.8'e göre çizilen Lagergren 1. derece hız grafikleri Şekil 4.227'de gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan hız sabiti (k_1) ve adsorpsiyon kapasitesi (q_1) değerleri Tablo 4.55'te verildi.



Şekil 4.227: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri

TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.9'a göre çizilen Yalancı 2. derece hız grafikleri Şekil 4.228'de gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan adsorpsiyon kapasitesi (q_2) ve hız sabiti (k_2) değerleri Tablo 4.55'te verildi.

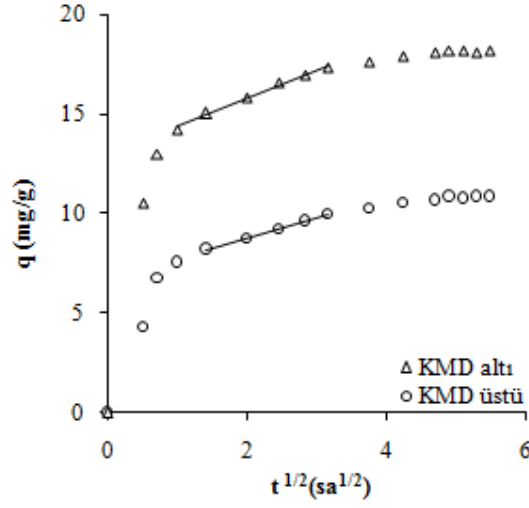


Şekil 4.228: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri

Tablo 4.55: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler

	Lagergren 1. derece			Yalancı 2. derece		
	k_1 (1/sa)	q_1 (mg/g)	R^2	k_2 (g/mg sa) $\times 10^2$	q_2 (mg/g)	R^2
KMD-altı	0,1767	5,45	0,971	12,2451	18,39	1,000
KMD-üstü	0,0219	11,07	0,739	12,2512	11,00	0,999

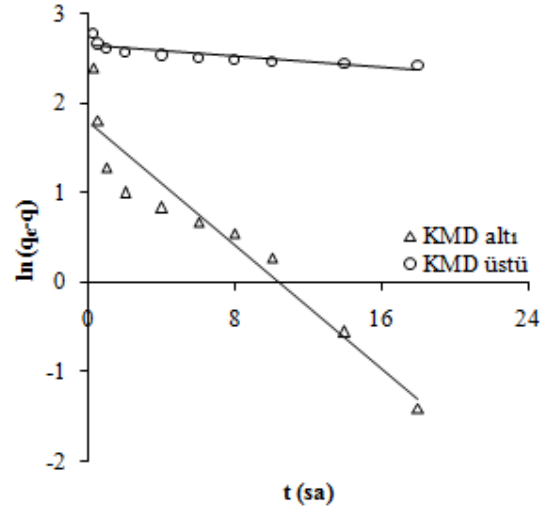
TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri Şekil 4.229'da gösterildi ve grafiklerin doğrusal kısımlarının eğimlerinden tanecik içi difüzyon katsayıları (k_d) 1,44 (KMD altı) ile 1,00 (KMD üstü) mg/g sa^{1/2} olarak hesaplandı.



Şekil 4.229: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri (KMD altı için $R^2=0,990$, KMD üstü için $R^2=0,997$)

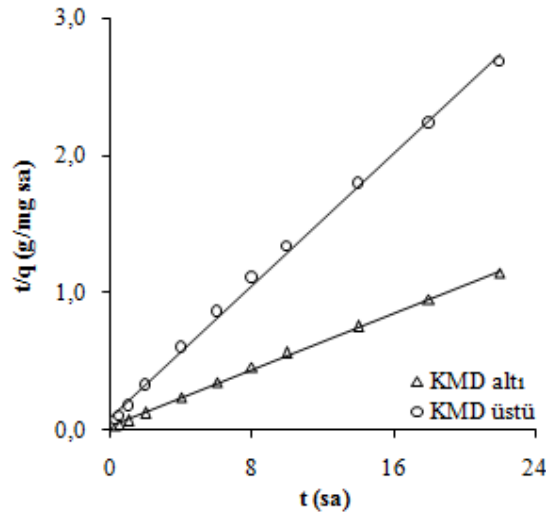
4.6.2.4 KM

KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.8'e göre çizilen Lagergren 1. derece hız grafikleri Şekil 4.230'da gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan hız sabiti (k_1) ve adsorpsiyon kapasitesi (q_1) değerleri Tablo 4.56'da verildi.



Şekil 4.230: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri

KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.9'a göre çizilen Yalancı 2. derece hız grafikleri Şekil 4.231'de gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan adsorpsiyon kapasitesi (q_2) ve hız sabiti (k_2) değerleri Tablo 4.56'da verildi.

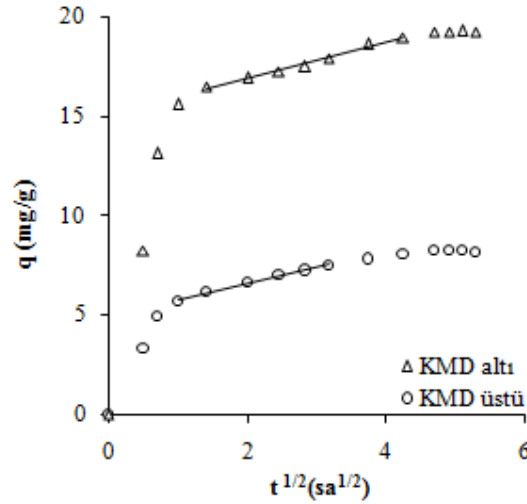


Şekil 4.231: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri

Tablo 4.56: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler

	Lagergren 1. derece			Yalancı 2. derece		
	k_1 (1/sa)	q_1 (mg/g)	R^2	k_2 (g/mg sa) $\times 10^2$	q_2 (mg/g)	R^2
KMD-altı	0,1715	5,92	0,917	10,8920	19,34	0,999
KMD-üstü	0,0155	14,03	0,739	16,2014	8,31	0,998

KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri Şekil 4.232'de gösterildi ve grafiklerin doğrusal kısımlarının eğimlerinden tanecik içi difüzyon katsayıları (k_d) 0,91 (KMD altı) ile 0,81 (KMD üstü) mg/g sa^{1/2} olarak hesaplandı.

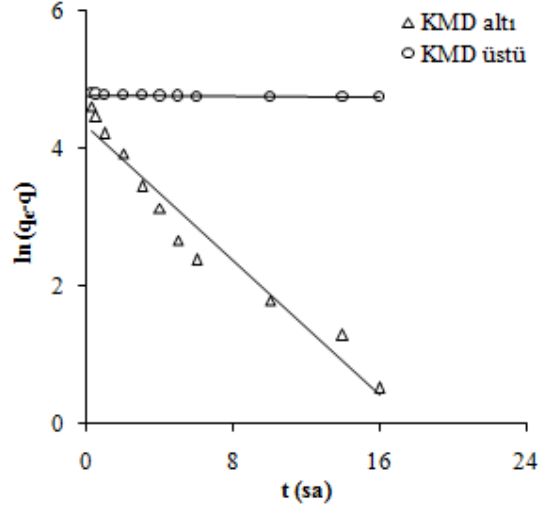


Şekil 4.232: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri (KMD altı için $R^2=0,983$, KMD üstü için $R^2=0,990$)

4.6.2.5 IBU

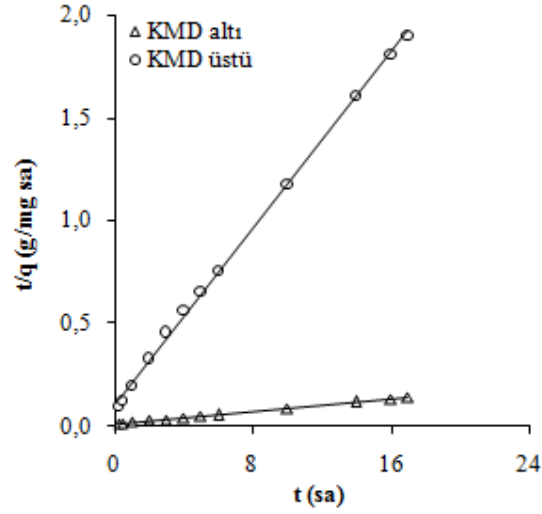
IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.8'e göre çizilen Lagergren 1. derece hız grafikleri Şekil

4.233'te gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan hız sabiti (k_1) ve adsorpsiyon kapasitesi (q_1) değerleri Tablo 4.57'de verildi.



Şekil 4.233: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Lagergren 1. derece grafikleri

IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Eşitlik 2.9'a göre çizilen Yalancı 2. derece hız grafikleri Şekil 4.234'te gösterildi. Doğruların eğim ve kesmelerinden hesaplanan adsorpsiyon kapasitesi (q_2) ve hız sabiti (k_2) değerleri Tablo 4.57'de verildi.

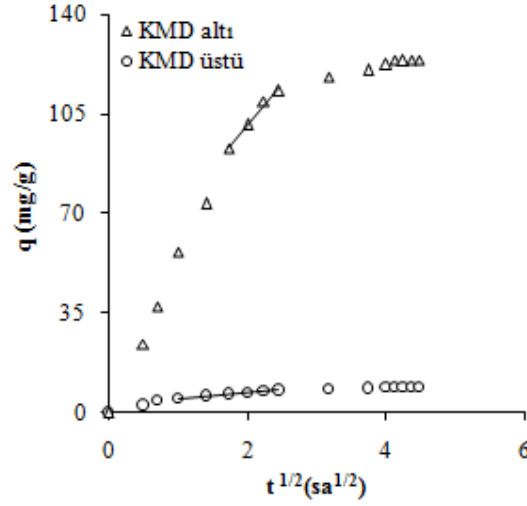


Şekil 4.234: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Yalancı 2. derece grafikleri

Tablo 4.57: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait kinetik değerler

	Lagergren 1. derece			Yalancı 2. derece		
	k_1 (1/sa)	q_1 (mg/g)	R^2	k_2 (g/mg sa) $\times 10^2$	q_2 (mg/g)	R^2
KMD-altı	0,2421	74,30	0,953	0,5984	132,63	0,999
KMD-üstü	0,0026	119,14	0,699	11,2740	9,34	0,999

IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri Şekil 4.235'te gösterildi ve grafiklerin doğrusal kısımlarının eğimlerinden tanecik içi difüzyon katsayıları (k_d) 29,40 (KMD altı) ile 1,94 (KMD üstü) mg/g sa^{1/2} olarak hesaplandı.



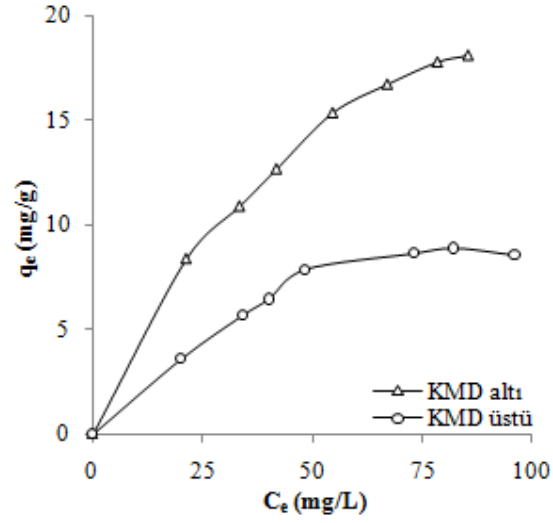
Şekil 4.235: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait tanecik içi difüzyon grafikleri (KMD altı için $R^2=0,984$, KMD üstü için $R^2=0,995$)

4.6.3 DTAB Varlığında Adsorpsiyon İzotermi

İlaç etken maddelerinin BNT üzerindeki adsorpsiyonu 10-100 mg/L derişim aralığında 298 K'de; KMD altı (1,5 g/L) ve KMD üstündeki (7,7 g/L) derişimlerde DTAB varlığında çalışıldı ve elde edilen veriler Giles, Langmuir ve Freundlich izotermi kullanılarak modellendi.

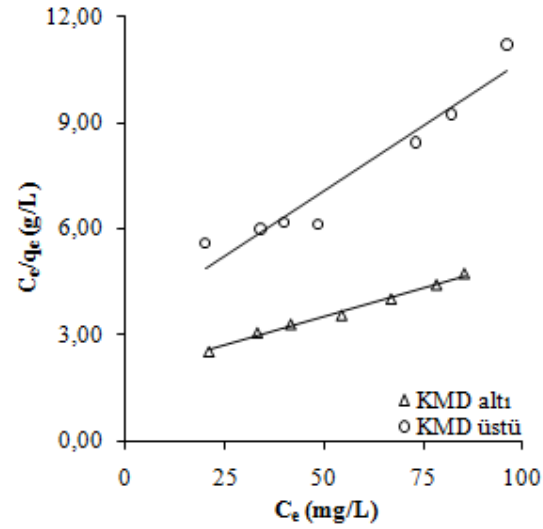
4.6.3.1 PM

PM'nin, KMD altı ve üstündeki derişimlerde DTAB bulunan ortamda BNT'ye olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermi çizildi (Şekil 4.236). q_e ile C_e arasında çizilen grafikler Giles sınıflandırmasına göre L tipine uymaktadır.



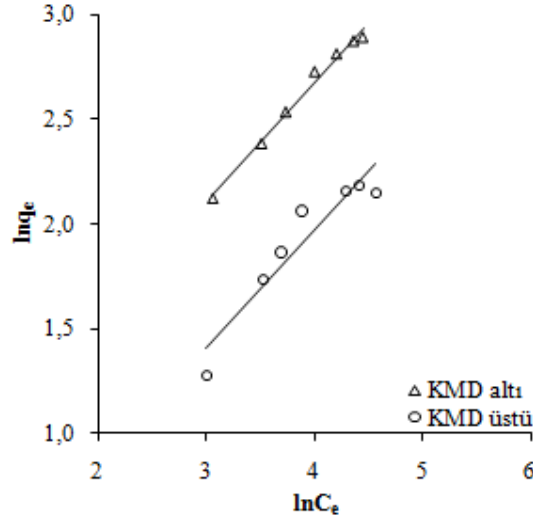
Şekil 4.236: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izotermlerinin (Şekil 4.237) eğim ve kesmelerinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.58'de verildi.



Şekil 4.237: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izotermelerinin (Şekil 4.238) eğim ve kesmelerinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.58'de verildi.



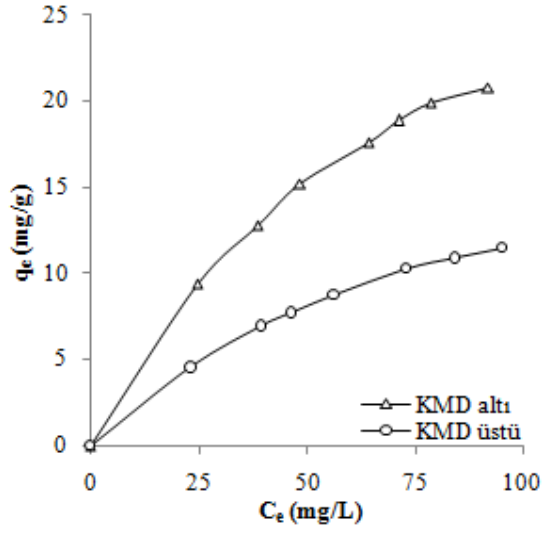
Şekil 4.238: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermeleri

Tablo 4.58: PM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

SDS	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi		
	Q (mg/g)	b (L/g)	R ²	n	k	R ²
KMD altı	31,08	0,02	0,991	0,57	1,48	0,990
KMD üstü	13,57	0,02	0,930	0,56	0,77	0,893

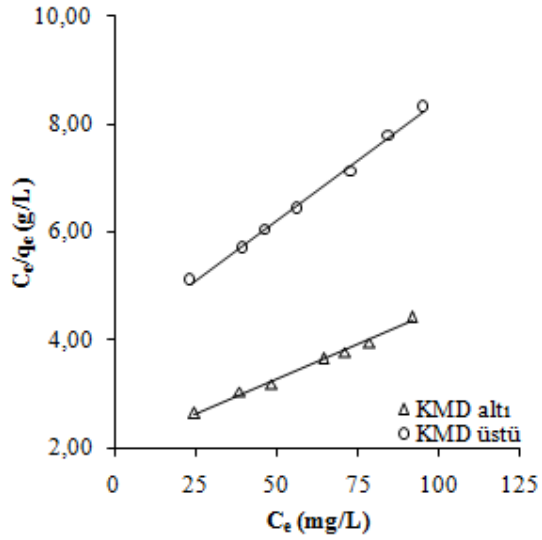
4.6.3.2 TFP

TFP'nin, KMD altı ve üstündeki derişimlerde DTAB bulunan ortamda BNT'ye olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermeleri çizildi (Şekil 4.239). q_e ile C_e arasında çizilen grafikler Giles sınıflandırmasına göre L tipine uymaktadır.



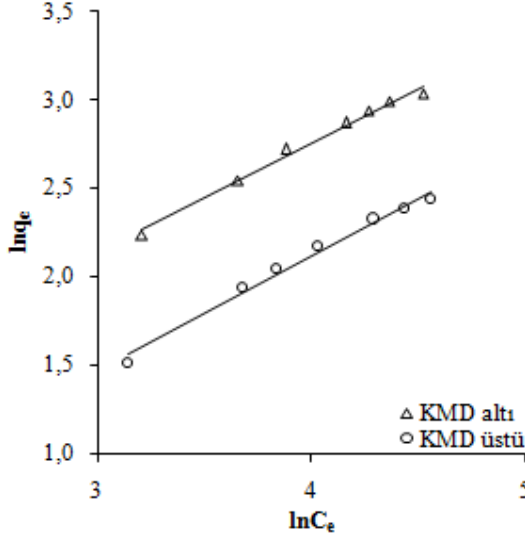
Şekil 4.239: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izotermi (Şekil 4.240) eğim ve kesmelerinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.59'da verildi.



Şekil 4.240: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermi

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izotermelerinin (Şekil 4.241) eğim ve kesmelerinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.59'da verildi.



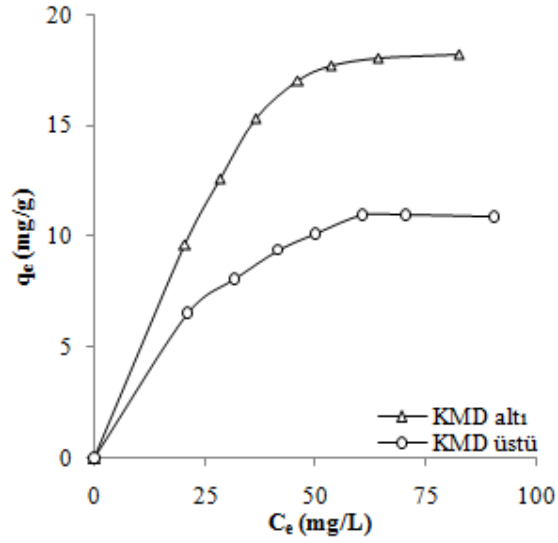
Şekil 4.241: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermeleri

Tablo 4.59: TFP'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

SDS	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi		
	Q (mg/g)	b (L/g)	R ²	n	k	R ²
KMD altı	39,09	0,01	0,993	0,62	1,31	0,991
KMD üstü	22,40	0,01	0,995	0,65	0,61	0,988

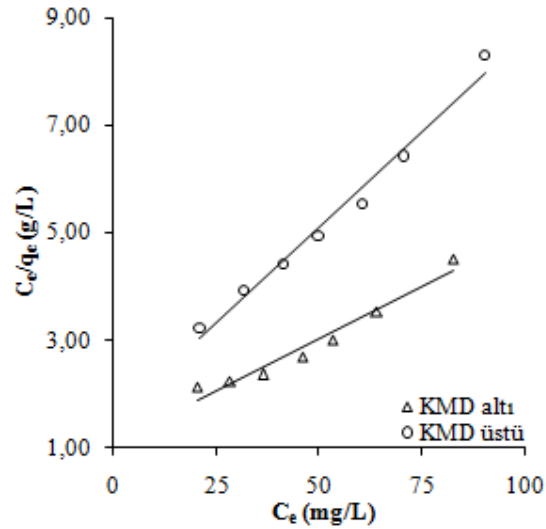
4.6.3.3 TM

TM'nin, KMD altı ve üstündeki derişimlerde DTAB bulunan ortamda BNT'ye olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermeleri çizildi (Şekil 4.242). q_e ile C_e arasında çizilen grafikler Giles sınıflandırmasına göre L tipine uymaktadır.



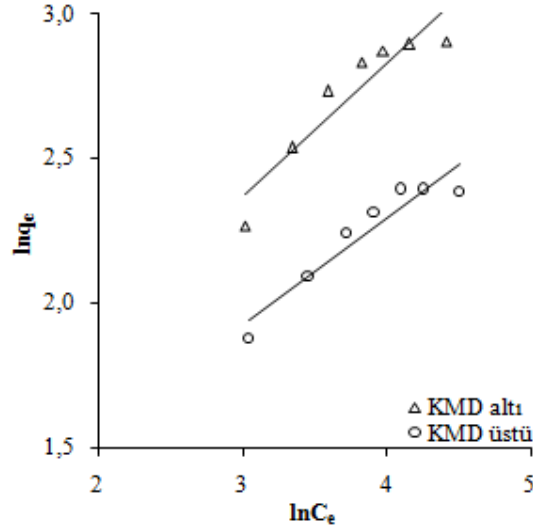
Şekil 4.242: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izotermlerinin (Şekil 4.243) eğim ve kesmelerinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.60'ta verildi.



Şekil 4.243: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izotermelerinin (Şekil 4.244) eğim ve kesmelerinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.60'ta verildi.



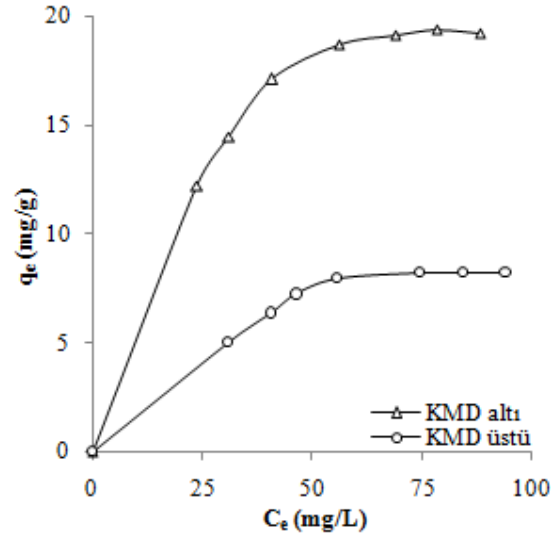
Şekil 4.244: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermeleri

Tablo 4.60: TM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

SDS	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi		
	Q (mg/g)	b (L/g)	R ²	n	k	R ²
KMD altı	25,48	0,04	0,958	0,46	2,67	0,869
KMD üstü	13,99	0,05	0,982	0,37	2,23	0,904

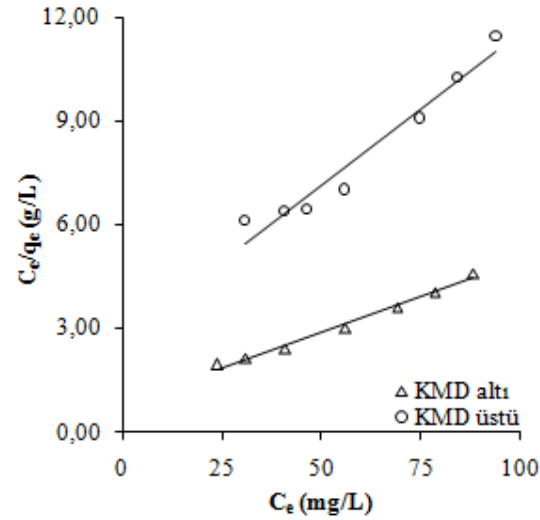
4.6.3.4 KM

KM'nin, KMD altı ve üstündeki derişimlerde DTAB bulunan ortamda BNT'ye olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermeleri çizildi (Şekil 4.245). q_e ile C_e arasında çizilen grafikler Giles sınıflandırmasına göre L tipine uymaktadır.



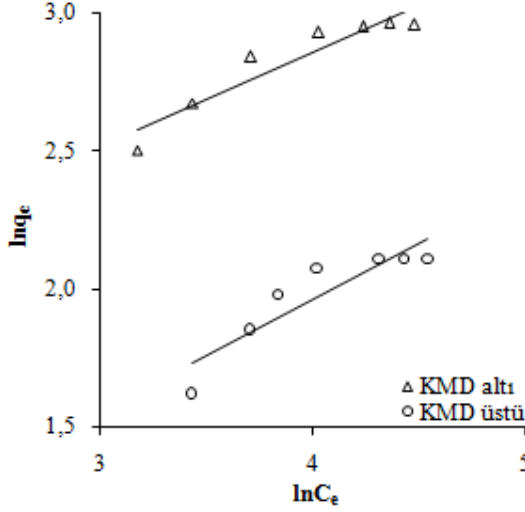
Şekil 4.245: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izotermelerinin (Şekil 4.246) eğim ve kesmelerinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.61'de verildi.



Şekil 4.246: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermeleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izotermelerinin (Şekil 4.247) eğim ve kesmelerinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.61'de verildi.



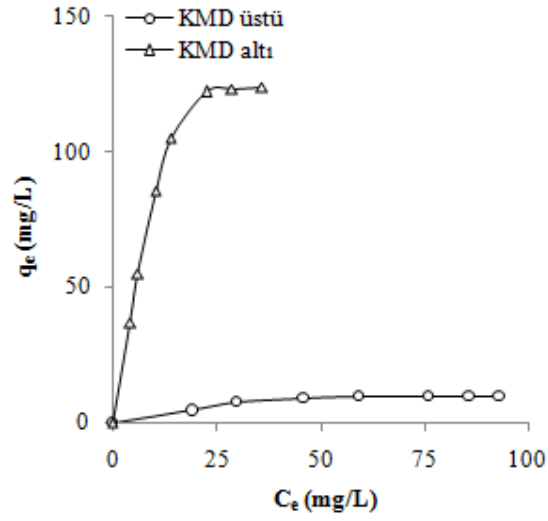
Şekil 4.247: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermeleri

Tablo 4.61: KM'nin KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

SDS	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi		
	Q (mg/g)	b (L/g)	R ²	n	k	R ²
KMD altı	24,34	0,05	0,987	0,34	4,46	0,893
KMD üstü	11,30	0,03	0,955	0,41	1,40	0,819

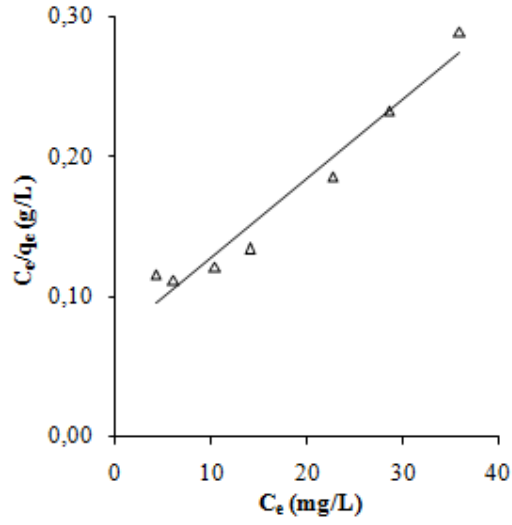
4.6.3.5 IBU

IBU'nun, KMD altı ve üstündeki derişimlerde DTAB bulunan ortamda BNT'ye olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermeleri çizildi (Şekil 4.248). q_e ile C_e arasında çizilen grafikler Giles sınıflandırmasına göre L tipine uymaktadır.

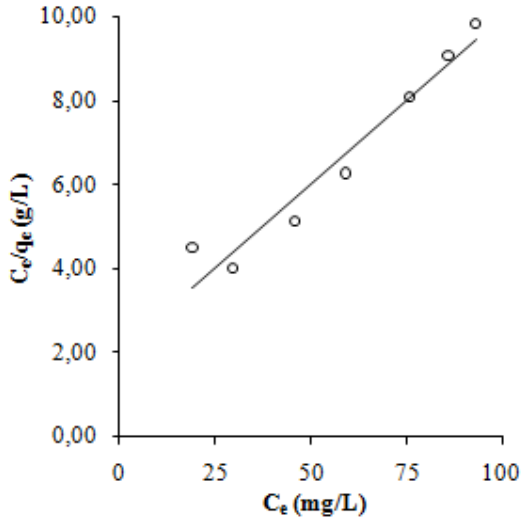


Şekil 4.248: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Giles izotermi

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izotermi (Şekil 4.249) eğim ve kesimlerinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.62'de verildi.



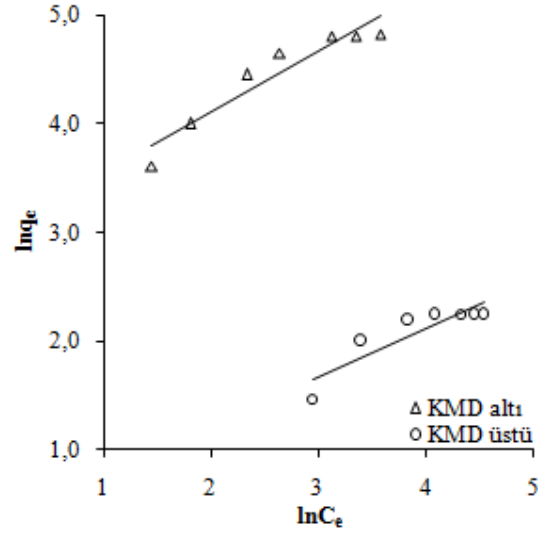
(a)



(b)

Şekil 4.249: IBU'nun KMD altı (a) ve KMD üstündeki (b) derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir izotermleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izotermlerinin (Şekil 4.250) eğim ve kesmelerinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.62'de verildi.



Şekil 4.250: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Freundlich izotermi

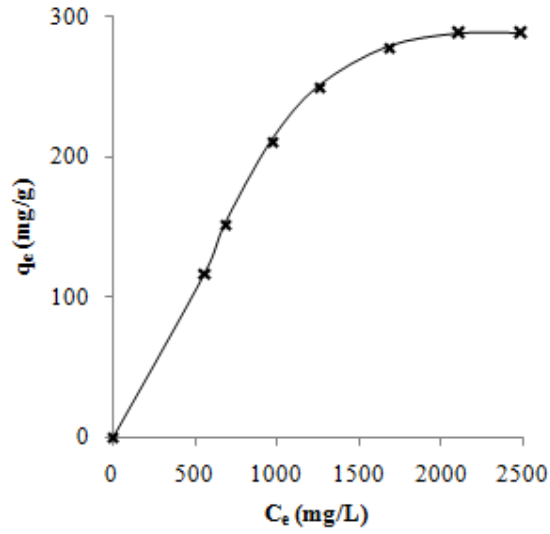
Tablo 4.62: IBU'nun KMD altı ve KMD üstündeki derişimlerde DTAB varlığında BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

SDS	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi		
	Q (mg/g)	b (L/g)	R ²	n	k	R ²
KMD altı	177,30	0,08	0,957	0,56	19,61	0,901
KMD üstü	12,53	0,04	0,945	0,44	1,42	0,779

4.7 YAM'LERİN AK VE BNT ÜZERİNDEKİ ADSORPSİYONLARI

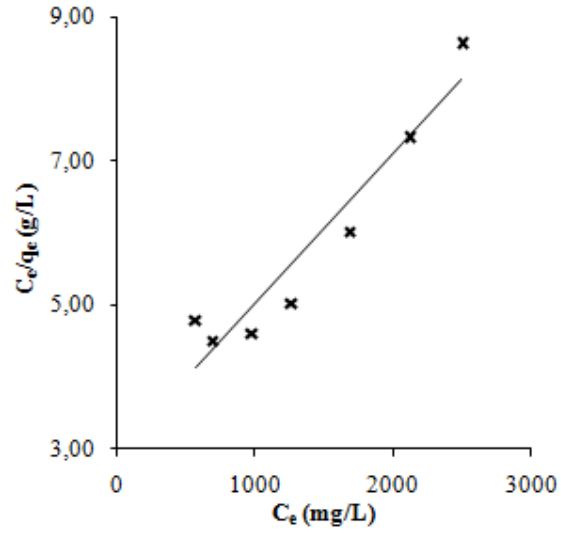
4.7.1 SDS'nin AK Üzerindeki Adsorpsiyonu

SDS'nin AK üzerindeki adsorpsiyonu 1,2-3 g/L derişim aralığında 298 K'de çalışıldı. SDS'nin AK'ya olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermi çizildi (Şekil 4.251). q_e ile C_e arasında çizilen grafik Giles sınıflandırmasına göre S tipine uymaktadır.



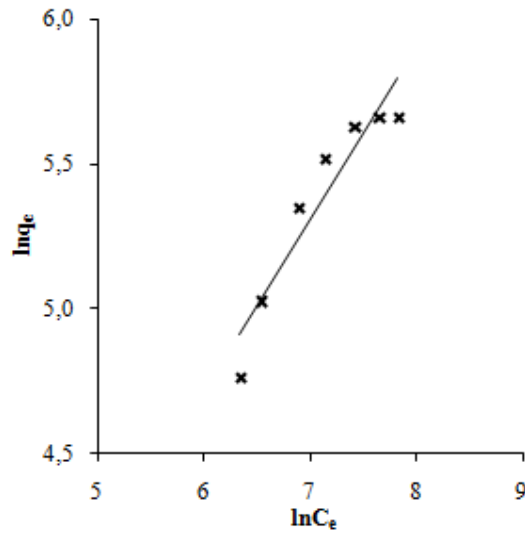
Şekil 4.251: SDS'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Giles izotermi

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izoterminin (Şekil 4.252) eğim ve kesmesinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.63'te verildi.



Şekil 4.252: SDS'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Langmuir izoterminin

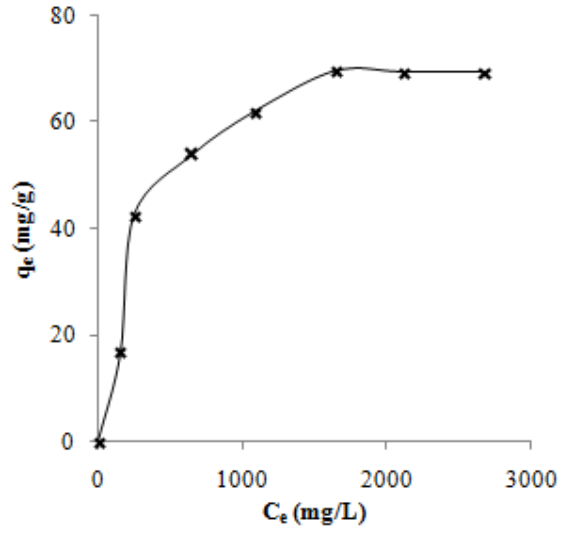
Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izoterminin (Şekil 4.253) eğim ve kesmesinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.63'te verildi.



Şekil 4.253: SDS'nin AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Freundlich izoterminin

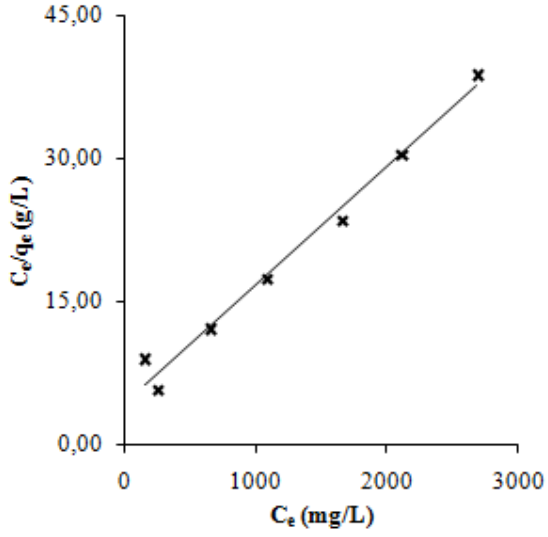
4.7.2 SDS'nin BNT Üzerindeki Adsorpsiyonu

SDS'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonu 1,2-3 g/L derişim aralığında 298 K'de çalışıldı. SDS'nin BNT'ye olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermi çizildi (Şekil 4.254). q_e ile C_e arasında çizilen grafik Giles sınıflandırmasına göre S tipine uymaktadır.



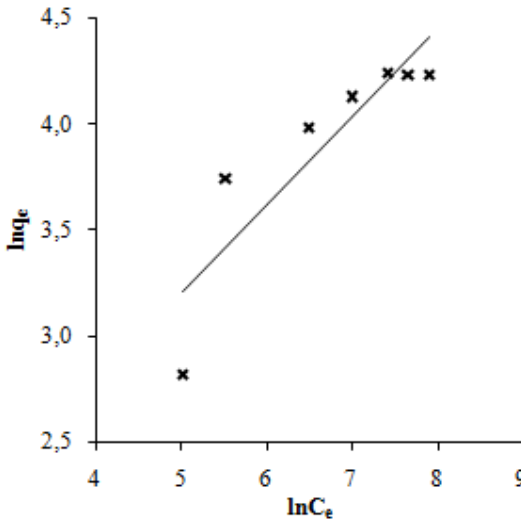
Şekil 4.254: SDS'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Giles izotermi

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izoterminin (Şekil 4.255) eğim ve kesmesinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.63'te verildi.



Şekil 4.255: SDS'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Langmuir izotermi

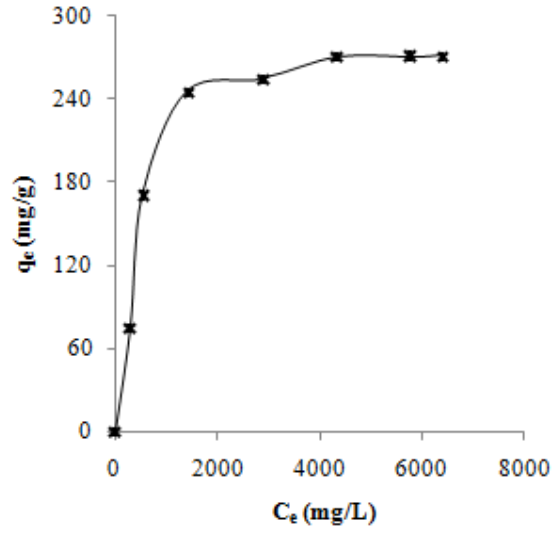
Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izoterminin (Şekil 4.256) eğim ve kesmesinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.63'te verildi.



Şekil 4.256: SDS'nin BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Freundlich izotermi

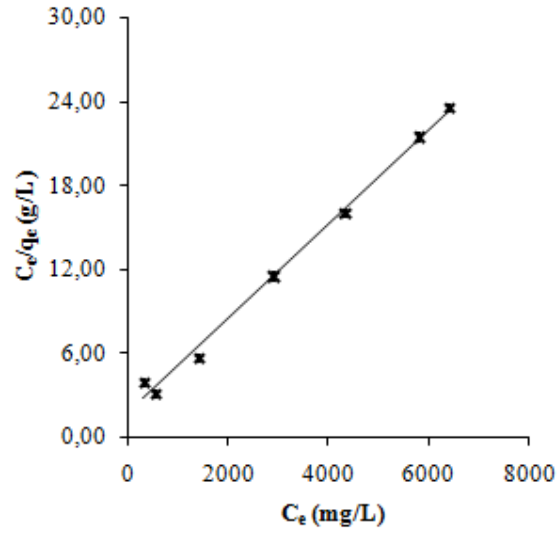
4.7.3 DTAB'ın AK Üzerindeki Adsorpsiyonu

DTAB'ın AK üzerindeki adsorpsiyonu 1,5-7,7 g/L derişim aralığında 298 K'de çalışıldı. DTAB'ın AK'ya olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermi çizildi (Şekil 4.257). q_e ile C_e arasında çizilen grafik Giles sınıflandırmasına göre S tipine uymaktadır.



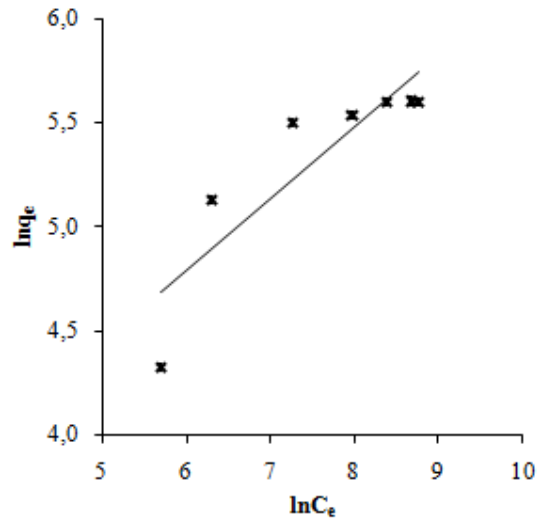
Şekil 4.257: DTAB'ın AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Giles izotermi

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izoterminin (Şekil 4.258) eğim ve kesmesinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.63'te verildi.



Şekil 4.258: DTAB'ın AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Langmuir izotermi

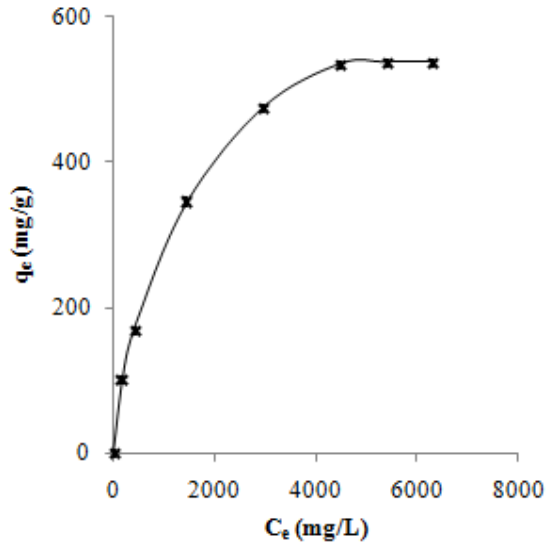
Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izoterminin (Şekil 4.259) eğim ve kesmesinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.63'te verildi.



Şekil 4.259: DTAB'ın AK üzerindeki adsorpsiyonuna ait Freundlich izotermi

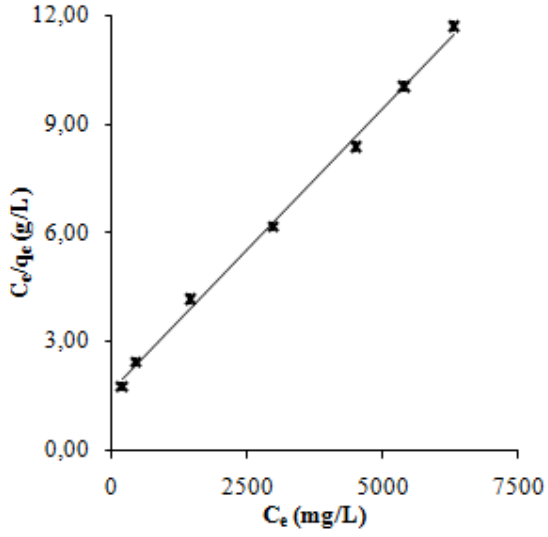
4.7.4 DTAB'ın BNT Üzerindeki Adsorpsiyonu

DTAB'ın BNT üzerindeki adsorpsiyonu 1,5-7,7 g/L derişim aralığında 298 K'de çalışıldı. DTAB'ın BNT'ye olan ilgisinin belirlenmesi amacıyla Giles izotermi çizildi (Şekil 4.260). q_e ile C_e arasında çizilen grafik Giles sınıflandırmasına göre L tipine uymaktadır.



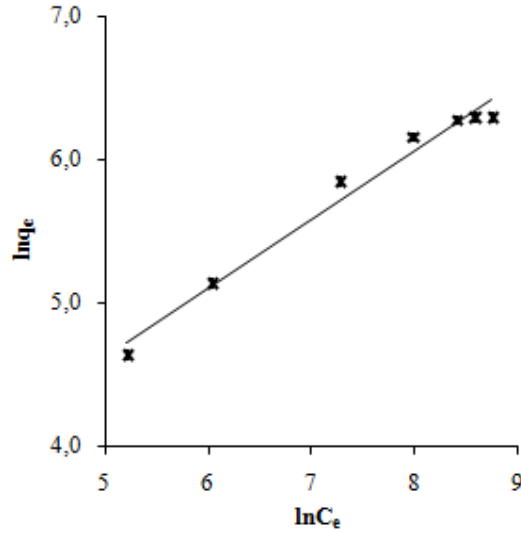
Şekil 4.260: DTAB'ın BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Giles izotermi

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.3'e göre C_e/q_e ile C_e arasında çizilen Langmuir izoterminin (Şekil 4.261) eğim ve kesmesinden Langmuir sabitleri Q ve b hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.63'te verildi.



Şekil 4.261: DTAB'ın BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Langmuir izotermini

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Eşitlik 2.4'e göre $\ln q_e$ ile $\ln C_e$ arasında çizilen Freundlich izoterminin (Şekil 4.262) eğim ve kesmesinden Freundlich sabitleri n ve k hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4.63'te verildi.



Şekil 4.262: DTAB'ın BNT üzerindeki adsorpsiyonuna ait Freundlich izotermini

Tablo 4.63: SDS ve DTAB'ın; AK ve BNT üzerindeki adsorpsiyonlarına ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

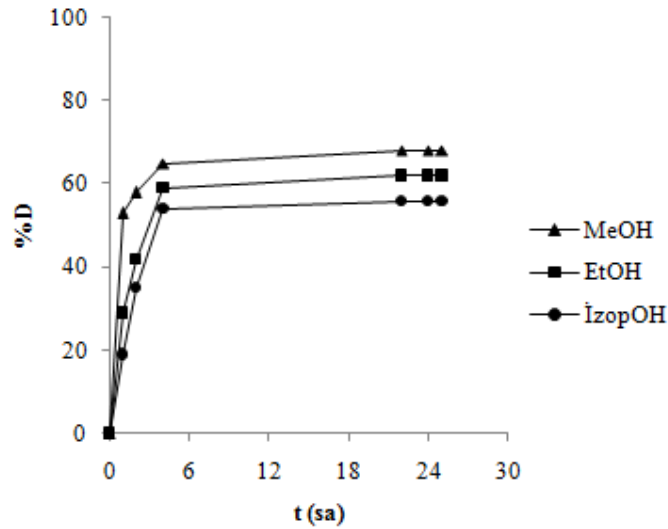
	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi		
	Q (mg/g)	b (L/g) x10 ²	R ²	n	k	R ²
AK+SDS	483,09	0,07	0,912	0,60	3,09	0,900
AK+DTAB	296,74	0,19	0,994	0,34	15,19	0,773
BNT+SDS	80,78	0,28	0,985	0,42	3,05	0,794
BNT+DTAB	645,16	0,09	0,997	0,48	9,13	0,977

4.8 REJENERASYON ÇALIŞMALARI

Bu çalışmada kullanılan ilaç etken maddeleri arasında çalışma şartlarının sağlanması açısından en uygun ilaç etken maddesi olan PM, rejenerasyon çalışmaları için seçildi ve PM ile yüklenmiş AK'nın (AK-PM'nin) kimyasal (çözücü) ve termal rejenerasyonu çalışıldı.

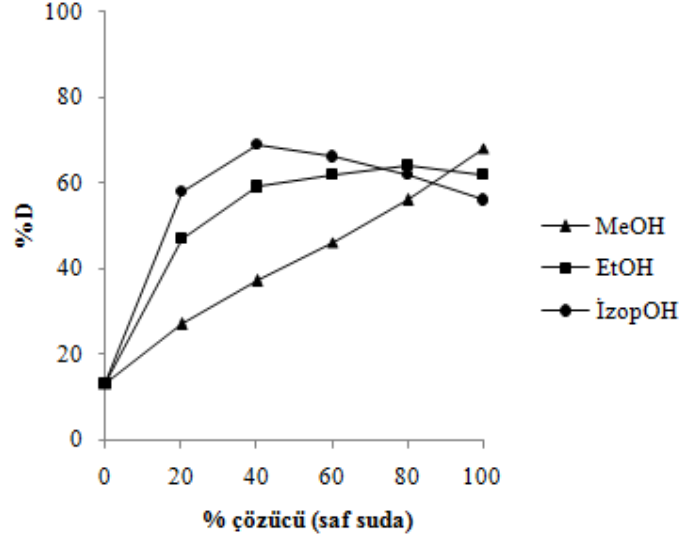
4.8.1 Çözücü Rejenerasyonu

Çözücü rejenerasyonu alkoller ile; yani metanol, etanol ve izopropanolün aynı şartlar altında karşılaştırmalı olarak kullanılması ile yürütüldü. AK üzerinde adsorplanmış halde bulunan PM'nin yüzeyden desorpsiyonu için optimum sürenin belirlenmesi amacıyla AK-PM'nin çözücüler ile rejenerasyonu 298 K'de zamana bağlı olarak çalışıldı. Şekil 4.263'ten de görüldüğü gibi ilk 6 saatte giderek artan desorpsiyon veriminde 6 ile 24 saat arasında küçük bir artış olurken, 24 saatten sonra kullanılan bütün çözücüler için herhangi bir artış görülmedi. Optimum desorpsiyon süresi 24 saat olarak tespit edildi.



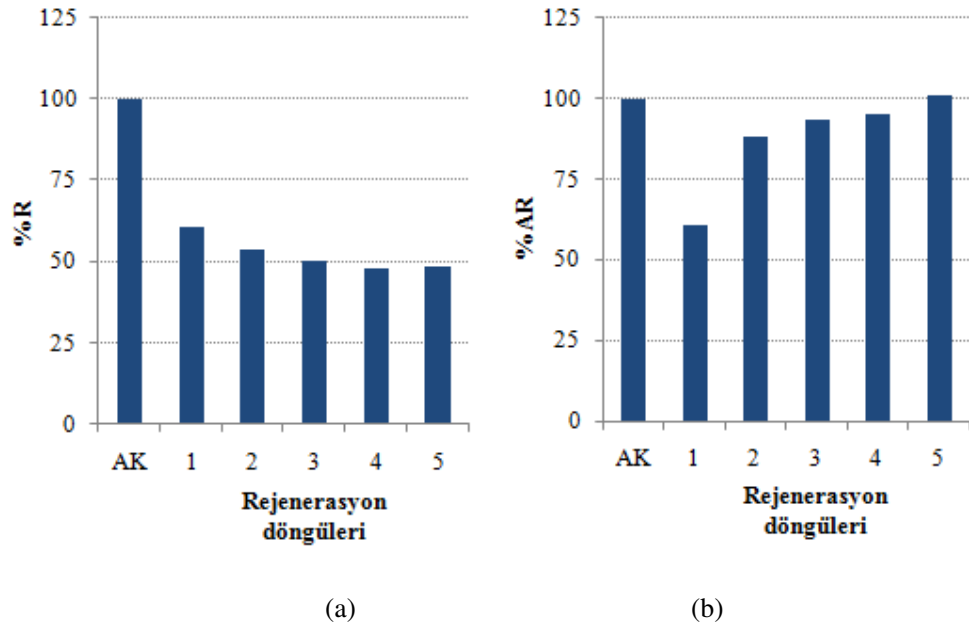
Şekil 4.263: PM'nin desorpsiyon veriminin zamanla değişimi

Çözücü/su oranının desorpsiyona olan etkisinin belirlenmesi amacıyla farklı çözücü/su oranları kullanılarak AK-PM'nin 298 K'de 24 saat boyunca rejenerasyonları çalışıldı. Farklı çözücü/su oranları için bulunan desorpsiyon verimleri Şekil 4.264'te gösterildi. Şekil 4.264'ten de görüldüğü gibi PM için en yüksek desorpsiyon verimi %40 izopropanol ile elde edildi.



Şekil 4.264: Farklı çözücü/su oranlarının PM'nin desorpsiyon verimine etkisi

Bulunan optimum şart (%40 izopropanol ve 24 saat) kullanılarak 298 K'de arka arkaya adsorpsiyon-rejenerasyon döngüleri yapıldı. AK ve AK-PM'ye uygulanan çözücü muamelelerinden sonra alınan karbon numunelerine adsorpsiyon kapasitesi testleri yapıldı. Adsorpsiyon kapasitesi değerleri kullanılarak hesaplanan rejenerasyon verimi ve adım rejenerasyon veriminin değişimi Şekil 4.265'te gösterildi.



Şekil 4.265: Adsorpsiyon-rejenerasyon döngüleri boyunca rejenerasyon (a) ve adım rejenerasyon (b) veriminin değişimi

Tablo 4.64 ve 4.65 çözücü ile muamelenin öncesi ve sonrasında karbon numunelerinin fizikokimyasal özelliklerini gösterir.

Tablo 4.64: Çözücü ile muamelenin öncesi ve sonrasında karbon numunelerinin kimyasal analizi ve pH_{PZC} değerleri

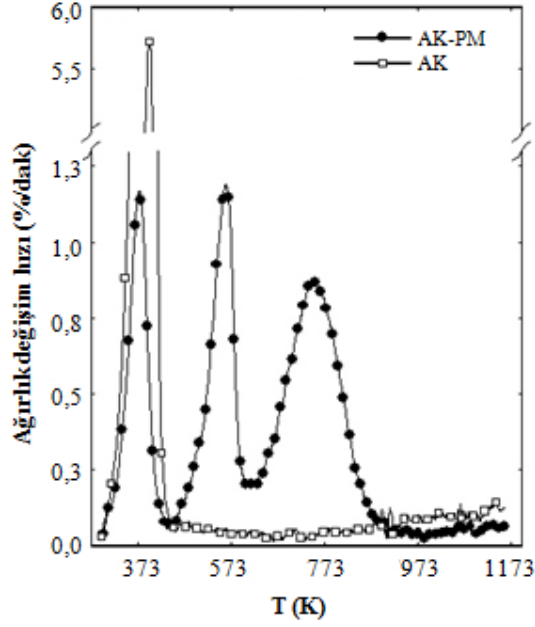
	C (% ağı.)	H (% ağı.)	N (% ağı.)	S (% ağı.)	O (% ağı.)	pH_{PZC}
AK	95,5	0,8	0,6	0,3	2,7	7,3
AK-MeOH	95,8	0,7	0,6	0,3	2,9	7,2
AK-EtOH	95,7	0,7	0,6	0,3	2,8	7,2
AK-İzopOH	95,3	0,8	0,6	0,3	2,8	7,2

Tablo 4.65: Çözücü ile muamelenin öncesi ve sonrasında karbon numunelerinin yüzey ve gözenek özellikleri

	S_{BET} (m^2/g)	V_{toplam} (cm^3/g)	V_{mikro} (cm^3/g)	V_{mezo} (cm^3/g)
AK	1062	0,536	0,329	0,107
AK-PM	250	0,162	0,046	0,051
AK-MeOH	1057	0,535	0,325	0,105
AK-EtOH	1059	0,535	0,327	0,105
AK-İzopOH	1061	0,536	0,327	0,105
AK-PM40İzopOH-1	705	0,372	0,198	0,105
AK-PM40İzopOH-2	698	0,369	0,192	0,103
AK-PM40İzopOH-3	689	0,354	0,183	0,099
AK-PM40İzopOH-4	675	0,347	0,175	0,092
AK-PM40İzopOH-5	672	0,342	0,171	0,087

4.8.2 Termal Rejenerasyon

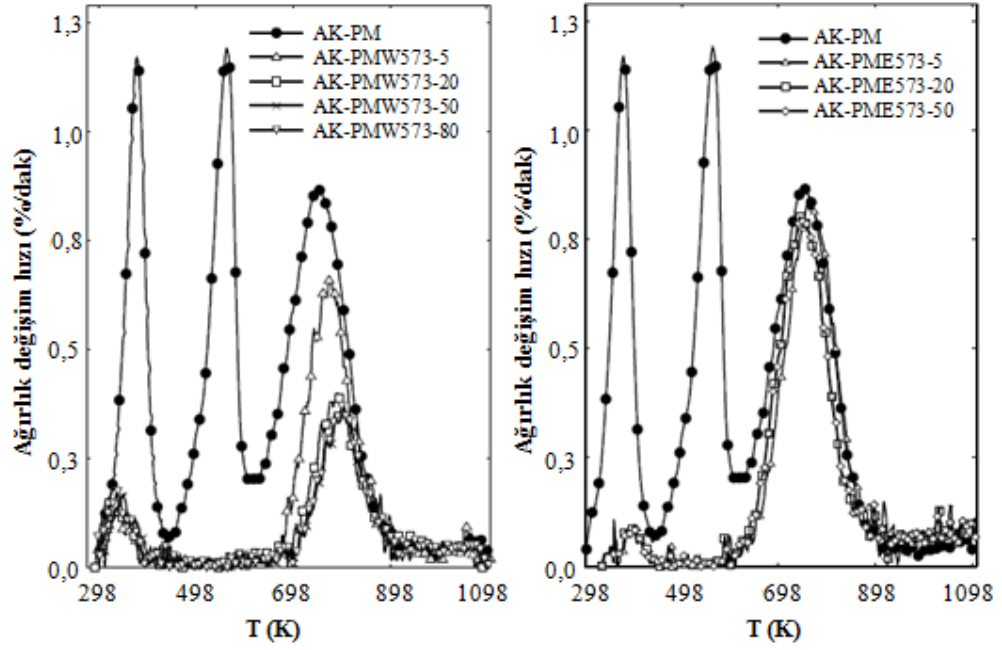
Termal rejenerasyon kapsamında AK-PM'nin rejenerasyonu mikrodalga cihazı ve elektrikli fırın ile aynı koşullar altında karşılaştırmalı olarak çalışıldı. Adsorbat-adsorban etkileşimlerinin sıcaklıkla değişimini görmek için, öncelikle AK-PM diferansiyel termogravimetrik analiz ile karakterize edildi. Bu analiz sonucunda Şekil 4.266'dan da görüldüğü gibi 373, 573 ve 773 K dolaylarında üç desorpsiyon piki açığa çıktı.



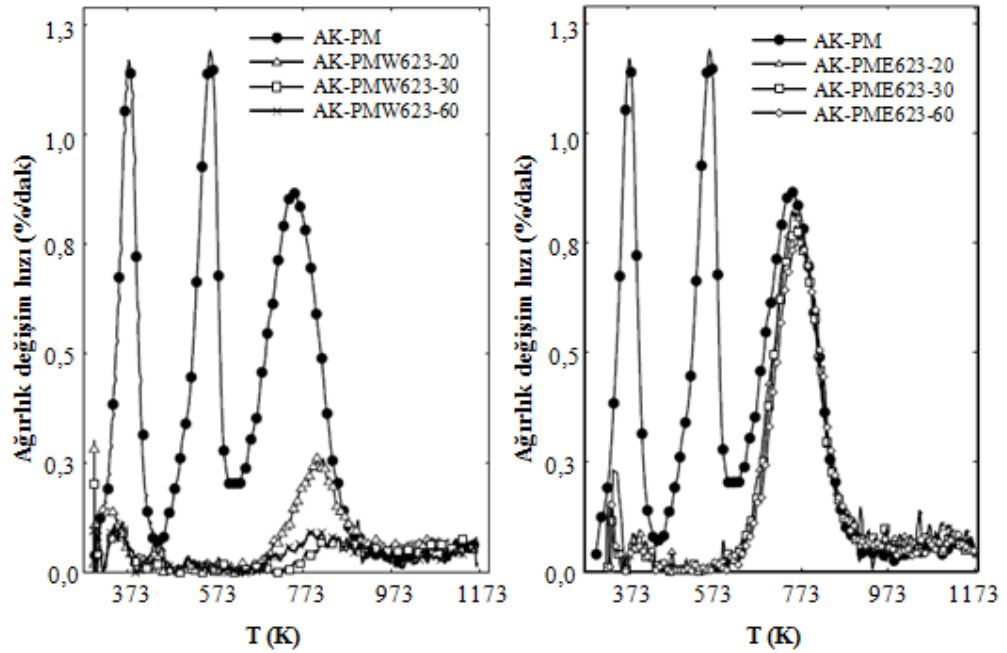
Şekil 4.266: AK ve AK-PM'nin diferansiyel termogravimetrik analizi

Burada hem AK'da hem de AK-PM'de görülen birinci pik yaklaşık 373 K'de numune içeriğindeki nemin ayrıldığına işaret eder. Sadece AK-PM'de görülen diğer pikler ise ilaç etken maddesi ve karbon yüzeyi arasındaki farklı adsorpsiyon aktif bölgelerindeki etkileşimlere işaret eder. Bu grafikten rejenerasyon sıcaklığının adsorplanmış PM'nin her iki fraksiyonunu da desorbe edecek kadar yüksek olması gerektiği görülür. Yapılan ön denemelerde 573 K'in altındaki sıcaklıkların çok düşük olduğu ve uzun rejenerasyon sürelerinde bile PM'nin birinci fraksiyonunun ancak küçük bir miktarını desorbe edebildiği tespit edildi. Bu nedenlerle rejenerasyon çalışmaları 573 ile 773 K arasındaki sıcaklıklarda yürütüldü.

Rejenerasyon sırasında PM ya da dekompozisyon ürünlerinin desorpsiyonunun her iki cihaz için de 473-773 K arasında gerçekleştiği çıkış gazlarındaki renk değişimleri ile gözlemlendi. Ayrıca eş zamanlı olarak reaktörün üstteki daha soğuk olan kısımlarında beyazımsı yoğunlaşma ürünlerinin olduğu görüldü. Rejenerasyon sonrası elde edilen karbon numuneleri de diferansiyel termogravimetrik analiz ile karakterize edildi.

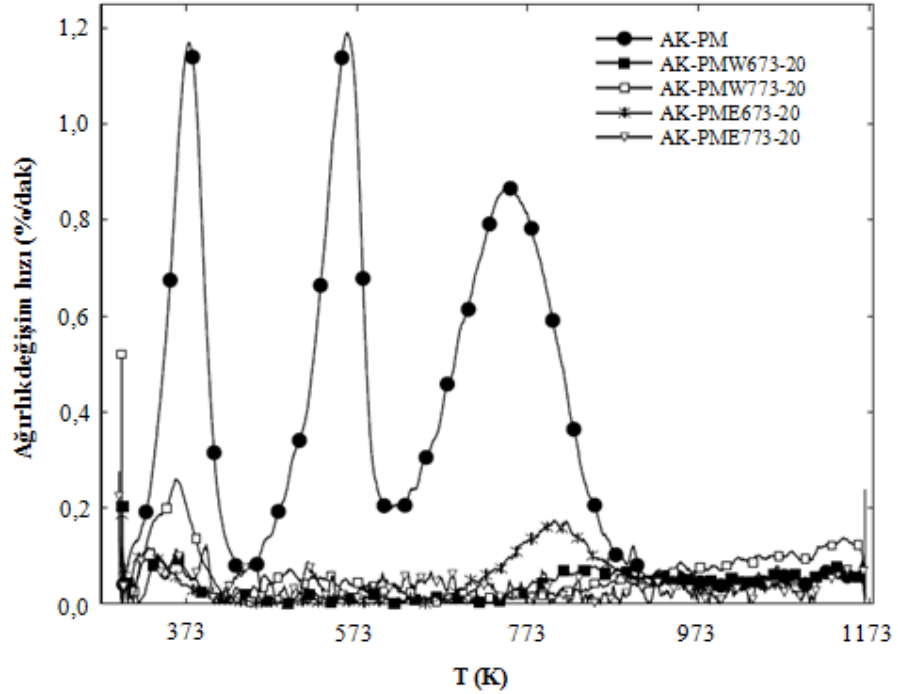


Şekil 4.267: AK-PM'nin mikrodalga cihazı ve elektrikli fırında 573 K'de farklı sürelerde gerçekleştirilen rejenerasyonlarından sonra elde edilen numunelerin diferansiyel termogravimetrik analizleri



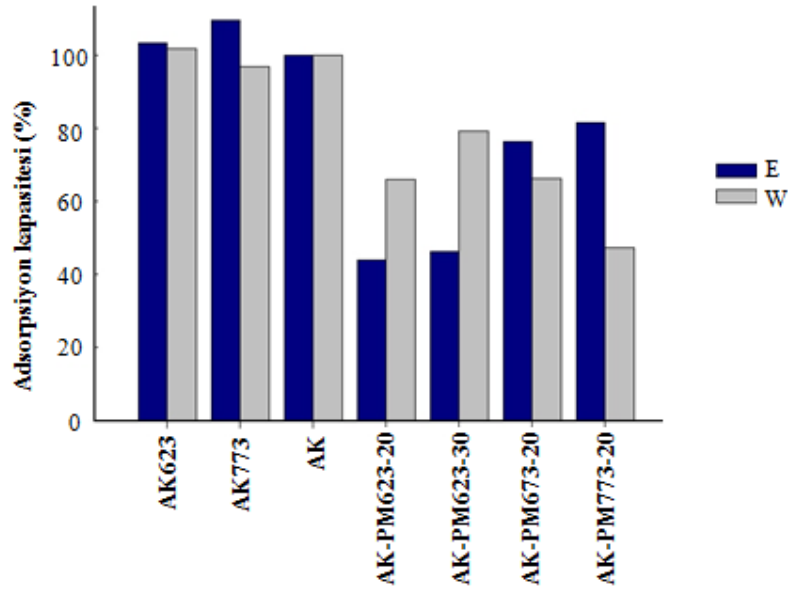
Şekil 4.268: AK-PM'nin mikrodalga cihazı ve elektrikli fırında 623 K'de farklı sürelerde gerçekleştirilen rejenerasyonlarından sonra elde edilen numunelerin diferansiyel termogravimetrik analizleri

Şekil 4.267 ve 4.268, her iki cihazda 573 ve 623 K’de farklı sürelerde rejenere edilmiş karbon numunelerinin diferansiyel termogravimetrik analiz sonuçlarını gösterir. 573 ve 623 K’de her iki cihazda yapılan rejenerasyonlardan sonra adsorplanmış PM’nin ikinci fraksiyonuna karşılık genel 773 K civarındaki pikin kaybolmadığı, dolayısıyla desorpsiyonun bu koşullarda yetersiz olduğu ve yine bu koşullarda mikrodalga cihazında yapılan rejenerasyonda desorpsiyonun daha fazla olduğu görülüyor. 623 K’de elektrikli fırındaki rejenerasyon adsorplanmış PM’nin sadece birinci fraksiyonunun desorpsiyonunu sağlarken, mikrodalga rejenerasyonu PM’nin her iki fraksiyonunun da uzaklaştırılmasını sağladı. 623 K’de elektrikli fırında yapılan rejenerasyonda uygulanan uzun sürelerde bile karbonda desorbe olmadan kalan PM miktarının çok fazla olması sebebiyle, 673 ve 773 K’de deneyler yapıldı. Şekil 4.269’da elektrikli fırın ile yapılan rejenerasyonda PM’nin tamamen desorbe olması için 773 K sıcaklığa çıkmanın gerektiği görülüyor. Aynı şekilde 773 K’de farklı cihazlar ile yapılan rejenerasyon sonrasında elde edilen grafiklerin birbirine yakın olduğu, yani yüksek sıcaklıklarda cihazlar arası farkın küçüldüğü de görülüyor.



Şekil 4.269: AK-PM’nin mikrodalga cihazı ve elektrikli fırında 673 ve 773 K’de gerçekleştirilen rejenerasyonlarından sonra elde edilen numunelerin diferansiyel termogravimetrik analizleri

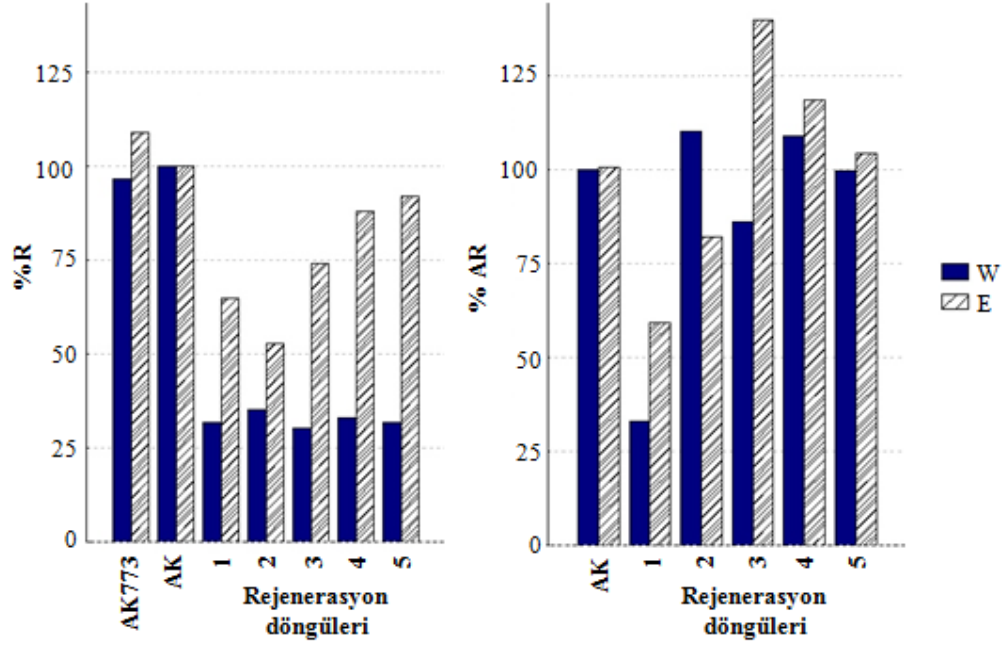
AK ve AK-PM'ye uygulanan termal işlemlerden sonra alınan karbon numunelerine adsorpsiyon kapasitesi testleri yapıldı ve sonuçlar Şekil 4.270'te gösterildi. Ham haldeki AK'ya elektrikli fırında ve mikrodalga cihazında uygulanan termal işlemlerin sonucunda AK'nın adsorpsiyon kapasitesinin çok değişmediği görüldü. Ancak AK-PM'nin her iki cihazda 623 K'deki rejenerasyonundan sonra elde edilen karbon numunesinin PM adsorpsiyon kapasiteleri büyük ölçüde düştü. Bunun yanı sıra sıcaklık 673 ve 773 K'e çıkarıldıktan sonra da adsorpsiyon kapasitelerinde, özellikle mikrodalga cihazında işlem gören karbon numuneleri için daha belirgin olan önemli bir düşüş oldu.



Şekil 4.270: Ham AK'nın, termal işlem görmüş AK'nın ve AK-PM'nin seçilen farklı sıcaklık ve sürelerde rejenerasyonundan sonra elde edilen numunelerin adsorpsiyon kapasitelerinin karşılaştırılması

Farklı sıcaklıklar ve sürelerde yapılan rejenerasyon deneylerinden sonra optimum sonucun elde edildiği koşul (773 K ve 20 dakika) kullanılarak art arda adsorpsiyon-rejenerasyon döngüleri yapıldı. AK ve AK-PM'ye uygulanan termal işlemlerden sonra alınan karbon numunelerine adsorpsiyon kapasitesi testleri yapıldı. Adsorpsiyon kapasitesi değerleri kullanılarak hesaplanan rejenerasyon ve adım rejenerasyon veriminin döngüler boyunca değişimi Şekil 4.271'de gösterildi. Şekilden de görüldüğü gibi rejenerasyon verimi döngüler boyunca aşama aşama düştü ve bu düşüş özellikle

mikrodalga cihazında yapılan rejenerasyonlarda ve birinci döngüden sonra daha belirgin oldu. Elektrikli fırında ise daha iyi sonuçlar elde edildi. Birinci döngüdeki düşüşten sonra, rejenerasyon verimi yavaşça yükseldi ve dört döngüden sonra %80'in üzerine çıktı.



Şekil 4.271: Adsorpsiyon-rejenerasyon döngüleri boyunca rejenerasyon (a) ve adım rejenerasyon (b) veriminin değişimi

Tablo 4.66 ve 4.67 termal işlemin öncesi ve sonrasında karbon numunelerinin fizikokimyasal özelliklerini gösterir.

Tablo 4.66: Termal işlemin öncesi ve sonrasında karbon numunelerinin kimyasal analizi ve pH_{PZC} değerleri

	C (% ağı.)	H (% ağı.)	N (% ağı.)	S (% ağı.)	O (% ağı.)	pH_{PZC}
AK	95,5	0,8	0,6	0,3	2,7	7,3
AKW623-60	96,2	0,7	0,4	0,2	2,5	7,5
AKW673-60	96,5	0,6	0,3	0,2	2,4	7,4
AKW773-60	96,8	0,6	0,3	0,2	2,1	7,8
AKE623-60	96,4	0,7	0,3	0,2	2,4	7,6
AKE673-60	96,3	0,7	0,4	0,5	2,2	7,6
AKE773-60	96,7	0,7	0,3	0,2	2,1	7,5

Tablo 4.67: Termal işlemin öncesi ve sonrasında karbon numunelerinin yüzey ve gözenek özellikleri

	S_{BET} (m^2/g)	V_{toplam} (cm^3/g)	V_{mikro} (cm^3/g)	V_{mezo} (cm^3/g)
AK	1062	0,536	0,329	0,107
AK-PM	250	0,162	0,046	0,051
AKW623-60	1060	0,536	0,330	0,106
AKW673-60	1064	0,536	0,331	0,106
AKW773-60	1065	0,536	0,331	0,106
AKE623-60	1070	0,540	0,333	0,105
AKE673-60	1082	0,544	0,337	0,107
AKE773-60	1095	0,550	0,340	0,107
AK-PMW773-1	578	0,325	0,163	0,101
AK-PMW773-2	586	0,329	0,132	0,096
AK-PMW773-3	610	0,335	0,104	0,087
AK-PMW773-4	598	0,337	0,104	0,065
AK-PMW773-5	591	0,338	0,104	0,040
AK-PME773-1	717	0,384	0,203	0,111
AK-PME773-2	728	0,389	0,211	0,108
AK-PME773-3	757	0,395	0,217	0,105
AK-PME773-4	812	0,415	0,223	0,118
AK-PME773-5	860	0,480	0,242	0,130

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Fiziksel ve kimyasal özellikleri farklılık gösteren beş ilaç etken maddesinin (PM, TFP, TM, CM, IBU) 10-100 mg/L derişim aralığında sulu ortamda ve iyonik yüzey aktif maddeler (SDS ve DTAB) varlığında adsorpsiyonu çalışıldı. Adsorpsiyon çalışmalarında organik (AK) ve anorganik (BNT) olmak üzere iki adet adsorban aynı koşullar altında kullanıldı.

298 K'de ve 100 mg/L başlangıç derişiminde her bir ilaç etken maddesi için derişimin zamanla değişimi izlenerek AK ve BNT adsorpsiyonunun denge süreleri tespit edildi. AK ve BNT için bulunan denge süreleri Tablo 5.1'de gösterildi. Derişimin zamanla değişimi deneyleri KMD altı ve KMD üstü derişimlerdeki YAM varlığında da tekrarlandı ve her iki YAM varlığında da denge sürelerinde herhangi bir değişiklik olmadığı gözlemlendi. Ortamda YAM bulunmasının adsorbatların denge süresine etki etmediği tespit edildi. Grządka [96] da benzer şekilde polisakkarit adsorpsiyonunda ortamda YAM varlığının denge süresine önemli bir etkide bulunmadığını tespit etmiştir.

Tablo 5.1: İlaç etken maddelerinin AK ve BNT adsorpsiyonlarına ait denge süreleri

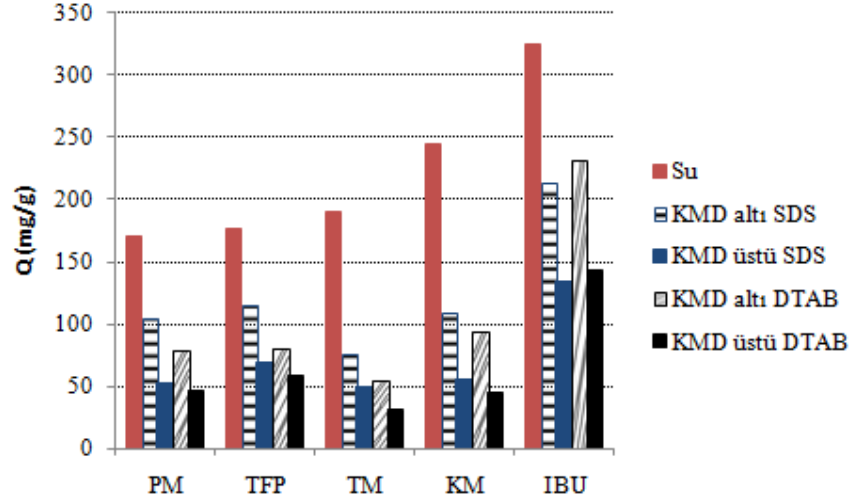
	AK adsorpsiyonu	BNT adsorpsiyonu
PM	168 sa (7 gün)	22 sa
TFP	168 sa (7 gün)	23 sa
TM	144 sa (6 gün)	24 sa
KM	72 sa (3 gün)	22 sa
IBU	48 sa (2 gün)	17 sa

Sulu ortamda ve YAM varlığında elde edilen derişimin zamanla değişimi verileri Lagergren Birinci Derece ve Yalancı İkinci Derece eşitliklerine uygulanarak hız sabitleri hesaplandı ve R^2 değerleri esas alınarak yapılan karşılaştırma sonucunda, AK adsorpsiyonunda bütün ilaç etken maddelerinin hem sulu ortamda hem de YAM varlığındaki adsorpsiyonlarının Yalancı 2. derece eşitliğine daha iyi uyduğu görüldü. BNT adsorpsiyonunda ise, sadece IBU'nun sulu ortamdaki adsorpsiyonunun Lagergren

1. derece eşitliğine uyduğu, diğer dört ilaç etken maddesinin tüm adsorpsiyonlarının ise Yalancı 2. derece eşitliğine daha iyi uyduğu görüldü. Ayrıca tanecik içi difüzyon grafikleri çizilerek ilgili sabitler hesaplandı. Çizilen grafikler yardımıyla çalışılan şartlarda adsorpsiyon mekanizmasında tanecik içi difüzyonun rol oynadığı görüldü. Üç farklı tipte değişimin görüldüğü bu grafiklerde, başlangıçta görülen eğri sınır tabaka etkisini, daha sonra gelen doğrusal kısım tanecik içi difüzyonu ve en sonda görülen düzlük ise denge bölgesini ifade eder. Doğrusal kısmın orijinden geçmiyor olması ise, hızı kontrol eden tek adımın tanecik içi difüzyon olmadığını gösterir.

Sulu ortamda yapılan adsorpsiyon çalışmaları sonucunda çalışılan tüm ilaç etken maddelerinin AK ve BNT üzerindeki adsorpsiyonlarının Giles sınıflandırmasına göre L tipine uyduğu belirlendi. L tipi izotermde başlangıç eğiminin değişimi, adsorbandaki bölgeler doldukça adsorbat moleküllerinin boş adsorpsiyon bölgeleri bulmalarının zorluğundaki artışı gösterir. Bu tip izotermde adsorplanmış moleküller dikey olarak yerleşmediği gibi, çözücü ile kuvvetli bir yarışma da yoktur. Adsorpsiyon deneyleri 298 K'de KMD altı ve üstündeki derişimlerde YAM varlığında tekrarlandı. AK ile YAM varlığında yapılan adsorpsiyonların sonuçlarına bakıldığında; izoterm şekillerinde özellikle başlangıç eğimlerinde değişiklikler olduğu gözlemlendi. SDS varlığında yapılan çalışmalarda PM ve TFP'ye ait izotermde başlangıç eğimlerinin (özellikle KMD altında) artarak H tipine yaklaştığı görüldü. H tipi izoterm L-tipinin özel bir şeklidir ve adsorbatın adsorbana olan yüksek ilgisini gösterir. Yine SDS varlığında yapılan TM (özellikle KMD üstünde) ve KM (KMD altında ve üstünde) adsorpsiyonlarında izotermde başlangıç eğimleri değişerek izoterm şekilleri S tipine yaklaştı. S-tipi izotermde başlangıç eğiminin değişimi derişim arttıkça adsorpsiyonun kolaylaştığını gösterir. Adsorban için (adsorbat ile çözücü molekülleri ya da başka bir adsorbatın molekülleri arasında) kuvvetli bir yarışma vardır. SDS varlığında yapılan IBU adsorpsiyonunda ise izotermde başlangıç eğimleri azalmakla birlikte şekilleri L tipini korudu. DTAB varlığında yapılan çalışmalarda ise izotermde başlangıç eğimleri yine azalmakla birlikte tipleri değişmedi. BNT ile YAM varlığında yapılan adsorpsiyonların sonuçlarına göre; izoterm tiplerinde herhangi bir değişiklik gözlemlenmedi. Giles izotermde başlangıç eğimlerinin L tipi olan şekillerini korudu.

Adsorpsiyon deneylerinden elde edilen veriler Langmuir ve Freundlich eşitlikleri kullanılarak modellendi ve ilgili sabitler hesaplandı. Elde edilen izotermelerin R^2 değerleri esas alınarak yapılan karşılaştırmada adsorpsiyonların Langmuir eşitliğine Freundlich eşitliğinden daha iyi uyduğu görüldü. Çalışılan ilaç etken maddelerinin AK ve BNT adsorpsiyonları için Langmuir izoterminden bulunan adsorpsiyon kapasitesi (Q) değerleri Şekil 5.1’de karşılaştırıldı.



Şekil 5.1: İlaç etken maddelerinin AK üzerindeki adsorpsiyonları için YAM yokluğu ve varlığında elde edilen kapasite değerlerinin karşılaştırılması

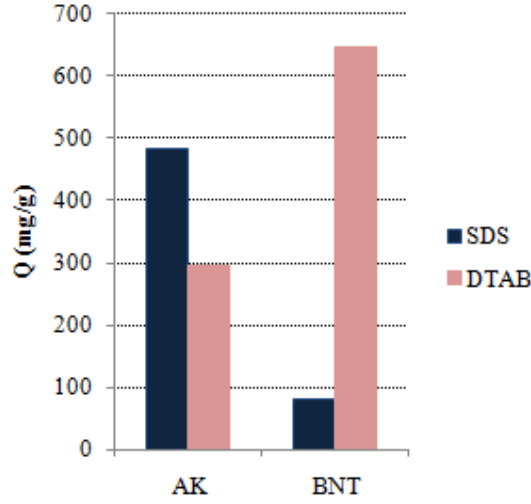
Şekil 5.1’de görüldüğü gibi AK üzerinde adsorplanma kapasitesi en düşük olan ilaç etken maddeleri PM ve TFP’dir. PM ve TFP’nin benzer adsorplanma eğilimi göstermeleri adsorpsiyon kapasitesi değerlerinden de görülmektedir. Bu durum fenotiyazin grubu ilaç etken maddeleri olan PM ve TFP’nin benzer molekül yapıları ve fiziksel özelliklere sahip olmaları ile açıklanabilir. Bununla birlikte adsorpsiyon kapasitelerinin ilaç etken maddelerinin sudaki çözünürlüğünün azalması ile arttığı da görüldü. Düşük çözünürlüğe sahip olan üç ilaç etken maddesinin (TM, KM, IBU) adsorpsiyon kapasiteleri, yüksek çözünürlüğe sahip olan fenotiyazinlere göre daha yüksek bulundu. Sudaki çözünürlük sırası $TM > KM > IBU$ şeklinde olan bu üç ilaç etken maddesinin adsorpsiyon kapasiteleri $TM < KM < IBU$ şeklinde sıralandı. Bu durum adsorpsiyonu yürüten kuvvetler arasında hidrofobik etkileşimin etkinliğini gösterir. Çalışılan ortamda fenotiyazin grubu ilaç etken maddeleri (+) yüklü; TM ile

KM (+) yüklü ve nötral türlerinin bir karışımı; IBU ise (-) yüklüdür. (+) yüklü AK yüzeyi üzerinde IBU adsorpsiyonu için en yüksek kapasite değerinin gözlenmesi adsorpsiyonda elektrostatik etkileşimin de rol oynaması ile açıklanabilir.

Adsorpsiyon sürecine sıcaklığın etkisini incelemek için; AK ile sulu ortamda farklı sıcaklıklarda yapılan adsorpsiyon deneylerinden elde edilen veriler kullanılarak ΔH^0 ve ΔS^0 değerleri hesaplandı (Tablo 4.11). Bulunan ΔH^0 değerlerinin sıfırdan büyük olması adsorpsiyonun endotermik olduğunu, sıfırdan küçük olması ise adsorpsiyonun ekzotermik olduğunu gösterir. Buna göre PM, TFP ve KM'nin AK üzerindeki adsorpsiyonları endotermik; TM ve IBU'nun ise ekzotermiktir. ΔS^0 değerlerinin sıfırdan büyük olması katı-sıvı ara yüzeyinde serbestlik derecesinin arttığını, sıfırdan küçük olması ise azaldığını gösterir. Endotermik olan süreçlerde ΔS^0 değeri sıfırdan büyük, ekzotermik olanlarda ise sıfırdan küçük bulunmuştur.

İlaç etken maddelerinin YAM'ler varlığında adsorpsiyonu oldukça kompleks bir sisteme neden olur. Bu ortamda, ilaç etken maddelerinin AK ve BNT üzerindeki adsorpsiyonunun yanısıra, YAM'lerin AK ve BNT üzerindeki adsorpsiyonu ve misellerle ilaç etken maddelerinin etkileşimi de sözkonusudur.

Bu nedenle YAM varlığında yapılan adsorpsiyon çalışmalarının daha iyi anlaşılabilmesi için SDS ve DTAB'ın adsorbanlar üzerinde tek başına adsorpsiyonları ayrıca çalışıldı. Bu çalışmalar sonucunda (-) yüklü SDS'nin (+) yüklü AK yüzeyine, (+) yüklü DTAB'dan daha fazla adsorplanma eğilimi gösterdiği görüldü. (+) yüklü DTAB'ın ise (+) yüklü BNT yüzeyine, (-) yüklü SDS'den daha fazla adsorplanma eğilimi gösterdiği tespit edildi. Bu sonuçlar ayrıca ilaç etken maddelerinin AK ve BNT yüzeyindeki adsorpsiyonları için öngörülen mekanizmaları da destekledi. YAM'lerin her iki adsorban üzerindeki adsorpsiyonlarının çok kısa sürede (yaklaşık 5 dakika içinde) gerçekleştiği görüldü. YAM'lerin adsorpsiyonlarının kısa sürede dengeye gelmiş olması daha önce yapılmış çalışmalarla da uyum göstermiştir. Ayrıca YAM'ler için çizilen adsorpsiyon izotermi, YAM'lerin tipik adsorpsiyon izotermine uyum sağlamıştır [11, 97].



Şekil 5.2: YAM'lerin AK ve BNT üzerindeki adsorpsiyonlarının kapasite değerlerinin karşılaştırılması

AK ile KMD altında ve üstündeki derişimlerde SDS varlığında yürütülen adsorpsiyon deneylerinde, bütün ilaç etken maddelerinin adsorpsiyon kapasitelerinin önemli ölçüde azaldığı görüldü (Şekil 5.1). SDS'nin AK'ya olan yüksek ilgisi dikkate alınarak; KMD altında bu durumun (+) yüklü karbon yüzeyi için (-) yüklü SDS molekülleri ile ilaç etken maddeleri arasındaki yarışmadan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu da AK yüzeyinin bir kısmının çok kısa bir süre içinde SDS molekülleri ile kaplandığını ve ilaç etken maddelerinin sulu ortama kıyasla yüzeye ulaşmakta zorlandığını gösterir. Erdinç ve diğ. [78] de benzer şekilde tiyridazin hidroklorürün AK üzerindeki adsorpsiyon kapasitesinin SDS varlığında azaldığını göstermişlerdir.

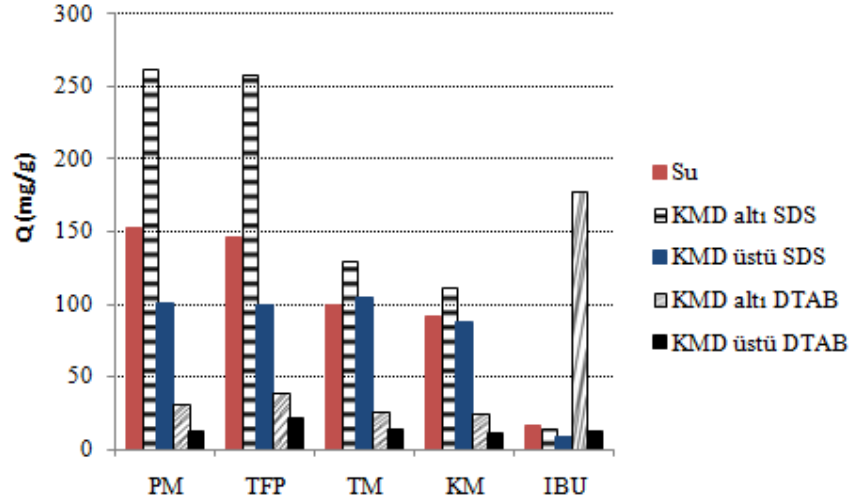
SDS miselleri bulunan (KMD üstü) derişimlerde ise adsorpsiyon kapasitelerinde daha büyük bir azalma görüldü. (-) yüklü SDS miselleri (+) yüklü moleküller ile etkileşim gösterdiğinden [98, 99], KMD üstünde (+) yüklü ilaç etken maddeleri ile anyonik SDS miselleri arasındaki etkileşim sonucu, PM, TFP, TM, KM karbon yüzeyine tutunmak yerine SDS misellerine bağlanma başka bir deyişle misellerle çözündürülme eğilimi gösterirler. Sonuç olarak bu davranış hem ilaç etken maddelerinin AK üzerindeki adsorpsiyonunun ilaç etken maddelerinin misellere bağlanması üzerinden yürümesi hem de alternatif olarak anyonik miseller tarafından çözündürülmesiyle açıklanabilir. IBU'nun SDS miselleri varlığında AK üzerindeki adsorpsiyonundaki azalmaya neden

olan ortamdaki elektrostatik itmenin, KMD altında görülen elektrostatik itmeden daha güçlü olmasıyla açıklanabilir. (-) yüklü SDS miselleri IBU'nun AK yüzeyine ulaşmasını zorlaştırması sonucu yarışmalı adsorpsiyona neden olur.

AK ile KMD altında ve üstündeki derişimlerde katyonik DTAB bulunan ortamda yapılan adsorpsiyon deneylerinde, çalışılan tüm ilaç etken maddelerinin adsorpsiyon kapasitelerinin düştüğü gözlemlendi. DTAB bulunan ortamda yapılan adsorpsiyonlarda adsorpsiyon kapasiteleri PM, TFP, TM, KM için, SDS varlığında yapılan adsorpsiyon çalışmalarındaki değerlerden daha düşük bulundu. DTAB'ın AK'ya olan adsorplanma eğilimi ve adsorpsiyonun çok kısa sürede gerçekleşmesi sonucu AK yüzeyi pozitif yüklü DTAB molekülleri ile kaplanır ve pozitif yüklü ilaç etken maddelerinin AK yüzeyine yaklaşarak yüzeyde yer bulması daha da zorlaşır. Ayrıca (+) yüklü organik moleküllerin (+) yüklü YAM'ler ile ancak çok zayıf etkileşimler yapabildiği göz önüne alınırsa [99], (+) yüklü DTAB ile (+) yüklü ilaç etken maddeleri arasındaki hidrofobik etkileşimin çok zayıf olması bu ilaç etken maddelerinin DTAB misellerine bağlı olarak da önemli miktarda adsorplanmasına imkan vermeyebilir.

Sonuç olarak hem KMD altında hem de KMD üstünde adsorpsiyon kapasitesi azaldığından, söz konusu yarışmalı adsorpsiyon sırasında, adsorpsiyon hızı çok yüksek olan DTAB'ın adsorpsiyonu daha elverişlidir.

(-) yüklü ilaç etken maddesi IBU için bulunan kapasite değerleri incelendiğinde, (+) yüklü olanların aksine SDS varlığında yapılan adsorpsiyondan bulunan kapasite değerinin DTAB varlığında yapılan adsorpsiyondan bulunan kapasite değerinden daha düşük olduğu görülür. Burada adsorpsiyon kapasitesinde görülen küçük miktardaki azalma IBU ve DTAB'ın zıt yükler taşımalarından dolayı, AK yüzeyine adsorplanan DTAB'ın IBU adsorpsiyonunu SDS kadar engellememesinden kaynaklanır. Ayrıca (+) yüklü YAM'ler ile (-) yüklü organik moleküller arasındaki etkileşimler [100], IBU'nun SDS miselleri ile yüzeyde bir miktar tutunabilmesine imkan verebilmiştir.



Şekil 5.3: İlaç etken maddelerinin BNT üzerindeki adsorpsiyonları için YAM yokluğu ve varlığında elde edilen kapasite değerlerinin karşılaştırılması

Sulu ortamda BNT adsorpsiyonu sonuçları için düzenlenen Şekil 5.3’de de görüldüğü gibi, BNT üzerinde adsorplanma kapasitesi en yüksek olan ilaç etken maddelerinin PM ve TFP, en düşük olanın ise IBU olduğu saptandı. Benzer moleküler yapıya sahip olan PM ve TFP’nin adsorpsiyon kapasitesi değerleri de birbirine sayısal olarak yakın bulundu. Adsorpsiyon kapasitesi molekülün çözünürlüğünün azalması ile azalırken, çözünürlüğü en az olan IBU’da en düşük kapasite değeri gözlemlendi. Ayrıca (+) yüklü ilaç etken maddeleri (+) yüklü BNT yüzeyine (-) yüklü IBU’ya göre daha fazla adsorplanma eğilimi gösterdiler. Bu durum BNT adsorpsiyonunda katyon değişimi mekanizmasının baskın olmasıyla açıklanabilir. Katyon değişimine imkan veren katyonik ilaç etken maddeleri için (PM, TFP) en yüksek kapasite değerleri bulunmuş, (-) yüklü olan IBU’nun kapasite değeri ise düşük düzeyde kalmıştır. Bulunan bu düşük kapasite değerinin ise (-) yüklü IBU ile (+) yüklü BNT yüzeyi arasındaki elektrostatik etkileşimin bir sonucu olduğu düşünülebilir. Çalışılan ortamda katyonik ve nötral türlerinin bir karışımı olarak bulunan TM ve KM’nin adsorpsiyon kapasiteleri ise bu mekanizmayı destekler şekilde yüksek ve düşük değerler arasında (yani (+) yüklü fenotiyazinlerden az, (-) yüklü IBU’dan fazla) yer aldı.

Adsorpsiyon sürecine sıcaklığın etkisini incelemek için; BNT ile sulu ortamda farklı sıcaklıklarda yapılan adsorpsiyon deneylerinden elde edilen veriler kullanılarak ΔH^0 ve

ΔS^0 değerleri hesaplandı (Tablo 4.42). Bulunan ΔH^0 değerlerine göre PM ve TFP'nin BNT zerindeki adsorpsiyonları endotermik; TM, KM ve IBU'nun ekzotermiktir. Endotermik olan süreçlerde ΔS^0 değeri sıfırdan büyük, ekzotermik olanlarda ise sıfırdan küçük bulunmuştur. Buna göre PM ve TFP adsorpsiyonlarında katı-sıvı ara yüzeyinde serbestlik derecesinin arttığı; TM, KM ve IBU adsorpsiyonlarında ise azaldığı söylenebilir.

BNT ile SDS varlığında yapılan adsorpsiyonlarda; adsorpsiyon kapasitelerinde farklı değiştiklikler görüldü. KMD altındaki derişimde SDS bulunan ortamda, PM ve TFP'nin adsorpsiyon kapasitelerinde önemli bir artışın olduğu görüldü. SDS'nin BNT'ye az da olsa bir miktar ilgi göstermesi (+) yüklü BNT yüzeyi ile (-) yüklü SDS molekülleri arasındaki elektrostatik etkileşimden kaynaklanır. Ancak adsorpsiyonun kapasitesinin SDS'nin AK zerindeki adsorpsiyonuna göre daha düşük olduğu bulundu. Çok hızlı gerçekleşen bu adsorpsiyon sonucu BNT yüzeyi SDS ile bir miktar yüklenir ve yüzeyde (-) yükler artar. Bu durum BNT yüzeyinde SDS ile yapılan bir çeşit modifikasyon (yüzey yapısının değişimi) gibi düşünülebilir [13, 82, 83, 101, 102] ve organik madde ile gerçekleşen bu modifikasyon (organokil) BNT'ye hidrofobik özellik kazandırır. Janoş ve şmıdov [10] benzer Şekilde KMD altında SDS varlığının boyar maddenin demir hmat üzerindeki adsorpsiyonunu arttırdığını, KMD üstünde ise azalttığını göstermişlerdir.

KMD üstünde bu artışın gözlenememesi, aksine büyük bir azalmanın izlenmesi; katyonik ilaç etken maddelerinin misel bulunan ortamda SDS ile etkileşimleri sonucu [98, 99], BNT yüzeyinde tutunmak yerine misellere bağlanma eğilimleri ile açıklanabilir. Ortamda katyonik ve nötral türlerinin bir karışımı halinde bulunan TM ve KM'nin adsorpsiyon kapasitesindeki artışın daha küçük bir boyutta görülmesi ve IBU adsorpsiyonunda ise artış yerine azalmanın görülmesi öngörülen mekanizmayı destekler. (-) yüklü IBU'nun yine (-) yüklü SDS ile bir miktar kaplanan BNT yüzeyine elektrostatik itmeden dolayı yaklaşmakta zorlanması adsorpsiyonun kapasitesinin sulu ortamda bulunan kapasite değerinin de altında çıkmasına sebep olur. (-) yüklü SDS BNT yüzeyi için (-) yüklü IBU ile yarışmaya girer ve SDS adsorpsiyonunun çok kısa sürede gerçekleşmesinin etkisiyle BNT yüzeyinde daha fazla adsorplanır. KMD zerindeki derişimde SDS bulunan ortamda ise TM ve KM'nin adsorpsiyon kapasiteleri

hemen hemen aynı kalırken IBU'da yine azalma gözlemlendi. TM ve KM, ortamda katyonik ve nötral türlerinin bir karışımı halinde bulunduğundan SDS ile etkileşimleri adsorpsiyona daha az etki eder. TM'nin SDS miselleriyle çözündürülmesi ile BNT yüzeyine tutunması adsorpsiyon kapasitesinde çok küçük bir artışa da neden olur. IBU durumunda ise yarışmalı adsorpsiyon devam etmiş ve BNT yüzeyine hızlıca tutunan SDS miselleri IBU'nun yüzeye yaklaşmasına engel olmuştur.

BNT ile KMD altında ve üstündeki derişimlerde DTAB bulunan ortamda yapılan adsorpsiyonlarda da adsorpsiyon kapasitelerinde farklı değişmeler gözlemlendi. PM, TFP, TM, KM'nin adsorpsiyon kapasiteleri KMD altında ve üstündeki DTAB bulunan ortamlarda büyük ölçüde azaldı. DTAB'ın BNT'ye SDS'den çok daha büyük bir ilgi ile ve çok kısa bir sürede katyon değişimi mekanizması ile tutunması, BNT yüzeyinin DTAB ile dolmasına yol açar. Sonuçlar katyonik yapıli ilaç etken maddelerinin adsorpsiyonunda yarışmalı adsorpsiyon olduğunu ve katyonik yapıli ilaç etken maddelerinin DTAB tarafından doldurulan BNT yüzeyinde yer bulamadığını gösterir. Ayrıca (+) yüklü moleküllerin katyonik YAM'ler ile etkileşiminin çok zayıf olması, BNT yüzeyine miseller ile birlikte tutunmalarını da elverişli kılmaz. IBU'nun BNT ile adsorpsiyonunda görülen önemli artış ise; BNT yüzeyinin kısa sürede DTAB ile dolarak bir çeşit modifiye olması (yüzey yapısının değişimi) nedeniyle BNT'yi IBU adsorpsiyonuna oldukça elverişli duruma getirmesi ile açıklanabilir. Bu mekanizmayı doğrular şekilde IBU'nun adsorpsiyon kapasitesinde KMD altı derişimde DTAB varlığında çok büyük bir artış gözlemlendi. IBU adsorpsiyonuna elverişli olmayan BNT yüzeyi DTAB varlığında IBU için yüksek bir adsorplanma kapasitesi gösterdi. Katyonik YAM'lerin (-) yüklü moleküller ile etkileşimleri [100] göz önüne alındığında, KMD üstünde adsorpsiyonun azalması ise DTAB ile IBU arasında gerçekleşen etkileşim yani misellere bağlanma eğilimi ile açıklanabilir. Bulunan düşük adsorpsiyon kapasitesi değeri ise bir miktar IBU'nun BNT yüzeyine DTAB miselleri ile birlikte tutunduğunu gösterir.

Adsorpsiyon çalışmalarından sonra rejenerasyon çalışmaları için en uygun ilaç etken maddesi olan PM ve adsorban olarak AK seçilerek farklı yöntemler ile rejenerasyon çalışıldı. Kimyasal rejenerasyon deneylerinde alkoller (metanol, etanol ve izopropanol) kullanıldı. Deneylerden önce numunelerin rejenerasyon verimi zamana bağlı olarak

izlendi ve kullanılan her bir alkol için optimum rejenerasyon süresi 24 saat olarak tespit edildi. Daha sonra farklı alkol/su oranları kullanılarak, alkol/su oranının rejenerasyon verimine etkisi incelendi. Saf alkoller için desorpsiyon verimi kullanılan alkollerin molekül ağırlığının azalması ile artarak aşağıdaki sıralamayı izledi:

metanol ($m_A=32$ g/mol) > etanol ($m_A=46$ g/mol) > izopropanol ($m_A=60$ g/mol)

Bu davranış molekülleri daha küçük olan alkolün mikrogözeneklere daha kolay ulaşması ile açıklanabilir. Alkoller saf su ile seyreltildiğinde, kullanılan bazı alkol/su oranları için saf alkollere göre daha yüksek desorpsiyon verimi elde edildi. PM'nin desorpsiyonu için en yüksek verim %40 izopropanol ile sağlandı. Ancak en yüksek desorpsiyon veriminin %70'in altında olması PM'nin tam desorpsiyonunun sağlanmadığını gösterdi. Saf çözücüler kullanıldığında daha düşük desorpsiyon verimi gözlenmesinin sebebinin AK'nın saf çözücüler içindeki ıslanabilirliğinin daha düşük olmasından kaynaklandığı düşünülebilir. Bu durum Lu ve diğ. [22] tarafından boyar maddeler ile yüklenmiş aktif karbonların çözücü rejenerasyonu için bulunan sonuçlar ile uyum sağladı.

Tespit edilen optimum koşullar (%40 izopropanol ve 24 saat) kullanılarak arka arkaya adsorpsiyon-rejenerasyon döngüleri yapıldı. Döngüler boyunca karbon numunelerinin rejenerasyon veriminde kademeli bir düşüş gözlemlendi. Birinci döngüden sonra %60'lara düşen rejenerasyon verimi, üçüncü döngüden itibaren %50'nin altında dengelendi. Tablo 4.64 ve 4.65'ten görüldüğü gibi tek başına çözücü muamelesi AK'nın kimyasal yapısı ya da yüzey özelliklerini değiştirmediğinden, adsorpsiyon kapasitesindeki azalma desorbe olmadan karbon yüzeyinde kalan PM moleküllerinin adsorpsiyon aktif bölgelerini işgal etmesi sonucu bu bölgelerin bir sonraki adsorpsiyonda kullanılamaması ile açıklanabilir. Ayrıca çözücü rejenerasyonu organik çözücünün AK'nın üzerindeki aktif adsorpsiyon bölgeleri için ilaç etken maddesi ile yarışmasına dayandığından, adsorpsiyon kapasitesindeki azalmada çözücü rejenerasyonundan sonra AK üzerinde kalmış olan izopropanol moleküllerinin de etkisi olabilir. İzopropanol ile doldurulmuş olan adsorpsiyon aktif bölgeleri daha sonraki döngülerde adsorpsiyona elverişsiz olur [22].

Termal rejenerasyon deneylerinde ise klasik elektrikli fırın ve mikrodalga cihazı aynı koşullar altında kullanıldı. Deneylerden önce adsorbat-adsorban etkileşimlerinin

sıcaklıkla değişimini görmek için, öncelikle PM-AK diferansiyel termogravimetrik analiz ile karakterize edildi. PM-AK'nın diferansiyel termogravimetrik analiz sonucundan (Şekil 4.266) PM'nin AK yüzeyine farklı adsorpsiyon bölgelerindeki etkileşimlere dayanan iki farklı fraksiyon halinde tutunmuş olduğu görüldü. AK üzerindeki başka aromatik bileşiklerin de benzer şekilde birkaç desorpsiyon piki gösterdiği Cabal ve diğ. [103] tarafından da gösterilmiştir. Karbon yüzeyinde tespit edilen her iki fraksiyonun da uzaklaştırılabileceği optimum şartların belirlenebilmesi için farklı sıcaklıklar ve sürelerde deneyler yapıldı.

623 K'de yapılan deneylerde mikrodalga cihazı ile yapılan rejenerasyon elektrikli fırın ile yapılandan daha iyi sonuç verdi. Sonuçlar düşük sıcaklıklarda mikrodalga destekli termal rejenerasyonun daha verimli olduğunu gösterdi. Ancak her iki cihazda da yapılan rejenerasyonlardan sonra AK'nın PM adsorpsiyon kapasitesi büyük miktarda düştü.

Sıcaklık 673 ve 773 K'lere yükseltildiğinde ise adsorpsiyon kapasitelerinde yine önemli azalmalar oldu. Bu sıcaklıklarda mikrodalga cihazında işlem gören numunelerde daha büyük azalmalar gözlemlendi. 673 K ve daha yüksek sıcaklıklarda elektrikli fırının veriminin mikrodalga cihazının veriminden daha yüksek olduğu görüldü. Bu sonuçlar organik maddeler ile yüklenmiş karbon materyallerin rejenerasyonu için mikrodalga yönteminin klasik elektrikli fırın yönteminden daha verimli olduğunun gösterildiği önceki çalışmalar ile uyum sağlamadı [18, 19, 104-112].

Bu durum rejenerasyonda sadece ısıtma mekanizmasının değil adsorbat-adsorban sisteminin özelliklerinin de kendi başına önem taşıdığı şeklinde açıklanabilir. Diferansiyel termogravimetrik analiz sonuçları dikkate alınarak, rejenerasyondan sonra elde edilen karbon numunelerinin adsorpsiyon kapasitelerindeki azalma rejenerasyon sırasında karbon malzemenin içinde adsorplanmış halde bulunan PM moleküllerinin termal kreaking ile açıklanabilir. PM'nin dekompozisyon ürünleri adsorbanın gözeneklerinde tıkanmaya sebep olarak gözeneklerin daha sonraki adımlarda adsorpsiyonda kullanılamamasına yol açabilir [18, 19, 103-109, 111-112]. Sonuçlara göre termal kreaking mikrodalga cihazında daha hızlı gerçekleşerek, verimin daha fazla düşmesine sebep olmuştur. Bu durum PM'nin mikrodalgaları kolayca absorplayabilen

polar bir bileşik olması, uygulanan mikrodalga enerjisinin bir kısmının karbon içinde tutunmuş olan PM molekülleri tarafından absorplanmış olabileceği şeklinde açıklanır.

Mikrodalga radyasyonunun kullanıldığı ısıtma mekanizması moleküler düzeyde hızlı bir ısıtmaya dayanır. Sonuç olarak mikrodalgalar ile PM molekülünün kimyasal bağları arasındaki etkileşimler bileşiğin hızlı termal krakingini (microwave-lysis) çabuklaştırarak, rejenere edilmiş adsorbanın gözeneklerini kapatabilen kok birikintilerinin oluşmasına sebep olur. Mikrodalgaların bir bileşiğin bozunmasındaki etkisi bileşiğin kimyasal yapısına bağlı olduğu bilinmektedir.

Tablo 1 ve 2'den termal işlemin ham AK'nın kimyasal yapısı ve yüzey özelliklerini önemli ölçüde değiştirmedeği, sadece oksijen içeriğinde bir miktar düşüşe sebep olduğu görülmektedir. Ayrıca bunu destekler şekilde termal işlemde geçmiş ham AK'nın adsorpsiyon kapasitesinde de büyük değişiklikler görülmedi.

Rejenerasyon işlemlerinden sonra ise, spesifik yüzey alanı ve gözenek hacmi ham karbonda elde edilen değerlere dönmedi. Yüzey özelliklerindeki en önemli bozulma ise mikrodalga cihazında 773 K'de yürütülen adsorpsiyon-rejenerasyon döngüleri sırasında görüldü. Bu sonuç adsorpsiyon kapasitesindeki düşüş ile uyumludur. Gözeneklilikteki bu bozulma PM'nin termal krakinginin dolayısıyla gözenek tıkaama etkisinin sıcaklık artışı ile daha çok belirginleştiğini gösterir. Bunun aksine elektrikli fırında yapılan rejenerasyonda ham AK'nın gözeneklilik değerlerine doğru bir düzelme gözlemlendi. Bu durum ikinci döngüden itibaren RE ve SSE'deki artışı açıklar. Bunu destekler şekilde adsorpsiyon kapasitesinde de kademeli bir düzelme oldu.

Sonuç olarak bu tez çalışması ile beş adet ilaç etken maddesinin AK ve BNT üzerindeki adsorpsiyon mekanizması hem sulu ortamda hem de iyonik YAM'ler varlığında araştırılarak sonuçlandırıldı. Ayrıca seçilen bir ilaç etken maddesi (PM) ile yüklenmiş AK'nın farklı yöntemler ile rejenerasyonu incelendi. Bu çalışmadan elde edilen sonuçların, ilacın toksik etkilerinin hem doğal çevreden hem de insan vücudundan uzaklaştırılması için önemli olduğu, ayrıca elde edilen bilginin su arıtma sistemlerinin tasarlanmasında, ilaç taşıyıcı sistemlerin üretiminde ve ilaçların etki mekanizmasının aydınlatılmasında faydalı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. HEBERER, T., 2002, Occurrence, fate and removal of pharmaceutical residues in the aquatic environment: A review of recent research data, *Toxicol. Lett.*, 131, 5-17.
2. KOLPIN, D.W., FURLONG, E.T., MEYER, M., THURMAN, E.M., ZAUGG, S.D., BARBER, L.B., BUXTON, H.A.T., 2002, Pharmaceuticals, hormones, and other organic wastewater contaminants in U.S. streams, 1999-2000: A national reconnaissance, *Environmental Science and Technology*, 36 (6), 1202-1211.
3. KLAVARIOTI, M., MANTZAVINOS, D., KASSINOS, D., 2009, Removal of residual pharmaceuticals from aqueous systems by advanced oxidation processes, *Environment International*, 35, 402-417.
4. JONES, O.A.H., VOULVOULIS, N., LESTER, J.N., 2004, Potential Ecological and Human Health Risks Associated With the Presence of Pharmaceutically Active Compounds in the Aquatic Environment, *Critical Reviews in Toxicology*, 34 (4), 335-350.
5. ESCHER, B.I., BRAMAZ, N., EGGEN, R.I.L., RICHTER M., 2005, In Vitro Assessment of Modes of Toxic Action of Pharmaceuticals in Aquatic Life, *Environ. Sci. Technol.*, 39, 3090-3100.
6. JONES, O.A., LESTER, J.N., VOULVOULIS, N., 2005, Pharmaceuticals: a threat to drinking water?, *Trends in Biotechnology*, 23 (4), 163-167.
7. ANDREOZZI, R., RAFFAELE, M., NICKLAS, P., 2003, Pharmaceuticals in STP effluents and their solar photodegradation in aquatic environment, *Chemosphere*, 50, 1319-1330.
8. HERNANDO, M.D., MEZCUA, M., FERNANDEZ-ALBA, A.R., BARCELÓ, D., 2006, Environmental risk assessment of pharmaceutical residues in wastewater effluents, surface waters and sediments, *Talanta*, 69 (2), 334-342.
9. NGHIEM, L.D., SCHAFFER, A.I., ELIMELECH, M., 2005, Pharmaceutical Retention Mechanisms by Nanofiltration Membranes, *Environ. Sci. Technol.*, 39, 7698-7705.
10. JANOŠ, P., ŠMÍDOVÁ, V., 2005, Effects of surfactants on the adsorptive removal of basic dyes from water using an organomineral sorbent-iron humate, *J. Colloid Interf. Sci.*, 291, 19-27.

11. HARI, A.C., PARUCHURI, R.A., SABATINI, D.A., KIBBEY, T.C.G., 2005, Effects of pH and Cationic and Nonionic Surfactants on the Adsorption of Pharmaceuticals to a Natural Aquifer Material, *Environ. Sci. Technol.*, 39 (8), 2592-2598.
12. VISERAS, C., CEREZO, P., SANCHEZ, R., SALCEDO, I., AGUZZI, C., 2010, Current challenges in clay minerals for drug delivery, *Applied Clay Science*, 48, 291-295.
13. CHERKAOUI, I., MONTICONE, V., VAUTION, C., TREINER, C., 1998, Surface modification of silica particles by a cationic surfactant: adsolubilization of steroids from aqueous solutions, *Int. J. Pharm.*, 176, 111-120.
14. VALENTE NABAIS, J.M., MOUQUINHO, A., GALACHO, C., CARROTT, P.J.M., RIBEIRO CARROTT, M.M.L., 2008, In vitro adsorption study of fluoxetine in activated carbons and activated carbon fibres, *Fuel Processing Technology*, 89, 549-555.
15. ÖZCAN, A.S., ÖZCAN, A., 2004, Adsorption of acid dyes from aqueous solutions onto acid-activated bentonite, *Journal of Colloid and Interface Science*, 276, 39-46.
16. PUTRA, E.K., PRANOWO, R., SUNARSO, J., INDRASWATI, N., ISMADJĪ, S., 2009, Performance of activated carbon and bentonite for adsorption of amoxicillin from wastewater: Mechanisms, isotherms and kinetics, *Water Research*, 43, 2419-2430.
17. JANOŠ, P., BUCHTOVÁ, H., RÝZNAROVÁ, M., 2003, Sorption of dyes from aqueous solutions onto fly ash, *Water Research*, 37, 4938-4944.
18. ANIA, C.O., PARRA, J.B., MENENDEZ J.A., PIS J.J., 2007, Microwave-assisted regeneration of activated carbons loaded with pharmaceuticals, *Water Research*, 41, 3299-3306.
19. ANIA, C.O., PARRA, J.B., MENÉNDEZ, J.A., PIS, J.J., 2005, Effect of microwave and conventional regeneration on the microporous and mesoporous network and on the adsorptive capacity of activated carbons, *Microporous and Mesoporous Materials*, 85, 7-15.
20. TORRENTS, A., DAMERA, R., HAO, O.J., 1997, Low-temperature thermal desorption of aromatic compounds from activated carbon, *Journal of Hazardous Materials*, 54, 141-153.
21. PEŁECH, R., MILCHERT, E., WRÓBLEWSKA, A., 2005, Desorption of chloroorganic compounds from a bed of activated carbon, *Journal of Colloid and Interface Science*, 285, 518-524.
22. LU, P.J., LIN, H.C., YU, W.T., CHERN, J.M., 2011, Chemical regeneration of activated carbon used for dye adsorption, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 42, 305-311.

23. ATKINS, P.W., 2001, *Fizikokimya*, Bilim Yayıncılık, Ankara, 975-556-049-1.
24. MYERS, D., 1999, *Surfaces, Interfaces, and Colloids: Principles and Applications*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 0-471-23499-0.
25. ROUQUEROL, F., ROUQUEROL, J., SING, K., 1999, *Adsorption by Powders & Porous Solids: Principles, Methodology and Applications*, Academic Press, Londra, 0-12-598920-2.
26. GILES, C.H., MACEWAN, T.H., NAKHWA, S.N., SMITH, D.J., 1960, Studies in adsorption. Part XI. A system of classification of solution adsorption isotherms, and its use in diagnosis of adsorption mechanisms and in measurement of specific surface areas of solids, *J. Chem. Soc.*, 786, 3973-3993.
27. ŞENVAR, C., ALPAUT O., 1980, *Fizikokimya Cilt IV: Kimyasal Kinetik ve Makromoleküller*, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara.
28. SARIKAYA, Y., 1993, *Fizikokimya*, Gazi Büro Kitabevi, Ankara, 975-7313-009.
29. STREET, G., 1994, *Highly Selective Separations in Biotechnology*, Blackie Academic and Professional, London, 0-7514-0051-3.
30. CHEUNG, W.H., SZETO, Y.S., MCKAY, G., 2007, Intraparticle diffusion processes during acid dye adsorption onto chitosan, *Bioresource Technology*, 98, 2897-2904.
31. MAHRAMANLIOĞLU, M., KIZILCIKLI, I., BİÇER, İ.Ö., TUNÇAY, M., 2003, Removal of MCPA from Aqueous Solutions by Acid-Activated Spent Bleaching Earth, *Journal Of Environmental Science And Health Part B-Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, B38(6), 813-827.
32. MAHRAMANLIOĞLU, M., KIZILCIKLI, I., BİÇER, İ.Ö., 2002, Adsorption of fluoride from aqueous solution by acid treated spent bleaching earth, *Journal of Fluorine Chemistry*, 115, 41-47.
33. LEWINSKY, A.A., 2007, *Hazardous Materials and Wastewater: Treatment, Removal and Analysis*, Nova Science Publishers, New York, Inc., 1-60021-257-3.
34. RAJU, K.S., 2011, *Fluid Mechanics, Heat Transfer, and Mass Transfer: Chemical Engineering Practice*, John Wiley and Sons, New Jersey, 978-0-470-92292-7.
35. KNAPPE, D., 2004, *Effects Of Activated Carbon Characteristics On Organic Contaminant Removal*, IWA Publishing, Londra, 1-84339-841-9.
36. BANDOSZ, T.J., 2006, *Interface Science and Technology Volume 7: Activated Carbon Surfaces in Environmental Remediation*, Academic Press, Amsterdam, 978-0-12-370536-5.

37. WANG, L.K., HUNG, Y.T., NAZIH, K.S., 2005, *Handbook of Environmental Engineering Volume 3: Physicochemical Treatment Processes*, Humana Press, New Jersey, 1-58829-165-0.
38. ADAMIS, Z., WILLIAMS, R.B., 2005, *Environmental Health Criteria Volume 231: Bentonite, Kaolin, and Selected Clay Minerals*, World Health Organization, Cenevre, 92-4-157231-0.
39. DELLEUR, J.W., 1999, *The Handbook of Groundwater Engineering*, Springer, Amerika Birleşik Devletleri, 3-540-64745-7.
40. KOGEL, J.E., TRIVEDI, N.C., BARKER, J.M., KRUKOWSKI, S.T., 2006, *Industrial Minerals & Rocks: Commodities, Markets, and Uses*, SME, Kolorado, 978-0-87335-233-8.
41. CİNGİ, M. İ., EROL K., 1996, *Farmakoloji*, Anadolu Üniversitesi Yayınları (No: 494), Eskişehir, 975-492-231-4.
42. WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1994, *Lexicon of Alcohol and Drug Terms*, World Health Organization, Cenevre, 92-4-154468-6.
43. DAVID KRUPADANAM, G.L., VIJAYA PRASAD, D., VARAPRASAD RAO, K., REDDY, K.L.N., SUDHAKAR, C., 2004, *Drugs*, Universities Press (India) Limited, Yeni Delhi, 81-7371-386-3.
44. OHLOW, M.J., MOOSMANN, B., 2011, Foundation review: Phenothiazine: the seven lives of pharmacology's first lead structure, *Drug Discovery Today*, 16(Numbers 3/4), 119-131.
45. SAYEM ALAM, M., NAQVI, A.Z., UD-DIN, K., 2007, Influence of organic additives on the clouding phenomena of promethazine hydrochloride solutions, *Colloid. Polym. Sci.*, 285, 1573–1579.
46. COLQUI QUIROGA, M.V., MONZÓN, L.M.A., YUDI, L.M., 2010, Interaction of triflupromazine with distearoylphosphatidylglycerol films studied by surface pressure isotherms and cyclic voltammetry at a 1,2-dichloroethane/water interface, *Electrochimica Acta*, 55, 5840-5846.
47. HABIB, U., BADSHAH, A., FLÖRKE, U., QURESHI, R.A., MIRZA, B., UL-ISLAM, N., KHAN, A., 2009, Synthesis and Structural Characterization of (2,4-Diamino-5-(3',4',5'-Trimethoxybenzyl) Pyrimidine Copper (II) Complex, *J. Chem. Crystallogr.*, 39, 730–734.
48. MASCARETTI, O.A., 2003, *Bacteria versus Antibacterial Agents: An Integrated Approach*, ASM Press, Washington D.C., 1-55581-258-9.
49. BAUER, L.A., 2001, *Applied Clinical Pharmacokinetics*, McGraw-Hill Professional, Amerika Birleşik Devletleri, 0-8385-0388-8.

50. CUNNINGHAM, V.L., PERINO, C., D'ACO, V.J., HARTMANN, A., BECHTER, R., 2010, Human health risk assessment of carbamazepine in surface waters of North America and Europe, *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 56, 343–351.
51. LAU, S.Y., GONAWAN, F.N., BHATIA, S., KAMARUDDIN, A.H., UZIR, M., H., 2011, Conceptual design and simulation of a plant for the production of high purity (S)-ibuprofen acid using innovative enzymatic membrane technology, *Chemical Engineering Journal*, 166, 726-737.
52. SAEB-PARSY, K., ASSOMULL, R.G., KHAN, F.Z., SAEB-PARSY, K., KELLY, E., 1999, *Instant Pharmacology*, John Wiley and Sons, İngiltere, 0-471-97639-3.
53. FLORENCE, A.T., ATTWOOD, T., 2006, *Physicochemical Principles of Pharmacy*, Pharmaceutical Press, Londra, 978-0-85369-608-7.
54. TAMBOSI, J.L., YAMANAKA, L.Y., MOREIRA, H.J.J.R.F.P.M., SCHRÖDER, H.F., 2010, Recent research data on the removal of pharmaceuticals from sewage treatment plants (STP), *Quim. Nova*, 33(2), 411-420.
55. SEKİ, Y., YURDAKOÇ, K., 2006, Adsorption of promethazine hydrochloride with KSF montmorillonite, *Adsorption*, 12, 89-100.
56. SEKİ, Y., YURDAKOÇ, K., 2009, Equilibrium, kinetics and thermodynamic aspects of promethazine hydrochloride sorption by iron rich smectite, *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, 340, 143-148.
57. GERELİ, G., SEKİ, Y., KUŞOĞLU, İ.M., YURDAKOÇ, K., 2006, Equilibrium and kinetics for the sorption of promethazine hydrochloride onto K10 montmorillonite, *Journal of Colloid and Interface Science*, 299, 155–162.
58. FEJÉR, I., KATA, M., ERŐS, I., DÉKÁNY, I., 2002, Interaction of monovalent cationic drugs with montmorillonite, *Colloid Polym. Sci.*, 280, 372-379.
59. KIM, S.H., SHON, H.K., NGO, H.H., 2010, Adsorption characteristics of antibiotics trimethoprim on powdered and granular activated carbon, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 16, 344-349.
60. BEKÇİ, Z., SEKİ, Y., YURDAKOÇ, M.K., 2006, Equilibrium studies for trimethoprim adsorption on montmorillonite KSF, *Journal of Hazardous Materials*, B133, 233-242.
61. BEKÇİ MÖLÜ, Z., YURDAKOÇ, K., 2010, Preparation and characterization of aluminum pillared K10 and KSF for adsorption of trimethoprim, *Microporous and Mesoporous Materials*, 127, 50-60.
62. QTAITAT, M.A., 2004, Study of the interaction of trimethoprim–montmorillonite by infrared spectroscopy, *Spectrochimica Acta Part A*, 60, 673–678.

63. AL-BAYATI, R.A., AHMED, A.S., 2011, Adsorption-desorption of trimethoprim antibiotic drug from aqueous solution by two different natural occurring adsorbents, *International Journal of Chemistry*, 3 (3), 21-30.
64. ZHANG, W., DING, Y., BOYD, S.A., TEPPEN, B.J., LI, H., 2010, Sorption and desorption of carbamazepine from water by smectite clays, *Chemosphere*, 81, 954-960.
65. WILLIAMS, C.F., WILLIAMS, C.F., ADAMSEN, F.J., 2006, Sorption-desorption of carbamazepine from irrigated soils, *J. Environ. Qual.*, 35, 1779-1783.
66. SCHULZ, M., FUSSNEGGER, B., BODMEIER, R., 2010, Adsorption of carbamazepine onto crospovidone to prevent drug recrystallization, *International Journal of Pharmaceutics*, 391, 169-176.
67. SCHWEIGER, B., BAHNWEIG, L., PALM, B., STEINFELD, U., 2009, Development of molecular imprinted polymers (MIPs) for the selective removal of carbamazepine from aqueous solution, *World Academy of Science: Engineering and Technology*, 54, 633-638.
68. DAI, C., GEISSEN, S., ZHANG, Y., ZHANG, Y., ZHOU, X., 2010, Performance evaluation and application of molecularly imprinted polymer for separation of carbamazepine in aqueous solution, *Journal of Hazardous Materials*, 184, 156-163.
69. MESTRE, A.S., PIRES, J., NOGUEIRA, J.M.F., CARVALHO, A.P., 2007, Activated carbons for the adsorption of ibuprofen, *Carbon*, 45, 1979-1988.
70. MESTRE, A.S., PIRES, J., NOGUEIRA, J.M.F., PARRA, J.B., CARVALHO, A.P., ANIA, C.O., 2009, Waste-derived activated carbons for removal of ibuprofen from solution: Role of surface chemistry and pore structure, *Bioresource Technology*, 100, 1720-1726.
71. MELILLO, M., PHILLIPS, G.J., DAVIES, J.G., LLOYD, A.W., TENNISON, S.R., KOZYNSHENKO, O.P., MIKHALOVSKY, S.V., 2004, The effect of protein binding on ibuprofen adsorption to activated carbons, *Carbon*, 42, 565-571.
72. MIKHALOVSKY, S.V., GUN'KO, V.M., TUROV, V.V., LEBODA, R., BETZ, W.R., 2005, Investigation of structural and adsorptive characteristics of various carbons, *Adsorption*, 11, 657-662.
73. GUN'KO, V.M., MIKHALOVSKY, S.V., MELILLO, M., VORONIN, E.F., NOSACH, L.V., PAKHLOV, E.M., 2004, The effect of the nature and structure of adsorbents on interaction with ibuprofen, *Theoretical and Experimental Chemistry*, 40(3), 137-143.
74. DOMÍNGUEZ, J.R., GONZÁLEZ, T., PALO, P., CUERDA-CORREA, E.M., 2011, Removal of common pharmaceuticals present in surface waters by Amberlite

- XAD-7 acrylic-ester-resin: Influence of pH and presence of other drugs, *Desalination*, 269, 231-238.
75. BUI, T.X., CHOI, H., 2009, Adsorptive removal of selected pharmaceuticals by mesoporous silica SBA-15, *Journal of Hazardous Materials*, 168, 602-608.
 76. BUI, T.X., CHOI, H., 2010, Influence of ionic strength, anions, cations, and natural organic matter on the adsorption of pharmaceuticals to silica, *Chemosphere*, 80, 681-686.
 77. BUI, T.X., KANG, S.Y., LEE, S., CHOI, H., 2011, Organically functionalized mesoporous SBA-15 as sorbents for removal of selected pharmaceuticals from water, *J. Hazard. Mater.*, doi:10.1016/j.jhazmat.2011.07.043.
 78. ERDİNÇ, N., GÖKTÜRK, S., TUNÇAY, M., 2010, A study on the adsorption characteristics of an amphiphilic phenothiazine drug on activated charcoal in the presence of surfactants, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 75, 194-203.
 79. AHN, C.K., WOO, S.H., PARK, J.M., 2008, Enhanced sorption of phenanthrene on activated carbon in surfactant solution, *Carbon*, 46, 1401-1410.
 80. AHN, C.K., KIM, Y.M., WOO, S.H., PARK, J.M., 2007, Selective adsorption of phenanthrene dissolved in surfactant solution using activated carbon, *Chemosphere*, 69, 1681-1688.
 81. BERNARD, R., FUCHS, E., STRNADOVA, M., SIGG., J., VITZTHUM, J., RUPPRECHT, H., 1990, The mediated adsorption (cosorption) of anionic drugs by cationic surfactants onto silica, *Progr. Colloid Polym. Sci.*, 83, 110-117.
 82. ZADAKA, D., MISHAEL, Y.G., POLUBESOVA, T., SERBAN, C., NIR, S., 2007, Modified silicates and porous glass as adsorbents for removal of organic pollutants from water and comparison with activated carbons, *Applied Clay Science*, 36, 174-181.
 83. KRAJIŠNIK, D., DAKOVIĆ, A., MILOJEVIĆ, M., MALENOVIĆ, A., KRAGOVIĆ, M., BOGDANOVIĆ, D.B., DONDUR, V., MILIĆ, J., 2011, Properties of diclofenac sodium sorption onto natural zeolite modified with cetylpyridinium chloride, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 83, 165-172.
 84. WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2006, *The International Pharmacopoeia Volume 2*, World Health Organization, Cenevre, 978-9-241-56301-7.
 85. AMIJI, M.M., SANDMANN, B.J., 2003, *Applied Physical Pharmacy*, The McGraw-Hill Companies, Amerika Birleşik Devletleri, 0-07-135076-4.
 86. KASTURE, A.V., WADODKAR, S.G., 2008, *Pharmaceutical Chemistry-II*, Nirali Prakashan, Mumbai, 978-81-85790-20-6.

87. PITARRESI, G., PIERRO, P., GIAMMONA, G., IEMMA, F., MUZZALUPO, R., PICCI, N., 2004, *Drug release from α,β -poly(N-2-hydroxyethyl)-DL-aspartamide-based microparticles*, *Biomaterials*, 25, 4333-4343.
88. CHARALABOPOULOS, K., KARACHALIOS, G., BALTOGIANNIS, D., CHARALABOPOULOS, A., GIANNAKOPOULOS, X., SOFIKITIS, N., 2003, *Penetration of antimicrobial agents into the prostate*, *Chemotherapy*, 49, 269-279.
89. WINDHOLZ, M., 1983, *The Merck Index 10th Edition*, Merck & Co., Amerika Birleşik Devletleri, 0-911910-27-1.
90. AL-HAMIDI, H., EDWARDS, A.A., MOHAMMAD, M.A., NOKHODCHI, A., 2010, *Glucosamine HCl as a new carrier for improved dissolution behaviour: Effect of grinding*, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 81, 96-109.
91. BHISE, S. B., RAJKUMAR, M., 2010, *Chitosan acetate based in-situ solid dispersions of carbamazepine*, *Acta Pharmaceutica Scientia*, 52, 55-64.
92. KOKOT, Z., ŻMIDZIŃSKA, H., 2001, *Solubility and dissolution rate of ibuprofen in ionic and non-ionic micellar systems*, *Acta Polonica Pharmaceutica-Drug Research*, 58(2), 117-120.
93. BAHRI, M.A., HOEBEKE, M., GRAMMENOS, A., DELANAYE, L., VANDEWALLE, N., SERET, A., 2006, *Investigation of SDS, DTAB and CTAB micelle microviscosities by electron spin resonance*, *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, 290, 206-212.
94. NOH, J.S., SCHWARZ, J.A., 1989, *Estimation of the point of zero charge of simple oxides by mass titration*, *J. Colloid Interf. Sci.*, 130, 157-164.
95. CABAL, B., BUDINOVA, T., ANIA, C.O., TSYNTSARSKI, B., PARRA, J.B., PETROVA, B., *Adsorption of naphthalene from aqueous solution on activated carbons obtained from bean pods*, *Journal of Hazardous Materials*, 161, 1150-1156.
96. GRZAĞKA, E., 2011, *Competitive adsorption in the system: carboxymethylcellulose/surfactant/electrolyte/Al₂O₃*, *Cellulose*, 18(2), 291-308.
97. PARIA, S., KHILAR, K.C., 2004, *A review on experimental studies of surfactant adsorption at the hydrophilic solid-water interface*, 2004, *Advances in Colloid and Interface Science*, 110, 75- 95.
98. GÖKTÜRK, S., VAR, U., 2011, *Effect of Pharmaceutically Important Cosolvents on the Interaction of Promethazine and Trifluopromazine Hydrochloride with Sodium Dodecyl Sulfate Micelles*, *Journal of Dispersion Science and Technology*, doi:10.1080/01932691.2011.
99. GÖKTÜRK, S., TUNÇAY, M., 2003, *Spectral Studies of Safranin-O in Different Surfactant Solutions*, *Spectrochimica Acta Part A*, 59, 1857-1866.

100. GÖKTÜRK, S., 2005, Effect of Hydrophobicity on Micellar Binding of Carminic Acid, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 169(2), 115-121.
101. GAWADE, A.S., VANJARA, A.K., SAWANT, M.R., 2005, Removal of herbicide from water with sodium chloride using surfactant treated alumina for wastewater treatment, *Separation and Purification Technology*, 41, 65-71.
102. ÖZCAN, A., ÖMEROĞLU, Ç., ERDOĞAN, Y., ÖZCAN, A.S., 2006, Modification of bentonite with a cationic surfactant: An adsorption study of textile dye Reactive Blue 19, *Journal of Hazardous Materials*, doi:10.1016/j.jhazmat.2006.06.138.
103. CABAL, B., TSYNTSARSKI, B., BUDINOVA, T., PETROV, N., PARRA, J.B., ANIA, C.O., 2009, Improved phenol adsorption on carbons after mild temperature steam regeneration, *J. Hazard. Mater.*, 166, 1289-1295.
104. ANIA, C.O., MENENDEZ, J.A., PARRA, J.B., PIS, J.J., 2004, Microwave-induced regeneration of activated carbons polluted with phenol. A comparison with conventional thermal regeneration, *Carbon*, 42, 1383-1387.
105. CHANG, S.H., WANG, K.S., LIANG, H.H., CHEN, H.Y., LI, H.C., PENG, T.H., SU, Y.C., CHANG, C.Y., 2010, Treatment of Reactive Black 5 by combined electrocoagulation-granular activated carbon adsorption-microwave regeneration process, *J. Hazard. Mater.*, 175, 850-857.
106. HASHISHO, Z., ROOD, M., BOTICH, L., 2005, Microwave-swing adsorption to capture and recover vapors from air streams with activated carbon fiber cloth, *J. Environ. Sci. Technol.*, 39, 6851-6859.
107. KUO, C.Y., 2008, Desorption and re-adsorption of carbon nanotubes: Comparison of sodium hydroxide and microwave irradiation processes, *J. Hazard. Mater.*, 152, 949-954.
108. LIU, X., GANG, L., HAN, W., 2007, Granular activated carbon adsorption and microwave regeneration for the treatment of 2,4,5-trichlorobiphenyl in simulated soil-washing solution, *J. Hazard. Mater.*, 147, 746-751.
109. PRICE, D.W., SCHMIDT, P.S., 1997, Microwave regeneration of adsorbents at low pressure: Experimental kinetics studies, *J. Microwave Power EE.*, 32, 145-154.
110. TAI, H.S., LEE, C.H., 2007, Desorption of methy-ethyl-ketone from granular activated carbon with microwave radiation, *Environ. Prog.*, 26, 299-303.
111. WANG, J. , PENG, X., LUAN, Z., ZHAO, C., 2010, Regeneration of carbon nanotubes exhausted with dye Reactive Red 3BS using microwave irradiation, *J. Hazard. Mater.*, 178, 1125-1127.

112. YUEN, F.K., HAMEED, B.H., 2009, Recent developments in the preparation and regeneration of activated carbons by microwaves, *Adv. Colloid Interf. Sci.*, 149, 19-27.

ÖZGEÇMİŞ

Elif ÇALIŞKAN 1980 tarihinde İstanbul'da doğdu. İlk ve orta okulu İstanbul'da tamamladıktan sonra, lise öğrenimine Anadolu Dış Ticaret Meslek Lisesi'nde devam etti. 1998 yılında İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü'ne girmeye hak kazandı ve öğrenimini 2004 yılında tamamlayarak, Kimya Mühendisi ünvanı ile mezun oldu. Kimya alanındaki yüksek lisansını 2007 yılında tamamladı ve aynı yıl İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı Fiziksel Kimya Programı'nda doktora eğitimine başladı. Hâlen Marmara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Temel Eczacılık Bilimleri Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.

Yayın listesi:

- MAHRAMANLIOĞLU, M., BIÇER, İ. Ö., MISIRLI, T., ÇALIŞKAN, E., MISIRLI, S. G. Ç., 2006, The removal of anionic naphthalene derivatives by the adsorbents produced from used tires, *Fresenius Environmental Bulletin*, 15(9b), 1150-1155.
- ÇALIŞKAN, E., GÖKTÜRK, S., 2010, Adsorption characteristics of sulfamethoxazole and metronidazole on activated carbon, *Separation Science and Technology*, 45(2), 244-255.
- BAŞTUĞ, A. S., GÖZ, S. E., TALMAN, Y., GÖKTÜRK, S., ASİL, E., ÇALIŞKAN, E., 2011, Formation constants and coordination thermodynamics for binary complexes of Cu(II) and some α -amino acids in aqueous solution, *Journal of Coordination Chemistry*, 64(2), 281-292.